



## **INFORME FINAL**

**BIP 30126293-0**

# **DIAGNÓSTICO Y GESTIÓN AMBIENTAL INTEGRADA DE HUMEDALES ALTOANDINOS**

**VERSIÓN 2**



**JUNIO 2015**

<b>CONTROL REVISIÓN DOCUMENTO</b>				
<b>Versión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
0	06/11/2013	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín Carolina Meruane Camila Navarro Karina Ortega Guillermo Rivas Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
1	04/12/2013	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín Carolina Meruane Camila Navarro Karina Ortega Guillermo Rivas Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
2	25/07/2014	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz Cristián Godoy D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín Carolina Meruane Guillermo Rivas Lucía Varas	Carolina Meruane	Manuel Contreras
2*	25/11/2014	Hernán Cabrera Felipe Cerda Fernanda Díaz Cristián Godoy D'Angelo Durán Pedro Fuentes Marta Martín José María Peralta Guillermo Rivas Lucía Varas	José María Peralta	Manuel Contreras
FINAL	27/02/2015	Lucía Varas Pedro Fuentes D'Angelo Durán Daniela Fredes	José María Peralta	Manuel Contreras



		Tomás Rioseco Cristián Godoy José María Peralta Manuel Contreras		
FINAL Rev2	16/06/2015	Pedro Fuentes Cristián Godoy José María Peralta	José María Peralta	Manuel Contreras

<b>EQUIPO DE TRABAJO</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Título/Grado</b>	<b>Rol en el Proyecto</b>
Manuel Contreras	Biólogo, MSc, PhD	Director Ejecutivo – Jefe de Proyecto
José María Peralta	Ingeniero Agrónomo, MSc, PhD	Jefe Técnico
Carla Pesce	Ingeniero Agrónomo	Coordinador Regional
Tomás Rioseco	Biólogo,	Especialista Senior Vegetación
Cristián Godoy	Ingeniero Civil, PhD (c)	Ingeniero de Proyecto
Lucía Varas	Ingeniera Civil Ambiental	Ingeniera de Proyecto
D'Angelo Durán	Biólogo Ambiental	Especialista biología
Felipe Cerda	Licenciado en Geografía	Especialista SIG
Fernanda Díaz	Cartógrafa	Especialista SIG
Pedro Fuentes	Cartógrafo	Especialista SIG
Camila Navarro	Licenciada en Geografía	Especialista SIG
Marta Martín	Lic. Ambiental, MSc	Especialista Calidad Aguas
Daniela Fredes	Químico Ambiental, Ms.C.	Especialista Calidad Aguas

<b>CONTRAPARTE TÉCNICA</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Título/Grado</b>	<b>Rol</b>
Roberto Villablanca	Biólogo Marino	Responsable revisión informes de avance.

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
1.1	Área de estudio .....	19
1.2	Objetivos del estudio .....	21
1.2.1	Objetivo general .....	21
1.2.2	Objetivos específicos.....	21
1.3	Líneas de trabajo para el desarrollo del estudio.....	22
1.4	Programa de trabajo .....	23
1.5	Estructura del presente informe .....	26
<b>2</b>	<b>SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>28</b>
2.1	Biblioteca digital.....	28
2.2	Catastro de información.....	62
2.2.1	Objetivos .....	62
2.2.2	Derechos de agua .....	63
2.2.2.1	Derechos de agua superficiales.....	63
2.2.2.2	Derechos de agua subterráneos.....	66
2.2.3	Planes de seguimiento sector público.....	69
2.2.3.1	Geomorfología.....	69
2.2.3.2	Meteorología .....	71
2.2.3.3	Hidrología .....	78
2.2.3.4	Calidad de Agua .....	85
2.2.3.5	Hidrogeología .....	91
2.2.3.6	Flora y vegetación .....	97
2.2.4	Planes de seguimiento sector privado .....	99
2.2.4.1	Catastro de proyectos privados .....	99
2.2.4.2	Compromisos ambientales de proyectos privados.....	103
<b>3</b>	<b>CONCEPTUALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>121</b>
3.1	Caracterización general de la zona de estudio .....	121
3.1.1	Geomorfología.....	121
3.1.2	Clima .....	121
3.1.3	Hidrología .....	123
3.1.4	Hidrogeología .....	126
3.2	Descripción de los humedales altoandinos .....	126
3.2.1	Sistema de lagunas terminales altiplánicas .....	127
3.2.2	Sistema de canales altiplánicos .....	131

3.3	Descripción de IAs AREAS prioritariAs .....	136
3.3.1	Cuenca Río Loa Alto.....	137
3.3.2	Salar de Ascotán .....	144
3.3.3	Geiser del Tatio .....	149
3.3.4	Oasis de Calama .....	155
3.3.5	Alrededores del Volcán Licancabur .....	160
3.3.6	Ayllus de San Pedro de Atacama .....	165
3.3.7	Salar de Atacama.....	169
3.3.8	Salar de Tara.....	178
3.3.9	Salar de Aguas Calientes (I) .....	183
3.3.10	Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques .....	190
3.3.11	Salar de Punta Negra .....	194
3.3.12	Salar de Pujsa .....	198
3.3.13	Laguna Lejía.....	202
3.3.14	Sistema Hidrológico de Soncor.....	206
3.3.15	Salar de Aguas Calientes IV.....	209
3.4	Análisis de la variabilidad ambiental de los humedales.....	213
3.4.1	Metodología de análisis de las imágenes Landsat.....	213
3.4.1.1	Descarga .....	213
3.4.1.2	Preprocesamiento .....	215
3.4.1.3	Corrección .....	223
3.4.1.4	Procesamiento y calibración del método.....	223
3.4.2	Resultados .....	231
3.4.2.1	Análisis de cuerpos de agua (NDWI) .....	231
3.4.2.2	Análisis de la vegetación (NDVI) .....	264
3.4.2.3	Análisis Vegetacional (NDVI) – Micro Sistemas Vegetacionales.....	296
3.5	Caracterización de Humedales .....	300
3.5.1	Caracterización de humedales a partir de los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad ambiental. ....	300
3.5.1.1	Indicador de tendencia de variabilidad histórica (ITVH) de los humedales. 300	
3.5.1.2	Relación del ITVH y los catastros de datos de Vegas_Bofedales y Cuerpos de Agua. ....	301
3.5.1.3	Clasificación del estado de los sistemas por su Indicador Porcentual de Variabilidad (IPV). ....	302
3.5.2	Caracterización de humedales a partir del análisis multicriterio y ponderación de sus amenazas.....	306

3.5.2.1	Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua.....	307
3.5.2.2	Indicador de altitud de los humedales en estudio (IA).....	311
3.5.2.3	Indicador de Superficie de los humedales en estudio (IS) .....	311
3.5.2.4	Determinación de los Vértices Máximos Norte, Sur y Centroides de los Humedales.....	312
3.5.2.5	Indicador de relación de distancia entre Humedales y Comunidades Indígenas (IDHCM). .....	313
3.5.2.6	Indicador de relación de distancia entre humedales y derechos de agua subterránea y superficial (IDHDA). .....	314
3.5.2.7	Indicador de relación entre humedales y zonas de pastoreo y bebederos (IHZPB). 315	
3.5.2.8	Indicador de relación entre humedales y zonas de Conservación y/o Protección Ambiental definidas por el MMA (IHZPA).....	318
3.5.2.9	Indicador general de vulnerabilidad de humedales (IGV).....	321
3.5.3	Priorización de humedales según estrategias.....	325
3.5.4	Estado de monitoreo de los humedales en estudio.....	329
<b>4</b>	<b>PROGRAMA DE SEGUIMIENTO.....</b>	<b>336</b>
4.1	Estructura del plan de monitoreo .....	337
4.2	Evaluación económica de IOs componentes del plan de monitoreo.....	348
4.3	Análisis de la ejecución del plan de monitoreo según escenarios .....	354
4.3.1	Definición de escenarios.....	354
4.3.2	Valorización de escenarios .....	365
<b>5</b>	<b>PROPUESTA DE MODELO INSTITUCIONAL.....</b>	<b>373</b>
5.1	Antecedentes.....	373
5.2	Propuesta de Institucionalidad .....	375
5.2.1	Requisitos y fin de la organización.....	375
5.2.2	Organización propuesta.....	375
5.2.3	Nombre de la Organización .....	376
5.2.4	Objetivos de la Organización .....	376
5.2.5	Patrimonio de la institucionalidad.....	377
5.2.6	Estructura de la organización .....	377
5.2.7	Financiamiento de la institucionalidad .....	381
5.2.7.1	Aspectos Generales .....	381
5.2.7.2	Requerimientos .....	381
5.2.7.3	Costos de implementación.....	382
5.2.7.4	Estrategias de financiamiento.....	383
5.2.8	Análisis comparativo estratégico y de costos operacionales.....	385



5.2.9	Perfiles de Cargos de la Fundación .....	386
5.3	Cartera de proyectos .....	388
5.3.1	Iniciativas de proyecto .....	388
5.3.2	Fichas de iniciativas de proyecto .....	390
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>404</b>

## **LISTADO DE FIGURAS**

Figura 1.1. Área de estudio indicando los humedales prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, descritos en la Estrategia Regional de Biodiversidad (CONAMA 2002) y en el PACHA o Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos (CONAF 2003).....	20
Figura 2.1. Distribución de derechos de agua superficiales, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.....	65
Figura 2.2. Distribución de derechos de agua subterráneos, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.....	68
Figura 2.3. Cobertura territorial de las cartografías geológicas seleccionadas.....	70
Figura 2.4. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector norte.....	75
Figura 2.5. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector centro.....	76
Figura 2.6. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector Sur.....	77
Figura 2.7. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector norte.....	83
Figura 2.8. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector centro.....	84
Figura 2.9. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector norte.....	89
Figura 2.10. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector centro.....	90
Figura 2.11. Distribución de vegas y bofedales, en la zona de estudio.....	98
Figura 2.12. Distribución general de proyectos mineros, en la zona de estudio.....	102
Figura 2.13. Modelo conceptual de cada ficha, según sus tres niveles.....	104
Figura 2.14. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de aire.....	113
Figura 2.15. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de biota acuática.....	114
Figura 2.16. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de agua.....	115
Figura 2.17. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de sedimento.....	116
Figura 2.18. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de fauna terrestre.....	117
Figura 2.19. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de flora y vegetación.....	118
Figura 2.20. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de hidrología e hidrogeología.....	119
Figura 3.1: Geomorfología de la región de Antofagasta (Fuente: IGM, 2007).....	122
<b>Figura 3.2 : Cuencas hidrográficas en la zona de estudio.....</b>	<b>125</b>
Figura 3.3. Modelo conceptual simplificado de sistema de lagunas y salares altiplánicos (Adaptado de CEA, 2013).....	130
Figura 3.4. Modelo conceptual simplificado de sistema de canales altiplánicos, vegas y bofedales (Adaptado de CEA, 2013).....	132
Figura 3.5. Ubicación del sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto.....	137
Figura 3.6. Ubicación del sitio prioritario Salar de Ascotán.....	144
Figura 3.7. Ubicación del sitio prioritario Geiser del Tatio.....	149
Figura 3.8. Ubicación del sitio prioritario Oasis de Calama.....	155
Figura 3.9. Ubicación del sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.....	160
Figura 3.10. Ubicación del sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.....	165
Figura 3.11. Ubicación del sitio prioritario Salar de Atacama.....	169
Figura 3.12. Ubicación del sitio prioritario Salar de Tara.....	178

