



**REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCION GENERAL DE AGUAS**

**LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PARA EL
DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE AGUA
EN ÁREAS PRIORITARIAS DE LA ZONA NORTE
DE CHILE, REGIONES XV, I, II Y III**

ETAPA 2

INFORME FINAL PARTE VI

Campañas de Muestreo Geoquímicos e Isotópicos

REALIZADO POR:

**Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental
Pontificia Universidad Católica de Chile**

S.I.T. N° 195

Santiago, Noviembre de 2009

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministro de Obras Públicas

Ingeniero Civil Sr. Sergio Bitar C.

Director General de Aguas

Abogado Sr. Rodrigo Weisner L.

Departamento de Estudios y Planificación

Ingeniero Civil Sr. Pedro Rivera I.

Inspector Fiscal

Ingeniero Civil Sr. Luis Rojas B.

EQUIPO TÉCNICO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Director de Proyecto

Ing. Sr. José Muñoz P.

Jefe de Proyecto

Ing. Sr. Pablo Rengifo O.

Ingeniero a Cargo

Ing. Sr. José Yáñez L.

Especialistas y Profesionales

Sr. Bonifacio Fernández	Especialista en Hidrología (PhD)
Sr. José Francisco Muñoz	Especialista en Hidrogeología (PhD)
Sra. Laura Vitoria	Especialista en Hidrogeoquímica (PhD)
Sr. Pablo Rengifo	Especialista en Hidrogeología (MSc)
Sr. José Yáñez	Ing. de Proyecto, Hidrogeología
Sr. Gustavo Calle	Ing. de Proyecto, Hidrología (PhD)
Sr. Marcelo Solari	Geol. de Proyecto, Geología
Sr. Axel Herzog	Geol. de Proyecto, Hidrogeoquímica
Srta. Victoria Flores	Ing. de Proyecto, Hidrogeología
Srta. Milena Calvo	Ing. de Proyecto, Hidrogeoquímica
Sr. Victor Pérez	Ing. de Proyecto, Hidrología

EQUIPO TÉCNICO – CONTINUACIÓN
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Tesistas, Memoristas y Ayudantes

Sr. Juan Johnson	Ing. Tesista MSc, Hidrogeología
Srta. Mariana Cervetto	Geol. Memorista, Hidrogeología
Sra. Isidora Arriagada	Geol. Memorista, Hidrogeología
Srta. Yohana Ahumada	Ayudante Ingeniero, Cartografía
Sr. Eduardo Wunderlich	Ayudante Ingeniero, Hidrología
Sr. Cristóbal Valderrama	Ayudante Ingeniero, Hidrología
Sr. Pedro Reinoso	Ayudante Terreno
Sr. Francisco del Solar	Ayudante Terreno
Sr. Sebastián Rojas	Ayudante Terreno
Sr. Fernando Díaz	Ayudante Terreno
Sr. Tomás Latorre	Ayudante Terreno



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Dirección de Investigaciones Científicas
y Tecnológicas de la Universidad Católica



“LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE AGUA EN ÁREAS PRIORITARIAS DE LA ZONA NORTE DE CHILE, REGIONES XV, I, II Y III”

INFORME N^o: 460625

FECHA: 25 DE NOVIEMBRE 2009

“DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS”



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Dirección de Investigaciones Científicas
y Tecnológicas de la Universidad Católica



1. Tipo Informe Informe Técnico Final	2. Cuerpo del Informe 134 páginas (incluye portada)
3. Título del Proyecto LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE NUEVAS FUENTES DE AGUA EN ÁREAS PRIORITARIAS DE LA ZONA NORTE DE CHILE, REGIONES XV, I, II Y III	4. Fecha Informe 25 de Noviembre 2009
5. Autor (es) Director de Proyecto: José Francisco Muñoz Pardo Jefe de Proyecto: Pablo Rengifo Oyarce Ingeniero a Cargo: José Yáñez López	6. Contrato MOP – DGA N° 235
6. Nombre y Dirección de la Organización Investigadora DICTUC; Pontificia Universidad Católica de Chile Vicuña Mackenna N° 4860, Casilla 306 – Correo 22, Macul - Santiago	7. Periodo de Investigación Julio 2007 – Noviembre 2009
8. Antecedentes de la Institución Mandante Nombre: Dirección General de Aguas, MOP. Dirección: Morande 59, 8° Piso RUT: 61.202.200-0 Teléfono: (02) 633 9940	9. Contraparte Técnica Nombre: Luis Rojas Badilla Cargo: Inspector Fiscal
10. Resumen El estudio de los recursos hídricos del altiplano chileno consideró los aspectos hidrográficos, hidrológicos, hidrogeoquímicos, isotópicos e hidrogeológicos de las cuencas cerradas que se ubican en esta franja del norte de Chile. El levantamiento de información sumado a trabajos de terreno y de gabinete orientados a complementar aquellos temas considerados más relevantes son reportados en los 10 tomos de documentos.	

Sr. José Francisco Muñoz P.
Director de Proyecto

Jaime Retamal
DICTUC

Nota: “La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de Dictuc S.A.

PRESENTACIÓN

El presente estudio, realizado entre los años 2007 y 2009, se enmarca en un convenio de cooperación e investigación científica aplicada entre la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental (DIHA) de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC).

La investigación o acción de apoyo tuvo como objetivo fundamental el levantamiento, generación y análisis de información hidrogeológica para avanzar en el estudio de los recursos hídricos del sector chileno del Altiplano. En este contexto, este estudio pretende ser un apoyo concreto para el desarrollo de nuevas fuentes de agua subterránea en áreas prioritarias del norte de Chile.

El estudio consistió en el desarrollo de una serie de trabajos de terreno y gabinete, tanto a nivel regional como local. Los resultados obtenidos se presentan en 10 informes o partes independientes, cuyos contenidos son los siguientes:

- **Parte I** Hidrografía Regional del Altiplano de Chile.
- **Parte II** Geología Regional del Altiplano de Chile.
- **Parte III** Hidrología Regional del Altiplano de Chile.
- **Parte IV** Hidrogeoquímica e Isotopía Regional del Altiplano de Chile.
- **Parte V** Implementación de Estaciones Meteorológicas.
- **Parte VI** Campañas de Muestreo Geoquímicos e Isotópicos.
- **Parte VII** Medición de la Evaporación Mediante Método del “Domo”.
- **Parte VIII** Sistema Piloto I Región: Salar del Huasco.
- **Parte IX** Sistema Piloto II Región: Salares El Lago y Aguas Calientes 2, Laguna Tuyajto y Pampas Puntas Negras, Las Tepas y Colorada.
- **Parte X** Sistema Piloto III Región: Salares de Maricunga y Pedernales.

Cada parte está estructurada de manera de ser autocontenida y poder ser utilizada para fines y materias específicas. Sin perjuicio de lo anterior, las Parte VIII, IX y X que consideran el estudio de sistemas pilotos, hacen referencias y utilizan resultados de los estudios a nivel regional (Partes I, II, III y IV) y de los trabajos de terreno (Partes V, VI y VII).

La información y resultados de este estudio, junto a las actividades de difusión y formación que se realizaron en el marco de su desarrollo, se encuentran disponibles en el sitio web www.recursoshidricosaltiplano.cl.

El presente informe corresponde a la **Parte VI** del estudio, denominada “**Campañas de Muestreo Geoquímicos e Isotópicos**”.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en especial a las distintas instituciones y personas que contribuyeron al desarrollo de este estudio, en la forma de aportes de información, apoyo en trabajos de terreno y logística, aportes para la realización de actividades de difusión y formación, y sugerencias para el avance de esta investigación. En especial se agradece a:

- Oficinas DGA Regiones de Tarapacá, Antofagasta y Copiapó.
- Carabineros de Chile.
- Servicio Agrícola y Ganadero.
- Policía de Investigaciones.
- Servicios de Aduana.
- GeoAguas Consultores.
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi.
- SQM.
- Profesores Uwe Tröger (U. Técnica de Berlín), Michel Vauclin (LTHE-CNRS Grenoble, Francia) y Scott Tyler (U. de Reno – Nevada, USA).
- Los siguientes profesionales que aportaron en el comienzo del presente estudio: Luciano Achurra (Geología), Francisca Chadwick (Hidrología).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	MARCO GENERAL DEL ESTUDIO	1
2	INTRODUCCIÓN.....	3
3	OBJETIVOS.....	5
4	ANTECEDENTES ZONA DE ESTUDIO.....	7
5	CAMPAÑAS DE TERRENO	21
5.1	Descripción general de las campañas	21
5.2	Análisis de laboratorio y terreno.....	23
5.3	Metodología de muestreo.....	26
6	RESULTADOS	33
6.1	Región I de Tarapacá	33
6.2	Región II de Antofagasta	38
6.3	Región III de Atacama.....	45
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1: Antecedentes químicos salar del Huasco.....	10
Figura 4.2: Antecedentes isotópicos salar del Huasco.	11
Figura 4.3: Antecedentes químicos Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.	12
Figura 4.4: Antecedentes isotópicos Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.....	13
Figura 4.5: Antecedentes químicos Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tecas-Tuyajto-A. Calientes 3.....	14
Figura 4.6: Antecedentes isotópicos Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tecas-Tuyajto-A. Calientes 3.....	15
Figura 4.7: Antecedentes químicos salar de Pedernales.....	16
Figura 4.8: Antecedentes isotópicos salar de Pedernales.	17
Figura 4.9: Antecedentes químicos salar de Maricunga.....	18
Figura 4.10: Antecedentes isotópicos salar de Maricunga.	19
Figura 5.1: Ficha de registro utilizada en campañas de terreno.	25
Figura 6.1: Información química muestreada en terreno y situación actual. Salar del Huasco.....	35
Figura 6.2: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Salar del Huasco.	36
Figura 6.3: Medición de niveles estáticos. Salar del Huasco.	37
Figura 6.4: Información química muestreada en terreno y situación actual. Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.	40
Figura 6.5: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.	41
Figura 6.6: Información química muestreada en terreno y situación actual. Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tecas-Tuyajto-A. Calientes 3.	42
Figura 6.7: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tecas-Tuyajto-A. Calientes 3.	43
Figura 6.8: Medición de niveles estáticos II Región.	44
Figura 6.9: Información química muestreada en terreno y situación actual. Salar de Pedernales.	47
Figura 6.10: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Salar de Pedernales.	48
Figura 6.11: Información química muestreada en terreno y situación actual. Salar de Maricunga.	49
Figura 6.12: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Salar de Maricunga.....	50
Figura 7.1. Accesorios sistema de muestreo desde aguas subterráneas.	102
Figura 7.2. Detalle válvula de entrada y salida de agua.	103
Figura 7.3. Detalle conexión manguera.	103
Figura 7.4. Detalle conexión de aire y válvula de presión/ventilación.	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Recopilación de antecedentes químicos e isotópicos.....	8
Tabla 4.2: Referencias consultadas.	9
Tabla 6.1: Ubicación muestras tomadas en I Región de Tarapacá.....	34
Tabla 6.2: Ubicación muestras tomadas en II Región de Antofagasta.....	39
Tabla 6.3: Ubicación muestras tomadas en III Región de Atacama.....	46
Tabla 7.1: Presión para poner al bailer para toma de muestra.....	100

1 MARCO GENERAL DEL ESTUDIO

El Altiplano o Puna es una región de América del Sur que comprende el norte de Chile, el centro y sur del Perú, la parte occidental de Bolivia y el noroeste de Argentina. Básicamente son cuencas sedimentarias formadas en altura, en su mayoría sobre los 3.500 msnm, debido al tectonismo y a la actividad volcánica existente en estas latitudes.

Debido a la morfología de la zona (cuencas endorreicas en un clima de bastante aridez) se han formado numerosas lagunas y salares. Las precipitaciones en estas cuencas son de origen tropical, y ocurren durante el verano del hemisferio sur, lo que es conocido como el 'Invierno Boliviano' o 'Invierno Altiplánico'. Estas precipitaciones son de carácter convectivo, con una alta variabilidad espacial, y se concentran en los meses de enero y febrero. Este fenómeno desaparece más al sur, teniendo una mínima influencia en la Región de Atacama.

Las condiciones extremas sólo permiten que subsista una vegetación especializada, con pocos requerimientos hídricos y capaces de soportar amplias oscilaciones térmicas. Los bofedales conforman sistemas adaptados a estas condiciones, conocidas como vegetación de estepa o esteparia, que minimizan la transpiración debido a la reducida superficie de sus hojas, algunas de las cuales han evolucionado transformándose en espinas.

En Chile, las principales actividades que se desarrollan en la zona de interés son la minería y el turismo, así como también la ganadería y agricultura por parte de los pueblos originarios.

El estudio surge de la necesidad de satisfacer la demanda de agua existente y proyectada para los próximos 20 años en esta zona del norte del país. Esta demanda se refleja en actuales solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas, solicitudes de áreas de exploración y de regularizaciones.

Dada la etapa de desarrollo en que se encuentra la zona de estudio, ésta presenta una oportunidad casi única para la elaboración y evaluación de planes de gestión y aprovechamiento del agua de manera sustentable.

En este contexto, el objetivo general del estudio es implementar un programa de investigación que permita establecer el estado actual del conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico de los sistemas altoandinos. La información levantada y analizada ha sido complementada con trabajos de terreno y gabinete.

El estudio considera un análisis a escala regional y otro a nivel local o sistemas pilotos. En ambas escalas de trabajo se abordan, fundamentalmente, aspectos geológicos, hidrológicos, hidrogeoquímicos e hidrogeológicos. Los sistemas piloto son unidades seleccionadas a nivel de cuencas hidrográficas en conjunto con personal de la DGA, actores locales e instituciones

de la zona, en base a criterios de carácter ambiental, demanda comprometida e información disponible.

Como parte de los trabajos de terreno, en estas zonas se han efectuado campañas de reconocimiento, instalación de estaciones meteorológicas, muestreos de agua para análisis químicos e isotópicos y mediciones de evaporación desde el agua subterránea somera.

Las campañas de reconocimiento estuvieron orientadas a recorrer el terreno a través de sus principales rutas de acceso y caminos que conectan las cuencas del Altiplano, además de seleccionar potenciales lugares para la instalación de estaciones meteorológicas.

Uno de los aspectos fundamentales de esta investigación lo constituye la instalación de 12 estaciones meteorológicas en el Altiplano entre la I y III Región, las que miden precipitación y en algunos casos otras variables como temperatura y humedad del aire y del suelo.

Adicionalmente, se realizaron en todos los sistemas, mediciones in-situ de evaporación desde la napa, utilizando la metodología del domo o semiesfera acrílica propuesta por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Estos datos son importantes para realizar el balance hídrico de los sistemas y de especial relevancia para la estimación de la recarga en cuencas cerradas.

Las campañas de muestreo de aguas, tanto superficial como subterránea, permitieron complementar la información existente en reparticiones fiscales, estudios y publicaciones científicas, en particular en los sistemas pilotos estudiados.

Finalmente, cabe señalar que el uso de los recursos hídricos en el Altiplano debe considerar por una parte su importancia para el desarrollo económico y social del país y las Regiones y por otra, la protección y cuidado de los sistemas ambientales sensibles que allí existen. En este sentido, es fundamental entender la extracción de aguas subterráneas y la gestión misma de los acuíferos como un proceso dinámico, tanto espacial como temporalmente. Asimismo, se deben considerar adecuados planes de monitoreo y contingencia.

Por lo mismo, el uso sustentable del agua, la explotación, y en particular la exploración de los recursos hídricos, debe vincularse desde su origen a variables de interés ambiental y cultural de la zona.

2 INTRODUCCIÓN

En el marco del estudio “Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, XV, I, II y III Regiones”, la Dirección General de Aguas (DGA) y la Pontificia Universidad Católica de Chile acordaron la ejecución de diversas campañas de terreno, cuyo objetivo general es el levantamiento de información hidrológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica.

En Particular, en el presente informe se describen las metodologías de medición implementadas durante las campañas de muestreo de aguas, para la realización de análisis físicos, químicos e isotópicos.

La información generada en terreno será procesada y sintetizada con el fin de complementar la información existente y de esta forma contribuir en la concepción o mejora de modelos hidrogeológicos conceptuales desarrollados en la actualidad.

En el presente estudio se realizó un total de tres campañas de terreno para muestrear aguas. La primera, desarrollada durante el mes de mayo del 2008, se llevó a cabo en la Tercera Región de Atacama, en las cuencas de los salares de Pedernales y Maricunga. La segunda campaña, correspondiente al muestreo de aguas en la Primera Región de Tarapacá, específicamente en la cuenca del Salar del Huasco, fue ejecutada en Septiembre del 2008. Finalmente, la tercera campaña incluyó la recolección de muestras en 7 cuencas ubicadas en la franja altiplánica de la Segunda Región de Antofagasta.

Entre los trabajos de terreno ejecutados cabe destacar el muestreo de 76 puntos distribuidos en la zona de estudio. Estos puntos son representativos de escurrimientos superficiales (lagunas, ríos y vertientes) y subterráneos, a través del muestreo de agua de pozos.

El informe se estructura en base a cinco capítulos principales, En el primero de ellos se establecen los objetivos que fundamentan las labores de terreno y gabinete realizadas. El segundo, denominado Antecedentes Zona de Estudio, presenta una visión general de la información química e isotópica existente antes de la realización del proyecto. El capítulo Campañas de Terreno, muestra un detalle de las labores de campo realizadas, se describen además los análisis efectuados y las metodologías de muestreo y medición implementadas. En el cuarto capítulo se presenta en forma gráfica la información concebida en el presente estudio y se describen algunos de los principales resultados. Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones.

3 OBJETIVOS

La calidad química de las aguas superficiales y subterráneas se encuentra determinada por la cantidad y concentración de sustancias disueltas en ellas.

Los sistemas acuíferos se encuentran condicionados por la constante interacción entre una fase sólida formada por rocas y minerales, una fase gaseosa y una líquida. Producto de esta relación, las aguas subterráneas adquieren una composición química definida y característica del sistema en que estas se encuentran inmersas. En este contexto, el estudio de la composición química del agua puede contribuir al conocimiento y determinación de su origen, direcciones de flujo, extensión de sistemas acuíferos y la posible conexión subterránea entre cuencas hidrográficamente independientes.

Adicionalmente, los análisis químicos generales pueden ser complementados con el estudio de otros elementos presentes en el agua. De esta forma, el análisis isotópico se presenta como una alternativa que permite determinar el origen y edad de las aguas, así como también las conexiones hidráulicas entre acuíferos y su vulnerabilidad ambiental.

El objetivo general de las labores de muestreo consistió en el levantamiento de información hidrogeoquímica e isotópica que permita incrementar la información existente en la actualidad. El complemento de ambas de datos, antiguos y nuevos, contribuyen a la obtención de un escenario conceptual más detallado de los escurrimientos subterráneos existentes en los sistemas pilotos seleccionados del altiplano chileno.

La información permitirá tener una clasificación de las aguas afectadas principalmente por procesos de evaporación, aguas con influencia geotermal, flujos entre cuencas y su concordancia con modelos numéricos de flujo, los que se basan en información meteorológica, hidrológica, piezométrica y geofísica.

Como objetivo específico se busca desarrollar una metodología de medición que permita el muestreo representativo de aguas superficiales y subterráneas en forma confiable, rápida y económica.

Cabe recordar que uno de los objetivos de esta fase del estudio es la generación de información en terreno, razón por la cual no se realizó un análisis ni procesamiento detallado en este capítulo. Estas labores son tratadas en detalle en la sección específica de Hidrogeoquímica e Isotopía correspondiente al Tomo IV del presente estudio.

4 ANTECEDENTES ZONA DE ESTUDIO

Durante esta etapa se recopiló y clasificó la información hidrogeoquímica e isotópica disponible en la zona de estudio y en particular en los sistemas pilotos.

Como resultado de esta actividad se generaron bases de datos con los antecedentes recopilados tanto de instituciones públicas como privadas.

Las principales fuentes de información consultadas en esta etapa del estudio fueron las siguientes:

- Dirección General de Aguas (DGA)
- Insitut de Recherche pour le Développement (IRD)
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
- Geoaguas Consultores
- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Con la elaboración de la base de datos hidroquímica para las cuencas altiplánicas se obtuvo un total de 1.460 muestras, correspondientes a 918 puntos de muestreo entre los que se cuentan aguas superficiales (manantiales, vertientes, ríos, lagunas, ojos de salar, afloramientos y nieves), aguas subterráneas (pozos, napas) y agua de lluvia o precipitación nival.

Un estudio de balance iónico fue realizado a todas las muestras disponibles con análisis de elementos mayoritarios completos, permitiendo un error de cierre máximo del 10% (ver detalles en Tomo IV de este informe).

De los 918 puntos de muestreo, 878 presentan análisis químicos de lo cuales sólo 634 poseen información de concentraciones para elementos mayoritarios permitiendo realizar el cálculo de error de balance. Finalmente, del total de las muestras recopiladas, se encontraron 572 puntos con error de balance iónico en el rango definido como aceptable en toda el área de estudio.

La información isotópica recopilada corresponde a análisis de dos tipos de isótopos estables, Deuterio (^2H) y Oxígeno-18 (^{18}O), estos son, entre otros, más frecuentes en la naturaleza y permiten explicar los procesos y orígenes de las aguas, ya que su contenido depende de varios factores como su historia, condiciones de precipitación, la geografía, el clima, los procesos de evaporación y geotermales, entre otros.

En total se recopiló información de poco más de 450 puntos distribuidos en el altiplano chileno con antecedentes isotópicos de Deuterio y Oxígeno-18.

La Tabla 4.1 muestra el detalle de la información geoquímica e isotópica disponible en las cuencas que fueron muestreadas durante las campañas de terreno. Se presenta el total de

muestras químicas, las que cumplieron el requisito mínimo de balance exigido y la cantidad de locaciones representadas. Para el caso isotópico, se describe el número de muestras recopiladas y los diferentes puntos que éstas representan.

Tabla 4.1: Recopilación de antecedentes químicos e isotópicos.

Cuenca	Químico			Isotópico	
	Nº de Muestras	Balance	Puntos	Nº de Muestras	Puntos
Salar del Huasco	111	78	71	59	36
Salar de Aguas Calientes 2	35	16	30	9	7
Puntas Negras	34	18	15	19	9
Salar de El Laco	19	15	14	11	10
Pampa Colorada	15	12	7	10	5
Pampa las Tecas	32	13	13	23	9
Laguna Tuyajto	38	25	34	22	17
Salar de Aguas Calientes 3	31	30	28	15	12
Salar de Pedernales	87	30	75	20	19
Salar de Maricunga	69	27	69	3	3

Se presenta a continuación un listado de los estudios específicos revisados en el marco del presente proyecto, a partir de los cuales se generó la base de datos. Se identifican las cuencas con información química e isotópica que han sido estudiadas en cada uno de ellos (Tabla 4.2).

Desde la Figura 4.1 a la Figura 4.10 se representa en forma gráfica el catastro con toda la información recopilada durante el proceso de revisión de antecedentes. Se muestra la ubicación de los puntos con datos químicos e isotópicos, los que han sido separados por región y sistema piloto.

Un informe detallado de la recopilación y análisis de los antecedentes hidrogeoquímicos se presenta en la Parte IV del presente estudio, titulada “Hidrogeoquímica e Isotopía Regional del Altiplano”.

Tabla 4.2: Referencias consultadas para la elaboración del presente documento.

				Cuenca									
Autor	Título	Año	Referencia	Huasco	A. Calientes 2	P. Negras	Laco	P. Colorada	P. las Tecas	L. Tuyajto	A. Calientes 3	Pedernales	Maricunga
Ayala, Cabrera y Asociados LTDA	<i>Análisis de Redes de Vigilancia de Calidad de Aguas Terrestres. Estadística Hidroquímica Nacional. Etapa I.</i>	1994	DGA	x									
Geoaguas	<i>Disponibilidad de Recursos Subterráneos en el Sistema Tuyajto II Región de Antofagasta</i>	2007	Geoaguas				x	x	x	x	x		
C.Salazar, L. Rojas, A. Pollastrí.	<i>Evaluación de Recursos Hídricos en el Sector de Pica, Hoya de la Pampa del Tamaruga, I Región</i>	1998	DGA	x							x		
Universidad de Chile	<i>Geología de los Depósitos Salinos Andinos, Provincia de Antofagasta, Chile</i>	2003	DGA		x		x			x	x		
F. Risacher, H. Alonso, C.Salasár	<i>Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III regiones - Chile</i>	1999	DGA-UCN-IRD	x	x		x			x	x	x	x
I. Aguirre	<i>Hidrogeología de la Cuenca del Salar de Pedernales, Región de Atacama</i>	2005	SERNAGEOMIN									x	
Hargis & Montgomery INC	<i>Hydrogeologic Summary Salar del Huasco Basin, Provincia de Iquique, Chile</i>	1981		x									
O. Acosta	<i>Impacto de las Extracciones de Agua Subterránea en el Salar del Huasco</i>	2004	DGA	x									
NAZCA	<i>Informes Adicionales la Dirección General de Aguas, Quebrada de León y Pampa Llallqui.</i>	2003	DGA	x									
O. Suzuki C.Silva, P.Fritz, E.Salati	<i>Isotope Hydrology of Groundwaters in the Pampa del Tamarugal, Chile</i>	1981	DGA	x									
H.Peña, R. Aravena, A.Grilli.	<i>Isotopic Composition and Origin of the Precipitation in Northern Chile.</i>	1999	DGA	x									
M. Venegas, S. Iriarte, I. Aguirre	<i>Mapa Hidrogeológico de la Cuenca del Salar de Maricunga, Sector Ciénaga Redonda</i>	2000	SERNAGEOMIN										x
S. Iriarte	<i>Mapa Hidrogeológico de la Cuenca del Salar de Maricunga, Sector Salar de Maricunga</i>	1999	SERNAGEOMIN										x
Compañía Minera RIOCHILEX S.A.	<i>Modelo Hidrogeológico de Gestión del Sistema Hídrico del Salar del Huasco. Informe final</i>	2003	DGA	x									
Arcadis Geotécnica, Minera Escondida	<i>Suministro de Agua Pampa Colorada. Estudio de Impacto Ambiental</i>	2004	CONAMA		x	x							
DGA-JICA-PCI	<i>The Study on the Development of Water Resources in Northern Chile</i>	1995	DGA	x									

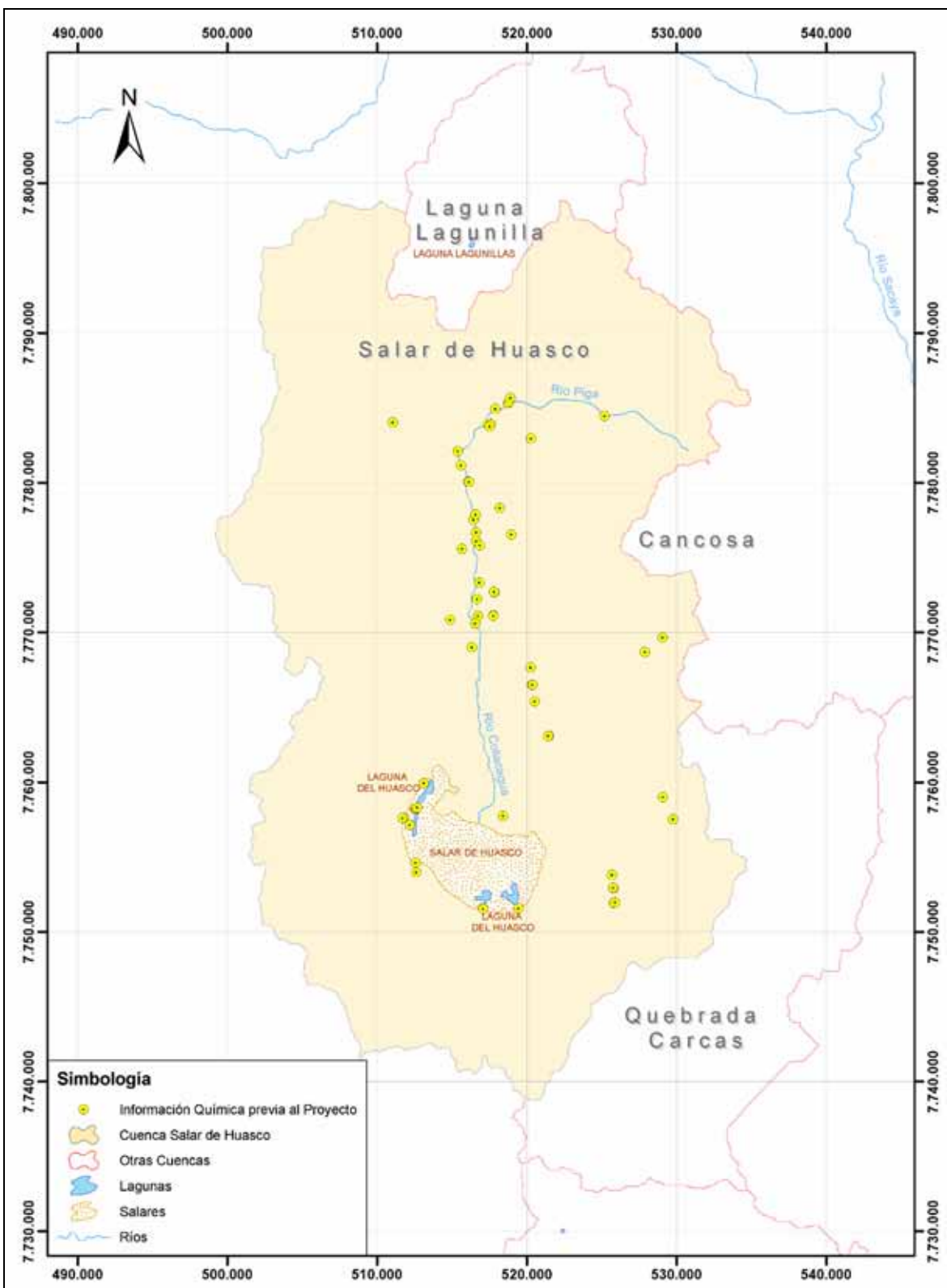


Figura 4.1: Antecedentes químicos salar del Huasco.

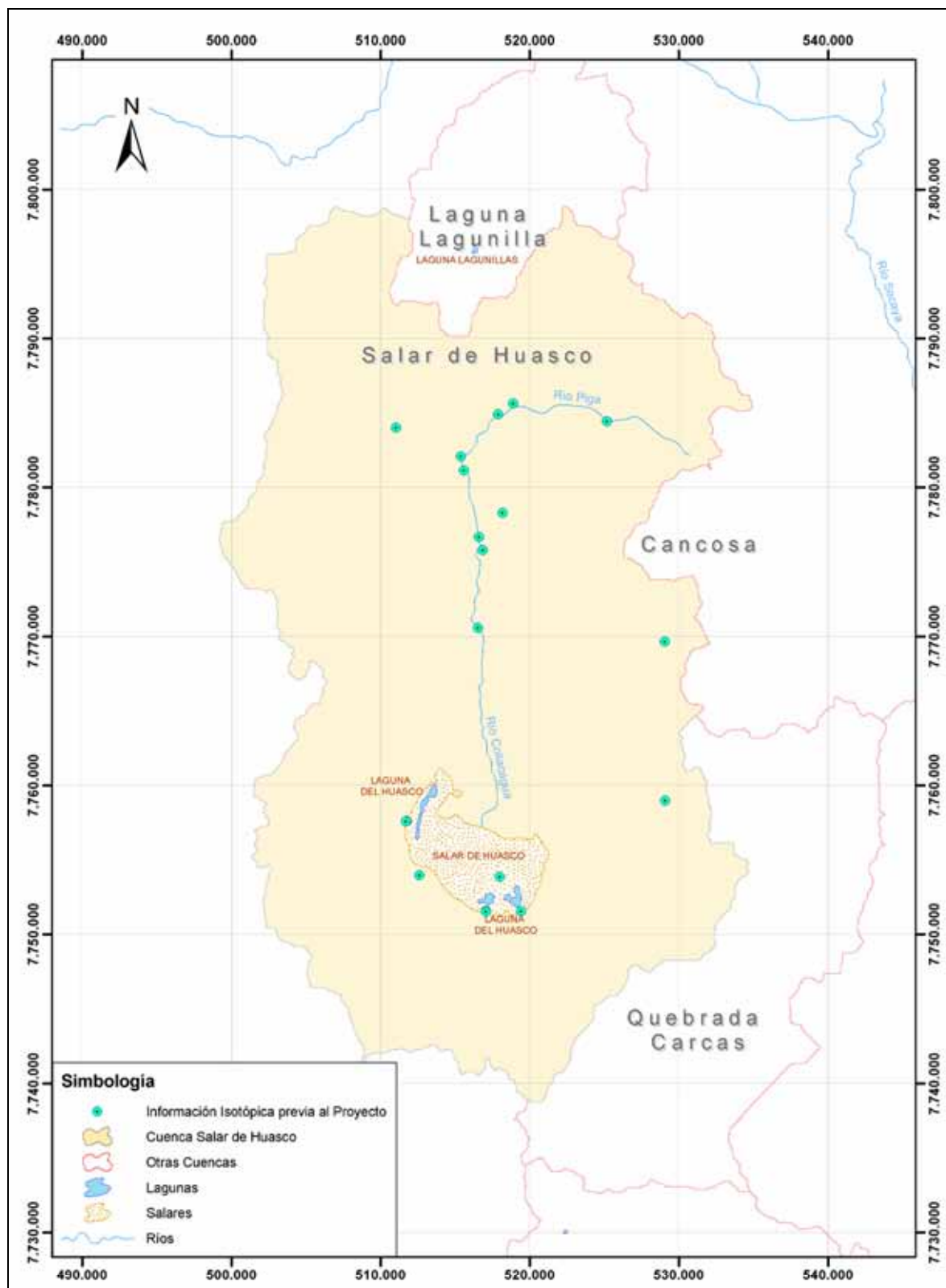


Figura 4.2: Antecedentes isotópicos salar del Huasco.

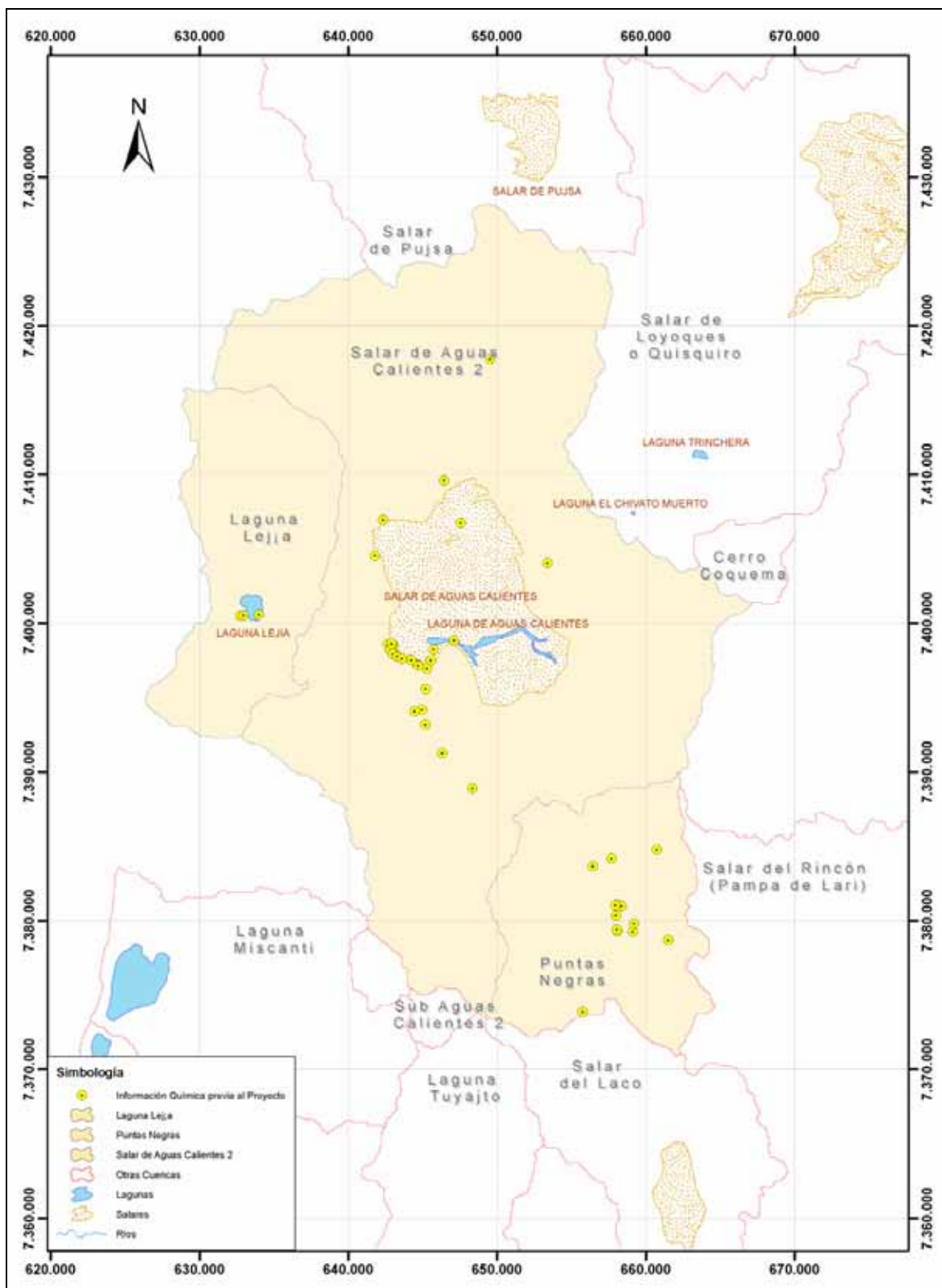


Figura 4.3: Antecedentes químicos Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.

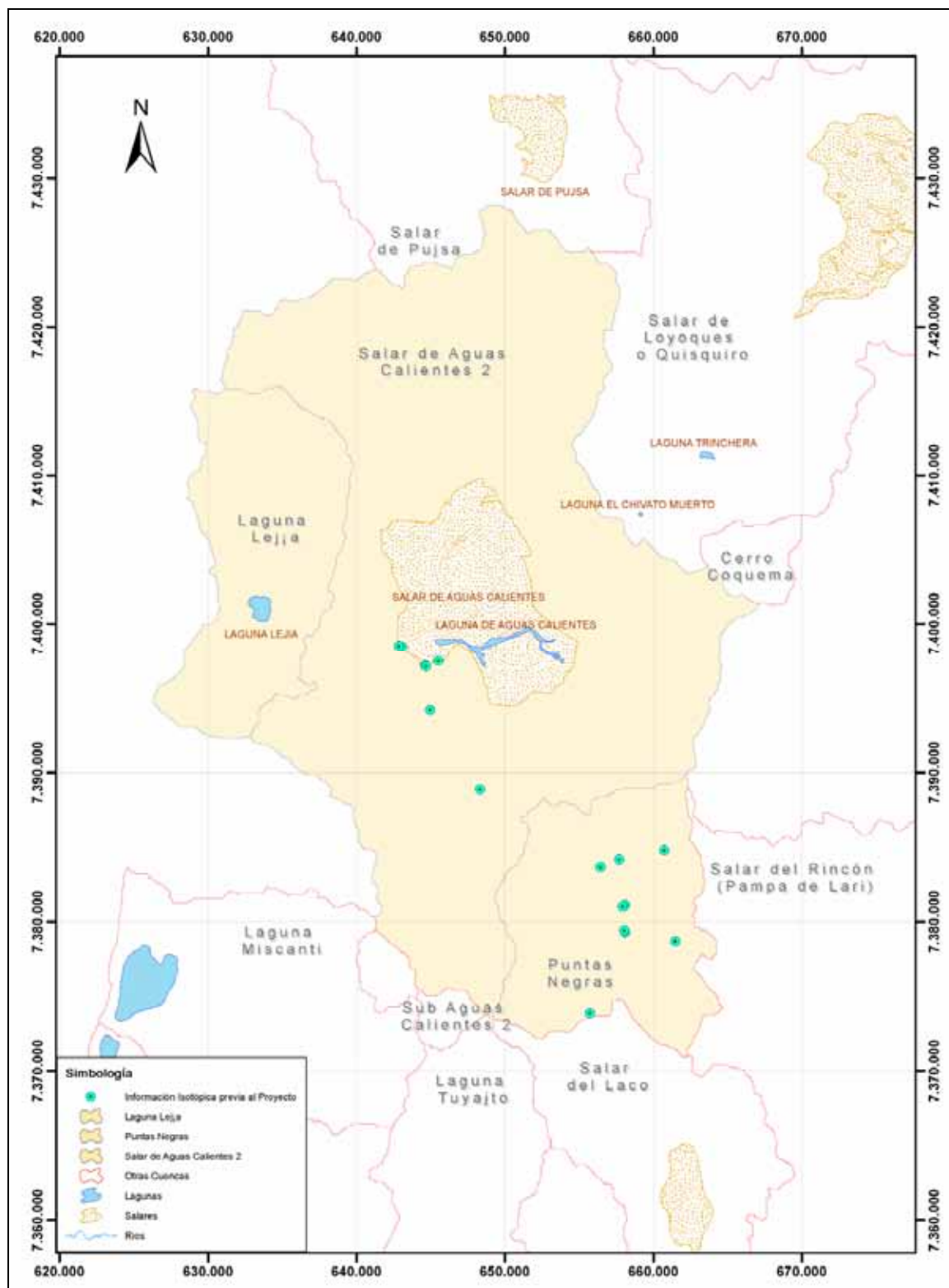


Figura 4.4: Antecedentes isotópicos Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.

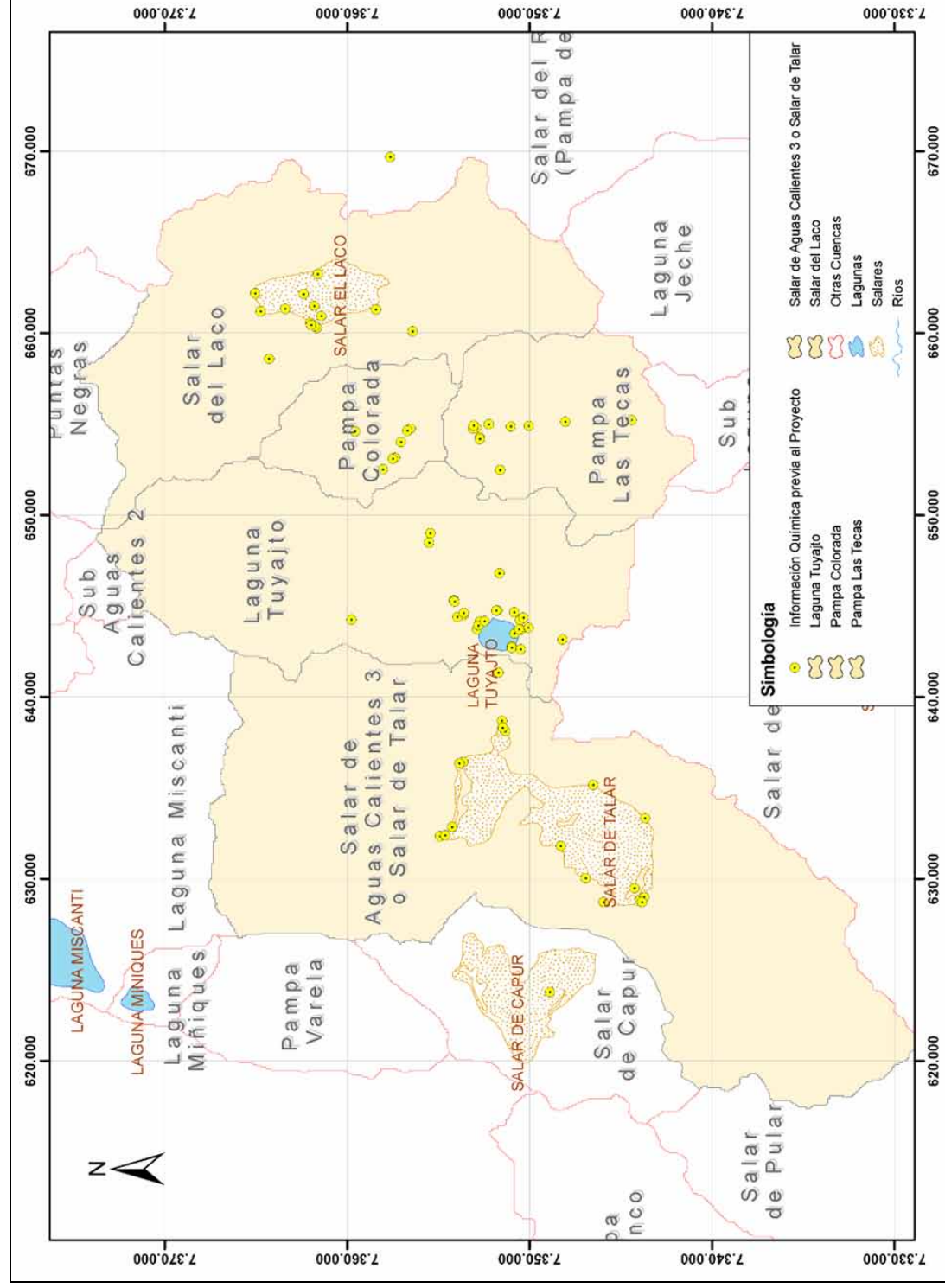


Figura 4.5: Antecedentes químicos Sistema Lago-Pampa Colorada-Pampa las Tecas-Tuyajto-A. Calientes 3

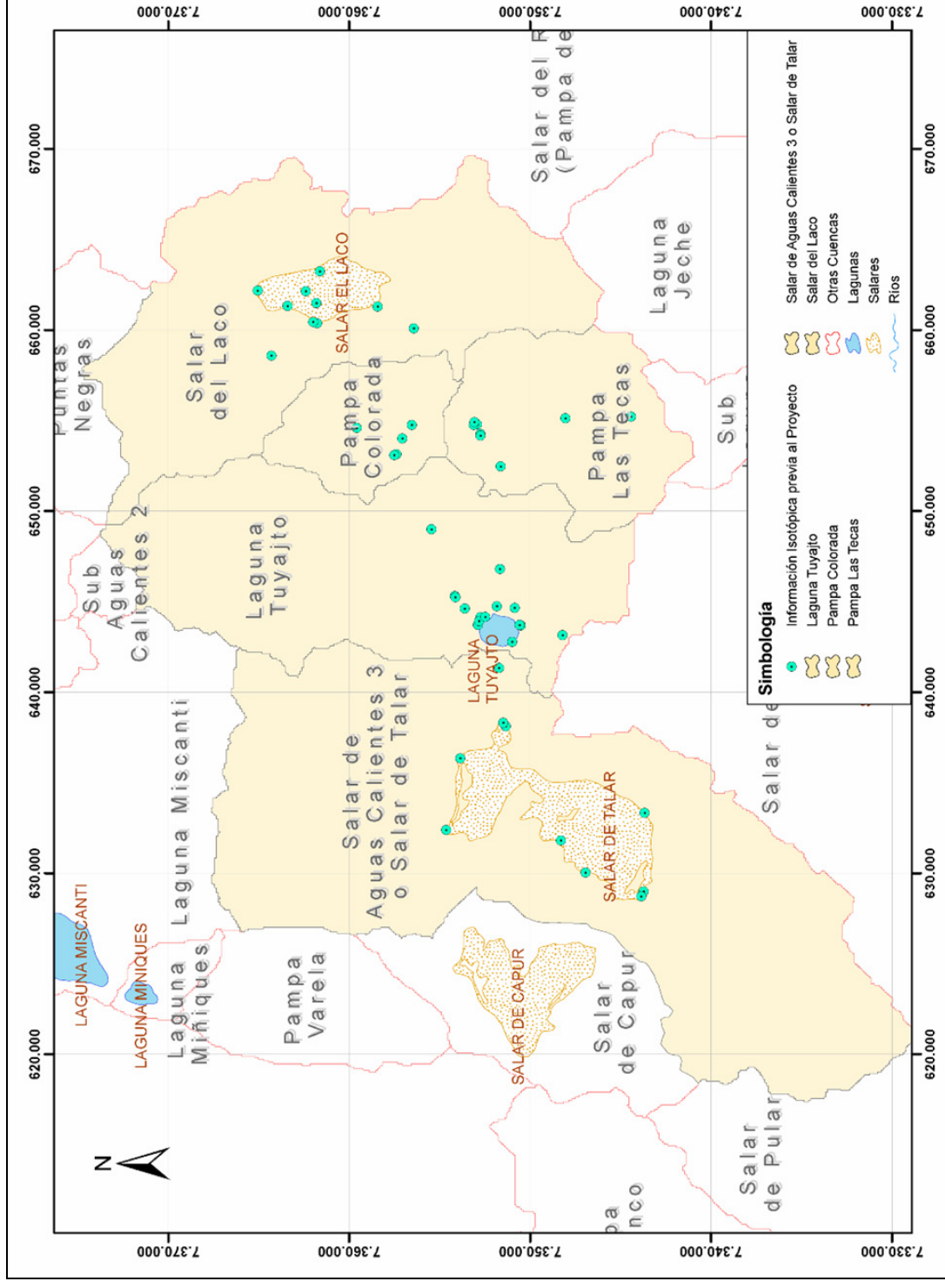


Figura 4.6: Antecedentes isotópicos Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tepas-Tuyajito-A. Calientes 3.

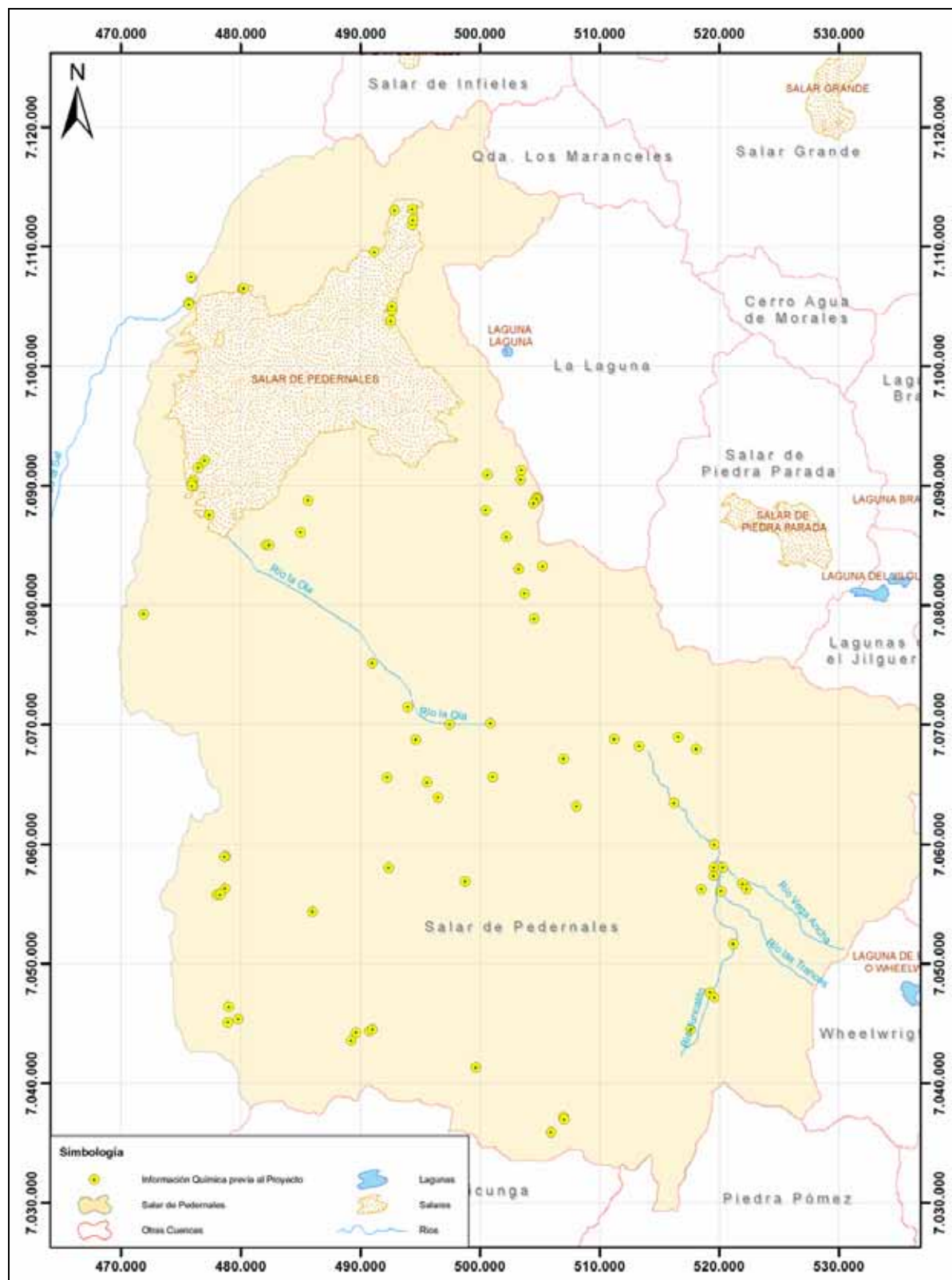


Figura 4.7: Antecedentes químicos salar de Pedernales.

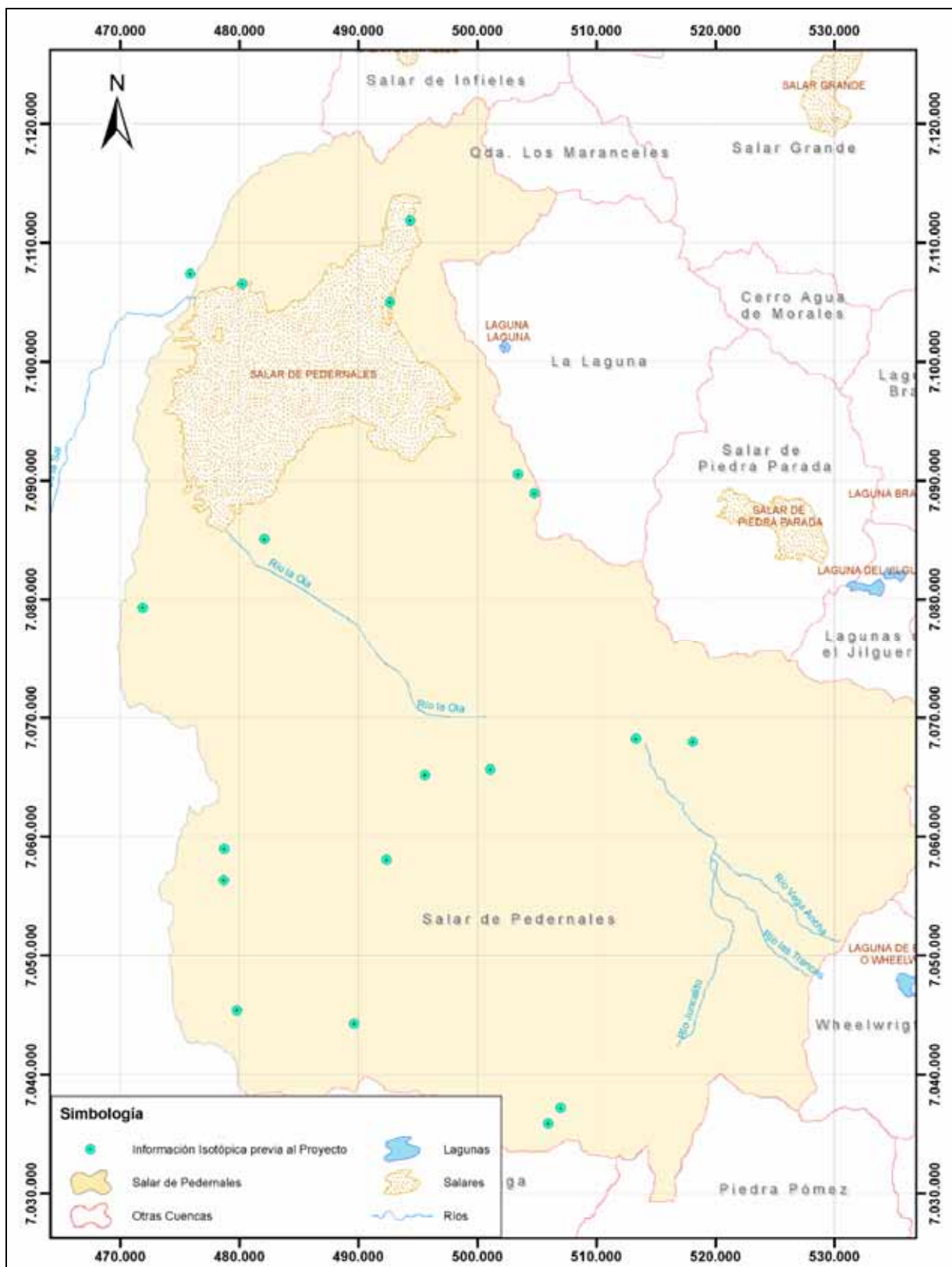


Figura 4.8: Antecedentes isotópicos salar de Pedernales.