Figura 3.13. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes (I). .....	183
Figura 3.14. Ubicación del sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques. ....	190
Figura 3.15. Ubicación del sitio prioritario Salar de Punta Negra. ....	194
Figura 3.16. Ubicación del sitio prioritario Salar de Pujsa. ....	198
Figura 3.17. Ubicación del sitio prioritario Laguna Lejía. ....	202
Figura 3.18. Ubicación del humedal prioritario Sistema Hidrológico Soncor. ....	206
Figura 3.19. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV. ....	209
Figura 3.20. Distribución de los cuadrantes de descarga imágenes Landsat .....	214
Figura 3.21. Área Común dentro de una imagen Landsat, ejemplo cuadrante 233_076 (Path/Row). ....	216
Figura 3.22. Ubicación de las áreas de análisis de vegetación (SV) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas. ....	218
Figura 3.23. Ubicación de las áreas de análisis de cuerpos de agua (SCA) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas. ....	221
Figura 3.24. Ejemplo de Imagen LandSat utilizadas. La imagen corresponde al cuadrante que incluye el Salar de Atacama. ....	224
Figura 3.25. Ejemplo de la composición de bandas de las Imágenes LandSat utilizadas. .....	225
Figura 3.26. Determinación del valor umbral del NDWI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDWI: 0,011). ....	228
Figura 3.27. Determinación del valor umbral del NDVI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDVI: 0,108). ....	230
Figura 3.28 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona norte del área de estudio) . ....	231
Figura 3.29 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona sur del área de estudio) . ....	232
Figura 3.30 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-1. ....	236
Figura 3.31 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-2. ....	237
Figura 3.32 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-3. ....	238
Figura 3.33 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-4. ....	239
Figura 3.34 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-5. ....	240
Figura 3.35 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-6. ....	241
Figura 3.36 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-7. ....	242
Figura 3.37 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-8. ....	243
Figura 3.38 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-9. ....	244
Figura 3.39 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-10. ....	245
Figura 3.40 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-11. ....	246
Figura 3.41 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-12. ....	247

Figura 3.42 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-13.....	248
Figura 3.43 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-14.....	249
Figura 3.44 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-15.....	250
Figura 3.45 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-16.....	251
Figura 3.46 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-17.....	252
Figura 3.47 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-18.....	253
Figura 3.48 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-19.....	254
Figura 3.49 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-20.....	255
Figura 3.50 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-21.....	256
Figura 3.51 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-22.....	257
Figura 3.52 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-23.....	258
Figura 3.53 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-24.....	259
Figura 3.54 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-25.....	260
Figura 3.55 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-26.....	261
Figura 3.56 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-27.....	262
Figura 3.57 Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-28.....	263
Figura 3.58 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de vegetación (zona norte del área de estudio). ....	264
Figura 3.59. Ubicación general de las áreas prioritarias y las áreas de análisis de vegetación (zona centro del área de estudio).....	265
Figura 3.60. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-1 / Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río. ....	268
Figura 3.61. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-2 / Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihui. ....	269
Figura 3.62 Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-3 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de río primera sección.....	270
Figura 3.63. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-4 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de río segunda sección.....	271

Figura 3.64. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-5 / Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas.....	272
Figura 3.65. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-6 / Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa.....	273
Figura 3.66. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-7 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Toconce y quebradas.....	274
Figura 3.67. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-8 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar 9.....	275
Figura 3.68. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-9 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Salado.....	276
Figura 3.69. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-10 / Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.....	277
Figura 3.70. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-11 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua.....	278
Figura 3.71. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-12 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche.....	279
Figura 3.72. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-13 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A.....	280
Figura 3.73. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-14 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B.....	281
Figura 3.74. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-15 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C.....	282
Figura 3.75. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-16 / Sitio Prioritario Salar de Pujsa.....	283
Figura 3.76. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-17 / Sitio Prioritario Aguas Calientes I.....	284
Figura 3.77. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-18 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara.....	285
Figura 3.78. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-19 / Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente.....	286
Figura 3.79. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-20 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas.....	287

Figura 3.80. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-22 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan.....	288
Figura 3.81. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-23 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte.....	289
Figura 3.82. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-24 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A.....	290
Figura 3.83. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-25 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B.....	291
Figura 3.84. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-26 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C.....	292
Figura 3.85. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-27 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo.....	293
Figura 3.86. Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-30 / Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV.....	294
Figura 3.87. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Norte.....	297
Figura 3.88. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Centro.....	298
Figura 3.89. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Sur.....	299
Figura 3.90. Ejemplo de la estimación del indicador de tendencia de variabilidad histórica de los humedales (ITVH).....	301
Figura 3.91. Porcentaje de relación entre áreas recurrentes derivado del análisis de variabilidad ambiental y los catastros de datos.....	301
Figura 3.92. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Norte.....	303
Figura 3.93. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Centro.....	304
Figura 3.94. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Sur.....	305
Figura 3.95. Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua según estadística por catastro.....	307
Figura 3.96. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro.....	308
Figura 3.97. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro.....	309
Figura 3.98. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Sur.....	310
Figura 3.99. Clasificación de Humedales según catastro y rangos altitudinales.....	311
Figura 3.100. Porcentaje de Superficie de Humedales según catastro.....	312
Figura 3.101. Esquema de vértices propuestos para el análisis.....	313
Figura 3.102. Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHCM.....	314
Figura 3.103. Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHDA.....	315

Figura 3.104. Número de humedales según catastro y zonas de pastoreo y bebederos.	316
Figura 3.105. Distribución geográfica de Zonas de Pastoreo .....	317
Figura 3.106. Porcentaje de Humedales según condición de Conservación y/o Protección Ambiental y tipo Catastro de Humedales. ....	318
Figura 3.107. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.....	319
Figura 3.108. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN. ....	320
Figura 3.109. Polinomio de ponderación general de vulnerabilidad para humedales (IGV). .....	321
Figura 3.110. Rangos de corte clasificación de humedales según IGV.....	322
Figura 3.111. Estadística final de humedales según el Indicador General de Vulnerabilidad. .....	322
Figura 3.112. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabilidad y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN. ....	323
Figura 3.113. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabilidad y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA. ....	324
Figura 3.114. Porcentaje de Humedales según estado de priorización.....	326
Figura 3.115. Priorización de humedales, catastro de Vegas y Bofedales SITHA-CIREN. .....	327
Figura 3.116. Priorización de humedales, catastro de Cuerpos de Agua, MMA.....	328
Figura 3.117. Esquema de búsqueda de monitoreo según catastro de humedales. ....	330
Figura 3.118. Porcentaje Total de Humedales en condición de Monitoreo.....	332
Figura 3.119. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN. ....	333
Figura 3.120. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.....	334
Figura 4.1. Fotos de sistemas de lagunas terminales o salares generalmente ubicados en el centro del humedal.....	336
Figura 4.2. Fotos de los sistemas quebradas, vegas y bofedales que generalmente envuelven el perímetro del humedal. ....	337
Figura 4.3. Comparación de la cobertura de estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio (sobre los 2000 m.s.n.m. en la región de Antofagasta) respecto de Nueva Zelanda.....	339
Figura 4.4. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0.....	356
Figura 4.5. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 3, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0.....	357
Figura 4.6. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,0 y 4,0.....	358
Figura 4.7. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0.....	359

Figura 4.8. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 4, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0.....	360
Figura 4.9. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10*IGV) límite: 2,2 y 4,0.....	361
Figura 4.10. Costos asociados al 1er Año de operación según escenario. El 1er Año considera la inclusión de los costos de inversión, implementación y ejecución de los monitoreos.....	366
Figura 4.11. Costos asociados a la mantención y ejecución anual del monitoreo por escenario, tras el 1er Año de operación del escenario.....	367
Figura 4.12. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2. ....	369
Figura 4.13. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2. ....	370
Figura 5.1: Esquema propuesto de la Estructura de la Fundación. ....	378

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1. Carta Gantt del proyecto. ....	23
Tabla 1.2. Calendarización de las fechas de entrega de los informes de avance.....	25
Tabla 2.1. Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua superficiales en la zona de estudio. ....	64
Tabla 2.2. Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos subterráneos en la zona de estudio. ....	67
Tabla 2.3. Listado de cartografías geológicas, seleccionadas para el estudio. ....	69
Tabla 2.4. Variables meteorológicas consultadas. ....	71
Tabla 2.5. Estaciones Meteorológicas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m. .	72
Tabla 2.6. Estaciones Meteorológicas pertenecientes a INIA, sobre los 2.000 m.s.n.m. .	74
Tabla 2.7. Estaciones Fluviométricas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m. .	79
Tabla 2.8. Estaciones de Calidad de Agua pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m. ....	86
Tabla 2.9. Listado de expedientes, asociados a derechos de agua subterráneos, en la zona de estudio. <i>Donde Res corresponde a Resolución, Exp a Expediente y Exp Nvo a Expediente Nuevo.</i> ....	91
Tabla 2.10. Resumen del tipo de alimentación de las vegas y bofedales, en la zona de estudio. ....	97
Tabla 2.11. Número de proyectos mineros sobre los 2.000 m.s.n.m., según titular.....	100
Tabla 2.12. Síntesis de proyectos, según tipo de monitoreo y compromiso ambiental adquirido, indicando número correlativo de proyecto (ID), número correlativo asociado a cartografía proyectos mineros (ID CEA), nombre de proyecto (Nombre), titular, división, número de RCA, y variables monitoreadas en los programas de seguimiento ambiental establecidos en el RCA y los compromisos voluntarios. ....	105
Tabla 3.1: Subcuencas en el área de estudio (DGA, 2003).....	123
Tabla 3.2. Clasificación de Sistemas Vegetacionales Azonal Hídrico Altoandinos (SVAHT). ....	134
Tabla 3.3. Ficha sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto.....	138
Tabla 3.4. Ficha sitio prioritario Salar de Ascotán. ....	145
Tabla 3.5. Ficha sitio prioritario Geiseres del Tatio. ....	150
Tabla 3.6. Ficha sitio prioritario Oasis de Calama. ....	156
Tabla 3.7. Ficha sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.....	161
Tabla 3.8. Ficha sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama. ....	166
Tabla 3.9. Ficha sitio prioritario Salar de Atacama. ....	170
Tabla 3.10. Ficha sitio prioritario Salar de Tara.....	179
Tabla 3.11. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes. ....	184
Tabla 3.12. Ficha sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques.....	191
Tabla 3.13. Ficha sitio prioritario Salar de Punta Negra. ....	195
Tabla 3.14. Ficha sitio prioritario Salar de Pujsa. ....	199
Tabla 3.15. Ficha sitio prioritario Laguna Lejía.....	203
Tabla 3.16. Ficha sitio prioritario Sistema Hidrológico Soncor.....	207
Tabla 3.17. Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV.....	210
Tabla 3.18. Resumen de imágenes Landsat procesadas por cuadrante de descarga (Path/Row).....	215
Tabla 3.19. Sistemas que componen las áreas de análisis de vegetación. ....	219
Tabla 3.20. Definición de los sistemas que componen las áreas de análisis de cuerpos de agua. ....	222