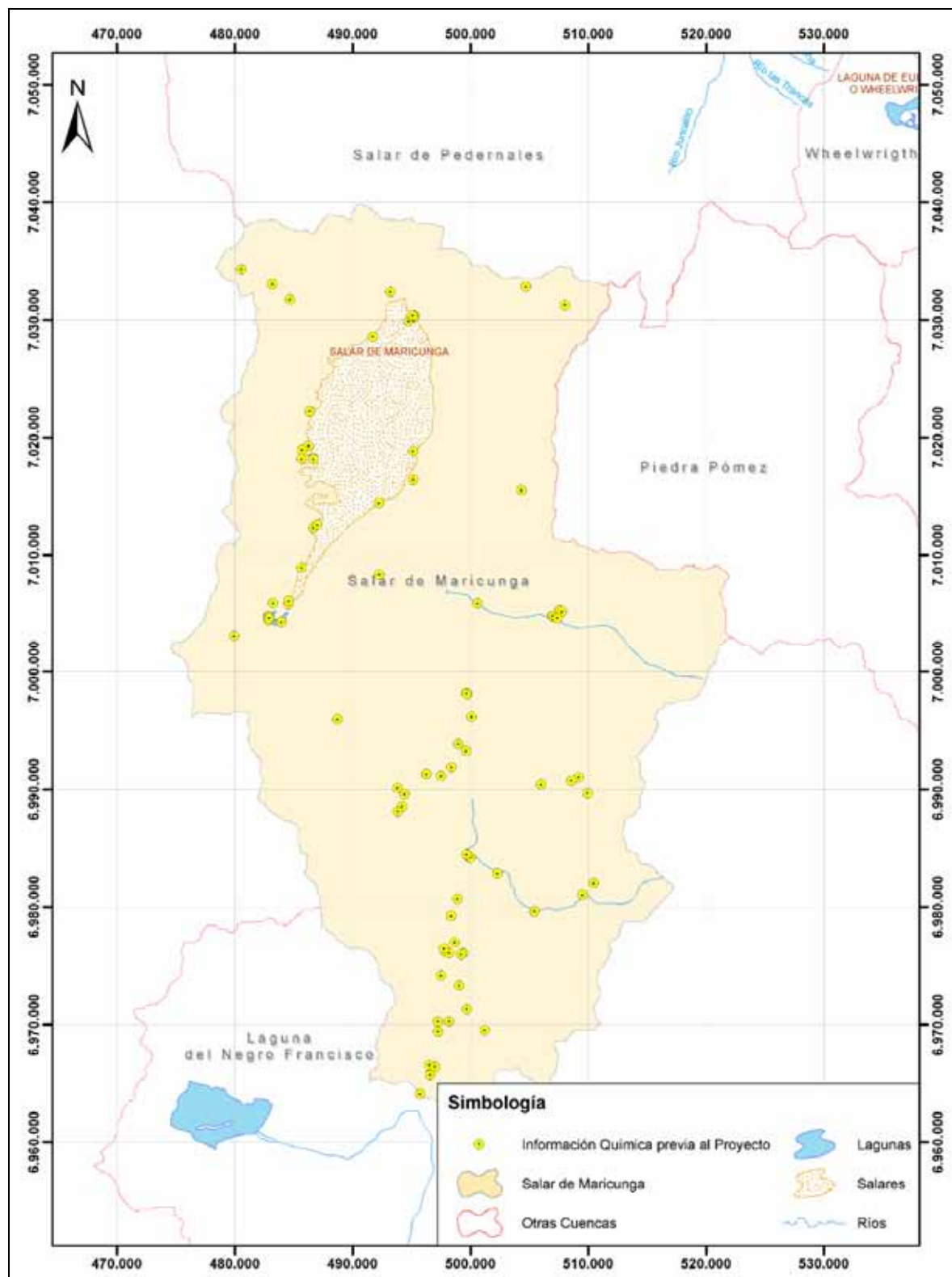


Figura 4.9: Antecedentes químicos salar de Maricunga

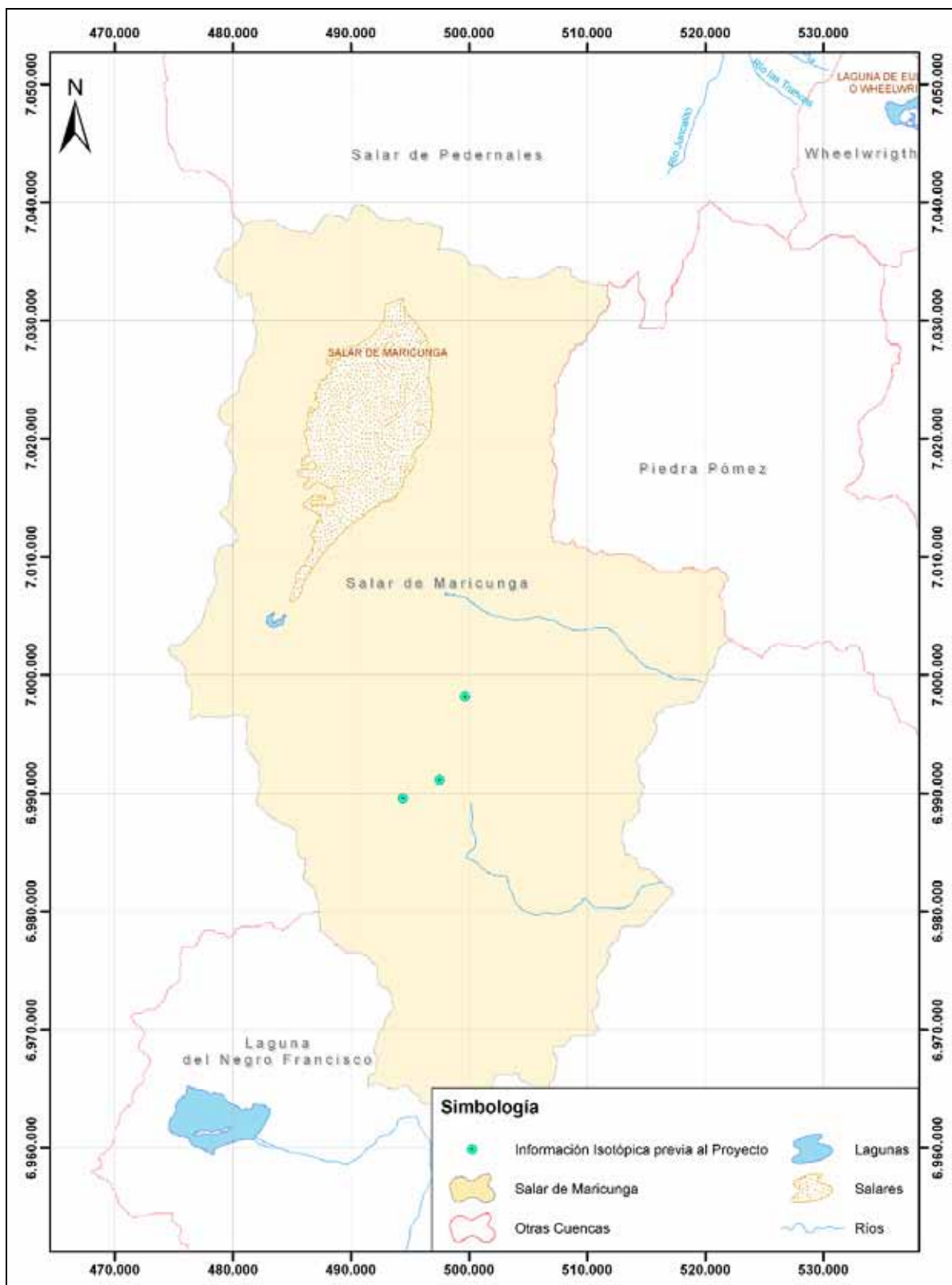


Figura 4.10: Antecedentes isotópicos salar de Maricunga.

5 CAMPAÑAS DE TERRENO

En el presente capítulo se describen las principales actividades realizadas durante las campañas de terreno, los análisis efectuados en laboratorio y las metodologías de muestreo implementadas.

5.1 Descripción general de las campañas

Con el fin de realizar el levantamiento de información hidrogeoquímica e isotópica, durante el estudio se llevaron a cabo tres campañas de terreno, las que fueron programadas según Región.

5.1.1 Primera campaña: III Región de Atacama

La primera campaña de terreno, desarrollada durante el mes de mayo del año 2008, fue realizada en las cuencas de Maricunga y Pedernales. Las operaciones se efectuaron desde el control fronterizo paso San Francisco, ubicado en el sector norte de la cuenca de Maricunga. Durante la campaña se muestreó un total de 31 puntos distribuidos en la zona.

Se tomaron 19 muestras de agua superficial en diversos puntos al interior de la cuenca del Salar de Maricunga, pozas en el salar, lagunas, manantiales, ríos, etc. Cabe destacar que el camino desde el norte del salar hacia la Laguna Santa Rosa, está en buenas condiciones, sin embargo al tratar de rodear el salar por su lado poniente se debe tener bastante precaución ya que en su mayoría sólo existen huellas en estado deficiente y la topografía es complicada.

Además, se tomo una muestra de agua superficial en una quebrada de la cuenca de Piedra Pómez para estudiar la potencial conexión entre ésta y la cuenca piloto.

Por su parte, en la cuenca del Salar de Pedernales se tomaron 12 muestras de agua superficial, en algunos afluentes al salar, en su punto de descarga al río de la Sal y otras al interior del salar propiamente tal. Lamentablemente, muchas de las quebradas existentes no presentaron escurrimientos y por lo tanto no pudieron ser muestreadas. Por otra parte, los caminos del sector sur-este del salar, hacia la cuenca La Laguna se encontraban en mal estado, lo que junto a lo abrupto del paisaje y grandes distancias impidió el paso a ésta en el tiempo que se disponía para ello.

En el recorrido a lo largo de la cuenca se apreció una gran intervención antrópica, por lo que se recomienda considerar esta información para un mejor entendimiento del funcionamiento hidrológico e hidrogeológico de la cuenca.

5.1.2 Segunda campaña: I Región de Tarapacá

Entre los días 7 y 13 de septiembre del año 2008 se efectuó la segunda campaña de muestreo de aguas. En esta campaña se recolectaron muestras y midieron niveles estáticos en diversos puntos de la cuenca del Salar del Huasco. Durante las labores se pernoctó en el sector suroeste del salar, en dependencias de los lugareños que allí viven.

En total se tomaron 21 muestras de agua en locaciones distribuidas en la cuenca. De los puntos muestreados, 9 corresponden a pozos, 8 a manantiales y 4 a ríos. Para el caso de los pozos, se realizaron mediciones que van desde los 10 metros de profundidad bajo el nivel del terreno (mbnt) hasta los 130 mbnt.

Por lo general la cuenca cuenta con una vasta red de caminos, situación que permite el acceso a gran parte del área comprendida por la hoya hidrográfica. Sin embargo, en algunas zonas los caminos y huellas se encuentran en mal estado, lo que impidió la toma de muestras. Por esta razón no fue posible muestrear aguas subterráneas o superficiales en el sector noroeste de la cuenca.

En cuanto al catastro de niveles de aguas subterráneas, se determinó la profundidad del nivel estático y ubicación de 20 pozos distribuidos principalmente en los sectores central y sur de la cuenca.

5.1.3 Tercera campaña: II Región de Antofagasta

Finalmente, entre el 25 y el 31 de octubre de 2008 se realizó la campaña de muestreo correspondiente a la Segunda Región del país. En dicha campaña se muestrearon un total de 23 puntos pertenecientes a las cuencas de Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Salar de El Laco, Pampa Colorada, Laguna Tuyajto y Salar de Aguas Calientes 3. Las muestras subterráneas abarcan un rango de profundidad comprendido entre los 55 mbnt y los 140 mbnt. El campamento base se estableció en el control fronterizo Avanzada El Laco, al interior de las dependencias del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Se muestrearon 7 puntos ubicados en la cuenca del Salar de Aguas Calientes 2, cinco de ellos de tipo superficial y 2 correspondientes a aguas subterráneas. Para el caso del salar de Aguas Calientes 3, se muestrearon cuatro puntos superficiales y uno desde el acuífero. Tanto en la cuenca de Puntas Negras como en Laguna Tuyajto se colectaron tres muestras, sin embargo, en la primera sólo fue posible catastrar puntos subterráneos, mientras que en la segunda las muestras obtenidas fueron del tipo superficial. De las últimas tres muestras, dos corresponden a afloramientos difusos detectados en el salar de El Laco y la otra a agua colectada desde la laguna Lejía.

Por lo general, todos los sectores estudiados en la Región presentan una amplia red de caminos y huellas, en estado aceptable, que permiten realizar un completo recorrido por salares y pampas. Existen sin embargo algunos afloramientos ubicados en pequeñas quebradas carentes de accesos para vehículos livianos. Para muestrear dichos puntos es necesario caminar alrededor de 30 minutos. Durante la campaña, no se encontraron caminos ni huellas que permitieran el acceso al sector sur-este del Salar de Aguas Calientes 2.

5.2 Análisis de laboratorio y terreno

5.2.1 Análisis químicos en laboratorio

El Laboratorio de Análisis de Aguas y Riles de DICTUC S.A. efectuó el análisis químico de elementos a 76 muestras colectadas en las cuencas piloto del altiplano. De éstas, 59 corresponden a escurrimientos superficiales (vertientes, ríos y lagunas), mientras que los 17 restantes son del tipo subterráneo (pozos). Los parámetros definidos para ser analizados fueron:

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| ➤ pH | ➤ Sílice total |
| ➤ Conductividad específica | ➤ Aluminio total |
| ➤ Cloruros disueltos | ➤ Hierro total |
| ➤ Nitratos disueltos | ➤ Boro total |
| ➤ Sulfatos disueltos | ➤ Litio total |
| ➤ Bicarbonatos disueltos | ➤ Zinc total |
| ➤ Carbonatos disueltos | ➤ Manganeso total |
| ➤ Sodio disuelto | |
| ➤ Calcio disuelto | |
| ➤ Potasio disuelto | |
| ➤ Magnesio disuelto | |

5.2.2 Parámetros físicos y químicos en terreno

En forma adicional a los análisis efectuados en laboratorio, durante las campañas de terreno se procedió a cuantificar “*in situ*” algunos parámetros físicos y químicos del agua. En particular se determinó la temperatura, pH y conductividad de todas las muestras colectadas.

Los valores de estos parámetros fueron registrados durante la toma de muestras. Dicha información está contenida en las fichas de registro diseñadas para ello, correspondientes a cada punto de muestreo. Otros datos incluidos en la ficha (Figura 5.1) fueron la ubicación de los puntos de medición y la información de niveles.

5.2.3 Muestreo isotópico

Se realizaron análisis isotópicos a las 76 muestras recolectadas durante las campañas de terreno, a cargo del laboratorio de isótopos ambientales de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).

Duran el proceso se adoptaron todas las medidas necesarias para un manejo adecuado de las muestras tanto en terreno, traslado y recepción en laboratorio, ajustándose a los procedimientos establecidos por la CCHEN.

La información isotópica requerida fue:

- Deuterio (^2H)
- Oxígeno 18 (^{18}O)

Nombre muestra									
Tipo muestra	Fecha/hora	Coordenadas		N.E. (m.)	Cuenca	Observaciones			
		E:							
		N:							
Medicion ml	Ph	Conductividad (uS/cm)		T°	Profundidad Muestra				
750									
250 (acido nitrico)									
250 (isotopos)									

Nombre muestra									
Tipo muestra	Fecha/hora	Coordenadas		N.E. (m.)	Cuenca	Observaciones			
		E:							
		N:							
Medicion ml	Ph	Conductividad (uS/cm)		T°	Profundidad Muestra				
750									
250 (acido nitrico)									
250 (isotopos)									

Nombre muestra									
Tipo muestra	Fecha/hora	Coordenadas		N.E. (m.)	Cuenca	Observaciones			
		E:							
		N:							
Nº Medicion	Ph	Conductividad (uS/cm)		T°	Profundidad Muestra				
750									
250 (acido nitrico)									
250 (isotopos)									

Figura 5.1: Ficha de registro utilizada en campañas de terreno.

5.2.4 Medición de coordenadas, cota de terreno y nivel estático

Durante las labores de terreno se determinó la ubicación y cota de todos los puntos muestreados. La información se registró en coordenadas UTM, Datum Provisional Sudamericano 56 (PSAD56), Huso 19 S.

Como resultado de la campaña se identificaron y midieron las coordenadas y cotas en los 76 puntos, además del nivel estático en 26 pozos distribuidos en las Regiones I y II.

5.3 Metodología de muestreo

Como se mencionó anteriormente, durante las campañas de levantamiento hidrogeoquímico, se realizaron labores orientadas a la recolección de muestras para estudios químicos e isotópicos en laboratorio, mediciones de parámetros característicos del agua en terreno y catastro de niveles en pozos distribuidos en la zona de estudio.

La definición de los puntos de muestreo se basó en tres criterios principales.

- Se intentó escoger puntos en que la información química e isotópica existente antes del estudio fuese escasa o nula.
- Se privilegiaron los puntos que según estudios previos de gabinete pudiesen aportar una mayor información al conocimiento de los sistemas subterráneos.
- Los sitios escogidos deben poseer rutas de accesos razonables para los tiempos disponibles en terreno.

De esta forma, el criterio general privilegió el muestreo de aguas provenientes de vertientes y pozos en desmedro de ríos y lagunas.

El muestreo de aguas se realizó en base al protocolo diseñado para tales efectos (ANEXO V). Por su parte, las muestras de aguas subterráneas, extraídas desde pozos fueron recolectadas mediante la utilización de un bailer modelo Solinst 425. Sus principales características y el instructivo de funcionamiento se presentan en el ANEXO VI.

Para las mediciones “*in situ*” se utilizó una sonda multi-parámetro TPS modelo WP-81 que permite cuantificar las variables de pH, temperatura y conductividad, además de un conductímetro HACH modelo Sension 5, capaz de monitorear conductividad y temperatura en forma simultánea.

La medición de niveles estáticos en pozos y la ubicación de puntos de muestreo se realizaron mediante la manipulación de un pozómetro de 150 metros de longitud y un GPS.

Con el fin de tener un registro visual de los diversos puntos de muestreo y del procedimiento de medición, se tomaron fotografías (ANEXO VII) y filmaciones de las distintas actividades realizadas.

A continuación, se presenta una descripción que detalla paso a paso la metodología de trabajo implementada durante las campañas de terreno.

1. Identificación puntos de muestreo; consulta de antecedentes e inspección visual.



2. Muestreo químico e isotópico; vertientes	
<p>Toma de muestra: usando guantes de latex tomar el agua directamente desde el punto de afloramiento o vertiente. Para mantener en óptimo estado las etiquetas de rotulación, se recomienda utilizar un único dispositivo para tomar las muestras y luego trasvasijar a los recipientes finales. Dicho envase debe ser ambientado antes de cada muestreo definitivo.</p>	
<p>Llenado de envases: ambientar los envases enjuagando varias veces con agua tomada del mismo punto de muestreo.</p> <p>Llenar completamente los envases procurando que no queden burbujas de aire en su interior.</p>	
<p>Parafilm: sellar los envases aplicando cinta parafilm tanto en la parte interior de la tapa, como en su exterior.</p> <p>El sellado, rotulado y almacenamiento para el caso de las muestras tomadas en pozos es equivalente a lo indicado para vertientes.</p>	
<p>Etiquetas: rotular los envases con un plumón permanente. Escribir sobre las etiquetas identificación de muestra, fecha y hora de realización.</p> <p>Se recomienda proteger las etiquetas con cinta adhesiva para evitar el contacto con agua.</p>	
<p>Almacenamiento: Guardar las muestras rotuladas y selladas al interior de cajas de plumavit (aislapol) enfriadas con hielo. Cubrir la caja con nylon para proteger muestras de polvo y mantener sin luz.</p>	

3.-Muestreo químico e isotópico; pozos	
<p>Preparación de equipo de muestreo bailer: conectar los componentes del bailer (cable de acero, manguera línea de aire, bombín y muestreador) según manual presentado en ANEXO VI.</p> <p>Tener especial cuidado en la fijación del cable de acero.</p> <p>Determinar profundidad de la napa y profundidad a la que se desea tomar la muestra.</p>	
<p>Presurización: presurizar el sistema según requerimiento establecido en manual (ANEXO VI).</p> <p>De ser posible se recomienda utilizar compresor de aire.</p> <p>Desconectar el bombín o compresor antes de seguir el siguiente paso.</p>	
<p>Toma de muestras 1: Una vez presurizado el sistema introducir el bailer en el pozo y descender a ritmo constante hasta la profundidad deseada.</p> <p>Tener especial cuidado en mantener tanto la línea de aire como el cable de acero tensos en todo momento (esto evitará que ambas líneas se enreden)</p>	

3.-Muestreo químico e isotópico; pozos

Toma de muestra 2: una vez alcanzada la profundidad deseada, despresurizar y esperar un par de minutos para lograr que el agua al interior de la manguera alcance el nivel estático.

Represurizar y subir el bailer hasta la superficie. Debido a que muchas veces la válvula no queda completamente cerrada, realizar el proceso en forma rápida, teniendo precaución de que los cables no se enreden.



Llenado de envases: utilizar la primera muestra obtenida para ambientar los envases. A partir de la segunda muestra llenar los envases en forma directa, despresurizando el sistema y abriendo completamente la válvula del bailer.

Para aumentar el caudal de salida, ubicar la manguera lo más alto posible



4.-Mediciones en terreno

Utilización de guantes de latex: al momento de manipular muestras e instrumentos, es necesario utilizar guantes que permitan mantener limpios las herramientas de trabajo y envases, para evitar la contaminación de muestras.



4.-Mediciones en terreno

Preparación de instrumentación: preparar sondas de medición tanto para cuantificar el pH, como la conductividad y temperatura. La sonda de medición de pH debe mantenerse en todo momento al interior de una solución buffer (pH 4).



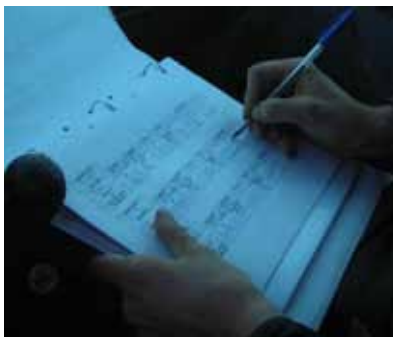
Limpieza de instrumentos: Los instrumentos deben ser lavados con agua mili-Q antes y después de realizar cada medición. Eso tiene como objetivos evitar la contaminación cruzada de muestras y mantener limpios los instrumentos.






Medición: Utilizando un envase especialmente asignado para ello, se introducen las sondas al interior de la muestra recolectada. Los sensores deben mantenerse en el interior de la muestra hasta que se alcance un claro equilibrio.



Registro de información: una vez realizados los análisis de terreno deben registrarse los valores obtenidos en la ficha. En esta misma ficha deben anotarse las coordenadas, cotas, niveles estáticos, nombre de identificación y profundidad de las muestras.



5.-Determinación de niveles estáticos y ubicación de puntos de muestreo	
Ubicación de pozos y puntos de muestreo: utilización de GPS para obtener coordenadas de ubicación y cotas de terreno de pozos a muestrear.	
Medición altura de brocal: necesaria para obtener el nivel real de las aguas subterráneas. Es equivalente a la altura existente entre el nivel del terreno y la parte superficial del tubo.	
Medición de nivel: se introduce el pozómetro, determinando la distancia existente entre la parte superior de la tubería y la columna de agua.	

6 RESULTADOS

A continuación se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos durante las campañas de muestreo hidrogeoquímico. La información completa, con resultados específicos de cada sección, se presentan en los siguientes apartados:

- ANEXO I Resultados Análisis Químicos en Laboratorio
- ANEXO II Resultados Análisis Físicos y Químicos en Terreno
- ANEXO III Resultados Análisis Isotópicos
- ANEXO IV Niveles Piezométricos

6.1 Región I de Tarapacá

En la cuenca del salar del Huasco se realizaron análisis de iones principales e isotópicos de Deuterio (^2H) y Oxígeno-18 (^{18}O) a 21 muestras. Los resultados de laboratorio arrojaron valores de pH comprendidos en el rango que va desde los 3,8 hasta los 8,62. Correspondiendo el más ácido a la muestra HUA.F052 (río Collacagua) y el más básico a muestras tomadas en la zona norte de la cuenca desde el pozo E-24 (punto HUA.T039).

Para el caso del ión cloruro disuelto, se determinaron concentraciones que van desde los 1,27 mg/l, en el extremo norte de la cuenca (muestra HUA.F055), hasta los 467 mg/l en afloramientos ubicados al interior del salar (muestra HUA.F051).

En forma adicional, se determinó la ubicación y niveles estáticos en 24 pozos espacialmente distribuidos en la cuenca. Las profundidades registradas van desde los 1,05 m, en el pozo P12 ubicado en las cercanías del río Collacagua, hasta los 90 m, alcanzada en el pozo denominado P01. Cabe señalar que 22 de los 24 niveles determinados fueron medidos durante la misma jornada.

La Figura 6.1 presenta un mapa con los puntos con información geoquímica disponible en la cuenca del Salar del Huasco, una vez realizadas las campañas de terreno. Los puntos de color rojo corresponden a muestras tomadas en el presente estudio, mientras que los amarillos representan la información previamente existente. Por su parte, la Figura 6.2 presenta una comparación similar para el caso de las muestras isotópicas recopiladas en el presente estudio.

La Figura 6.3 muestra el levantamiento de pozos y niveles estáticos realizado en la campaña de terreno llevada a cabo en la zona de estudio.

La Tabla 6.1 presenta la ubicación de los puntos muestreados durante la campaña de terreno efectuada en el Salar del Huasco.

Tabla 6.1: Ubicación muestras tomadas en I Región de Tarapacá.