Tabla 3.21. Áreas fotointerpretadas en Sitio 7 - Sistemas Linzor Alto, Linzor Bajo y Chillahuita para los años 1990, 1995, 2000 y 2010.....	227
Tabla 3.22. Áreas fotointerpretadas en Sitio 27 - Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo para los años 1990, 1995, 2000 y 2010.....	229
Tabla 3.23. Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área de cuerpo de agua en análisis.....	234
Tabla 3.24. Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área vegetacional en análisis.....	267
Tabla 3.25. Distribución de pesos por variable – Análisis Multicriterio. ....	321
Tabla 3.26. Rangos de Vulnerabilidad según IG.....	321
Tabla 3.27. Relación de Indicadores de Variabilidad Histórica e Índice de Vulnerabilidad.....	325
Tabla 3.28. Priorización de Humedales por Categoría. ....	325
Tabla 3.29. Resumen total de puntos informados por tipo de variable monitoreada. ....	329
Tabla 3.30. Resumen Total de campañas de monitoreo por tipo. ....	331
Tabla 4.1. Comparación de la cobertura meteorológica existente en el Área de Estudio respecto de la existente en Nueva Zelanda (país referencial por similitud en su geografía). ....	338
Tabla 4.2. Definición de siglas utilizadas.....	340
Tabla 4.2. Parámetros físicos, químicos y biológicos contemplados en el Plan de Monitoreo. ....	341
Tabla 4.3. Propuesta de aplicación del monitoreo según estado del sistema, identificándose la frecuencia y metodología de adquisición.....	343
Tabla 4.4. Grupo de monitoreos asociados a los humedales altoandinos según tipo de sistema y estado.....	346
Tabla 4.5. Estimación de costos de los monitoreos existentes en la Región. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento por Año (públicos y privados). ....	349
Tabla 4.6. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF). ....	350
Tabla 4.7. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF). ....	352
Tabla 4.8. Definición de escenarios de inversión y desarrollo del plan de monitoreo de humedales altoandinos. ....	355
Tabla 4.9. Cuadro resumen de número de monitoreos propuestos por componentes....	362
Tabla 4.10. Matriz de costos según escenario de implementación del plan de monitoreo de humedales altoandinos. ....	365
Tabla 4.11. Ejemplo del flujo de caja anual para la ejecución del Plan de Monitoreo bajo los Escenarios 3 y 4. ....	368
Tabla 4.12. Resumen de costos por tipo de monitoreo y cantidad de sistemas. Aproximación del costo del monitoreo por cantidad de sistemas incluidos. ....	371
Tabla 5.1: Costos de implementación de la "Fundación para la Conservación de Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta". ....	382
Tabla 5.2 Requisitos y tipo de institucionalidad. Análisis comparativo .....	385
Tabla 5.3 Costos comparativos de operación anual entre las diferentes organizaciones propuestas (valores aproximados).....	386



## **INTRODUCCIÓN**

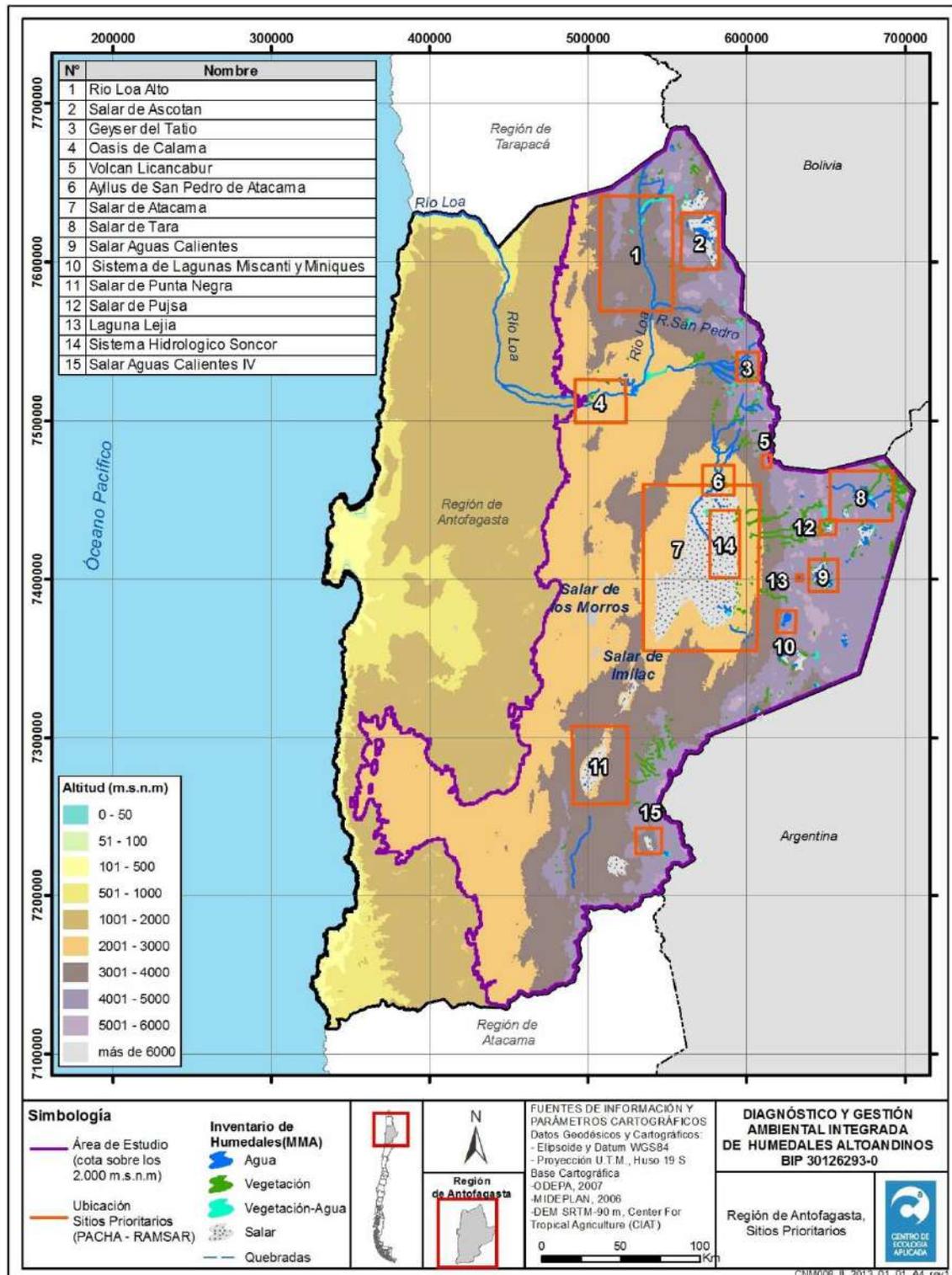
## 1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se entregan los resultados finales relacionados con el proyecto titulado 'Diagnóstico y Gestión Ambiental Integrada de Humedales Altoandinos', solicitado por parte de la Subsecretaría del Medio Ambiente, Seremi Antofagasta del Gobierno de Chile, al Centro de Ecología Aplicada Ltda. Los objetivos principales asociados a este estudio se relacionan con la elaboración de un diagnóstico de la condición actual de los humedales altoandinos de la Región de Antofagasta, y la elaboración de un programa de gestión ambiental integrado de estos sistemas. El objetivo último que persigue el desarrollo de este estudio corresponde a la definición de una estrategia para abordar la gestión ambiental público-privada de los humedales altoandinos, que implique el fortalecimiento de capacidades al interior de los servicios públicos, la formulación de un sistema integrador de monitoreo ambiental, la creación de una única estructura institucional público-privada para la Conservación y Uso Sustentable de Humedales Altoandinos y la definición de una cartera de proyectos que permita abordar las eventuales problemáticas ambientales que el estudio detecte.

### 1.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se presenta en la Figura 1.1, la que corresponde al sector precordillerano y cordillerano de la Región de Antofagasta, considerando como objeto principal a los Humedales Altoandinos (vegas, bofedales, salares, lagunas, riberas) ubicados sobre los 2000 m.s.n.m. (delimitados por la línea morada de la Figura 1.1).

El listado inicial de humedales prioritarios corresponde a los detallados en la Estrategia Regional de Biodiversidad (CONAMA 2002) y en el PACHA o Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos (CONAF 2003), los cuales son prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, pero que además están sujetos a diversas actividades productivas (minería, turismo, pastoreo, etc.). En este sentido, los humedales y áreas prioritarios detallados en la Estrategia Regional de Biodiversidad y en el PACHA corresponden a: Laguna Lejía, Salar de Aguas Calientes IV, Cuenca Alto Loa, Alrededores del Volcán Licancabur, Geisers del Tatio, Salar de Ascotán, Salar de Punta Negra, Ayllus de San Pedro de Atacama, Oasis de Calama, Salar de Atacama, Salar de Tara, Salar de Pujsa, Sistema Hidrológico de Soncor, Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques, Salar de Punta Negra y Salar de Aguas Calientes IV.



**Figura 1.1.** Área de estudio indicando los humedales prioritarios para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, descritos en la Estrategia Regional de Biodiversidad (CONAMA 2002) y en el PACHA o Plan de Acción de Conservación de Humedales Altoandinos (CONAF 2003).

## **1.2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar un diagnóstico y análisis global del sistema de seguimiento ambiental de los Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta, con miras a diseñar un nuevo modelo de gestión ambiental integrado, como estrategia de fortalecimiento de capacidades en el sector público y en el privado, que permita contribuir a la conservación y uso sustentable de estos ecosistemas prioritarios, el mejoramiento de la competitividad regional en materias de gestión ambiental, todo ello, en el marco de compromisos vigentes en cuanto al cumplimiento de normas nacionales y frente a convenios internacionales sobre cuidado del medio ambiente y desarrollo sustentable que Chile ha suscrito.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Recopilar, sistematizar y analizar la información ambiental y social existente, en los humedales altoandinos prioritarios para la conservación de la región de Antofagasta.
2. Generar un diagnóstico del estado de condición ambiental de los humedales altoandinos de la Región de Antofagasta, considerando la variabilidad ambiental, ocurrencia de fenómenos y eventos extremos.
3. Diseñar un modelo de gestión ambiental integrada que incorpore un sistema público-privado de seguimiento ambiental y uso sustentable de humedales altoandinos prioritarios para la conservación, que considere un sistema de administración de la información existente, dirigido a fortalecer las capacidades de fiscalización e interpretación ecosistémica, de la información que se genera en los monitoreos ambientales de proyectos productivos y del estado, junto con determinar los costos de implementación del sistema de monitoreo integrado de humedales y administración de bases de datos, y la figura institucional (público-privada) para su implementación.
4. Validar la propuesta de programa público-privado de seguimiento ambiental y uso sustentable de humedales altoandinos, e institucionalidad público-privada asociada, con la autoridad competente, académicos, empresas mineras y otros expertos, a través del desarrollo de reuniones y seminarios de discusión.
5. Elaborar una cartera de proyectos que permita abordar las eventuales problemáticas ambientales que el diagnóstico detecte.
6. Difundir a la comunidad y autoridades, los alcances, avances y resultados del estudio.