Nº	ID	Coordenadas UTM		Altitud
		Norte	Este	msnm
1	HUA.T039	7.780.032	516.122	3.842
2	HUA.T040	7.780.033	516.145	3.840
3	HUA.T041	7.773.315	516.830	3.817
4	HUA.F047	7.783.304	519.783	3.942
5	HUA.T042	7.771.075	516.792	3.805
6	HUA.T043	7.771.095	516.754	3.805
7	HUA.F048	7.759.843	513.141	3.804
8	HUA.F049	7.758.371	511.989	3.793
9	HUA.F050	7.757.602	511.703	3.795
10	HUA.F051	7.751.754	516.862	9.798
11	HUA.F052	7.756.915	527.992	3.977
12	HUA.F053	7.769.513	529.220	4.373
13	HUA.F054	7.770.074	529.337	4.402
14	HUA.F055	7.792.402	523.197	4.198
15	HUA.F056	7.793.006	522.753	4.261
16	HUA.F057	7.785.300	518.899	3.936
17	HUA.F058	7.785.409	518.808	3.932
18	HUA.T044	7.771.101	517.780	3.822
19	HUA.T045	7.765.369	520.536	3.874
20	HUA.T046	7.763.087	521.477	3.839
21	HUA.T047	7.753.771	525.716	3.827

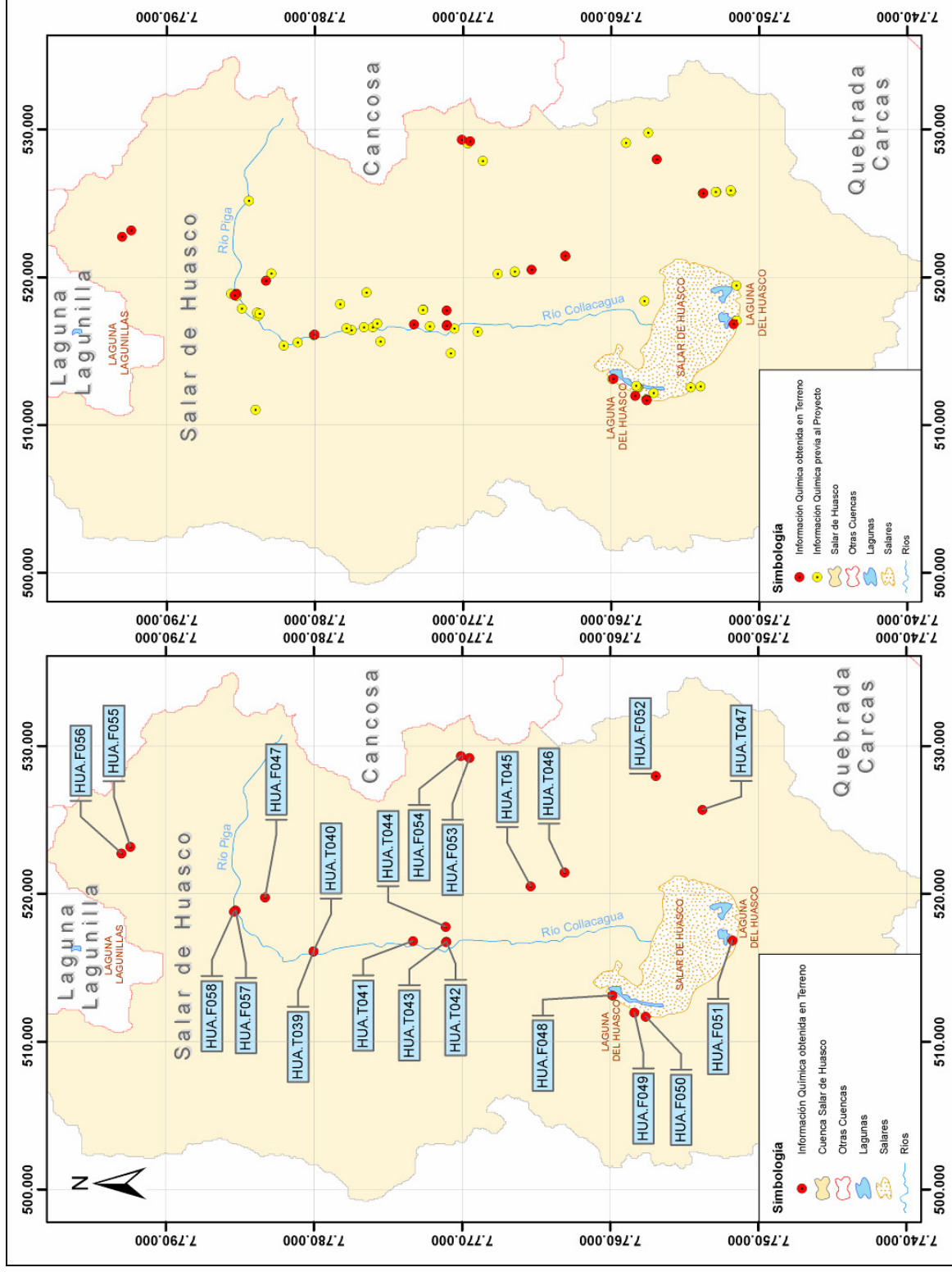


Figura 6.1: Información química muestrada en terreno y situación actual. Salar del Huasco.

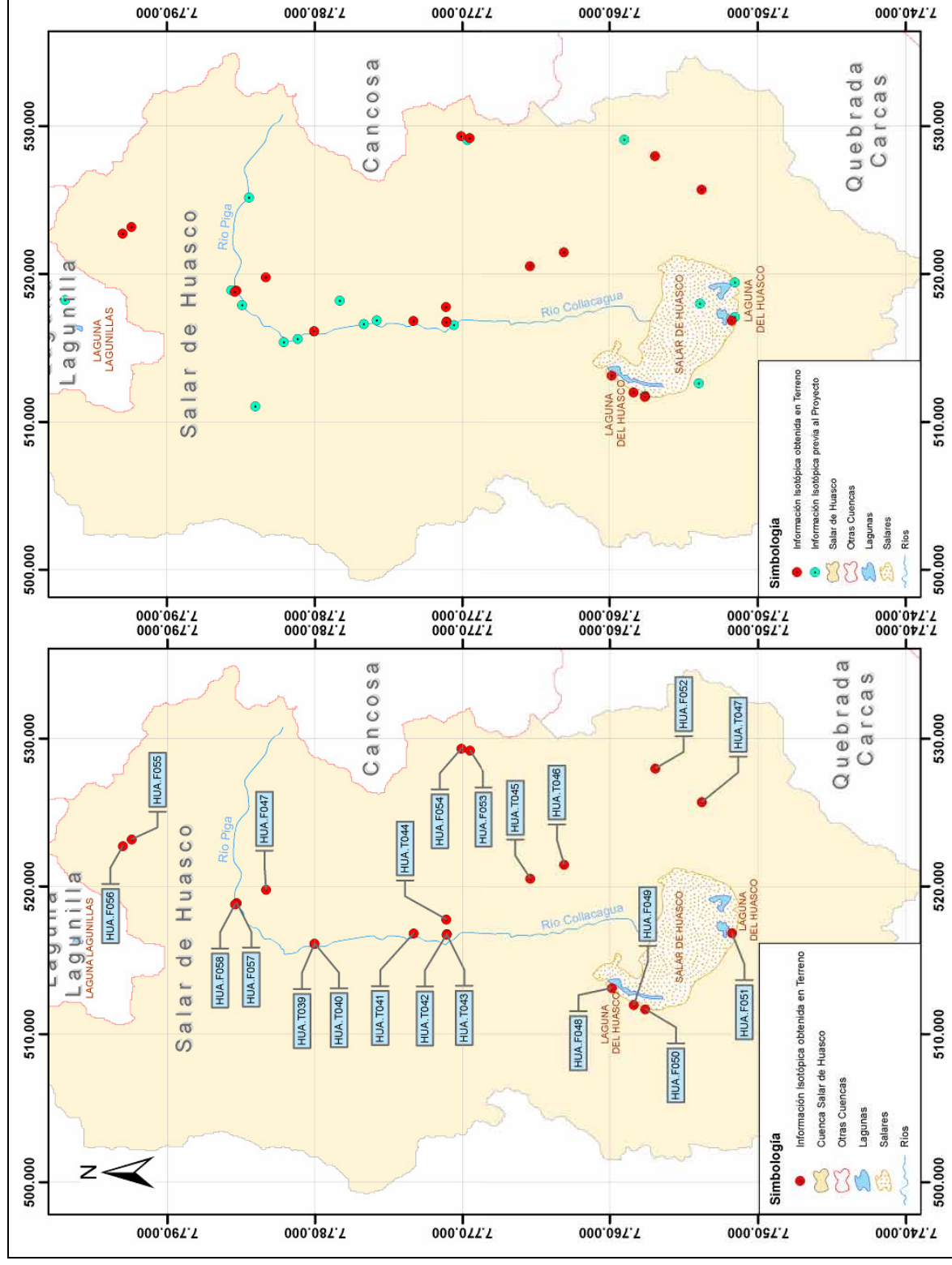


Figura 6.2: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Salar del Huasco.

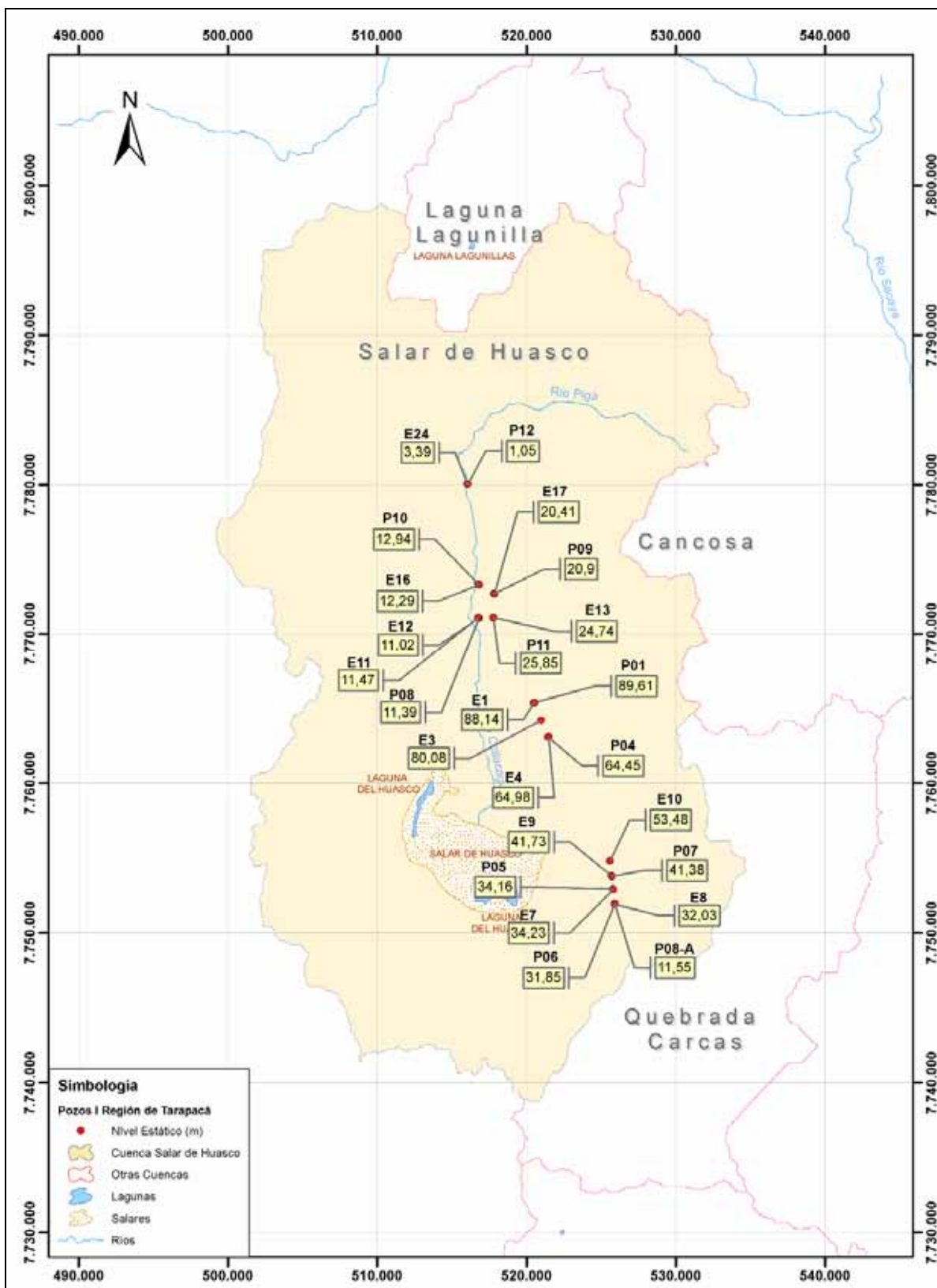


Figura 6.3: Medición de niveles estáticos. Salar del Huasco.

6.2 Región II de Antofagasta

Los resultados obtenidos en la Segunda Región comprenden información de 23 puntos distribuidos en un total de 7 cuencas endorreicas. Los puntos muestreados son representativos de aguas superficiales (lagunas, ríos y vertientes) y subterráneas provenientes de pozos de monitoreo existentes en la zona de estudio.

En las Figura 6.4 y Figura 6.6 se presentan la ubicación de las fuentes muestreadas durante las campañas de terreno para análisis químico. En forma adicional se presenta la situación general actual, con la información de todos los puntos catastrados a la fecha. Para facilitar la comprensión, la zona de estudio ha sido dividida en dos sistemas; el primero de ellos formado por las cuencas de Lejía, A. Calientes 2 y Puntas Negras. El segundo sistema abarca las cuencas de El Lago, Pampa Colorada, Puntas Negras, Tuyajto y A. Calientes 3.

La ubicación y datos recopilados de isótopos se muestran en las Figura 6.5 y Figura 6.7.

La Figura 6.8 muestra el catastro de pozos y niveles de la napa, realizado en la campaña de terreno llevada a cabo en la Segunda Región del país.

Los resultados de los análisis efectuados en terreno revelan la existencia de aguas con conductividades máximas de 9.670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la laguna Lejía (LEJ.F005) y mínimas de 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en vertientes ubicadas al noreste de la cuenca del Salar de Aguas Calientes 3 (AC3-F030).

Para el caso del pH, los valores máximos fueron obtenidos en el sector sur del salar de El Lago (8,62), mientras que el mínimo corresponde a la muestra subterránea denominada AC2-T008 con 6,52 del Salar de Aguas Calientes 2.

Por su parte, los valores obtenidos para el cloruro disuelto abarcan el rango comprendido entre los 473 y los 16500 mg/l, correspondiendo la muestra obtenida desde la vertiente nor-oeste de la cuenca del Salar de Aguas calientes 2 (AC2.F029) al valor mínimo y el punto ubicado en la Laguna Lejía (LEJ.F005) al máximo.

A través de la medición de niveles se determinaron profundidades de la napa subterránea que van desde los 12 mbnt en el pozo LA-0 (Salar de Aguas Calientes 2), hasta los 97 mbnt, valor correspondiente al pozo PC-4 (Pampa Colorada).

La Tabla 6.2 presenta la ubicación y altitud de los 23 puntos muestreados en la franja altiplánica de la Segunda Región de Antofagasta.

Tabla 6.2: Ubicación muestras tomadas en II Región de Antofagasta.

N°	ID	Coordenadas UTM		Altitud
		Norte	Este	msnm
1	TUY.F031	7.351.843	644.733	4.056
2	TUY.F032	7.354.166	645.296	4.052
3	LAC.F010	7.357.745	662.787	4.243
4	AC3.F030	7.354.760	632.049	3.953
5	AC3.F031	7.353.770	636.407	3.958
6	AC3.F032	7.353.677	636.463	3.948
7	AC2.F025	7.397.163	644.699	4.212
8	AC2.F026	7.397.292	644.952	4.208
9	AC2.F027	7.397.164	644.782	4.210
10	AC2.F028	7.398.491	642.914	4.208
11	AC2.F029	7.407.690	641.053	4.317
12	LEJ.F005	7.400.166	633.356	4.343
13	AC2.T007	7.395.562	645.244	4.234
14	AC2.T008	7.395.562	645.244	4.234
15	PTN.T015	7.380.945	658.400	4.383
16	PTN.T016	7.379.366	658.091	4.361
17	PTN.T017	7.379.366	658.091	4.361
18	LAC.F011	7.364.661	661.289	4.252
19	COL.T008	7.358.029	652.249	4.277
20	COL.T009	7.358.029	652.249	4.277
21	TUY.F033	7.350.324	643.814	4.060
22	AC3.T003	7.351.692	641.384	4.038
23	AC3.F033	7.351.406	638.488	3.979

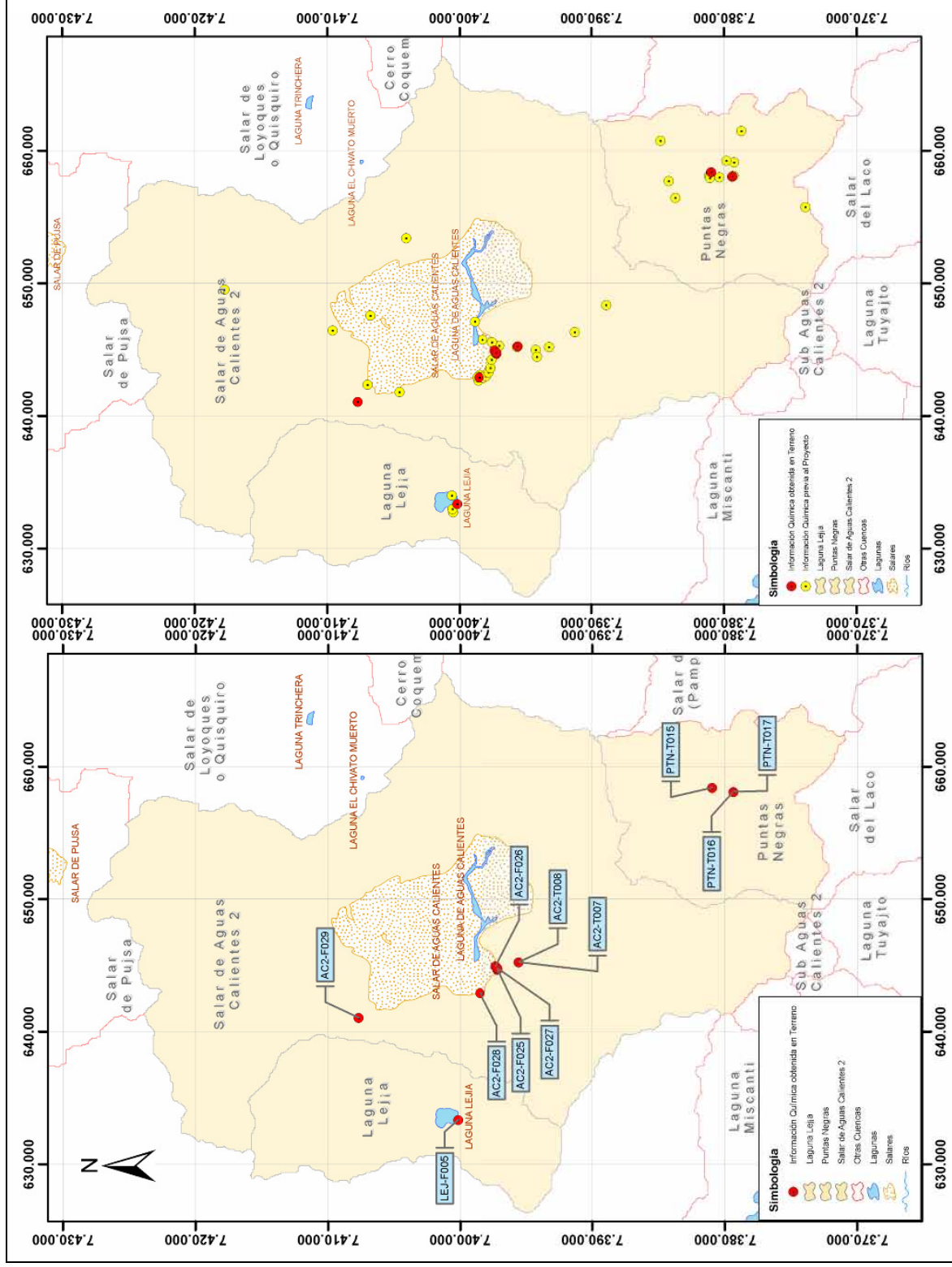


Figura 6.4: Información química muestreada en terreno y situación actual. Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.

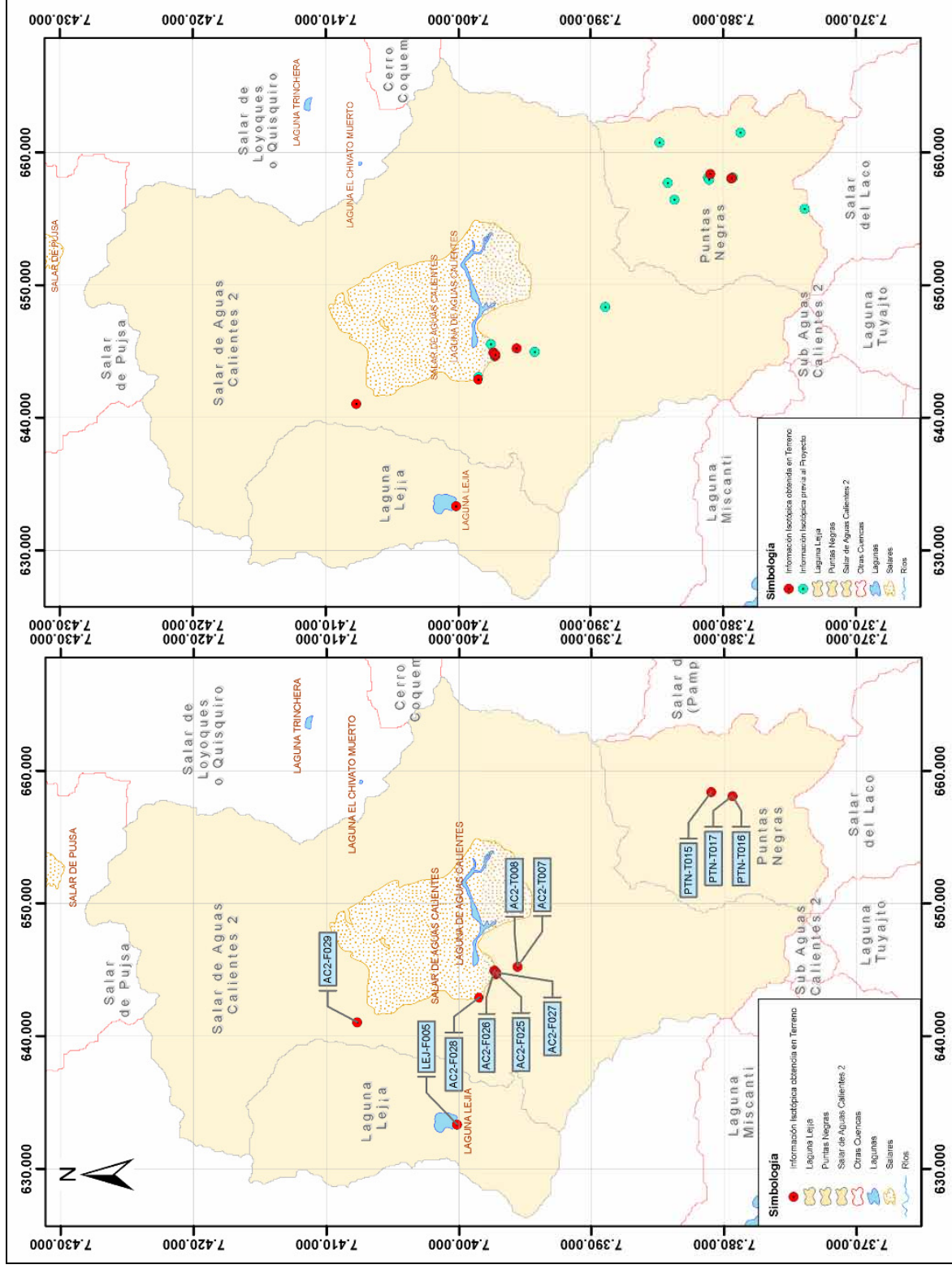


Figura 6.5: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Sistema Puntas Negras-A. Calientes 2-Lejía.

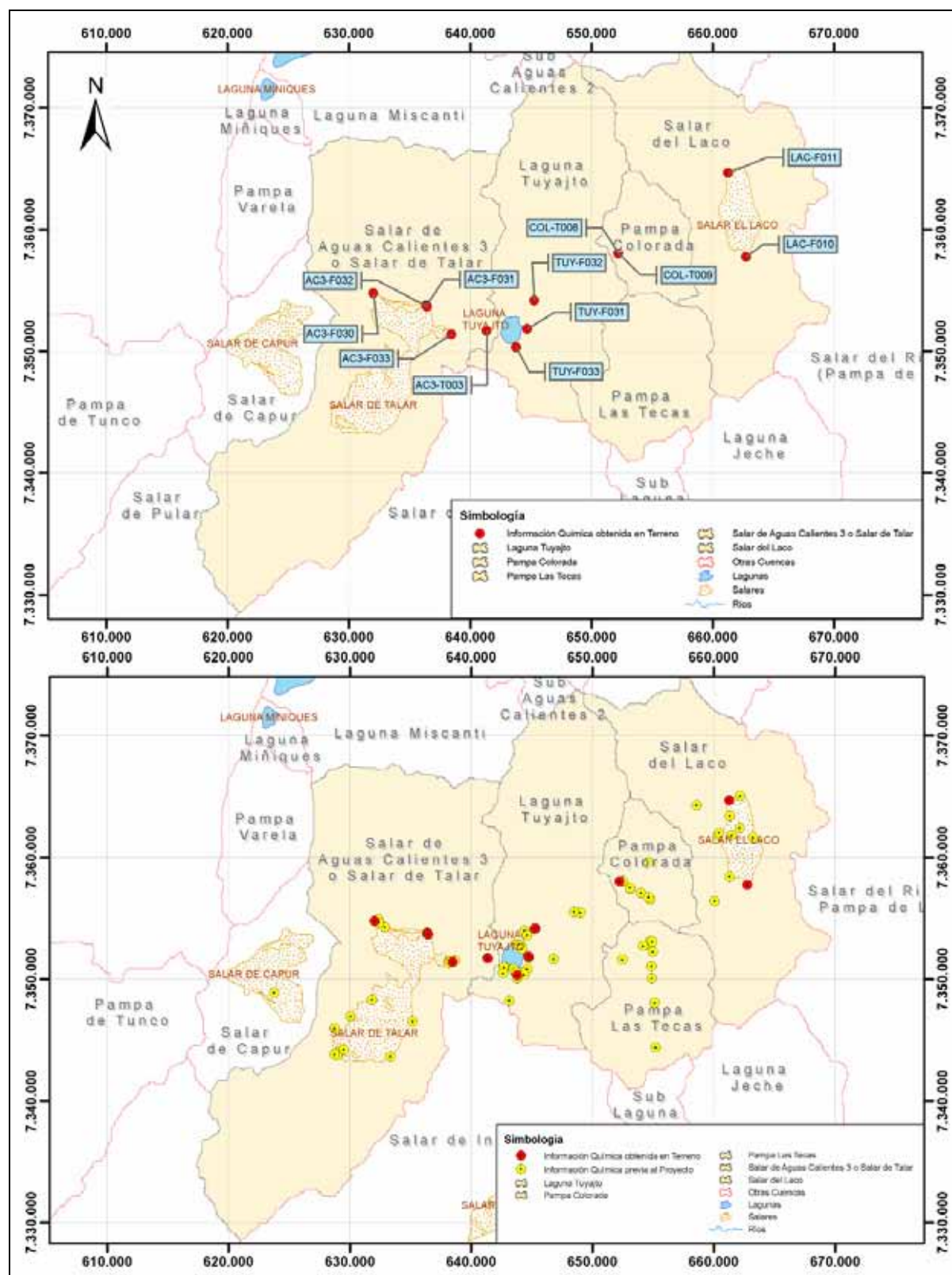


Figura 6.6: Información química muestreada en terreno y situación actual. Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tepas-Tuyajto-A. Calientes 3.

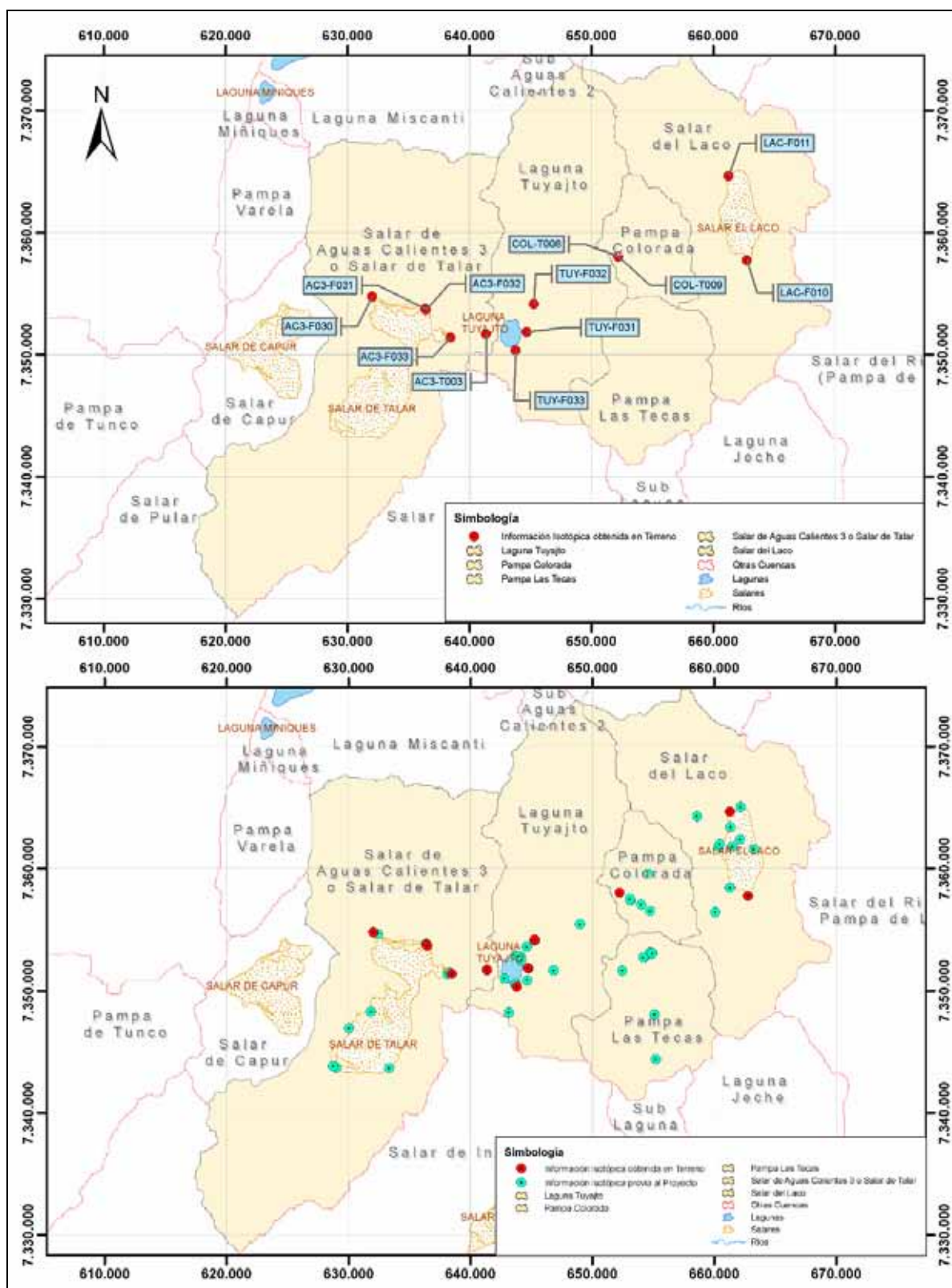


Figura 6.7: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Sistema Laco-Pampa Colorada-Pampa las Tecas-Tuyajto-A. Calientes 3.

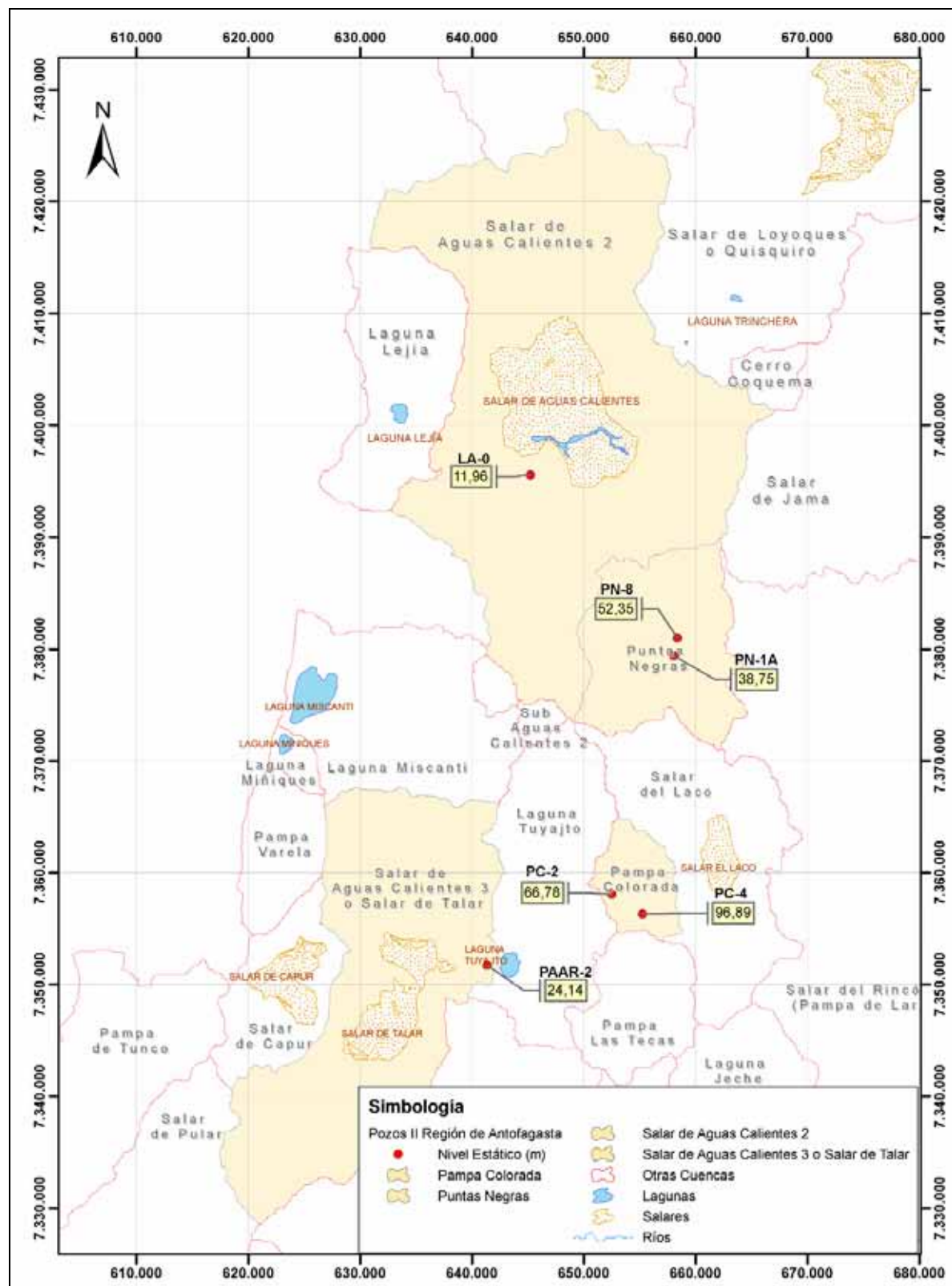


Figura 6.8: Medición de niveles estáticos II Región.

6.3 Región III de Atacama

Pedernales y Maricunga fueron las primeras cuencas muestreadas, durante el mes de mayo del año 2008. Esta campaña contribuyó con antecedentes químicos e isotópicos en un total de 32 puntos. Cabe señalar que todas las muestras corresponden a aguas superficiales.

Los análisis de laboratorio permiten distinguir una marcada diferencia en los contenidos de cloruro disuelto presentes en las diferentes muestras. De esta forma, la muestra con mayor presencia de dicho ión corresponde al punto MAR.F061 (costado oeste del salar) con una concentración de 163,2 mg/l. Por su parte, la muestra MAR.F074 (sector nor-este de la cuenca) posee una concentración de 37,6 mg/l, representando el mínimo contenido de cloruro identificado.

Las muestras analizadas en laboratorio entregaron valores de pH comprendidos en el rango que va desde los 6,29, muestra tomada en el lado nor-oeste del salar (MAR.F067), hasta los 8,70 correspondiente a muestra recolectada desde el río La Ola (PED.F061).

Para el caso de la conductividad cuantificada directamente en terreno, el mayor valor obtenido está cerca de 243.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y corresponde a la muestra MAR.F061. El mínimo registrado correspondió a la muestra PPZ.F015, tomada en la cuenca de Piedra Pomez, la cual se ubica al costado este del salar de Maricunga.

Los puntos muestreados, separados por cuenca, se presentan a continuación en las Figura 6.9 - Figura 6.12. La Figura 6.9 muestra la información química existente en la cuenca del salar de Pedernales, incluyendo la información generada durante las labores de terreno de este estudio. La misma situación para el caso isotópico se muestra en la Figura 6.10.

Los resultados químicos del salar de Maricunga se muestran en la Figura 6.11, mientras que la información isotópica actual queda graficada en la Figura 6.12.

La Tabla 6.3 muestra la ubicación de la totalidad de los puntos muestreados durante las campañas de terreno en las cuencas de los salares de Pedernales y Maricunga.

Tabla 6.3: Ubicación muestras tomadas en III Región de Atacama.

Nº	ID	Coordenadas UTM		Altitud msnm
		Norte	Este	
1	MAR.F056	7.004.613	482.936	3.760
2	MAR.F057	7.005.905	483.261	3.767
3	MAR.F058	7.006.088	484.584	3.766
4	MAR.F059	7.018.919	485.718	3.770
5	MAR.F060	7.012.566	487.027	3.770
6	MAR.F061	7.018.184	486.702	3.762
7	MAR.F062	7.018.170	486.692	3.760
8	MAR.F063	7.022.215	486.359	3.759
9	MAR.F064	7.030.267	495.269	3.768
10	MAR.F065	7.030.334	495.114	3.759
11	MAR.F066	7.033.037	483.209	4.031
12	MAR.F067	7.028.568	491.737	3.791
13	MAR.F068	7.030.345	495.109	3.751
14	MAR.F069	7.005.185	507.765	4.312
15	MAR.F070	7.004.823	506.982	4.299
16	MAR.F071	7.004.636	507.391	4.308
17	MAR.F072	7.005.864	500.608	3.950
18	MAR.F073	6.998.124	499.701	3.943
19	MAR.F074	7.032.832	504.717	4.222
20	PPZ.F015	7.012.213	507.776	4.400
21	PED.F053	7.105.169	475.703	3.326
22	PED.F054	7.109.520	491.210	3.342
23	PED.F055	7.113.037	492.871	3.361
24	PED.F056	7.044.506	491.052	3.827
25	PED.F057	7.041.345	499.682	3.896
26	PED.F058	7.063.922	496.533	3.680
27	PED.F059	7.065.583	492.249	3.675
28	PED.F060	7.070.058	497.511	3.692
29	PED.F061	7.071.485	493.988	3.611
30	PED.F062	7.075.174	491.028	3.570
31	PED.F063	7.089.970	476.071	3.393
32	PED.F064	7.089.999	475.960	3.394

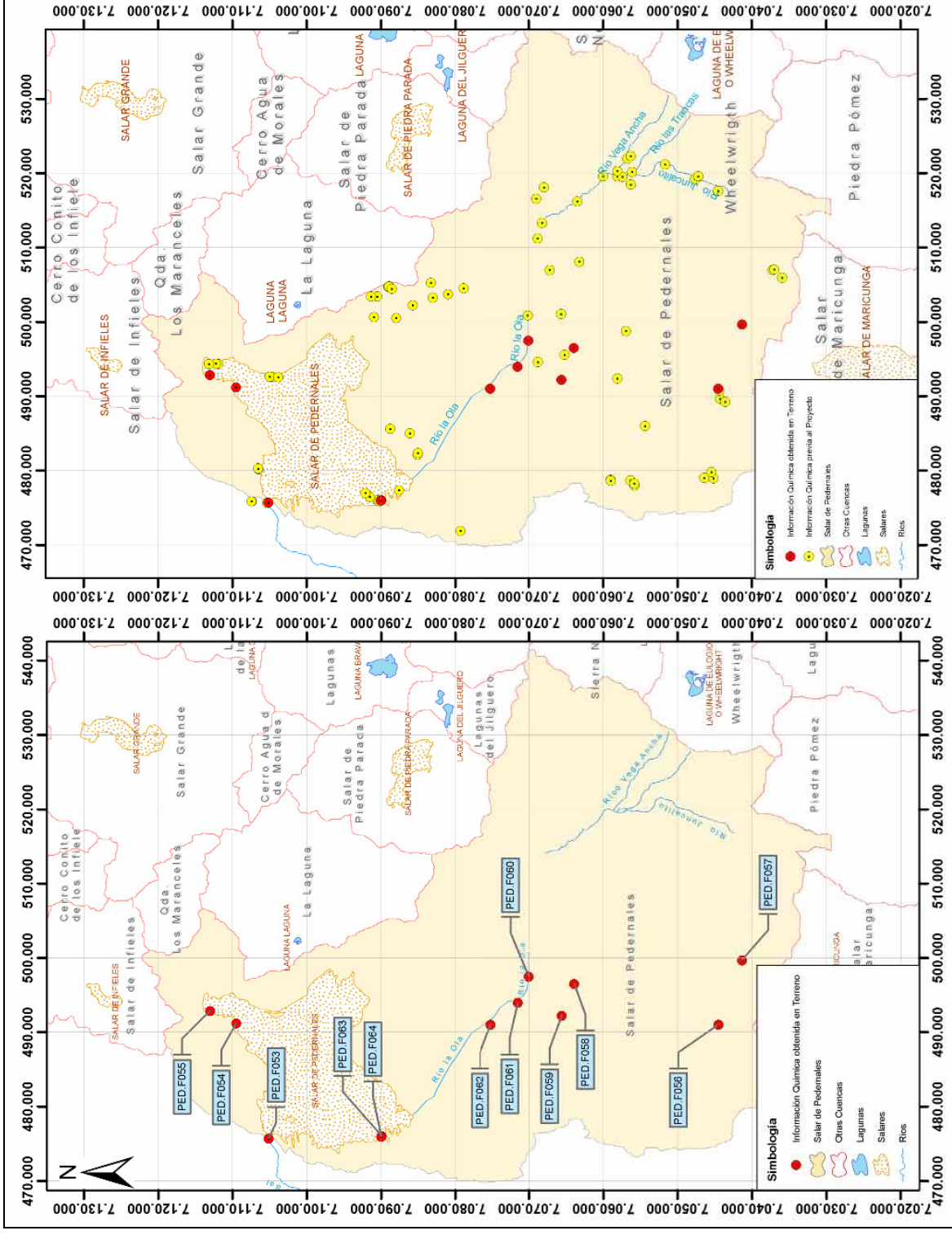


Figura 6.9: Información química muestreada en terreno y situación actual. Salar de Pedernales.

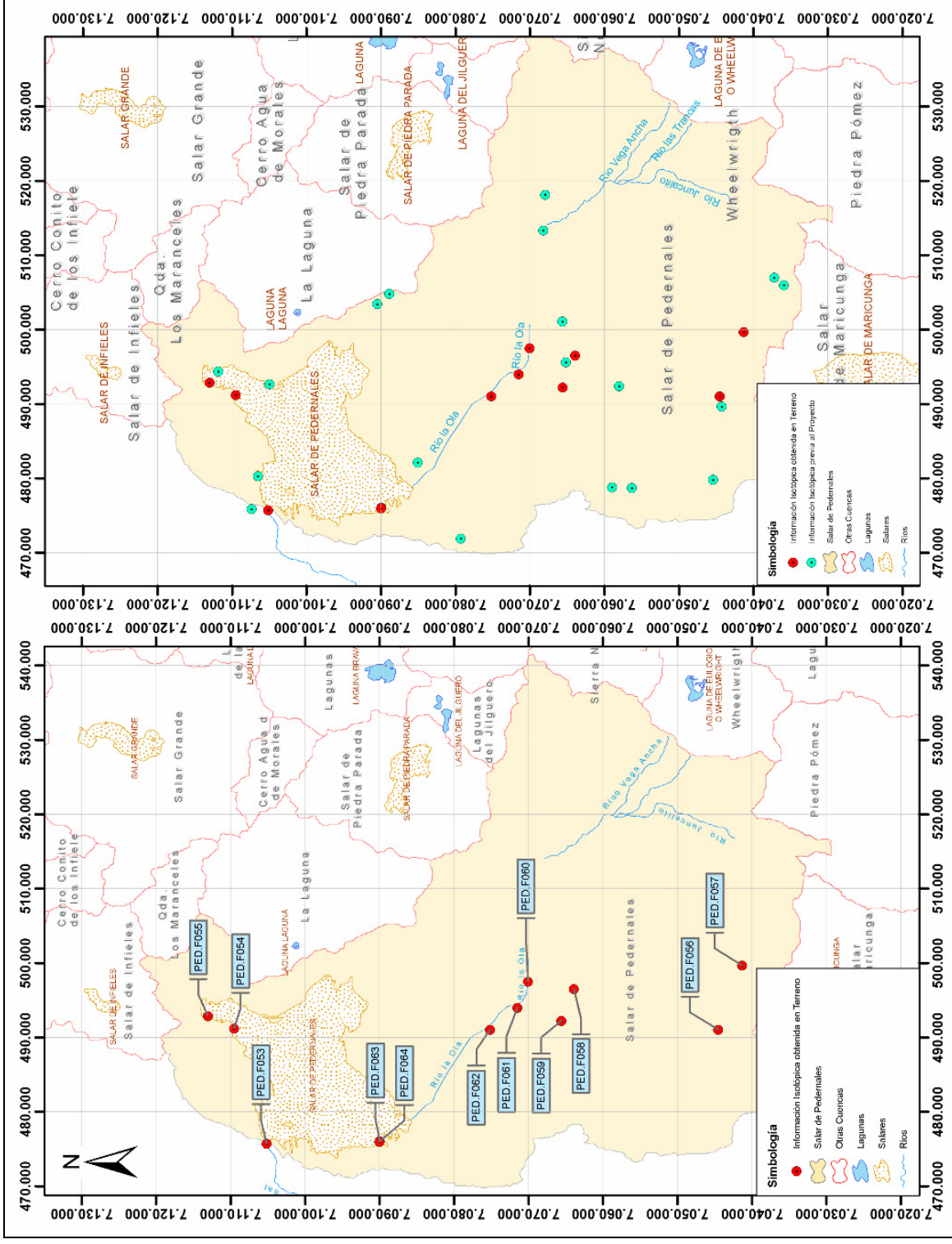


Figura 6.10: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Salar de Pedernales.

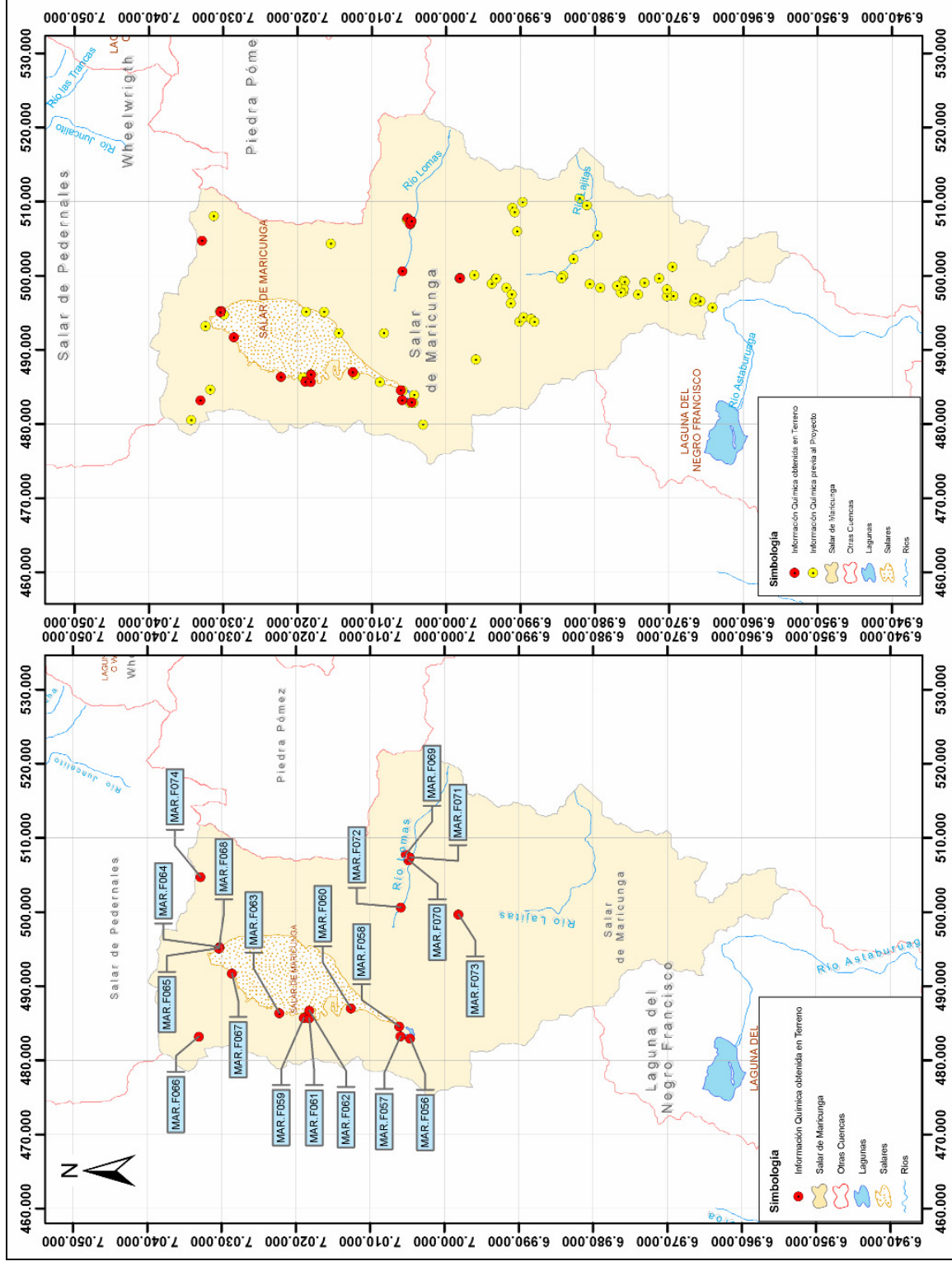


Figura 6.11: Información química muestreada en terreno y situación actual. Salar de Maricunga.

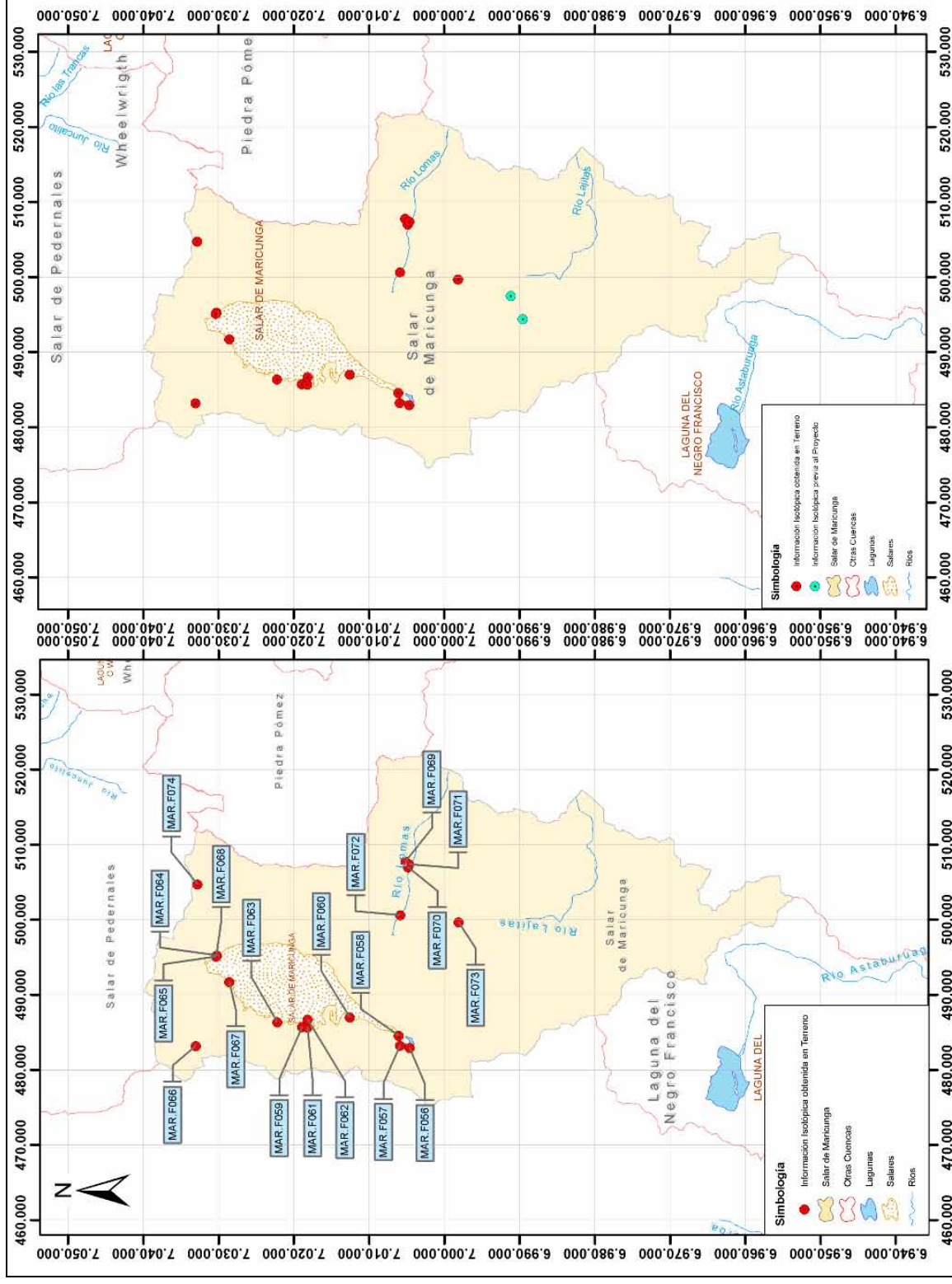


Figura 6.12: Información isotópica muestreada en terreno y situación actual. Salár de Maricunga

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para lograr los objetivos propuestos se realizaron 3 campañas de terreno durante el año 2008. Las campañas fueron en los sistemas piloto seleccionados y se organizaron por Región en el siguiente orden; III Región durante el mes de mayo, I Región en Septiembre y II Región durante el mes de Octubre.

Durante las campañas de terreno se muestreó un total de 76 puntos distribuidos en la zona de estudio. De estos, 21 corresponden a muestras de agua tomadas en la cuenca del Salar del Huasco, 23 corresponden a siete cuencas altiplánicas de la Segunda Región y las 32 restantes a muestras colectadas en las cuencas de Maricunga y Pedernales.