### 1.3 LÍNEAS DE TRABAJO PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Para lograr los objetivos de este estudio, el trabajo se dividió en 4 líneas de trabajo, las cuales se explican a continuación:

1. **Sistematización de la información:** esta etapa se relaciona con el primer objetivo específico, en donde se elabora una base de datos digital con una biblioteca digital y un catastro de información sobre una plataforma SIG (Geodatabase). La biblioteca digital contiene los informes técnicos y científicos relacionados con el área de estudio. El catastro de información, por otra parte, contiene información relacionada con: topografía; red hídrica y cuerpos de agua; cobertura vegetal; áreas protegidas; estaciones fluviométricas, de calidad de aguas y meteorológicas; y ubicación de los derechos de agua y actividades productivas. Finalmente, en esta etapa se revisan los sistemas de seguimiento ambiental de humedales altoandinos realizados por privados (con o sin RCA) y servicios públicos.
2. **Conceptualización y diagnóstico:** esta etapa corresponde al segundo objetivo específico, en donde a partir de la información generada en la etapa anterior se elabora una revisión bibliográfica con el objeto de hacer una caracterización física, bioquímica y ecológica de los humedales prioritarios; y una caracterización hidrológica e hidrogeológica del área de estudio. También, se elabora un modelo conceptual funcional ecosistémico de los humedales altoandinos. Finalmente, se caracteriza la variación espacial y temporal de los humedales a través del análisis de imágenes satelitales.
3. **Programa de seguimiento:** esta etapa corresponde al tercer objetivo específico, en donde a partir de la caracterización ecosistémica integrada y del diagnóstico de los humedales de la etapa anterior, se propone un programa de monitoreo, especificando los parámetros a monitorear, su frecuencia de muestreo, las metodologías y técnicas de medición. Este programa tiene tres niveles de complejidad: básico, medio y alto.
4. **Modelo Institucional:** esta etapa comprende el cuarto y quinto objetivo específico de este estudio, en donde se propone un modelo de gestión integrada, el cual es validado mediante reuniones y seminarios de discusión con actores relevantes, definidos de manera conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente. En dichas actividades se analiza la figura administrativa, objetivos, alcances y operatividad del modelo propuesto. Además, en base al diagnóstico del estado de la condición ambiental de los humedales, se identifican las amenazas existentes y las oportunidades de implementar estudios específicos destinados a la rehabilitación y/o conservación de los mismos. También, se estiman los costos asociados al monitoreo integrado, a la administración del sistema de información e implementación de la institucionalidad público-privada.

## 1.4 PROGRAMA DE TRABAJO

El programa de trabajo asociado a las líneas de trabajo recién expuestas se presenta en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Carta Gantt del proyecto.

DIAS HABILES	1 al 60	15	61 al 120	120	121 al 180	180	181 al 300	300	301 al 450	450	451 al 530
Fecha	13-05-13 a 06-08-13	03-06-13	07-08-13 al 06-11-13	06-11-13	07-11-13 al 31-01-14	31-01-14	03-02-14 al 25-07-14	25-07-14	28-07-14 al 02-03-15	02-03-15	04-03-15 al 25-06-15
<b>1. SISTEMATIZACIÓN</b>											
1.1 Biblioteca digital											
1.2 Catastro de información											
1.3 Revisión planes de seguimiento											
<b>2. DIAGNÓSTICO</b>											
2.1 Caracterización de los humedales											
2.1 Modelo ecosistémico integrado											
2.2 Diagnóstico de los humedales											
<b>3. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO</b>											
3.1 Metodologías de muestreo											
3.2 Propuesta de monitoreo											
<b>4. DISEÑO INSTITUCIONAL</b>											
4.1 Modelo institucional											
4.2 Evaluación económica											
<b>5. DIFUSIÓN</b>											
5.3 Cuatro reuniones											
5.4 Tres talleres de capacitación											
5.5 Dos seminarios técnicos											
5.6 Difusión de resultados											



<b>DIAS HABLES</b>	1 al 60	15	61 al 120	120	121 al 180	180	181 al 300	300	301 al 450	450	451 al 530
<b>Fecha</b>	13-05-13 a 06-08-13	03-06-13	07-08-13 al 06-11-13	06-11-13	07-11-13 al 31-01-14	31-01-14	03-02-14 al 25-07-14	25-07-14	28-07-14 al 02-03-15	02-03-15	04-03-15 al 25-06-15
<b>6. ENTREGABLES</b>											
6.1 Plan de trabajo del estudio											
6.2 Informe de avance 1											
6.3 Informe de avance 2											
6.4 Informe final											

**Tabla 1.2.** Calendarización de las fechas de entrega de los informes de avance.

Informe	Fecha	Contenido mínimo según TDR
Informe de Avance N°1	06-11-2013	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resultados de la sistematización</li> <li>2. Avance del diagnóstico ambiental integrado</li> <li>3. Avance de diseño de seguimiento ambiental integrado</li> <li>4. Avance del sistema de información ambiental</li> <li>5. Acta y presentación de la primera reunión de trabajo</li> <li>6. Resumen, presentaciones del primer seminario técnico</li> <li>7. Presentaciones y material técnico de la primera capacitación</li> </ol>
Informe de Avance N°2	25-07-2014	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Resultados del diagnóstico ambiental integrado</li> <li>2. Propuesta de monitoreo ambiental integrado validado</li> <li>3. Propuesta del sistema de información ambiental</li> <li>4. Avance del diseño de institucionalidad</li> <li>5. Avance en la estimación de costos</li> <li>6. Avance en la cartera de proyectos</li> <li>7. Acta y presentaciones de la segunda y tercera reunión de trabajo</li> <li>8. Presentaciones y material técnico de la segunda capacitación</li> </ol>
Informe Final	02-03-2015	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Informe del modelo de gestión integrada.</li> <li>2. Acta y resumen de la actividad de presentación final del estudio.</li> </ol>

## **1.5 ESTRUCTURA DEL PRESENTE INFORME**

La organización del informe sigue la estructura detallada en las líneas de trabajo. Esto es, en el Capítulo 2 se presentan los resultados asociados a la sistematización de la información; en el Capítulo 3 se presentan los resultados asociados a la conceptualización y diagnóstico; en el Capítulo 4 se presentan los resultados asociados al programa de seguimiento ambiental y los costos comparativos entre el monitoreo actual y el propuesto y, finalmente en el capítulo 5 se presentan las propuestas asociadas al modelo institucional y a la cartera de proyectos.



## **SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

## 2 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En este capítulo se presentan los avances relacionados con la primera línea de trabajo asociada a la sistematización de la información recopilada para el desarrollo del estudio. Para esto se elaboró una base de datos digital, que se adjunta en los anexos digitales de este informe, que contiene una biblioteca digital (Anexo A) y un catastro de información (Anexo B). La biblioteca digital contiene informes técnicos y científicos relacionados con el área de estudio. El catastro de información, por otra parte, contiene información relacionada con: topografía; red hídrica y cuerpos de agua; cobertura vegetal; áreas protegidas; estaciones fluviométricas, de calidad de aguas y meteorológicas; y ubicación de los derechos de agua y actividades productivas.

### 2.1 BIBLIOTECA DIGITAL

En el Anexo A que se entrega en formato digital adjunto a este informe, se presenta una biblioteca digital con los informes técnicos y científicos recopilados para el desarrollo del estudio. A partir de una revisión los documentos adjuntos, y se elaboró una síntesis de la información relacionada con cada informe, la cual se detalla a continuación.

#### **1. Aceituno, 1996. Elementos del Clima en el Altiplano Sudamericano.**

Se describen las principales características del clima en el altiplano Sudamericano, el cual se extiende en los Andes centrales entre los 15° y 21° S, aproximadamente, con una elevación media cercana a 3700 m.s.n.m. Esta situación, sumada a los efectos topográficos locales, constituyen los factores determinantes del clima de esta región. La temperatura del aire es relativamente baja y su ciclo diario muestra una considerable amplitud como resultados del fuerte calentamiento diurno asociado a la alta radiación solar y de la considerable pérdida radiativa nocturna desde la superficie. La precipitación, que muestra un marcado carácter episódico, se concentra durante el verano austral (diciembre - marzo). Los eventos de precipitación se asocian en su mayoría a tormentas locales de origen convectivo que se desarrollan durante la tarde, como resultados del fuerte calentamiento radiativo de la superficie.

#### **2. Ahumada\_Faundez. 2009. Guía descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecoregión Altiplánica (SVAHT).**

Herramienta de gestión de los recursos y humedales altiplánicos, sistemas vegetacionales azonales hídricos terrestres de la Ecoregión altiplánica (regiones Arica, Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama).

#### **3. Ahumada. 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.**

En este trabajo se generó una guía para estandarizar y definir conceptos básicos de la estructura y funcionamiento de los humedales andinos, comprendidos entre las regiones de Arica y Araucanía, y de manera particular se incluye la zona árida de las regiones I, II, y XV. En esta se amplían y resumen los conceptos que deben ser considerados en el manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales. En particular este informe entrega lineamientos en la aplicación de estrategias de conservación de humedales, describiendo

aspectos básicos de estos ecosistemas, entregar los aspectos mínimos que deben ser identificados y considerados para una adecuada evaluación y seguimiento ambiental, y describe los pasos que deben ser adoptados en el manejo y seguimiento ambiental de estos ecosistemas. Y, además, esta información constituye una herramienta que facilita al sector privado la presentación de informes y datos al sector público

**4. Alfaro\_Faundez. 2010a. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta.**

Entrega una descripción y análisis de la Flora y Vegetación asociada a vegas y bofedales de sector cordillerano de la II Región (Antofagasta). Para describir la vegetación se utiliza metodología "Carta Ocupación Tierra" y con caracterización florística la contribución específica de participación relativa.

**5. Alfaro\_Faundez. 2010b. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta. Fichas Técnicas Vegetación terreno.**

En este estudio se caracterizó la flora y la vegetación, y se analizó el componente florístico asociado a las vegas y bofedales escogidos del sector cordillerano de la región de Antofagasta. Para esto se evaluó la vegetación azonal en terreno en función de las características estructurales y las especies dominantes presentes en ellas de acuerdo con la metodología de la "Carta de Ocupación de Tierras" (COT), desarrollada por fitoecológica Louis Emerger (CEPE/CNRS), Montpellier, Francia, y adaptada para las condiciones ecológicas de Chile por Atiene & Contreras (1981) y Atiene & Prado (1982). Bajo esta metodología se evaluó la vegetación en su estructura horizontal, es decir, el porcentaje de cubrimiento de cada uno de los estratos vegetacionales: LB (Leñoso bajo) y H (Herbáceo), y las especies dominantes de cada estrato. Además se evaluó en su estructura vertical. De esta manera fue posible caracterizar de manera fiel el estado actual de la vegetación del área de estudio al momento de la evaluación en terreno. También se realizó la evaluación florística de cada unidad azonal seleccionada, considerando la caracterización de la contribución específica mediante determinación visual de los porcentajes de participación relativa en las distintas formaciones. Los puntos evaluados fueron posicionados utilizando un sistema de posicionamiento satelital (GPS), y paralelamente se registraron fotográficamente la formación evaluada y aquellas especies representativas de la misma Clasificación de humedales altoandinos. Además de la caracterización de los humedales, se realizó una evaluación visual del grado de intervención antrópico en una escala que abarca 3 rangos, (Leve, Media y Alta), aquellos humedales sin rastros de intervención fueron evaluados como No intervenidos.