A todas las muestras se les realizaron análisis químicos e isotópicos en laboratorio, además de análisis físicos y químicos en terreno. Adicionalmente se determinó el nivel estático y coordenadas en más de 25 pozos.

La definición de los puntos a muestrear se basó en el estudio de los antecedentes previos existentes, en el sentido de privilegiar sectores con escasa información y de importancia para la comprensión de los sistemas. Además se escogieron puntos factibles de ser muestreados en los plazos disponibles.

Durante las campañas de terreno no fue posible muestrear algunos sectores de importancia, que podrían contribuir con valiosa información. Entre estos se encuentran las zonas oeste y noroeste de la cuenca del Salar del Huasco y el sector sureste de la cuenca del Salar de Aguas Calientes 2.

Se espera que los resultados obtenidos ayuden en la comprensión del funcionamiento de los sistemas subterráneos en las diferentes zonas estudiadas.

Disponer de bombas sumergibles para el muestreo desde pozos puede contribuir a reducir los tiempos empleados en la toma de muestras. Adicionalmente, las muestras tomadas mediante bombas pueden ser de mejor calidad, ya que estas permiten renovar el agua existente en los pozos antes de tomar las definitivas, obteniéndose aguas más representativas del acuífero.

Con el fin de aumentar su rango de utilización, las bombas deben poseer el menor diámetro posible (máximo 7 mm), ser capaces de elevar al menos 70 metros y contar con un dispositivo de regulación de caudal, el que permitiría bombear flujos a una alta tasa durante el proceso de renovación de agua en el pozo y a tasas más bajas para la toma de muestras.

Para el caso de napas más profundas es posible realizar las mediciones mediante la utilización de bailers.

Durante todo el año, pero principalmente en los meses de invierno, se recomienda comenzar la toma de muestras desde aguas superficiales al menos 2 horas después de la salida del sol. Debido a las bajas temperaturas nocturnas, durante las primeras horas de la mañana tanto los afloramientos como los cauces y lagunas menores se encuentran completamente congelados, por lo que es imposible realizar un correcto proceso de muestreo.

Con el fin de maximizar el tiempo durante las campañas de terreno, es indispensable realizar una exhaustiva revisión de los puntos a muestrear, identificando rutas de acceso, tiempo estimado de viaje y distancia del camino a la fuente, etc. En base a esta información, la campaña debe ser planificada en detalle en forma previa a su realización.

ANEXOS


ANEXO I

“Resultados Análisis Químicos de Laboratorio”

ANEXO I RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS EN LABORATORIO

A I.1 Región I de Tarapacá

AI.1.1 Salar del Huasco



DICT
Hidráulica y Ambiental
Análisis de Aguas y Suelos

Formulario Documentación
Planilla 4: Resultados
FID-E 01-011A

IDENTIFICACIÓN

Muestras:
Orden de trabajo:
Análisis Solicitado:
Fecha de Recepción:
Solicitado por:

Agua: Grulla
2931
99400 Kc
11-09-2008
Dietuc S. A.
Aguas Subterráneas
Alm. - Sr. José Antonio Yáñez

RESULTADOS

Muestra N°	10834	10835	10836	10837	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	FUA-T039	FUA-T040	FUA-T041	FUA-T042		
Fecha de Muestreo	09-09-08	09-09-08	09-09-08	09-09-08		
Hora de Muestreo	13:03	15:31	18:08	19:00		
pH	8,62	7,91	7,33	7,80	12-09-08	SM 2510-B
Conductividad Esporádica	185,1	106,6	96,6	185,5	12-09-08	SM 2510-B
Cloruro Disuelto (mg/L)	0,77	*18,63	18,7	*11,33	16-09-08	SM 2561-20-48388
Sulfatos Disueltos (mg/L)	0,3	15,97	0,85	0,5	21-09-08	10501-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	17,4	*65,16	129,2	*43,16	21-09-08	SM 306220-48388
Fluoruro Disuelto (mg/L)	25,35	462,32	228,01	58,78	12-09-08	SM 2510-B
Carbonato Disuelto (mg/L)	2,18	0,02	4,02	0,02	12-09-08	SM 2510-B
Calcio Disuelto (mg/L)	11,6	56,8	10,8	30,9	22-09-08	SM 3120-B
Sodio Disuelto (mg/L)	21,6	128	80,7	21,0	22-09-08	SM 3120-B
Potasio Disuelto (mg/L)	5,86	21,1	22,7	7,9	22-09-08	SM 3120-B
Magnesio Disuelto (mg/L)	2,06	11,3	7,65	2,40	22-09-08	SM 3120-B
Silicio (mg/L)	16,1	62,8	50,2	67,1	22-09-08	SM 3120-B
Aluminio (mg/L)	0,07	0,03	0,02	0,02	21-09-08	SM 1120-P
Hierro (mg/L)	3,61	2,46	1,35	0,03	21-09-08	SM 1120-P
Cobalto (mg/L)	0,73	2,76	1,36	0,61	21-09-08	SM 1120-B
Cadmio (mg/L)	0,07	0,51	0,27	0,07	21-09-08	SM 1120-B
Zinc (mg/L)	0,02	0,02	0,01	0,01	21-09-08	SM 1120-B
Manganeso (mg/L)	0,05	0,63	0,37	0,01	21-09-08	SM 1120-B

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

Version: 3/29-04-2007

Página 1 de 2



Formulario Documentación

Planilla 4: Resultados

FD-4-01-01A

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Agua Gruesa
2934
Químico
11-09-2008
DICTUC S.A.
Aguas Subterráneas
Atcn: Sr. Jose Antonio Yanez

RESULTADOS

Muestra N°	10838	10839	10840	10841	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	HUA.T042	HUA.T043	HUA.F048	HUA.F049		
Fecha de Muestreo	10-09-08	10-09-08	10-09-08	10-09-08		
Hora de Muestreo	09:15	10:45	13:00	13:20		
pH	8,15	7,33	7,68	7,93	12-09-08	NIE-20-2007-SISS
Conductividad Específica	264	566	581	538	12-09-08	SM 2510-B
Cloruro Disuelto (mg/L)	13,0	23,2	*30,06	27,1	16-09-08	NIE-28-2007-SISS
Nitratos Disueltos (mg/L)	1,56	- 0,5	- 0,5	- 0,5	24-09-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	11,9	16,6	*83,49	82,7	23-09-08	NIE-30-2007-SISS
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	*9,62	123,87	265,52	188,96	12-09-08	SM 3320-B
Carbonato Disuelto (mg/L)	- 0,02	- 0,02	- 0,02	- 0,02	12-09-08	SM 3320-B
Calcio Disuelto (mg/L)	19,9	52,1	12,7	41,7	22-09-08	SM 3320-B
Sodio Disuelto (mg/L)	22,1	38,6	53,4	51,0	22-09-08	SM 3320-B
Potasio Disuelto (mg/L)	3,98	12,3	8,07	6,86	22-09-08	SM 3320-B
Magnesio Disuelto (mg/L)	5,13	13,6	8,44	6,24	22-09-08	SM 3320-B
Silice (mg/L)	62,0	55,5	18,8	48,5	22-09-08	SM 3320-B
Aluminio (mg/L)	0,02	0,01	0,03	0,03	24-09-08	SM3120-B
Hierro (mg/L)	0,30	1,42	0,61	0,03	24-09-08	SM3120-B
Cobalto (mg/L)	1,06	1,22	1,42	1,23	24-09-08	SM3120-B
Litio (mg/L)	0,06	0,12	0,11	0,09	24-09-08	SM3120-B
Zinc (mg/L)	0,03	0,30	0,86	0,37	24-09-08	SM3120-B
Manganeso (mg/L)	0,03	1,18	0,01	0,01	24-09-08	SM3120-B

* Metodo 10304-10 (10-13-10-08)

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepcion
Solicitado por

Agua Cueva
2913
Quemico
15-09-2008
Dictuc S.A.
Aguas Subterráneas
Aten: Sr. Jose Antonio Yáñez

RESULTADOS

Muestra N°	10854	10855	10856	10857	10858*	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	U.A.F050	U.A.F051	U.A.F052	U.A.F053	U.A.F054		
Fecha de Muestreo	11/9	11/9	11/9	11/9	11/9		
Hora de Muestreo	08:55	10:10	11:30	13:15	14:15		
pH	7,67	7,66	3,88	6,53	7,05	15-09-08	ME-29-2007-SISS
Conductividad Específica	533	6180	345	293	33,9	15-09-08	SM 2510-B
Cloruro Disueltos (mg/L)	426,5	5467,68	5,9	54,3	57,44	16-09-08	ME-28-2007-SISS
Nitratos Disueltos (mg/L)	41,52	0,5	0,5	0,5	1,57	24-09-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	775,3	2229,40	142,8	113	17,33	23-09-08	ME-30-2007-SISS
Bicarbonato Disueltos (mg/L)	183,93	601,832	0,02	43,569	31,19	18-09-08	SM 2320-B
Carbonato Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	15-09-08	SM 2320-B
Calcio Disueltos (mg/L)	40,8	504	11,4	29,7	8,74	22-09-08	SM 3120-B
Sodio Disueltos (mg/L)	49,8	649	7,02	9,00	7,83	22-09-08	SM 3120-B
Potasio Disueltos (mg/L)	11,6	171	11,9	15,0	2,95	22-09-08	SM 3120-B
Magnesio Disueltos (mg/L)	6,86	54,1	6,81	7,64	2,39	22-09-08	SM 3120-B
Silice (mg/L)	47,2	106	72,4	63,5	58,8	22-09-08	SM 3120-B
Aluminio (mg/L)	0,02	0,09	0,24	0,10	0,09	24-09-08	SM 3120-B
Hierro (mg/L)	0,03	2,76	0,33	0,08	0,06	24-09-08	SM 3120-B
Plomo (mg/L)	1,35	17,5	0,31	0,66	0,34	24-09-08	SM 3120-B
Cadmio (mg/L)	0,16	4,94	0,01	0,01	0,01	24-09-08	SM 3120-B
Zinc (mg/L)	0,01	0,12	0,06	0,01	0,04	24-09-08	SM 3120-B
Manganeso (mg/L)	0,01	0,21	0,39	0,05	0,01	24-09-08	SM 3120-B

* Metodo 10304-1 (10-13-10-08)

*Muestra 10858 se reanalizo (16-17-10-08)

IDENTIFICACION

Muestras
Caden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Aguas Ciénaga
2943
Químico
15-09-2008
Dietuc S.A.
Aguas Subterráneas
Aten: Sr. José Antonio Yañez

RESULTADOS

Muestra N°	10859	10860	10861	10862	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	HU.A.F055	HU.A.F056	HU.A.F057	HU.A.F058		
Fecha de Muestreo	11/9	11/9	11/9	11/9		
Hora de Muestreo	16:50	18:24	19:05	19:20		
pH	8,00	8,10	7,72	7,63	15-09-08	NIE-29-2007-SISS
Conductividad Específica	562	1092	283	870	15-09-08	SM 2510-B
Cloruro Disuuelto (mg/L)	71,27	6,1	72,43	1,1	16-09-08	NIE-28-2007-SISS
Nitratos Disueltos (mg/L)	0,5	0,5	0,5	0,5	24-09-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	11,48	322,7	21,9	135,4	23-09-08	NIE-30-2007-SISS
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	169,323	293,146	140,256	468,830	15-09-08	SM 2320-B
Carbonato Disuelto (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	15-09-08	SM 2320-B
Calcio Disuelto (mg/L)	58,5	91,2	21,2	75,6	22-09-08	SM 3120-B
Sodio Disuelto (mg/L)	12,7	23,4	13,6	29,4	22-09-08	SM 3120-B
Potasio Disuelto (mg/L)	4,39	11,2	5,87	5,72	22-09-08	SM 3120-B
Magnesio Disuelto (mg/L)	22,6	62,9	9,43	42,5	22-09-08	SM 3120-B
Silice (mg/L)	73,1	73,2	69,0	64,5	22-09-08	SM 3120-B
Aluminio (mg/L)	0,03	0,27	0,08	0,42	24-09-08	SM 3120-B
Hierro (mg/L)	0,05	0,15	0,20	0,80	24-09-08	SM 3120-B
Cobre (mg/L)	0,16	0,22	0,46	0,64	24-09-08	SM 3120-B
Cromo (mg/L)	0,05	0,19	0,01	0,08	24-09-08	SM 3120-B
Zinc (mg/L)	0,01	0,09	0,01	0,01	24-09-08	SM 3120-B
Manganeso (mg/L)	0,01	0,09	0,01	0,33	24-09-08	SM 3120-B

* Método 10304-1 (10-13-10-08)



Formulario Documentación
Planilla 4: Resultados
 FD-E-01-CHA

IDENTIFICACION

Muestras
 Orden de trabajo
 Analisis Solicitado
 Fecha de Recepcion
 Solicitado por

Aguá Cruda
 2043
 Quimico
 15-09-2008
Dicruc S.A.
Aguas Subterráneas
 Attn: Sr. Jose Antonio Yañez

RESULTADOS

Muestra N°	10863	10864	10865	10866	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	HUA.T044	HUA.T045	HUA.T046	HUA.T047		
Fecha de Muestreo	12/9	12/9	12/9	12/9		
Hora de Muestreo	09:35	12:40	16:00	19:00		
pH	5,91	7,12	6,84	7,36	15-09-08	MI-29-2007-SISS
Conductividad Especifica	850	484	710	805	15-09-08	SM 2320 B
Cloruro Disueltos (mg/L)	36,8	16,8	*16,89	*8,62	16-09-08	MI-28-2007-SISS
Nitratos Disueltos (mg/L)	0,5	0,69	0,5	*1,01	24-25-06-09	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	387,3	160,9	*279,88	*283,9	23-09-08	MI-30-2007-SISS
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	130,88	33,291	29,803	136,768	15-09-08	SM 2320 B
Carbonato Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	15-09-08	SM 2320 B
Calcio Disuelto (mg/L)	95,9	48,5	80,9	219	22-09-08	SM 3120 B
Sodio Disuelto (mg/L)	42,8	34,3	45,7	27,9	22-09-08	SM 3120 B
Potasio Disuelto (mg/L)	16,5	10,6	12,6	8,34	22-09-08	SM 3120 B
Magnesio Disuelto (mg/L)	13,1	5,44	4,36	5,92	22-09-08	SM 3120 B
Silice (mg/L)	109	87,8	101	61,3	22-09-08	SM 3120 B
Aluminio (mg/L)	0,03	0,03	0,08	0,04	24-09-08	SM 3120 B
Hierro (mg/L)	4,62	0,14	2,60	0,44	24-09-08	SM 3120 B
Cobalto (mg/L)	1,18	0,96	1,56	0,68	24-09-08	SM 3120 B
Litio (mg/L)	0,10	0,07	0,34	0,02	24-09-08	SM 3120 B
Zinc (mg/L)	0,05	0,01	0,04	1,45	24-09-08	SM 3120 B
Manganeso (mg/L)	0,13	0,01	0,27	0,02	24-09-08	SM 3120 B

* Metodo 10304-1 (10-13-10-08)

A I.2 Región II de Antofagasta

AI.1.2 Laguna Lejía, Laguna Tuyajto, Salar de Aguas Calientes 3, Salar de Aguas Calientes 3, Salar de El Lago, Salar de Puntas Negras Pampa Colorada

DICT
Hidráulica y Ambiental
Análisis de Aguas y Ríos

Formulario Documentación
Planilla 4: Resultados
F03-01-01-11A

IDENTIFICACIÓN

Muestras
Orden de Trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Aguas Calientes
1308
Químicos
28-10-2008
Dietus S.A.
Aguas Subterráneas
Mons. Sr. José Antonio Yañez

RESULTADOS

Muestra N°	12355	12356	12357	12358	12359	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	12355	AC23-027	AC23-025	12358	12359		
pH	8,28	7,96	7,53	8,56	7,11	29-10-08	Me-29-2007-088
Conductividad Específica	98500	1170	1220	98700	2750	29-10-08	Sen252-03
Cloruro Disueltos (mg/L)	163,89	19,89,2	922,14	9100,2	579,35	24-11-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	24-11-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	51325,47	687,35	678,89	2066,4	301,66	24-11-08	10304-1
Bicarbonato Disueltos (mg/L)	10917	98,6	110,1	268,1	128,1	29-10-08	Sen252-03
Carbonato Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	31,2	0,02	29-10-08	Sen252-03
Cloruro Disueltos (mg/L)	3892	517	160	1311	250	24-11-08	Sen31-203b
Sodio Disueltos (mg/L)	22840	386	322	4830	270	24-11-08	Sen31-203b
Potasio Disueltos (mg/L)	2134	281	21,2	250	193	24-11-08	Sen31-203b
Magnesio Disueltos (mg/L)	2850	56,2	108	397	296	24-11-08	Sen31-203b
Nitro (mg/L)	25,6	61,8	71,8	308	74,15	17-18-11-08	Sen31-203b
Aluminio (mg/L)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	17-18-11-08	Sen31-203b
Hierro (mg/L)	1,55	0,17	0,03	0,03	0,03	19-11-08	Sen31-203b
Cobre (mg/L)	231	5,06	5,47	29,6	3,31	17-18-11-08	Sen31-203b
Cromo (mg/L)	92,4	1,06	1,71	8,73	0,01	19-11-08	Sen31-203b
Zinc (mg/L)	2,18	1,15	2,26	1,82	1,28	19-11-08	Sen31-203b
Molibdeno (mg/L)	0,65	0,02	0,08	0,03	0,01	19-11-08	Sen31-203b

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Analisis Solicitado
Fecha de Recepcion
Solicitado por

Agua Cruda
3398
Químico
28-10-2008
Dietue S.A.
Aguas Subterráneas
Aten. Sr. José Antonio Yáñez

RESULTADOS

Muestra N°	12360	12361	12362	12363	12364	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	AC3.F032	AC3.F030	TU3.F031	AC2.F028	AC2.F026		
pH	7.59	7.81	8.01	7.37	7.47	29-10-08	Me-29-2007-sass
Conductividad Específica	4920	28350	10850	3020	4980	29-10-08	Sm 2510-b
Cloruro Disuelto (mg/L)	880.01	2458.8	3012.0	741.74	1235.5	13-11-08	10304-1
Nitratos Disueltos (mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	13-11-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	549.09	461.94	654.38	192.07	528.32	13-11-08	10304-1
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	182.8	79.3	349.4	189.2	112.9	29-10-08	Sm2320-b
Carbonato Disuelto (mg/L)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	29-10-08	Sm2320-b
Calcio Disuelto (mg/L)	302	920	1296	302	522	24-11-08	Sm3120-b
Sodio Disuelto (mg/L)	352	765	656	268	398	24-11-08	Sm3120-b
Potasio Disuelto (mg/L)	29.4	18.6	16.3	15.2	25.6	24-11-08	Sm3120-b
Magnesio Disuelto (mg/L)	68.4	22.3	20.9	22.2	44.2	24-11-08	Sm3120-b
Silice (mg/L)	63.7	33.0	60.2	50.1	51.9	18-11-08	Sm3120-b
Aluminio (mg/L)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	18-11-08	Sm3120-b
Hierro (mg/L)	0.03	0.06	0.03	0.03	0.03	19-11-08	Sm3120-b
Boro (mg/L)	4.74	0.18	9.96	3.46	4.98	19-11-08	Sm3120-b
Litio (mg/L)	1.21	1.77	2.44	0.78	1.34	19-11-08	Sm3120-b
Zinc (mg/L)	0.99	0.82	1.11	0.97	0.63	19-11-08	Sm3120-b
Manganeso (mg/L)	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	19-11-08	Sm3120-b

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Agua Gruesa
3398
Quamico
28-10-2008
DICTUC S.A.
Aguas Subterráneas
Aten. Sr. José Antonio Yañez

RESULTADOS

Muestra N°	12366	12367	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	AC31.031	AC21.029		Me-29-2007-gases
pH	7,52	8,10	29-10-08	
Conductividad Específica	4860	3280	29-10-08	Sm2810 b
Cloruro Disuelto (mg/L)	329,02	473,09	12-11-08	10304-1
Nitrato Disueltos (mg/L)	0,5	0,5	13-11-08	10304-1
Sulfato Disueltos (mg/L)	764,46	398,90	12-11-08	10304-1
Tricarbomato Disuelto (mg/L)	143,5	822,4	29-10-08	Sm2820 b
Carbonato Disuelto (mg/L)	0,2	0,02	29-10-08	Sm2820 b
Cálcio Disuelto (mg/L)	270	68,8	24-11-08	Sm3120 b
Sodio Disuelto (mg/L)	415	586	24-11-08	Sm3120 b
Potasio Disuelto (mg/L)	95,2	33,2	24-11-08	Sm3120 b
Magnesio Disuelto (mg/L)	101	60,7	24-11-08	Sm3120 b
Silicio (mg/L)	33,6	50,8	18-11-08	Sm3120 b
Alumina (mg/L)	0,10	0,10	17-11-08	Sm3120 b
Hierro (mg/L)	0,3	0,27	19-11-08	Sm3120 b
Cobalto (mg/L)	10,3	4,54	17-11-08	Sm3120 b
Cromo (mg/L)	0,25	0,55	19-11-08	Sm3120 b
Zinc (mg/L)	0,64	2,28	19-11-08	Sm3120 b
Manganeso (mg/L)	0,06	0,20	19-11-08	Sm3120 b

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

IDENTIFICACIÓN

Muestras
y orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Aguas Olinda
3467
Químico
01-11-2008
Dictue S.A.
Aguas Subterráneas
Atenc. Sr. Jose Antonio Yañez

RESULTADOS

Muestra N°	12597	12598	12599	12600	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	PTN 7016	UUYE043	AC2.1008	AC2.1007		
pH	7,66	8,26	6,53	7,13	31-10-08	Me-20-2007-8188
Conductividad Específica	4130	9650	30400	4430	31-10-08	SM 251013
Cloruro Disuelto (mg/L)	1353,68	2793,68	11038,67	1284,2	12-14-11-08	10304-1
Nitrato Disuelto (mg/L)	0,5	0,5	0,5	0,5	12-14-11-08	10304-1
Sulfato Disuelto (mg/L)	272,45	533,43	168,06	499,45	12-14-11-08	10304-1
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	63,13	276,70	33,89	79,66	31-10-08	SM 232018
Carbonato Disuelto (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	31-10-08	SM 232018
Calcio Disuelto (mg/L)	286	541	3388	273	27-11-08	SM 312013
Sodio Disuelto (mg/L)	462	1272	2632	547	27-11-08	SM 312013
Potasio Disuelto (mg/L)	97,1	191	252	49,2	27-11-08	SM 312018
Magnesio Disuelto (mg/L)	59,8	148	265	64,0	27-11-08	SM 312018
Silicio (mg/L)	17,9	36,0	15,6	32,5	17-11-08	2313 25
Aluminio (mg/L)	0,10	0,10	0,10	0,10	17-11-08	2313 25
Hierro (mg/L)	0,73	0,26	110	0,22	19-11-08	SM 312018
Boro (mg/L)	449	599	23,9	4,11	17-11-08	2313 25
Cromo (mg/L)	0,99	2,81	14,2	0,65	19-11-08	SM 312018
Zinc (mg/L)	2,49	1,27	1,55	0,35	19-11-08	SM 312018
Manganeso (mg/L)	0,78	0,10	28,6	0,34	19-11-08	SM 312018

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Agua Grúa
3-67
Quinico
01-11-2008
Dietue S.A.
Aguas Subterráneas
Aten. Sr. Jose Antonio Yanez

RESULTADOS

Muestra N°	12601	12602	12603	12604	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	LAC2901	PIN 101*	AC3.1003	C00.1009		
pH	7,79	7,26	7,23	7,52	31-10-08	Me-29-2017-SESS
Conductividad Específica	34700	4980	11620	3830	31-10-08	SM 2510 B
Cloruro Disuelto (mg/L)	16044	1607,4	3384,2	925,6	14-11-08	10304-1
Nitratos Disueltos (mg/L)	0,5	0,5	0,5	0,5	14-11-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	3221,3	65,53	708,26	440,43	14-11-08	10304-1
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	274,16	82,84	332,635	164,83	31-10-08	SM 2320 B
Carbonato Disuelto (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	31-10-08	SM 2320 B
Calcio Disuelto (mg/L)	2463	25,1	792	178	27-11-08	SM 3120 B
Sodio Disuelto (mg/L)	4256	598	1479	612	27-11-08	SM 3120 B
Potasio Disuelto (mg/L)	759	89,6	181	53,6	27-11-08	SM 3120 B
Magnesio Disuelto (mg/L)	367	86,6	169	38,1	27-11-08	SM 3120 B
Silicio (mg/L)	50,2	21,9	66,6	63,6	17-11-08	2313 25
Aluminio (mg/L)	0,10	0,10	0,10	0,10	17-11-08	2313 25
Hierro (mg/L)	0,03	0,69	0,63	0,27	19-11-08	SM 3120 B
Boro (mg/L)	68,0	5,63	9,08	3,57	17-11-08	2313 25
Cobre (mg/L)	22,7	2,36	3,11	0,56	19-11-08	SM 3120 B
Zinc (mg/L)	0,90	0,69	0,30	0,41	19-11-08	SM 3120 B
Manganeso (mg/L)	0,08	1,03	0,67	0,27	19-11-08	SM 3120 B

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha de Recepción
Solicitado por

Agua Cruda
3467
Quinceo
01-11-2008
Dietuc S.A.
Aguas Subterráneas
Aten. Sr. José Antonio Yáñez

RESULTADOS

Muestra N°	12605	12606	12607	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	AC3.F033	PTN.T015	COL.T008		
pH	7,10	7,70	7,47	31-11-08	Me-29-2007-8188
Conductividad Específica	13770	3890	4140	31-11-08	SM 2510-13
Cloruro Disuelto (mg/L)	4202,1	1097,1	991,29	14-11-08	10304-1
Nitratos Disueltos (mg/L)	0,5	0,5	0,5	14-11-08	10304-1
Sulfatos Disueltos (mg/L)	581,33	244,52	458,55	14-11-08	10304-1
Bicarbonato Disuelto (mg/L)	355,52	86,01	181,36	31-11-08	SM 2320-13
Carbonato Disuelto (mg/L)	0,02	0,02	0,02	31-11-08	SM 2320-13
Calcio Disuelto (mg/L)	87,4	286	130	27-11-08	SM 3120-13
Sodio Disuelto (mg/L)	1764	478	692	27-11-08	SM 3120-13
Potasio Disuelto (mg/L)	162	77,9	65,5	27-11-08	SM 3120-13
Magnesio Disuelto (mg/L)	221	240	52,8	27-11-08	SM 3120-13
Silice (mg/L)	11,2	55,4	65,0	17-11-08	2313-25
Aluminio (mg/L)	0,10	0,10	0,10	17-11-08	2313-25
Hierro (mg/L)	0,31	0,05	0,55	19-11-08	SM 3120-13
Cobre (mg/L)	9,64	5,58	3,62	17-11-08	2313-25
Litio (mg/L)	3,97	2,00	0,99	19-11-08	SM 3120-13
Zinc (mg/L)	0,79	1,44	0,60	19-11-08	SM 3120-13
Manganeso (mg/L)	0,08	0,11	0,30	19-11-08	SM 3120-13

* Método 10304-1 (10-13-10-08)

A I.3 Región III de Atacama

AI.1.3 Salar de Maricunga



Formulario Documentación

Planilla 4: Resultados

FIC-010-CHA

IDENTIFICACIÓN

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha y Hora de Muestreo
Fecha de Recepción
Solicitado por

Agua Chila
1684
Químico
No indicada
16.05.2008
Pontificia Universidad Católica de Chile
DIIA
Atm. Sr. José Antonio Variez