**6. Alonso\_Risacher. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino.**

En esta publicación científica los autores refieren el Salar de Atacama, la constitución de sus aguas, afluentes, salmueras y la sección del núcleo. El salar es definido como una cuenca de sedimentación cuya depresión central está ocupada por una costra constituida esencialmente por halita de 1.100 km<sup>2</sup> de superficie y de 900 m de profundidad, rodeada por una zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km<sup>2</sup> de superficie. El salar recibe la mayor parte de sus aportes desde el este, originadas en las formaciones volcánicas de la

Cordillera de los Andes. Los componentes disueltos en las aguas de aporte tienen un doble origen. La alteración de rocas volcánicas provee sobre todo K, Li, Mg, B y en menor proporción Na y Ca; la redisolución de antiguas evaporitas que se encuentran por debajo de las formaciones volcánicas aporta un suplemento notable de Na, Cl, Ca y SO<sub>4</sub> en las aguas más salinas. Se supone un funcionamiento intermitente del salar donde largos períodos secos han alternado con cortos períodos húmedos durante los cuales se depositaron grandes cantidades de sales. La ausencia de niveles lacustres y la gran pureza de la sal sugieren que el núcleo no proviene del desecamiento de un antiguo lago salado, sino de aportes salinos subterráneos.

**7. *Betancourt et al. 2000. A 22,000-Year record of monsoonal precipitation from northern Chile's Atacama desert***

Cambios históricos de vegetación y fluctuaciones de agua en suelo reconstruidos con C<sup>14</sup> (fecas de roedores y depósitos humedales).

**8. *Capaccioni et al. 2009. Origin and environmental impact of fluid discharges from the El Tatio geothermal field (Antofagasta region, Northern.***

Se realiza una descripción de la zona de los Geiseros de El Tatio, en particular de la calidad de sus aguas termales, evaluando su composición y relación con otra de sitios cercanos. Se analiza su composición en relación al origen tectónico del acuífero y se da una explicación para el origen termal. Además se pone énfasis en la incapacidad del agua para consumo humano, hallándose elevadas concentraciones de Arsénico y Boro varias veces sobre la norma, lo que da origen a la contaminación particular del Río Salado.

**9. Cervetto. 2012. Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica de las cuencas: Salar de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas y Salar El Laco, II Región de Chile.**

En el presente estudio se caracterizó el funcionamiento hidráulico de las cuencas endorreicas de los Salares de Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas y Salar El Laco. Se definió que la recarga se produce por la infiltración de las precipitaciones. Las descargas se producen principalmente por evaporación desde lagunas, salares, napas someras y evapo-transpiración a partir de la vegetación que allí existe. Las zonas acuíferas existentes están limitadas a la porosidad primaria de las rocas volcánicas, la porosidad secundaria asociada a procesos de fracturamiento en este tipo de formaciones, y horizontes erosionados y meteorizados encontrados en profundidad. El acuífero principal está compuesto por ignimbrita fracturada. Se deduce la existencia de continuidad hidráulica y flujo de aguas subterráneas profundas desde Puntas Negras a Salar de Aguas Calientes 2, desde Pampa Colorada a Pampa Las Tecas y Laguna Tuyajto; y desde Pampa Las Tecas a Laguna Tuyajto. Las interconexiones del flujo de aguas subterráneas son restringidas por zonas de baja permeabilidad, ubicadas en los márgenes de las cuencas, y horizontes permeables de potencia menor, ubicados en profundidad. El modelo conceptual que aquí se presenta puede ser replicado para todas las cuencas de la Puna de Atacama de la II Región de Chile, tomando en cuenta las variaciones en la química de las aguas, para cada caso particular.

**10. Cia\_El\_Abra. 2010. Censo Simultáneo de Flamencos Altoandinos. Salar de Ascotán - Salar de Carcote. Campaña Verano 2010.**

Este informe corresponde al resultado del censo de todas las aves acuáticas presentes en ambos salares efectuado en el verano de 2010, abarcó a los salares de Ascotán y Carcote. En este censo se discriminó por especies, estructura etaria (a nivel de neonatos y adultos), y no se consideró diferenciación social o sexual, debido al carácter gregario de las poblaciones y la extrema dificultad para diferenciar el dimorfismo sexual de las especies. Para esto se seleccionaron puntos de observación ubicados en sitios elevados, que permitieron una visual casi sin interrupción de los distintos cuerpos de agua presentes en cada salar. Con esta metodología se logró cubrir prácticamente la totalidad de las superficies lacustres de ambos salares.

**11. Cia\_Riochilex. 1997. Evaluación Hidrogeológica Acuífero sector Norte Salar de Atacama.**

El presente informe corresponde al estudio hidrogeológico realizado como parte de la campaña de exploración de recursos hídricos realizada en el sector norte del salar de atacama, II Región, en la concesión de exploración de agua subterránea. En este estudio hidrogeológico se realizó una etapa de exploración geofísica, a través de pozos con estratigrafía conocida o pozos de producción, que fueron utilizados para la elaboración de 30 perfiles geofísicos. Como resultados de ello, fue posible identificar diferentes unidades geoelectricas, siendo algunas de ellas correlacionables con los acuíferos reconocidos. Se logró establecer la geología de subsuperficie y junto con los resultados obtenidos de la geofísica y sondajes estratigráficos, fue posible definir áreas de diferentes características hidrogeológicas, junto con definir un acuífero superior de tipo freático y uno inferior de tipo confinado, se estableció que el área central es la más favorable como acuífero. El acuífero inferior está constituido por arenas, gravillas y gravas arenosas, está confinado por niveles

ignimbríticos finos o arcillas y tienen espesor promedio de 70 metros. También, durante las pruebas de bombeo, se realizó un muestreo sistemático de agua para análisis químico total, análisis de total de sólidos disueltos, y además se midieron los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad, y pH), cada una hora. Estos antecedentes permitieron determinar que las aguas del área explorada no son aptas para la bebida, ni para la agricultura, por su alto contenido de sales, arsénico y boro.

**12. Cia\_Riochilex. 1999. Evaluación Hidrogeológica Acuífero sector Norte Salar de Atacama, Informe Final.**

Se estiman los caudales de pérdida por evaporación y evapotranspiración. Se describen los distintos acuíferos presentes en la zona, su ubicación y su tipo. Además se estima el volumen total almacenado y la recarga estimada. Finalmente se califica la calidad química del agua extraída de los pozos.

**13. CIREN. 2009a. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta.**

Sistemas de vegetación Bofedal/Pajonal/Vega/Ripariano y salinidad (salina o no salina). Se cartografió los humedales, basándose en los datos de DGA (Res. N°529 del 2003) y la metodología en guía SAG 2006 conceptos y criterios para la evaluación ambiental de los humedales. Mapa interactivo de todos los 264 humedales encontrados, clasificados por el sistema sugerido y comentarios.

**14. CIREN. 2009b. Caracterización base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. 1a parte: Región Antofagasta. Informe Avance Técnico N°1.**

El presente documento corresponde al Informe Técnico de Avance N° 1 de este Proyecto, en el cual, se da cuenta de las actividades desarrolladas y de los resultados obtenidos al 31 de Octubre del 2009. Se genera un Sistema de Información Territorial de Humedales Altoandinos (SITHA) de la región de Antofagasta, constituido por variables ambientales y propias así como de la dinámica de ellos, con la finalidad de apoyar una gestión sostenible y sustentable de estos ecosistemas, además de establecer las relaciones de ellos con las actividades mineras y productivas en el área de estudio. Se recopiló y sistematizó la información de humedales altoandinos existente en la II región, especialmente la proveniente de DIAs y EIAs de bofedales y vegas de altura. La metodología de este proyecto se desarrolló en base a la adaptación de la guía "Conceptos y Criterios para la evaluación ambiental de humedales". Y como base de la investigación se recopilaron estudios e Investigaciones existentes y disponibles, realizadas por la DGA, CONADI, CONAMA, SAG, CONAF, empresas mineras, universidades, institutos de investigación y otras instituciones y organismos, públicos y privados, relacionados con la temática de humedales, fuentes hídricas e información anexa de la parte altoandina de la región de Antofagasta. Se incluyeron los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) y Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) existentes.

**15. CIREN. 2010a. Caracterización base de vegas y bofedales Altoandinos para una gestión sostenible de los recursos hídricos. Primera Parte: Región de Antofagasta. Informe Final.**

Integra investigaciones realizadas previamente por DGA y los estudios de empresas mineras en SEIA. SITHA de la II Región de Antofagasta para apoyar la gestión sostenible-sustentable de ecosistemas de humedales y relaciones de estos con actividades mineras y productivas. Incluyó 26 sub-cuencas hidrológicas y 264 humedales de los cuales se hizo levantamiento en 50 de la información de Flora y Vegetación (Fichas técnica).

**16. CIREN. 2010b. SITHA-Mapa condición de Humedales Muestra de II Región de Antofagasta.**

SITHA-Mapa condición de Humedales Muestra de II Región de Antofagasta.

**17. CIREN. 2011a. Establecimiento de las relaciones entre los humedales y actividades mineras y productivas del área de estudio.**

Identificación-localización de las principales actividades productivas en el área de estudio (Coberturas especializadas de las actividades), análisis territorial y correlación con las condiciones actuales de ecosistemas de vegas y bofedales.

**18. CIREN. 2011b. Análisis de los estudios y declaraciones de impacto ambiental periodo 1992-2011.**

Análisis de los estudios y declaraciones de impacto ambiental de proyectos ingresados al SEAI 1992-2011 concordantes con el área de estudio de los humedales altoandinos II Región. Total 99 proyectos (41% Minería y 13% Energía-Instalaciones).

**19. CIREN. 2011c. Análisis de las amenazas generadas por las relaciones de actividades productivas y los humedales de área de estudio.**

Análisis de la condición y amenazas de humedales en relación a las actividades productivas que se realizan en el área de estudio y entorno donde se insertan dichas actividades (sitios protegidos, ADIs). Además, cambios multitemporales en vegetación o cuerpos de agua por análisis digital imagen satelital ASTER por app. 20 años.

**20. CIREN. 2011d. Análisis multitemporal de cambios ocurridos en humedales utilizando imágenes satelitales periodo 1984-2011.**

Uso de imágenes ASTER (2008-2009 vs 2000-2003), mosaicos en 27 subescenas con 264 humedades del área de estudio. Humedales en acuíferos protegidos DGA Res. 529 (2003).

**21. CIREN. 2011e. SITHA-Mapa cartografía base y relieve Humedales de II Región de Antofagasta.**

SITHA-Mapa cartografía base y relieve Humedales de II Región de Antofagasta.