RESULTADOS

Muestra N°	6068	6069	6070	6071	6072	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	PPZ.F015	MAR.F056	MAR.F057	MAR.F058	MAR.F059		
pH	8,30	8,10	8,31	7,37	8,02	16-05-08	C.F. S288
Conductividad Específica	616	2330,6	670,0	1338,5	1317,6	16-05-08	2510-13
Cloruros Disueltos (mg/L)	19,9	7606,8	21262,4*	4658,4*	4814,9	03-07-08 16-05-08	C.F. S288 *1030-11
Nitratos Disueltos (mg/L)	19,9	98,1	175,6	48,5	39,8	16-05-08	C.F. S288
Sulfatos Disueltos (mg/L)	110,1	212,76	21750,6	798,5	323,7	16-05-08 01-06-08	C.F. S288 *1030-11
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	162,2	128,02	174,38	174,38	214,03	16-05-08	2520-13
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	16-05-08	2520-13
Sodio Disuelto (mg/L)	57,9	*3216	15150	2305	2416	03-06-08 27-06-08	8120-13
Calcio Disuelto (mg/L)	11,1	11,53	7127	386	378	03-06-08	8120-13
Potasio Disuelto (mg/L)	3,97	651	7206	376	423	03-06-08	8120-13
Magnesio Disuelto (mg/L)	11,0	362	1885	899	134	03-06-08	8120-13
Silice Total (mg/L)	30,5	98,8	291	48,3	39,2	06-06-08	8120-13
Aluminio Total (mg/L)	0,21	0,28	0,05	0,09	0,01	06-06-08	8120-13
Hierro Total (mg/L)	0,07	0,32	0,08	0,53	0,03	06-06-08	8120-13
Cobre Total (mg/L)	1,81	18,5	81,1	17,5	21,1	06-06-08	8120-13
Litio Total (mg/L)	0,55	0,53	1,51	7,81	7,26	06-06-08	8120-13
Zinc Total (mg/L)	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	06-06-08	8120-13
Manganeso Total (mg/L)	0,01	0,02	0,01	0,30	0,04	06-06-08	8120-13

IDENTIFICACIÓN

Muestras

Agua Chila

Versión 3: 19.04.2007

Página 1 de 4



Formularios Documentación

Planilla 4: Resultados

FD-001-CIA

Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha y Hora de Muestreo
Fecha de Recepción
Solicitado por

1684
Químico
No indicada
16-05-2008
Pontificia Universidad Católica de Chile
DIIA
Attn: Sr. José Antonio Yanez

RESULTADOS

Muestra N°	6073	6074	6075	6076	6077	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	MAR.F060	MAR.F061	MAR.F062	MAR.F063	MAR.F064		
pH	7.88	7.32	8.00	7.96	7.88	16-05-08	04° SISS
Conductividad Específica	89500	228000	81100	20600	13370	16-05-08	25103
Cloruros Disueltos (mg/L)	35479.3*	163165.6*	33275*	8030.3	4991.1	16-05-08 25-05-08	04° SISS 10304.1
Nitratos Disueltos (mg/L)	223.3	1639.6	212.4	86.7	80.9	22-05-08	04° SISS
Sulfatos Disueltos (mg/L)	1976.9	3520.8	976	*1077	*118.5	23-05-08 *16-07-08	04° SISS
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	231.151	863.775	147.342	6188.1	612.347	16-05-08	25203
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	16-05-08	25203
Sodas Disueltos (mg/L)	*186.80	*857.42	*149.80	3927	2832	04-06-08 *27-06-08	312013
Calceos Disueltos (mg/L)	2180	*5879	2930	794	137	04-06-08 *27-06-08	312013
Potasio Disueltos (mg/L)	*945	10377	1319	619	452	04-06-08 *27-06-08	312013
Magnesio Disueltos (mg/L)	*823	8014	1460	160	91.1	04-06-08 *27-06-08	312013
Silice Total (mg/L)	51.5	22.5	70.1	39.4	98.6	05-06-08	312013
Aluminio Total (mg/L)	0.02	0.01	0.28	0.12	0.40	05-06-08	312013
Hierro Total (mg/L)	0.08	0.03	0.16	0.04	0.43	05-06-08	312013
Cobre Total (mg/L)	92.0	327	60.2	14.2	12.7	05-06-08	312013
Cadmio Total (mg/L)	2.56	84.4	3.17	8.08	4.98	05-06-08	312013
Zinc Total (mg/L)	0.04	0.20	0.01	0.06	0.06	05-06-08	312013
Manganeso Total (mg/L)	0.03	0.28	0.04	0.04	0.38	05-06-08	312013

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha y Hora de Muestreo

Aguas Ciudad
1684
Químico
No indicada

Fecha de Recepción
 Solicitado por

 16-05-2008
Pontificia Universidad Católica de Chile
DIIA
 Atm. Sr. José Antonio Vanez
RESULTADOS

Muestra N°	6078	6079	6080	6081	6082	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	MAR.F065	MAR.F066	MAR.F067	MAR.F068	MAR.F069		
pH	7,64	8,16	6,64	8,64	7,46	16-05-08	C4 SISS
Conductividad Específica	21600	972	233000	11200	3660	16-05-08	25106
Cloruros Disueltos (mg/L)	139407	131,5	159716*	4101,6	757,8	*103-07-08 23-05-08	C4 SISS 810304-1
Nitratos Disueltos (mg/L)	1475,2	2,4	1990,1	1680,9	20,8	22-05-08	C4 SISS
Sulfatos Disueltos (mg/L)	666	123,5	675	988	127,2	26-5-8	C4 SISS
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	489,33*	262,241	227,096	72,993	478,523	16-05-08	23203
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	16-05-08	23204
Sodio Disuelto (mg/L)	76365	*91,0	*78510	2157	*473	04-06-08 *27-06-08	312013
Calcio Disuelto (mg/L)	7006	*62,0	*10261	270	70,6	04-06-08 *27-06-08	312013
Potasio Disuelto (mg/L)	5322	13,2	5095	364	184	04-06-08	312013
Magnesio Disuelto (mg/L)	4111	36,9	5775	132	6,10	04-06-08	312013
Silíce Total (mg/L)	29,4	29,3	34,2	50,5	64,2	06-06-08	312013
Aluminio Total (mg/L)	0,04	0,10	0,02	0,19	0,05	05-06-08	312013
Hierro Total (mg/L)	0,03	0,03	0,03	0,08	0,04	05-06-08	312013
Cobre Total (mg/L)	221	0,83	428	7,13	10,9	05-06-08	312013
Latio Total (mg/L)	9,42	0,58	25,2	7,76	4,50	05-06-08	312013
Zinc Total (mg/L)	0,02	0,01	0,97	0,05	0,03	05-06-08	312013
Manganeso Total (mg/L)	0,08	0,01	0,26	0,02	0,02	05-06-08	312013

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha y Hora de Muestreo
Fecha de Recepción
Fecha de Ingreso
Fecha de Entrega
Solicitado por

Agua Codo

1684

Quintero

No incluida

16-05-2008

16-05-2008

21-05-2008

Pontificia Universidad Católica de Chile

DIEA

Atento: Sr. José Antonio Yanez

RESULTADOS

Muestra N°	6083	6084	6085	6086	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	MAR.F070	MAR.F071	MAR.F072	MAR.F073		
pH	8,06	7,90	8,30	8,01	16-05-08	01° SISS
Conductividad Específica	4010	3050	4000	3152	16-05-08	2510 B
Cloruros Disueltos (mg/L)	1284,8	988,3	1235,4	200,6	25-05-08	01° SISS
Nitratos Disueltos (mg/L)	21,2	16,7	20,3	2,9	22-05-08	01° SISS
Sulfatos Disueltos (mg/L)	131,3	140,4	139,9	194,3	26-05-08	01° SISS
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	378,493	343,347	296,000	94,623	16-05-08	2310 B
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	16-05-08	2310 B
Sodio Disuelto (mg/L)	*531	*386	*489	167	04-06-08 *27-06-08	3120 B
Calcio Disuelto (mg/L)	88,7	83,8	95,7	66,0	04-06-08	3120 B
Potasio Disuelto (mg/L)	51,6	50,1	51,5	8,35	04-06-08	3120 B
Magnesio Disuelto (mg/L)	17,1	16,5	15,9	8,80	04-06-08	3120 B
Silice Total (mg/L)	94,3	102	80,4	35,6	06-06-08	3120 B
Aluminio Total (mg/L)	0,02	0,01	0,25	0,07	05-06-08	3120 B
Hierro Total (mg/L)	0,03	0,03	0,08	0,11	05-06-08	3120 B
Boro Total (mg/L)	14,3	12,1	15,6	3,94	05-06-08	3120 B
Litio Total (mg/L)	5,54	4,51	5,60	1,37	05-06-08	3120 B
Zinc Total (mg/L)	0,64	0,14	0,08	0,04	05-06-08	3120 B
Manganeso Total (mg/L)	0,70	0,01	0,11	0,07	05-06-08	3120 B

AI.1.4 Salar de Pedernales



Formulario Documentación
Planilla 4: Resultados
 FID-2011-011A

IDENTIFICACION

Muestras
 Orden de trabajo
 Analisis Solicitado
 Fecha y Hora de Muestreo
 Fecha de Recepcion
 Solicitado por

Agua Grulla
 1695
 Químico
 No indicada
 19-05-2008
Pontificia Universidad Católica de Chile
DIIIA
 Atento Sr. José Antonio Yáñez

RESULTADOS

Muestra N°	6126	6127	6128	6129	6130	Fecha de Analisis	Método de Analisis
Identificación	PED.F053	PED.F054	PED.F055	PED.F056	PED.F057		
pH	7,4	7,47	7,58	8,05	8,28	19-05-08	color SISS
Conductividad Especifica	236000	218000	219000	2000	540	19-05-08	25100
Cloruros Disueltos (mg/L)	1557,26*	114533*	109039*	98,8	56,4	*03-07-08 25-05-08	color SISS 180 + 10340-1
Nitratos Disueltos (mg/L)	1721,0	1275,8	1345,0	3,9	19,97	22-05-08	color SISS
Sulfatos Disueltos (mg/L)	5033	5206,7	8941	607,1	68,7	26-05-08	color SISS
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	479,199	229,799	312,287	500,151	120,367	19-05-08	23200
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	19-05-08	23200
Sodio Disuelto (mg/L)	*100980	*69740	57960	358	54,4	04-06-08 *07-07-08	31200
Calcio Disuelto (mg/L)	1494	3032	2182	41,0	32,1	04-06-08	31200
Potasio Disuelto (mg/L)	6230	4248	6518	172	5,65	04-06-08	31200
Magnesio Disuelto (mg/L)	3664	2200	3148	15,1	15,4	04-06-08	31200
Saltes Total (mg/L)	1,30	24,6	42,6	88,3	23,4	06-06-08	31200
Aluminio Total (mg/L)	0,01	0,02	0,01	0,06	0,63	05-06-08	31200
Hierro Total (mg/L)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,18	05-06-08	31200
Cobre Total (mg/L)	228	282	3,37	31,4	0,65	05-06-08	31200
Litio Total (mg/L)	60,4	8,38	9,02	1,81	0,05	05-06-08	31200
Zinc Total (mg/L)	0,01	0,89	0,63	0,01	0,01	05-06-08	31200
Manganeso Total (mg/L)	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01	05-06-08	31200



Formulario Documentación

Planilla 4: Resultados

FD-2010-CHIA

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha y Hora de Muestreo
Fecha de Recepción
Solicitado por

Aguar Cruda
1605
Químico
No indicada
19-05-2008
Pontificia Universidad Católica de Chile
DEIA
Attn: Sr. José Antonio Yáñez

RESULTADOS

Muestra N°	6131	6132	6133	6134	6135	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	PED,F058	PED,F059	PED,F060	PED,F061	PED,F062		
pH	8,25	8,29	8,19	8,30	8,26	19-5-08	v.c. SSSS
Conductividad Específica	2170	3750	3120	3870	3100	19-5-08	25103
Cloruros Disueltos (mg/L)	719,8	998,7	1136,6	990,2	1387,2	25-05-08	v.c. SSSS
Nitratos Disueltos (mg/L)	6,18	12,6	9,6	13,8	17,3	22-05-08	v.c. SSSS
Sulfatos Disueltos (mg/L)	60,65	285,2	298,8	201,3	228,0	23-05-08	v.c. SSSS
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	217,633	72,995	72,995	140,583	125,714	19-05-08	232013
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	19-05-08	232013
Sodio Disuelto (mg/L)	286	282	*285	170	*298	04-06-08 *27-06-08	312013
Calcio Disuelto (mg/L)	23,3	38,8	39,0	130,2	36,6	04-06-08	312013
Potasio Disuelto (mg/L)	37,8	781	749	824	726	04-06-08	312013
Magnesio Disuelto (mg/L)	18,2	20,6	25,4	21,3	26,4	04-06-08	312013
Silice Total (mg/L)	79,3	65,6	50,2	67,0	45,6	06-06-08	312013
Aluminio Total (mg/L)	0,06	0,16	0,15	0,04	0,07	06-06-08	312013
Hierro Total (mg/L)	0,04	0,08	0,37	0,03	0,08	05-06-08	312013
Cobre Total (mg/L)	4,21	10,6	9,28	9,66	7,33	05-06-08	312013
Plomo Total (mg/L)	1,80	2,87	2,44	2,94	2,18	05-06-08	312013
Zinc Total (mg/L)	0,09	0,04	0,11	0,04	0,02	05-06-08	312013
Manganeso Total (mg/L)	0,02	0,05	0,15	0,04	0,04	05-06-08	312013

IDENTIFICACION

Muestras
Orden de trabajo
Análisis Solicitado
Fecha y Hora de Muestreo
Fecha de Recepción
Solicitado por

Agua Chorda
1695
Quintuco
No. orden de
19-05-2008

Pontificia Universidad Católica de Chile
DIIA

Attn: Sr. José Antonio Yanez

RESULTADOS

Muestra N°	6136	6137	6138	Fecha de Análisis	Método de Análisis
Identificación	PED.F063	PED.F064	MAR.F074		
pH	8,06	8,25	8,36	19-05-08	v.c. SSS
Conductividad Específica	26500	20600	542	19-05-08	2510 B
Cloruros Disueltos (mg/L)	9935,2	7806	37,6	25-05-08	v.c. SSS
Nitratos Disueltos (mg/L)	136,4	89,2	32,4	22-05-08	v.c. SSS
Sulfatos Disueltos (mg/L)	435,5	535	45,3	13-06-08	v.c. SSS
Bicarbonatos Disueltos (mg/L)	131,121	187,895	201,412	19-05-08	2320 B
Carbonatos Disueltos (mg/L)	0,02	0,02	0,02	19-05-08	2320 B
Sodio Disuelto (mg/L)	4693	3522	118	04-06-08	3120 B
Calcio Disuelto (mg/L)	*609	*601	13,6	04-06-08 *27-06-08	3120 B
Potasio Disuelto (mg/L)	7,22	805	1,96	04-06-08	3120 B
Magnesio Disuelto (mg/L)	164	116	4,30	04-06-08	3120 B
Silicio Total (mg/L)	30,7	26,0	25,1	06-06-08	3120 B
Aluminio Total (mg/L)	0,12	0,01	0,02	05-06-08	3120 B
Hierro Total (mg/L)	0,05	0,03	0,03	05-06-08	3120 B
Cobre Total (mg/L)	37,1	33,0	0,885	05-06-08	3120 B
Plata Total (mg/L)	1,23	12,8	0,15	05-06-08	3120 B
Zinc Total (mg/L)	0,01	0,02	0,01	05-06-08	3120 B
Manganeso Total (mg/L)	0,12	0,01	0,01	05-06-08	3120 B

ANEXO II

“Resultados Análisis Físicos y Químicos en Terreno”

ANEXO II RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS EN TERRENO**A II.1 Región I de Tarapacá****AI.1.5 Salar de Huasco**

Nº	ID	Temp (°C)	pH	Conductividad (uS/cm)
1	HUA.T039	14,9	8,5	180
2	HUA.T040	15,5	8,96	1.080
3	HUA.T041	11,5	7,2	671
4	HUA.F047	18,6	7,88	188
5	HUA.T042	5,4	8,38	267
6	HUA.T043	7,4	7,16	570
7	HUA.F048	16,1	7,6	588
8	HUA.F049	15,6	7,75	532
9	HUA.F050	14,8	7,53	566
10	HUA.F051	8,1	7,71	6.100
11	HUA.F052	7,1	4,1	340
12	HUA.F053	10,1	6,09	292
13	HUA.F054	9,2	6,8	65
14	HUA.F055	11,2	8,2	559
15	HUA.F056	5,8	8,09	909
16	HUA.F057	12,2	7,6	282
17	HUA.F058	7,2	7,55	875
18	HUA.T044	8	6,02	938
19	HUA.T045	19,1	7	490
20	HUA.T046	21,2	6,8	733
21	HUA.T047	7,1	7,02	807

A II.2 Región II de Antofagasta**AI.1.6 Salares de Aguas Calientes 2 (AC2), Aguas Calientes 3 (AC3) y de El Laco (LAC), Tuyajto (TUY), Lejía (LEJ), Puntas Negras (PTN), Pampa Colorada (COL).**

Nº	ID	Temp (°C)	pH	Conductividad (uS/cm)
1	TUY-F031	9,6	8.12	2.880
2	TUY-F032	23,5	6.55	1.665
3	LAC-F010	0,1	8.62	7.120
4	AC3-F030	2,5	8.05	1.190
5	AC3-F031	25,9	7.26	2.320
6	AC3-F032	26,1	7.25	2.187
7	AC2-F025	18,9	7.25	2.260
8	AC2-F026	15,6	7.17	2.010
9	AC2-F027	16,5	7.19	1.968
10	AC2-F028	8,3	6.72	1.385
11	AC2-F029	-1,5	7.89	1.549
12	LEJ-F005	6,1	8.3	9.670
13	AC2-T007	12,1	6.76	1.937
14	AC2-T008	15,2	6.52	3.220
15	PTN-T015	14,7	7.71	1.941
16	PTN-T016	17	7.63	2.112
17	PTN-T017	16	7.26	2.155
18	LAC-F011	-3,8	8.05	4.580
19	COL-T008	20,7	7.33	2.610
20	COL-T009	20,9	7.23	2.321
21	TUY-F033	10,2	8.35	3.970
22	AC3-T003	8	6.55	3.570
23	AC3-F033	5,7	6.73	3.560

A II.3 Región III de Atacama**AI.1.7 Salares de Maricunga (MAR) y Pedernales (PED), Piedra Pómez (PPZ).**

Nº	ID	Temp (°C)	pH	Conductividad (uS/cm)
1	PPZ.F015	0,3	7,2	328
2	MAR.F056	7	7,92	23.100
3	MAR.F057	2,3	7,99	68.700
4	MAR.F058	3,8	6,8	15.250
5	MAR.F059	1,7	8,06	14.080
6	MAR.F060	3,5	7,53	103.800
7	MAR.F061	11,8	6,84	243.000
8	MAR.F062	7,9	7,48	86.000
9	MAR.F063	7,2	7,94	21.000
10	MAR.F064	8,6	7,2	14.300
11	MAR.F065	8,7	7,6	221.000
12	MAR.F066	0,9	8,44	986
13	MAR.F067	0,9	6,29	234.000
14	MAR.F068	9,6	6,8	9.670
15	MAR.F069	14,6	6,75	3.180
16	MAR.F070	16,5	7,15	4.100
17	MAR.F071	19	6,46	3.400
18	MAR.F072	9	8,43	4.080
19	MAR.F073	2	7,95	1.151
20	MAR.F074	1,3	8,55	539
21	PED.F053	10	7,05	232.000
22	PED.F054	8,3	7,18	223.000
23	PED.F055	5,8	7,39	232.000
24	PED.F056	0,4	7,83	2.090
25	PED.F057	6	8,46	539
26	PED.F058	7	8,3	2.090
27	PED.F059	1,9	8,53	3.750
28	PED.F060	1,3	8,59	3.480
29	PED.F061	9	8,7	3.930
30	PED.F062	7,8	6,67	2.950
31	PED.F063	7,8	7,6	2.950
32	PED.F064	2,9	8,43	21.200

ANEXO III

“Resultados Análisis Isotópicos”

ANEXO III RESULTADOS ANÁLISIS ISOTÓPICOS

A III.1 Región I de Tarapacá



DEPARTAMENTO DE APLICACIONES
LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS
SERVICIO DICTUC S.A

12/11/2008

Muestra	Fecha	Identificación	Fecha de análisis	$\delta \text{‰}^2\text{H}$	$\delta \text{‰}^{18}\text{O}$
DICTUC-43	09-09-08	HUA.T039	29-10-2008	-90,7	-11,51
DICTUC-44	09-09-08	HUA.T040	29-10-2008	-102,5	-13,40
DICTUC-45	09-09-08	HUA.T041	29-10-2008	-101,9	-13,06
DICTUC-46	09-09-08	HUA.F047	29-10-2008	-99,6	-13,15
DICTUC-47	10-09-08	HUA.T042	29-10-2008	-92,5	-10,86
DICTUC-48	10-09-08	HUA.T043	29-10-2008	-95,4	-12,39
DICTUC-49	10-09-08	HUA.F048	29-10-2008	-97,6	-12,04
DICTUC-50	10-09-08	HUA.F049	29-10-2008	-97,5	-12,20
DICTUC-51	11-09-08	HUA.F050	29-10-2008	-99,0	-12,27
DICTUC-52	11-09-08	HUA.F051	29-10-2008	-87,9	-9,72
DICTUC-53	11-09-08	HUA.F052	29-10-2008	-98,8	-13,43
DICTUC-54	11-09-08	HUA.F053	29-10-2008	-104,7	-13,77
DICTUC-55	11-09-08	HUA.F054	29-10-2008	-107,9	-14,38
DICTUC-56	11-09-08	HUA.F055	29-10-2008	-101,3	-13,64
DICTUC-57	11-09-08	HUA.F056	29-10-2008	-101,7	-14,04
DICTUC-58	11-09-08	HUA.F057	03-11-2008	-103,1	-12,78
DICTUC-59	11-09-08	HUA.F058	03-11-2008	-94,8	-12,01
DICTUC-60	12-09-08	HUA.T044	03-11-2008	-103,5	-13,54
DICTUC-61	12-09-08	HUA.T045	03-11-2008	-95,1	-12,08
DICTUC-62	12-09-08	HUA.T046	03-11-2008	-104,4	-13,88
DICTUC-63	12-09-08	HUA.T047	03-11-2008	-99,8	-13,16

Nota: Resultados expresados en $\delta \text{‰}$ (delta por mil) referido a SMOW

Error analítico en Oxígeno-18 es de $\pm 0,05 \text{‰}$ y en Deuterio es de $\pm 1 \text{‰}$

A III.2 Región II de Antofagasta



DEPARTAMENTO DE APLICACIONES
LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS
SERVICIO DICTUC S.A

9/12/2008

Muestra	Fecha	Identificación	Fecha de análisis	$\delta^{2}\text{H}_{\text{‰}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$
DICTUC-64	s/f	TJT-A1	20/11/2008	-70,8	-8,77
DICTUC-65	s/f	TJT-V1	20/11/2008	-78,7	-11,30
DICTUC-66	s/f	LAC-A1	20/11/2008	-26,4	1,80
DICTUC-67	s/f	AC3-V1	20/11/2008	-74,4	-9,91
DICTUC-68	s/f	AC3-V2	20/11/2008	-78,2	-10,77
DICTUC-69	s/f	AC3-V3	20/11/2008	-77,6	-10,77
DICTUC-70	s/f	AC2-A1	20/11/2008	-74,5	-10,18
DICTUC-71	s/f	AC2-A2	20/11/2008	-77,5	-10,56
DICTUC-72	s/f	AC2-A3	20/11/2008	-75,4	-10,24
DICTUC-73	s/f	AC2-V1	20/11/2008	-72,9	-9,53
DICTUC-74	s/f	AC2-V2	20/11/2008	-65,1	-6,73
DICTUC-75	s/f	LEJ-L1	20/11/2008	10,7	5,56
DICTUC-76	s/f	AC2-P1	20/11/2008	-78,9	-10,64
DICTUC-77	s/f	AC2-P2	20/11/2008	-78,2	-10,17
DICTUC-78	s/f	PN-P1	20/11/2008	-81,7	-11,11
DICTUC-79	s/f	PN-P2	24/11/2008	-81,8	-11,05
DICTUC-80	s/f	PN-P3	24/11/2008	-83,0	-11,07
DICTUC-81	s/f	LAC-A2	24/11/2008	-2,6	5,59
DICTUC-82	s/f	PC-P1	24/11/2008	-81,2	-11,24
DICTUC-83	s/f	PC-P2	24/11/2008	-80,9	-11,35
DICTUC-84	s/f	TJT-A2	24/11/2008	-65,6	-7,03
DICTUC-85	s/f	AC3-P1	24/11/2008	-79,3	-10,72
DICTUC-86	s/f	AC3-V4	24/11/2008	-80,2	-10,32

Nota: Resultados expresados en $\delta_{\text{‰}}$ (delta por mil) referido a SMOW

Error analítico en Oxígeno-18 es de +/- 0,05 $\delta_{\text{‰}}$ y en Deuterio es de +/- 1 $\delta_{\text{‰}}$

A III.3 Región III de Atacama



DEPARTAMENTO DE APLICACIONES
LABORATORIO DE ISOTOPOS AMBIENTALES

INFORME DE RESULTADOS
SERVICIO DICTUC S.A

04/08/2008

Muestra	Fecha	Identificación	Fecha de análisis	$\delta^{2}\text{H}_{\text{‰}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{‰}}$
DICTUC-1	10-05-08	MAR.F001	17-06-08	-29,7	-0,28
DICTUC-2	10-05-08	MAR.F002	17-06-08	-19,9	2,52
DICTUC-3	10-05-08	MAR.F003	17-06-08	-84,6	-9,40
DICTUC-4	10-05-08	MAR.F004	17-06-08	-74,2	-7,40
DICTUC-5	10-05-08	MAR.F005	17-06-08	-16,2	6,23
DICTUC-6	10-05-08	MAR.F006	17-06-08	-11,4	3,14
DICTUC-7	10-05-08	MAR.F007	17-06-08	-24,3	2,39
DICTUC-8	10-05-08	MAR.F008	17-06-08	-31,6	0,22
DICTUC-9	12-05-08	MAR.F009	17-06-08	-57,4	-4,86
DICTUC-10	12-05-08	MAR.F010	17-06-08	-28,3	-0,15
DICTUC-11	12-05-08	MAR.F011	17-06-08	-74,9	-8,55
DICTUC-12	12-05-08	MAR.F012	17-06-08	-1,0	6,61
DICTUC-13	12-05-08	MAR.F013	17-06-08	-65,3	-7,12
DICTUC-14	13-05-08	MAR.F014	18-06-08	-81,0	-9,98
DICTUC-15	13-05-08	MAR.F015	18-06-08	-85,1	-9,97
DICTUC-16	13-05-08	MAR.F016	18-06-08	-84,1	-10,25
DICTUC-17	13-05-08	MAR.F017	18-06-08	-77,8	-8,43
DICTUC-18	13-05-08	MAR.F018	18-06-08	-83,1	-9,39
DICTUC-19	15-05-08	MAR.F019	18-06-08	-63,6	-7,71
DICTUC-20	13-05-08	PPZ.F001	18-06-08	-84,1	-10,53
DICTUC-21	14-05-08	PED.F001	18-06-08	-26,3	-1,24
DICTUC-22	14-05-08	PED.F002	18-06-08	-16,6	4,31
DICTUC-23	14-05-08	PED.F003	18-06-08	-1,3	6,79
DICTUC-24	15-05-08	PED.F004	18-06-08	-75,7	-6,98
DICTUC-25	15-05-08	PED.F005	18-06-08	-71,0	-8,29
DICTUC-26	15-05-08	PED.F006	18-06-08	-52,1	-3,98
DICTUC-27	15-05-08	PED.F007	17-07-08	-86,8	-10,26
DICTUC-28	15-05-08	PED.F008	17-07-08	-76,4	-10,30
DICTUC-29	15-05-08	PED.F009	17-07-08	-80,6	-9,46
DICTUC-30	15-05-08	PED.F010	17-07-08	-81,0	-11,30
DICTUC-31	15-05-08	PED.F011	30-06-08	-62,8	-6,32
DICTUC-32	15-05-08	PED.F012	30-06-08	-53,4	-4,52