**22. CIREN. 2011f. SITHA-Mapa cartografía actual Humedales de II Región de Antofagasta.**

SITHA-Mapa cartografía actual Humedales de II Región de Antofagasta destacan 50 fichas técnicas.

**23. CIREN. 2011g. FV\_Flora & Vegetación (Meta data y Mapas II Región de Antofagasta.**

SITAH-Mapas de II Región de Antofagasta.

**24. CONAF.2003. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de humedales altoandinos (PACHA)**

Implementa Plan de Acción con Resolución VII.39 sobre "humedales altoandinos como ecosistema estratégico" con 4 lineamientos: Monitoreos Biológicos y de Recursos Hídricos, Protección de Recursos y Planificación Territorial, Infraestructura y Diseño.

**25. CONAF. 2010. Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado".**

En este documento se dan orientaciones y lineamientos para la labor de las instituciones en materia de humedales a través de la elaboración del Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. En el informe se presentan varios capítulos de los cuales se extraen definiciones extensas de los humedales, su clasificación, sus características, servicios ecosistémicos que prestan y en particular, la importancia que tienen en su conservación de la diversidad biológica. También, se resumen las convenciones y tratados relacionados con los humedales en Chile y como se han implementado en las distintas áreas de la conservación. Se realiza además, una revisión de los humedales prioritarios en Chile, los aspectos biológicos más relevantes, los problemas ambientales y presiones que los afectan, y las acciones realizadas para su conservación. También se hace una revisión de las metodologías de trabajo utilizadas y las instituciones aportantes. En términos generales como funciona SNASPE. Y como gran producto la formulación del programa de humedales del SNASPE, el cual busca Mejorar el estado de conservación de los ecosistemas de humedales y la diversidad biológica asociada a estos, al interior del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado de Chile, lo que es realizado a través de: institucionalizar la temática humedales al interior de CONAF, desarrollar mecanismos de planificación específica para los humedales al interior del SNASPE, fortalecer la investigación y el conocimiento en torno a humedales del SNASPE, emprender procesos de sensibilización ciudadana en torno a los humedales, fortalecer las alianzas estratégicas entre CONAF y otros organismos y sectores de la sociedad, en el ámbito de los humedales y fortalecer la gestión de CONAF en torno a los Sitios Ramsar bajo su responsabilidad.

**26. CONAF. 2008a - 2008d. Fichas Informativas de los Humedales Ramsar (FIR) - Versión 2006-2008.**

Este documento corresponde a una ficha técnica resumen del sitio que abarca información biológica (flora y fauna), geomorfológica, hidrológica, entre otros aspectos que brindan una excelente síntesis del sitio.

**27. CONAMA. 2002. Estrategia regional y Plan de acción para la conservación y uso sustentable de la Diversidad Biológica de la región de Antofagasta.**

Conservación de la diversidad biológica, usos sostenibles de sus componentes y participación de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. Propuesta de meta común a 5 años de ámbitos prioritarios en la II Región de Antofagasta.

**28. Contreras. 2002. Norte de Chile: conservación de humedales altoandinos para un desarrollo productivo sustentable.**

En el presente artículo se expone el estado actual de la relación público / privada para la conservación de humedales altoandinos, y se proponen líneas estratégicas para reorientar esta relación y potenciarla.

**29. Demergasso. 2008. Novelty and spatio temporal heterogeneity in the bacterial diversity of hypersaline Lake Tebenquiche (Salar de Atacama).**

La laguna Tebinquiche es uno de los mayores cuerpos de agua salada en el Salar de Atacama a 2.500 m sobre el nivel del mar en el noreste de Chile. Las bacterias que habitan tienen que lidiar con los cambios bruscos de salinidad, temperatura y radiación UV (es decir, alta disimilitud ambiental en el paisaje físico). Se analizó la estructura del bacterioplancton de este lago por 16S rRNA análisis de genes. La asociación bacteriana en el lago fue muy heterogénea, tanto en el espacio y el tiempo. La salinidad cambió tanto en el espacio y tiempo que oscilaron entre 1 y 30% (w / v), y abundancias totales de procariontes planctónicos en los diferentes puntos de muestreo dentro del lago varió entre dos y nueve veces 10<sup>6</sup> células ml<sup>-1</sup>.

**30. DGA. 1977. Balance Hidrológico de las Cuencas Ascotán - Carcote y Río Loa.**

Investigación de recursos hidráulicos centrado principalmente las cuencas del Río Loa y Salar de Atacama, la información presentada muestra que los flujos superficiales experimentan cambios importantes en sus caudales como en la calidad química de sus aguas. Este proyecto sigue y amplía observaciones de DGA y CORFO con especial énfasis a los flujos de crecida. Informe pone énfasis en Sub-cuenca del Loa Medio, la más importante por los caudales y calidades químicas de los recursos superficiales de la II Región de Antofagasta y considera entre 1972-1975. Se establecen balances hídricos y químicos de los cursos de la cuenca del Loa durante el año 1976, un balance anual hídrico (1972-1975) y uno hidrológico a las cuencas del Loa y Ascotán-Carcote.

**31. DGA.1984a. Análisis crítico de la red pluviométrica nacional. Red de calidad de aguas I y II Región.**

En este estudio técnico se define una red de calidad de aguas, la ubicación de las estaciones de muestreo, los parámetros de calidad que se miden en cada estación, las técnicas de muestreo y análisis que se utilizan, la frecuencia de recolección de las muestras y el procesamiento o manejo de la información generada. El objetivo de la red de calidad de aguas propuesta es “entregar la información general acerca de la calidad del agua de

las cuencas, tanto en su estado natural como por efecto del impacto de la actividad humana. Este informe efectúa un análisis crítico de la actual red de medición de la calidad de agua para la I y II región, propone una red primaria de estaciones. Para la II región existen en la DGA antecedentes de calidad de aguas para las hoyas (cuencas) del Río Loa (35 estaciones regulares y 64 ocasionales), Salar de Atacama (5 regulares y 62 ocasionales) y salar de Pujsa (9 estaciones ocasionales). Todos los humedales prioritarios con vegetación.

### **32. DGA. 1986a. Balance Hidrológico Nacional II Región.**

El presente informe corresponde al balance hídrico de la región de Antofagasta, parte integrante del estudio Balance Hidrológico Nacional (BHN), que ha definido y desarrollado la Dirección General de Aguas (DGA). Este estudio se suma a los ya realizados en el marco del proyecto para las regiones comprendidas entre la III y XI regiones. El objetivo es entregar los componentes del balance hídrico por cuencas a nivel anual y considerando un período de tiempo suficientemente representativo (años hidrológicos 1961/62 y 1980/81), pese a que el estudio no analiza la aptitud del recurso para los diferentes usos posibles, sino que solo entrega solo medias anuales de las diferentes componentes del balance hídrico. La metodología utilizada en este estudio, estuvo basado en las recomendaciones de la Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur (UNESCO – ROSTLAC, 1982). Los resultados se entregan en cuadros por cuencas y en mapas de isolíneas de precipitación, de evapotranspiración y de escorrentía. Además, se entrega el mapa de isotermas ya que es necesario para determinar la evapotranspiración de acuerdo a la metodología. Se presentan los balances para las cuencas del Río Loa, Salar de Ascotán, Salar de Carcote, Salar de Atacama, Salar de Tara, Salar de Punta Negra y Quebrada de Taltal.

### **33. DGA.1986b. Evaporación desde salares: metodología para evaluar los recursos hídricos renovables. Aplicación en las regiones I y II. (SDEH 86/4).**

En el informe se realiza una estimación de la evaporación desde salares ubicados en la I y II regiones de Chile. La estimación de la evaporación se realiza mediante dos métodos: 1) A través de una función exponencial que depende de la profundidad del nivel saturado, y 2) Por medio de un balance hídrico a nivel medio anual en los salares y en las cuencas que drenan a los salares. El balance considera las precipitaciones y la evaporación, además de los caudales efluentes y afluentes para las cuencas drenantes y los salares respectivamente. Para el caso del Salar de Atacama los resultados para la metodología 1 y 2 respectivamente son 4770 l/s y 5000 l/s. La información contenida en este documento corresponde a resultados bastante generales y evalúa los sistemas en régimen natural, ya que no considera en los cálculos y balances los caudales de captaciones superficiales o extracciones subterráneas. Puede servir para comparar resultados de una estimación o modelación en régimen natural del Salar de Atacama en donde se cuantifiquen la evaporación, la precipitación o la escorrentía afluente al salar.

### **34. DGA. 1991a – 1991c. Catastro General de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama. Informe final. Tomos 1 al 4.**

Los autores de este informe técnico elaboraron un catastro de usuarios de aguas en el área servida por todos los canales derivados directa e indirectamente de los cauces afluentes al Salar de Atacama, esto es usuarios de aguas de ríos, quebradas, vertientes y pozos.

### **35. DGA. 1995a. Hidrología del Río Loa Medio.**

Este documento corresponde a una minuta técnica en la cual se presentan resultados de aforos en el Río Loa, en el tramo comprendido entre Yalquincha y Quillagua. En el estudio se analizaron las estadísticas existentes de forma de comparar su variación histórica, y de esta forma entregar nuevos derechos de aprovechamiento. Los datos revisados comprendieron los periodos de 1948 – 1964 y 1978 a 1993. Como principales conclusiones se tiene la disminución observada del caudal del Río Loa a través del tiempo, la cual afecta gravemente la disponibilidad del recurso. Además se recomienda establecer un control permanente sobre las extracciones realizadas por empresas mineras, en particular que no excedan los derechos de aprovechamiento autorizados.

### **36. DGA. 1995b. Resultado de los aforos a lo largo del Río Loa entre Finca y Quillagua. Minuta técnica DGA N° 145.**

Este documento corresponde a una minuta técnica en la cual se presentan resultados de aforos en el Río Loa, en el tramo comprendido entre Yalquincha y Quillagua. En el estudio se analizaron las estadísticas existentes de forma de comparar su variación histórica, y de esta forma entregar nuevos derechos de aprovechamiento. Los datos revisados comprendieron los periodos de 1948 – 1964 y 1978 a 1993. Como principales conclusiones se tiene la disminución observada del caudal del Río Loa a través del tiempo, la cual afecta gravemente la disponibilidad del recurso. Además se recomienda establecer un control permanente sobre las extracciones realizadas por empresas mineras, en particular que no excedan los derechos de aprovechamiento autorizados.

### **37. DGA. 1995c. Análisis Estudio de Extracciones de agua Calama - Quillagua II Región. Informe Final. (S.I.T. N° 20)**

La finalidad principal de este estudio fue conocer las extracciones de agua realizadas sobre el Río Loa, entre las localidades de Yalquincha y Quillagua, y así establecer el caudal que llega hasta este último punto. Se realiza un balance hidrológico, en base a información recopilada y datos recogidos en terreno.