Nota: Resultados expresados en $\delta_{\text{‰}}$ (delta por mil) referido a SMOW

Error analítico en Oxígeno-18 es de $\pm 0,05 \delta_{\text{‰}}$ y en Deuterio es de $\pm 1 \delta_{\text{‰}}$

ANEXO IV

“Niveles Piezométricos”

ANEXO IV NIVELES PIEZOMÉTRICOS

A IV.1 I Región de Tarapacá

Nº	Pozo	Cuenca	Coordenadas UTM		Fecha	Hora	Altura brocal mts	NE	
			Norte	Este				mbnb	mbnt
1	E24	Huasco	7.780.032	516.122	09-09-2008	12:30	0,33	3,72	3,39
2	P12	Huasco	7.780.033	516.145	09-09-2008	14:52	0,22	1,27	1,05
3	P11	Huasco	7.771.101	517.780	12-09-2008	9:50	0,5	26,35	25,85
4	E13	Huasco	7.771.111	517.781	12-09-2008	12:10	0,31	25,05	24,74
5	P08	Huasco	7.771.074	516.811	12-09-2008	10:24	0,3	11,69	11,39
6	E12	Huasco	7.771.075	516.792	12-09-2008	10:25	0,38	11,4	11,02
7	E11	Huasco	7.771.095	516.754	12-09-2008	10:28	0,28	11,75	11,47
8	E8	Huasco	7.751.914	525.913	12-09-2008	10:30	0,4	11,95	11,55
9	P10	Huasco	7.773.339	516.771	12-09-2008	10:37	0,42	13,36	12,94
10	E16	Huasco	7.773.315	516.830	12-09-2008	10:38	0,34	12,625	12,285
11	P09	Huasco	7.772.697	517.813	12-09-2008	10:45	0,52	21,415	20,895
12	E17	Huasco	7.772.682	517.838	12-09-2008	10:48	0,34	20,75	20,41
13	E1	Huasco	7.765.350	520.502	12-09-2008	11:10	0,55	88,69	88,14
14	P01	Huasco	7.765.369	520.536	12-09-2008	11:12	0,45	90,06	89,61
15	E3	Huasco	7.764.203	520.986	12-09-2008	14:04	0,44	80,52	80,08
16	E4	Huasco	7.763.087	521.477	12-09-2008	14:14	0,46	65,44	64,98
17	P04	Huasco	7.763.076	521.439	12-09-2008	14:18	0,43	64,88	64,45
18	E10	Huasco	7.754.812	525.594	12-09-2008	17:20	0,43	53,91	53,48
19	E9	Huasco	7.753.802	525.701	12-09-2008	17:27	0,49	42,22	41,73
20	P07	Huasco	7.753.771	525.716	12-09-2008	17:31	0,51	41,885	41,375
21	P05	Huasco	7.752.924	525.790	12-09-2008	19:36	0,3	34,46	34,16
22	E7	Huasco	7.752.890	525.800	12-09-2008	19:40	0,44	34,67	34,23
23	P06	Huasco	7.751.957	525.912	12-09-2008	20:00	0,6	32,45	31,85
24	E8	Huasco	7.751.914	525.913	12-09-2008	20:04	0,47	32,495	32,025

mbnb: Metros bajo nivel de brocal

mbnt: Metros bajo nivel de terreno

A IV.2 II Región de Antofagasta

N°	Pozo	Cuenca	Coordenadas UTM		Fecha	Hora	Altura brocal mts	NE	
			Norte	Este				mbnb	mbnt
1	LA-0	A. Calientes 2	7.395.562	645.244	28-10-2008	15:30	0,6	12,56	11,96
2	PC-4	Pampa Colorada	7.356.309	655.279	28-10-2008	19:00	0,5	97,39	96,89
3	PN-8	Puntas Negras	7.380.945	658.400	29-10-2008	14:30	0,54	52,89	52,35
4	PN-1A	Puntas Negras	7.379.366	658.091	29-10-2008	17:00	0,39	39,14	38,75
5	PC-2	Pampa Colorada	7.358.029	652.549	30-10-2008	10:45	0,75	67,53	66,78
6	PAAR-2	A. Calientes 3	7.351.692	641.384	30-10-2008	16:30	0,75	24,89	24,14

mbnb: Metros bajo nivel de brocal

mbnt: Metros bajo nivel de terreno

ANEXO V
“Protocolo de Muestreo”

ANEXO V PROTOCOLO DE MUESTREO

A V.1 Materiales

- Almacenamiento de muestras
 - Envases para cada punto de muestreo
 - 1 Envase plástico de 1 L para los análisis de química general
 - 1 Envase plástico de 500 ml para análisis químico de metales
 - 1 Envase plástico de 500 ml para análisis de isótopos Oxígeno-18 y Deuterio
 - Parafilm
 - Hielo
 - Cajas de Plumavit (Aislapol) para transportar envases
 - Cinta adhesiva
 - Tijeras
- Mediciones en terreno
 - Planillas formulario de muestreo
 - Cuaderno
 - Sonda de medición de pH
 - Sonda de medición de conductividad y T°
 - Agua mili-Q
 - Guantes de Látex
 - Lápiz y plumón permanente
- Obtención muestras desde pozos
 - Bomba sumergible (opcional)
 - Set de tomamuestras o Bailer (opcional).
 - Guantes de trabajo.

A V.2 Procedimiento

- Toma de muestras naturales desde vertientes (química e isótopos de Deuterio y Oxígeno) y mediciones *in situ*
 - Los envases deben estar limpios procedentes del laboratorio.
 - En el punto de muestreo, los envases procedentes del laboratorio deben ser ambientados tres veces con el agua a muestrear, utilizando siempre guantes de látex para su manipulación.
 - Luego, los envases deben ser llenados completamente, tratando de que no queden burbujas de aire en su interior y cerrados lo más herméticamente posible, para lo cual puede utilizarse cinta Parafilm, película autosellante especial para estos fines. En caso que las muestras sean enviadas por vía aérea, es conveniente dejar una pequeña burbuja de aire.
 - En terreno los envases deben guardarse en frío para lo que pueden utilizarse cajas de plumavit tipo coleman con hielo (*icepack*) y protegidas de la luz solar.
 - En el momento de llenado de recipientes debe medirse “*in situ*” los parámetros de pH, conductividad y temperatura del agua, lavando con agua Mili-Q, las sondas antes y después de cada utilización.

- Toma de muestras naturales desde pozos (química e isótopos de deuterio y oxígeno) y mediciones “*in situ*”.
 - Si se requiere muestrear un pozo con bomba, antes de la toma de muestra debe bombearse y descartarse tres veces el volumen de agua existente en el pozo.
 - Si se requiere muestrear un pozo mediante la utilización de un bailer, debe eliminarse el primer volumen muestreado, mientras que el segundo debe ser utilizado para la ambientación de los envases.
 - Se anota en el cuaderno de registro el método empleado para el muestreo.
 - Las botellas se llenan, tratando de que no dejar burbujas de aire en su interior y se cierran lo más herméticamente posible, usando de preferencia cinta Parafilm.
 - En terreno los envases se guardan en frío para lo cual se utilizan cajas de plumavit (aislapol) ambientadas con hielo y protegidas de la luz solar.
 - En el momento de llenado de recipientes se mide pH, conductividad y temperatura, lavando con agua Mili-Q las sondas tras cada utilización.

- Toma de muestras con aditivos y/o preservantes (O₂, metales, etc.)
 - Los envases procedentes del laboratorio que contienen aditivos o preservantes no deben ser ambientados con el agua de muestreo.
 - El llenado debe hacerse con especial atención para que no se rebalse la muestra del envase. Se sugiere la ayuda de otro recipiente para concluir el llenado de muestras con aditivos.
 - Los envases deben ser cerrados lo más herméticamente posible.
 - En terreno los envases deben guardarse en frío y protegidos de la luz solar.

- Etiquetado de los envases
 - Se rotula cada envase con lápiz resistente al agua (en la etiqueta o directamente en el envase), con la siguiente información:
 - Nombre de la muestra (que indica nombre de la cuenca, tipo de muestra y un número identificador)
 - Fecha y hora de muestreo
 - Lugar de muestreo (nombre alusivo a las características existentes)
 - Se protege la etiqueta de cada envase con cinta adhesiva transparente gruesa.
 - Se anota en una ficha de registro, especialmente diseñada para el terreno, la información completa de la muestra, es decir, coordenadas del punto de muestreo, altura topográfica, fecha y hora de muestreo, tipo de muestra, observaciones del lugar o condiciones de muestreo además de los datos de mediciones *in situ* de pH, conductividad y temperatura.

- Envío de muestras al laboratorio
 - Las muestras deben ser recibidas en laboratorio dentro de las primeras 24 horas desde su muestreo.
 - El envío debe realizarse embalado y protegiendo correctamente las muestras para evitar derrames. Las muestras deben ir protegidas de la luz solar y en lo posible viajar en frío.
 - Se considera importante ponerse en contacto anteriormente con el laboratorio para anunciar el arribo de las muestras.

- Coordinación con Laboratorio para preparación de envases previo al muestreo
 - Avisar con suficiente antelación al laboratorio la cantidad de envases que serán requeridos. Para ello calcular 4-5 días más el tiempo de traslado de los envases hasta el lugar de muestreo.
 - Prever cómo se enviarán las muestras de vuelta al laboratorio; cantidad de envíos, cajas, permisos, etc.

ANEXO VI
“Manual Uso de Bailer Solinst 425”

ANEXO VI MANUAL USO DE BAILER SOLINST 425

A VI.1 Materiales

- Medición en terreno
 - Bailer Solinst modelo 425
 - Manguera de 150 m de extensión para línea de aire y almacenamiento de muestra
 - Cable de acero de 300 m de extensión
 - Bombín con capacidad de presión máxima 230 psi
 - Pozómetro de 150 m de extensión
 - Cinta adhesiva
- Mantenición y operación del equipo
 - Llave Inglesa
 - Agua destilada
 - Toalla Nova
 - Paño
 - Guantes de látex
 - Destornilladores cruz, n°2.

A VI.2 Manual de funcionamiento

- Funcionamiento tradicional:
 1. Determinar la profundidad de muestreo deseada y la profundidad del nivel estático.
 2. Determinar la presión que debe ser aplicada al sistema mediante la ecuación:

$$P = (PM - NE) \cdot 1.411 + 10$$

P : Presión (psi)

PM : Profundidad de muestreo (m)

NE : Profundidad de nivel estático (m)

O mediante la Tabla 7.1:

Tabla 7.1: Presión para poner al bailer para toma de muestra.

Profundidad (m) bajo nivel estático	Presión (psi)
10	24
20	38
30	52
40	66
50	81
100	151
150	222

3. Conectar la manguera al bailer (Figura 7.3) y el cable de sujeción. Luego conectar el bombín o compresor a la entrada de presión (Figura 7.4).
4. Girar la válvula de presión/ventilación, hacia la señal de presión (pressure, Figura 7.4).
5. Cerrar la válvula de entrada y salida de agua del bailer (ubicada en su extremo inferior, Figura 7.2). *Muchas veces se encuentra aparentemente cerrada pero existe un escape de aire. En este caso abrir y cerrar la válvula repetidamente hasta que se solucione el problema. También, el problema puede ser solucionado tapando y destapando con el dedo el sector inferior de la válvula por donde se produce el escape.*
6. Presurizar el bailer hasta alcanzar la presión requerida.
7. Desconectar el bombín o compresor.
8. Bajar el bailer hasta la profundidad de muestreo deseada. *Tener especial cuidado en que tanto la manguera, como el cable de sujeción se encuentren siempre tirantes, de esta forma se asegura muestrear a la profundidad requerida y se evita que ambos cables se enreden. Para conocer la profundidad a la que se encuentra el bailer, la manguera puede ser marcada con cinta adhesiva a intervalos conocidos*
9. Girar la válvula de presión/ventilación a la posición de ventilación. Esperar dos minutos aproximadamente; esto permitirá que la manguera se llene hasta alcanzar el nivel estático.
10. Girar la válvula de presión/ventilación hacia la posición de presión y represurizar el sistema utilizando la misma presión determinada anteriormente.
11. Desconectar nuevamente el bombín o compresor y subir el bailer hacia la superficie.
12. Girar la válvula de presión/ventilación hacia la posición de ventilación. *Para facilitar la salida del flujo desde el bailer y la manguera, puede dejarse un remanente de presión al interior del sistema.*
13. Disponer el bailer sobre la botella de muestreo y abrir la válvula de entrada y salida de agua de éste.

Un volumen de muestreo cercano al litro, se obtiene al introducir el bailer hasta 40 m bajo el nivel de agua.

- Para el caso de profundidades de muestreos mayores a 60 metros bajo el nivel estático, se recomienda realizar el proceso por etapas, de esta forma, las modificaciones a la metodología serían:
 - Antes de tomar la muestra:
 1. Presurizar el sistema hasta 100 psi.
 2. Bajar el bailer hasta una profundidad de 50m bajo el nivel estático.
 3. A esa profundidad, aumentar la presión en el sistema hasta el máximo requerido.
 4. Bajar el bailer hasta la profundidad deseada.
 - Después de tomar la muestra:
 1. Subir el bailer presurizado al máximo requerido hasta una profundidad de 50 metros bajo el nivel de agua.
 2. Disminuir la presión hasta 100 psi.
 3. Subir el bailer hasta la superficie.
- Se recomienda limpiar el bailer después de cada muestreo. Para esto debe realizarse el siguiente procedimiento (detalle de las partes en figura n°5):
 1. Desarmar el bailer.
 2. Lavar todas sus componentes con jabón sin fosfatos o con un solvente suave (no usar acetona en los O - rings).
 3. Enjuagar todo el sistema con agua desionizada y secar.
 4. Rearmar el bailer.

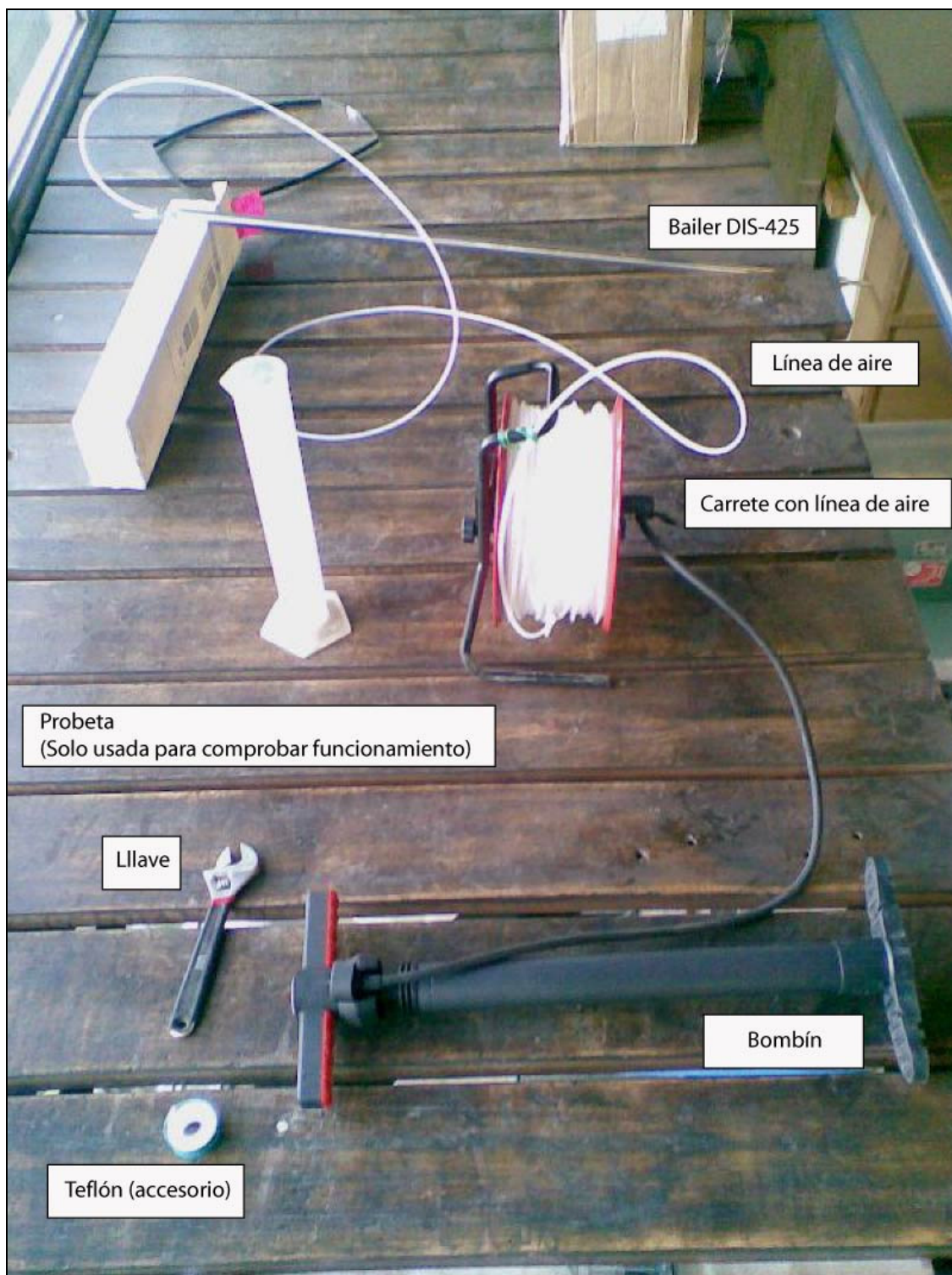


Figura 7.1. Accesorios sistema de muestreo desde aguas subterráneas.

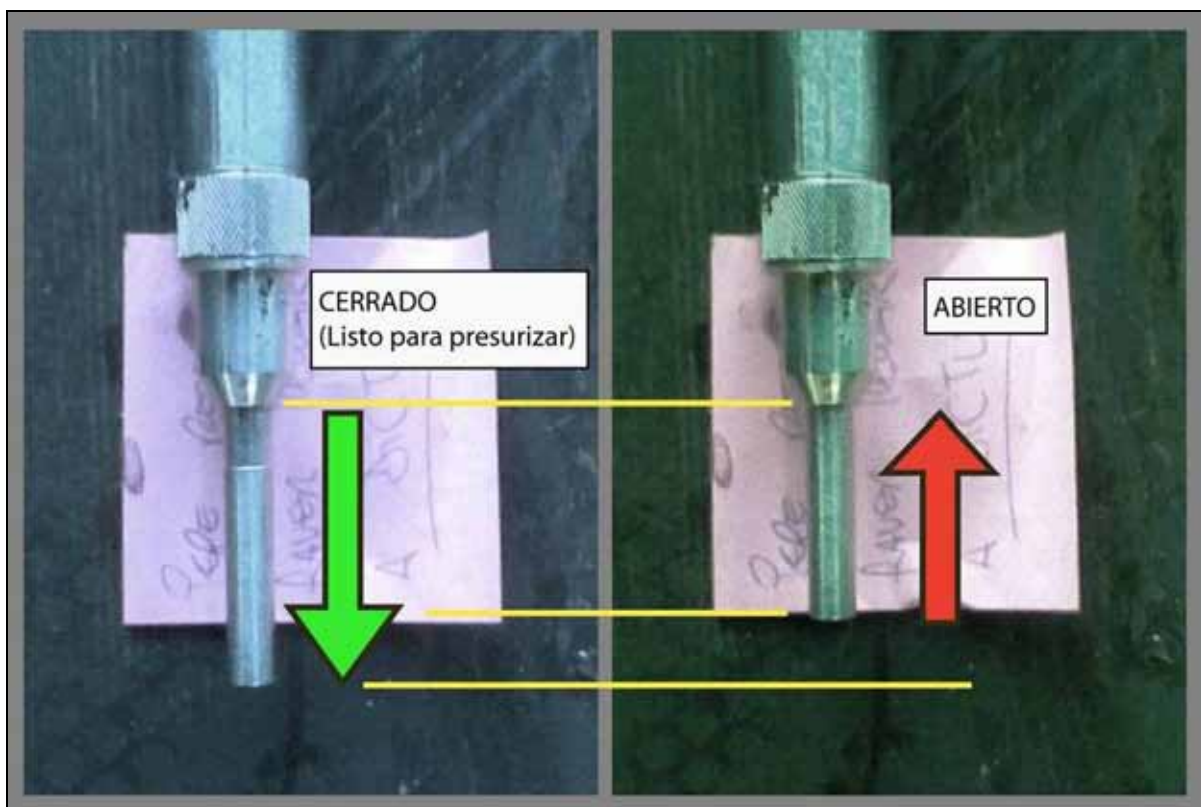


Figura 7.2. Detalle válvula de entrada y salida de agua.

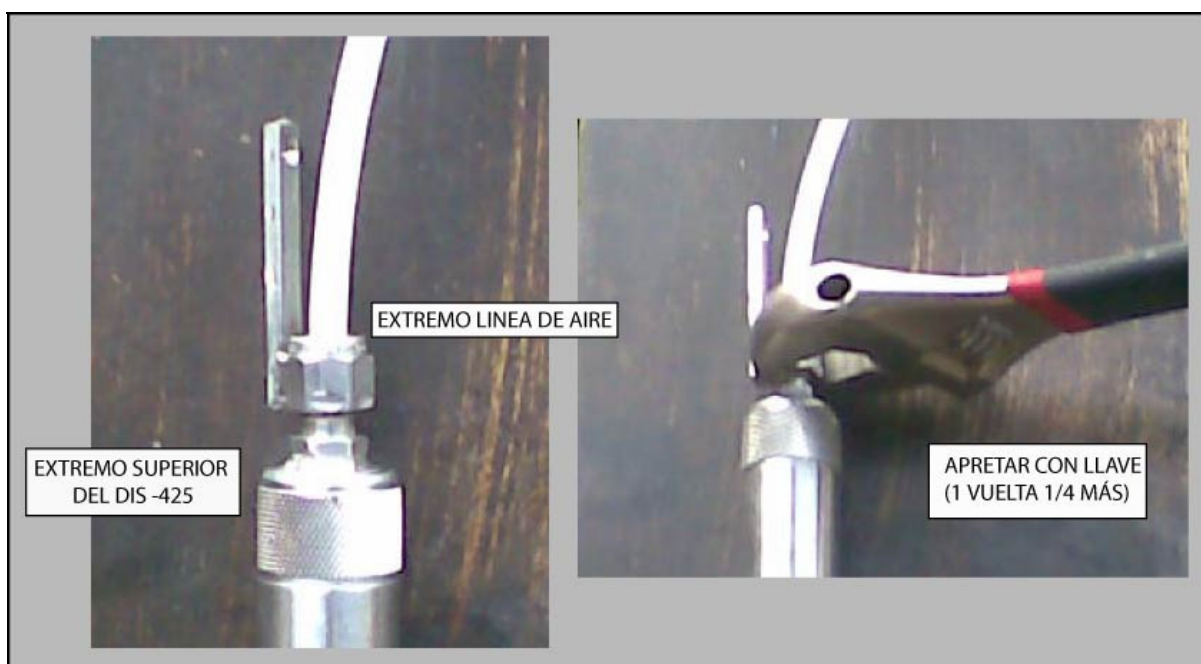


Figura 7.3. Detalle conexión manguera.

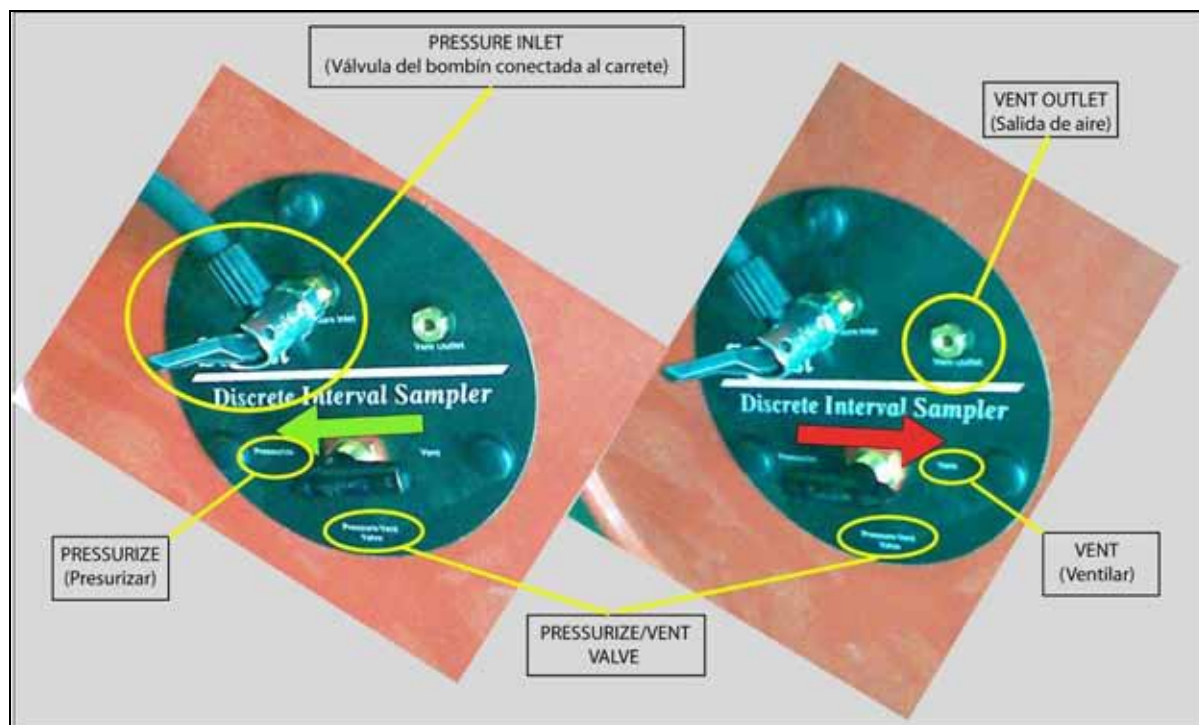


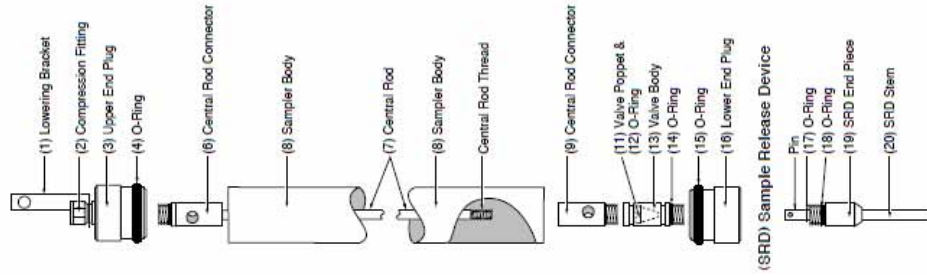
Figura 7.4. Detalle conexión de aire y válvula de presión/ventilación.



Parte superior bailer, conexión manguera.



Parte inferior bailer, entrada de agua



Sistema toma de muestra armado.

Figura 7.5. Componentes bailer Solinst

ANEXO VII
“Fotografías de las Campañas”

ANEXO VII FOTOGRAFÍAS DE LAS CAMPAÑAS DE TERRENO