### **38. DGA. 1998. Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región.**

En este estudio se efectúa un balance hídrico global de la cuenca del Salar de Atacama, de modo de obtener el balance hídrico subterráneo. Se presenta la zonificación de la cuenca del Salar de Atacama incluida en la Minuta Técnica N° 60 de la DGA. Se incluye un estudio geológico completo que describe la geología de superficie y subsuperficie de la cuenca del Salar de Atacama. El estudio está enfocado a la zonificación y a la descripción de los acuíferos de la zona estudiada. El balance hídrico se realiza para las 6 zonas definidas en el estudio en régimen natural. En los anexos se incluyen perfiles geofísicos, mapa con ubicación de pozos, perfiles geológicos transversales y longitudinales, e información de los derechos de aguas.

### **39. DGA. 1999. Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama, II región. Minuta técnica DGA N° 60.**

En esta minuta se realiza un balance hídrico, con objetivo de determinar la disponibilidad para constituir derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas. Se utiliza la zonificación de la cuenca del Salar de Atacama propuesta en el “Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región” (DGA, 1998). Se entrega un resumen de los criterios con que se realizó la zonificación. El balance en régimen natural en las subcuencas aportantes al salar considera precipitaciones, evapotranspiración, escorrentía superficial y subterránea. Se realiza un balance entre la oferta y la demanda hídrica, considerando derechos y usos comprometidos, y se efectúa un análisis de los resultados. Por último, se estima el volumen almacenado en los acuíferos ubicados en las zonas de estudio.

**40. DGA. 2001. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta. Volumen N°1, Informe Final. (S.I.T. N° 76).**

En este informe técnico se presenta una actualización de la delimitación de acuíferos que alimentan humedales en la II Región de Antofagasta, abarcando hasta el sector de Ollagüe por el norte, en el límite con la I Región, el Salar de Aguas Calientes por el sur, el límite internacional por el este, y Calama y el Salar de Atacama por el poniente. Se dio énfasis a aquellos directamente relacionados con las comunidades indígenas (aymará y atacameña) presentes en la zona, además se puso especial énfasis en aquellos acuíferos ubicados en las cuencas localizadas en las partes altas de la II Región, atendiendo a que en esta zona se producen principalmente los recursos hídricos. Para tal efecto se tuvo como base los estudios de identificación y ubicación de vegas y bofedales de las Regiones I y II, y la delimitación de los acuíferos alimentadores de vegas y bofedales de las Regiones I y II efectuados por la DGA, complementados con levantamientos e información disponibles. La delimitación se realizó sobre humedales que son alimentados por aguas subterráneas; quedando excluidos, en consecuencia, todos aquellos alimentados por cauces superficiales o por otro tipo de escurrimiento de carácter superficial. Para esto, se recopilaron antecedentes acerca de la descripción geológica e hidrogeológica de carácter regional relacionados con los humedales y las comunidades indígenas, se identificó aspectos singulares que permitieron la delimitación de unidades hidrogeológicas a partir de la información base obtenida en terreno y otros antecedentes existentes recopilados, se identificaron los acuíferos alimentadores de humedales con énfasis en aquellos asociados a usos indígenas en la zona, y, se generó una base de información digital georeferenciada con los humedales identificados y la delimitación de los acuíferos que los alimentan. La metodología, contempló una completa labor de recopilación y revisión de antecedentes disponibles, tanto a nivel central como regional. También se desarrolló una serie de entrevistas a instituciones a fin de obtener información. El trabajo de terreno se planificó con una primera visita de reconocimiento en conjunto con profesionales de la DGA. Después analizados los antecedentes todos los disponibles y realizada una identificación preliminar de vegas, se efectuaron dos campañas para cubrir toda el área del estudio. Como criterio general para finalmente determinar la delimitación de los acuíferos considerados, se definió, para cada vega o bofedal identificado, el sector hidrogeológico que lo alimenta, que corresponde al área que frente a una eventual explotación de agua subterránea en ella, afecte significativamente la preservación de la vega.

**41. DGA. 2003a. Evaluación de los recursos hídricos sectores Calama y Llalqui, Cuenca del Río Loa. Informe Técnico. (S.I.T. N° 85).**

En el presente estudio se integra la información existente sobre el sistema hídrico de la cuenca del Loa, y se desarrollan análisis para evaluar la disponibilidad de aguas subterráneas en sectores específicos, y los efectos de una explotación subterránea intensificada sobre los recursos superficiales. El estudio contiene los resultados de un estudio hidrológico y balance hídrico de la cuenca del Loa, los resultados de una modelación hidrogeológica en el sector específico de Calama, y algunas interpretaciones de información Hidrogeoquímica en apoyo a los resultados hidrológicos. Como conclusión final, se hace una estimación tanto de los recursos renovables como de los recursos no renovables, disponibles en la cuenca. Se inicia el estudio con la presentación de algunos antecedentes generales a nivel de la cuenca completa, que son: antecedentes geológicos, antecedentes climáticos y antecedentes hidrogeoquímicos. A continuación, se presenta un análisis hidrológico en régimen natural, que abarca toda la cuenca del río Loa y sus afluentes, que comienza con la caracterización y cuantificación de la precipitación y de la evapotranspiración en la cuenca, y termina con la obtención de la cantidad de recurso disponible para escorrentía superficial y subterránea en cada subcuenca constitutiva. Finalmente se desarrolla, para cada subcuenca constitutiva, el balance de escorrentía versus usos. Estos balances son los que proporcionan el marco dentro del cual se establecen las condiciones de borde para la aplicación de los modelos hidrogeológicos. Posteriormente, se presenta el trabajo realizado con el modelo hidrogeológico de Calama. El modelo cubre la zona del acuífero de Calama, entre Yalquincha y la vertiente Ojos de Opache.

**42. DGA. 2003b. Modelación Hidrogeológica sector pampa Llalqui. Cuenca Río Loa II Región de Antofagasta. (S.I.T. N° 152).**

En este estudio se desarrolla un modelo conceptual de la zona de pampa Llalqui, recogiendo la información hidrogeológica y geoquímica de la zona para evaluar el aprovechamiento de aguas subterráneas y efectos por esto. Para el sector de Calama se trabajó con un modelo hidrogeológico que permitió evaluar en forma precisa respuestas del sistema y conocer efectos asociados a diferentes escenarios de explotación. Se estableció existencia de flujo subterráneo que es parte de la escorrentía de la cuenca. Respecto a la calidad del agua, debe tenerse presente que las aguas explotadas son de elevada salinidad con una fuerte limitación para su uso. Se establece que la extracción de recursos desde el acuífero está limitada por los efectos que produce sobre las recuperaciones del río, los flujos pasantes que sustentan otras extracciones de aguas abajo y la pérdida del almacenamiento del sistema.

**43. DGA. 2004a. Actualización Delimitación de Acuíferos que alimentan Vegas y Bofedales, Región de Antofagasta. Informe Final. (S.I.T. N° 98).**

Se caracterizan y clasifican los acuíferos en términos generales en la región. También se definen los tipos de vegas presentes en la región. Se presentan valores característicos de cada pozo incluido en el estudio: profundidad, presión de bombeo y constantes elásticas entre otros parámetros. También se presentan valores de precipitaciones en distintas estaciones pluviométricas.

**44. DGA. 2004b – 2004e. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. (S.I.T. N° 104).**

En este se realizó una actualización de la delimitación de acuíferos que alimentan humedales en la II Región de Antofagasta, dando un énfasis a aquellos directamente relacionados con las comunidades indígenas (aymara y atacameña) presentes en la zona, abarcando hasta el sector de Ollagüe por el norte, en el límite con la I Región, el Salar de Aguas Calientes por el sur, el límite internacional por el este, y Calama y el Salar de Atacama por el poniente. Para esto se recopilación de antecedentes acerca de la descripción geológica e hidrogeológica, se identificaron aspectos singulares que permitieron la delimitación de unidades hidrogeológicas a partir de la información base obtenida en terreno y otros antecedentes existentes que se recopilaron, se identificaron acuíferos alimentadores de humedales, se generó una base de información digital georeferenciada con los humedales identificados y la delimitación de los acuíferos que los alimentan. La delimitación correspondió a aquellos humedales que son alimentados por aguas subterráneas; quedando excluidos, en consecuencia, todos aquellos alimentados por cauces superficiales o por otro tipo de escurrimiento de carácter superficial. Para este informe se tuvo como base principal el estudio "Actualización Delimitación de Acuíferos Alimentadores de Vegas y Bofedales Región de Antofagasta", realizado por la DGA de Diciembre de 2001 y el Informe Técnico "Protección de Vegas II Región, Identificación Preliminar", de Septiembre de 2004, también elaborado por la DGA. Ambos estudios se complementaron con levantamientos e información disponibles posteriormente.

**45. DGA. 2005a. Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Loa. (S.I.T. N° 192).**

Este estudio corresponde a una recopilación de información y tiene como objetivos evaluar documentadamente la disponibilidad del recurso superficial de ejercicio eventual en la cuenca del río Loa, cuantificar la oferta del recurso hídrico, cuantificar la demanda, establecer un balance entre la oferta y demanda y resolver las solicitudes pendientes. El Río Loa y sus afluentes mediante resolución DGA N° 197 de 24 de enero de 2000 fue declarado agotado para la constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de ejercicio permanente. Se determinó en forma global y detallada, a nivel de cuenca y subcuenca, la situación en que se encuentra la disponibilidad de recursos hídricos en la cuenca del Río Loa. Esta determinación de la demanda en esta cuenca está basada en trabajos realizados en las Direcciones Regionales DGA II y el Departamento de Administración de Recursos Hídricos y considera el levantamiento de solicitudes presentadas en la Dirección General de Aguas hasta septiembre de 2002. Determina la disponibilidad de recursos hídricos de ejercicio eventual en la cuenca de río Loa y herramienta de apoyo en la resolución de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. De lo anterior se desprende que para acceder a una solicitud en particular, es necesario que ésta se encuentre técnica y legalmente correcta y que además exista el recurso solicitado a nivel de la captación estudiada.

**46. DGA. 2005b. Hidrogeología de la II Región y Asesoría para la Revisión de Informes de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos. Informe Final - Hidrogeología de la II Región.**

En este informe se realiza el análisis y caracterización de la hidrogeología del sistema acuífero de los Salares de Ollagüe, Carcote, Los Morros, Ascotan, Punta Negra y Atacama, y sectores de Sierra Gorda, María Elena-Pedro de Valdivia, Calama-Pampa-Llallqui, Llano Mariposa-Elvira. Se entregan antecedentes de la geomorfología, la geología, la hidrología

y la hidrogeología de la cuenca. Se realizan análisis de los caudales superficiales afluentes, del comportamiento de las precipitaciones y la evaporación en la cuenca, y se analizan balances hídricos realizados en otros estudios. Se realiza una descripción y caracterización de cada sistema acuífero, así como también un modelo conceptual de cada sistema donde se analizan geometría, tipo de rellenos, profundidad de la napa, sentido de escurrimiento, constantes elásticas, recarga y descarga.

**47. DGA. 2006a. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta.**

Este estudio presenta la delimitación definitiva de los acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta realizada por la DGA en conjunto con la CONADI. En el informe se presenta cartografía temática que establece la delimitación de los acuíferos mencionados en el párrafo anterior, que consta de 12 cartas temáticas a escala 1:250.000. Este antecedente fue utilizado para identificar zonas de vegas y bofedales de la cuenca del Salar.

**48. DGA. 2006b. Resolución N° 87 de 2006: Modificación de Resolución DGA N° 529 de 2003.**

Actualización de la identificación y delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la II Región de Antofagasta.

**49. DGA. 2008. 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 1, Informe Final Parte III. Hidrología Regional del Altiplano de Chile. (S.I.T. N° 157).**

En este estudio se caracteriza los recursos hídricos del Altiplano de Chile, desarrollándose un estudio hidrológico a nivel regional en las cuencas endorreicas del altiplano de las Regiones XV, I, II y III. Este estudio contempla el análisis a nivel mensual y anual de variables meteorológicas como precipitación, escurrimiento, temperatura y evaporación de tanque. Las variables hidrológicas se analizaron para determinar su variación espacial y temporal a nivel mensual y anual. Además se realizó un estudio de sequías meteorológica e hidrológica con los registros de precipitaciones y escurrimientos, respectivamente.

**50. DGA. 2009a – 2009e. 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. (S.I.T. N° 195).**

Este estudio, desarrollado por el DICTUC, incluye una completa recopilación de datos hidrológicos, además de rellenos y análisis de acuerdo a metodologías convencionales. Se utilizaron datos de lluvias de Argentina y Bolivia, además de los nacionales. Se estudió acabadamente la correlación espacio temporal de las variables. Se estudió la precipitación en el gradiente altitudinal y latitudinal. Con relación al cálculo de recargas, se desarrolló un procedimiento sencillo basado en coeficientes de escorrentía e infiltración, el cual permite calcular la recarga promedio de largo plazo en función de las características de los suelos de la cuenca analizada. El balance propuesto es simple, basándose en la estimación de pocos parámetros. El análisis de precipitaciones entrega una perspectiva global del

comportamiento espacial de las precipitaciones altiplánicas. Se destaca el relleno por correlaciones múltiples utilizando dos estaciones de condiciones similares en lugar de una, por ser más adecuado ante las condiciones meteorológicas particulares de la zona.

**51. DGA. 2010a. Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones. (S.I.T. N° 221).**

En el presente informe se propone una metodología para estimar recargas en cuencas altiplánicas y de precordillera de vertiente pacífica y, de esta forma, elaborar un procedimiento de cálculo aplicable a escala regional a cualquier cuenca ubicada entre las regiones XV y III, sobre la cota 1500 m.s.n.m. Se genera un modelo conceptual para representar el mecanismo de recarga de aguas subterráneas en las cuencas de la zona de interés. Para cada cuenca analizada se han estudiado sus particularidades físicas, hidrológicas e hidrogeológicas: evaporación, caudales, temperatura, precipitaciones y tipo de permeabilidad. También se anexa información y cartografía de pozos y caudales de extracción en cada cuenca estudiada.

**52. DGA. 2010b. Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región. (S.I.T. N° 210).**

En el desarrollo de este informe se incluye la revisión de los antecedentes existentes. A partir de ello, y del conocimiento que se tiene de la cuenca del Salar de Atacama, se realizó una delimitación de las subcuencas aportantes al salar junto con una primera identificación de los sectores sensibles ambientalmente. Para cada una de las subcuencas en que se dividió la cuenca del Salar se desarrollaron balances hídricos mensuales a partir de un estudio hidrológico actualizado. Se efectuaron balances hídricos para el período 1970 a 2008, incorporando los montos de demandados por vegas, bofedales, áreas cultivadas y superficies de agua libre. Finalmente, se realizó una estimación de las demandas de los sectores sensibles y de la disponibilidad del recurso hídrico en el salar.

**53. DGA. 2010c. Acuíferos Protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la II región de Antofagasta.**

Listado de acuíferos protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la región, se incluye información de área, y resolución dictada para la protección de cada acuífero.

**54. DGA. 2011. Estimación de recargas en cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica. Resumen Ejecutivo. (S.I.T. N° 251).**

En este estudio se estima la recarga de agua de las principales cuencas que cumplan con la condición de altiplánicas o de vertiente pacífica. Se analiza la información física disponible (hidrología, geomorfología, hidrogeología, geología y usos) de las cuencas en estudio y los derechos de agua involucrados. También se realizaron balances hídricos de carácter preliminar a partir de información de derechos y usos de agua disponibles.

**55. DGA. 2012a. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos del Acuífero del Salar de Atacama. Informe Técnico. (S.I.T. N° 324).**

En este informe se entrega una síntesis de los análisis y resultados del estudio "Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región" y se determina la oferta de recursos hídricos para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de aguas en la cuenca del Salar de Atacama.

**56. DGA. 2012b. Diagnóstico Plan Estratégico para la Gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta. (S.I.T. N° 291).**

En este estudio se incluye una extensa revisión de antecedentes relacionada a los recursos hídricos de la región. Luego se realiza un diagnóstico de la disponibilidad actual del recurso. También se presentan datos hidrológicos históricos (precipitación, evaporación, caudales, etc.) junto a una descripción general de los sitios de estudio en lo que respecta a la hidrogeología. El objetivo central del estudio fue elaborar el diagnóstico del Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos para la Región de Antofagasta para orientar las decisiones públicas y privadas, con el fin último de maximizar la función económica, social y ambiental del agua, en armonía con el medioambiente y con condiciones de equilibrio que permita la sustentabilidad dentro de una visión de corto y largo plazo, dotando a los actores de las herramientas y capacidades para abordar los desafíos que esto impone. Este objetivo central se desglosa en un grupo de objetivos específicos tendientes, en lo fundamental, a conocer la realidad del recurso hídrico en una región caracterizada por una baja disponibilidad de agua y desajustes notorios entre oferta y demanda del recurso. De igual modo, estos objetivos específicos deben permitir la identificación de los factores que limitan desde la perspectiva del recurso hídrico el desarrollo productivo regional; así como los factores relevantes que afectan el patrimonio ambiental o social regional.

### **57. DGA. 2012c. Estudio Acuífero de Calama Sector Medio del Río Loa, Región de Antofagasta. (S.I.T. N° 295).**

En este estudio que se integró toda la información hidrogeológica disponible, con el objetivo de elaborar un modelo conceptual del funcionamiento del sistema acuífero de Calama. Para conseguir esto, además de compilar un vasto volumen de información, se levantó nueva información en zonas en las que se disponía de un conocimiento prácticamente nulo del sistema acuífero. El trabajo reúne, el estado del conocimiento hidrogeológico para la cuenca de Calama, definiéndose como una excelente herramienta de consulta y análisis para abordar los distintos planes de seguimiento, alerta, monitoreo y control de las extracciones existentes, con una perspectiva global del sistema de recursos hídricos de Calama. Entre las principales conclusiones del estudio se presenta una descripción extensa y acabada de la zona de estudio, en aspectos climáticos, geológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidroquímicos e hidrogeológicos. Además, entre otras informaciones relevantes, se concluye que se puede suponer la existencia de dos unidades acuíferas principales: el acuífero superior, de carácter libre, y el acuífero inferior, de carácter semiconfinado. Ambos acuíferos se encuentran separados por un acuitardo en la gran mayoría del área modelada, cuyas conductividades hidráulicas para el acuífero superior tienen un rango amplio, que está en función del grado de porosidad secundaria; el acuitardo tiene unos valores siempre inferiores y el acuífero profundo tiene un rango promedio inferior al superior. Se observó a través del análisis hidroquímico que la recarga de la gran cuenca de Calama proviene subterráneamente desde dos fuentes principales: la más importante provendría de la cuenca del río Salado, y otra fuente importante provendría desde aguas arriba del embalse Conchi. En relación al balance hídrico, las entradas al sistema se han evaluado en el rango 1200 l/s a 2000 l/s. El aporte principal al sistema procede de la entrada de agua por los contornos norte y este (75% del total de entradas). El resto de elementos de recarga incluyen la infiltración del Tranque Talabre, precipitación, los excedentes de riego y las pérdidas de redes urbanas y mineras. Las salidas del sistema oscilarían entre 1200 l/s y 2300 l/s. Las descargas del acuífero superior al río Loa y las descargas de las vertientes suponen la salida natural más importante (70% del total de salidas), mientras que las extracciones por pozos suponen entre el 10% - 15% de las descargas totales. El sistema presenta también una descarga subterránea a través del contorno oeste del modelo, y pérdidas por evaporación directa. El balance neto del sistema es deficitario, con una diferencia que oscilaría en el rango de 0 l/s y 300 l/s. La consecuencia directa de esta situación deficitaria es el descenso progresivo de los niveles piezométricos, especialmente concentrado en las zonas de extracción. Finalmente, se concluye que toda variación en el nivel del río Loa afectará directamente el gradiente con el acuífero superior y por lo tanto afectará la descarga desde el acuífero al río, afectando el balance global. A su vez, una variación en la descarga del acuífero al río afectará directamente la descarga registrada en las vertientes. En función del estado deficitario en el balance hídrico de la cuenca, y el uso intenso de los recursos hídricos en esta árida región del país, se propone realizar un estudio de recarga artificial sobre las avenidas por eventos meteorológicos esporádicos. Esto permitiría modificar el balance hídrico agregando recursos que naturalmente van a parar fuera del dominio modelado. Se recomienda realizar una gestión integrada a nivel de la cuenca, que permita gestionar los planes de alerta temprana de forma integrada entre los principales usuarios de los recursos hídricos.

### **58. DGA. 2013a. Análisis de la oferta hídrica del Salar de Atacama. (S.I.T. N° 339).**

Esta minuta técnica se corrigió la determinación del balance hídrico del Salar de Atacama del último estudio realizado el año 2010 por GCF Ingenieros Limitada para la Dirección General de Aguas (“Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las sub-cuencas afluentes al Salar de Atacama, II Región” S.I.T. N°210 de enero de 2010, “reporte DGA/GCF-2010”). En este reporte en el cálculo del balance hídrico no se descontó la precipitación sobre el Salar para la determinación de la evaporación neta sobre el mismo. Esto causó una sobreestimación de los recursos disponibles en la cuenca. La actualización del balance, considerada en el reporte DGA/GCF-2010, consideró nuevas metodologías para actualizar las áreas de las cuencas, calcular la precipitación efectiva y las pérdidas por evaporación y evapotranspiración de la zona de estudio. En esta minuta técnica, se describe sucintamente lo que se ha hecho en informes anteriores para analizar los cambios en los valores determinados para cada componente del balance hídrico. Las partes de este informe son un breve Análisis de Estudios Anteriores (Estudio de Evaporación de Leonardo Mardones, Minuta 60, Reporte DGA/GCF-2010), Análisis Crítico de la Metodología Anterior, Evaporación y Evapotranspiración (Evapotranspiración del Salar, de las Sub-Cuencas Aportantes y de las Áreas Sensibles), Actualización del Balance Hídrico (Subcuencas, Precipitación, Evapotranspiración del Salar, Evapotranspiración desde Áreas Sensibles del Salar, Recarga y Oferta Hídrica Actualizada). Como principales conclusiones de este estudio se tiene que la oferta hídrica en el Salar de Atacama ha disminuido con respecto a los resultados del reporte DGA/GCF-2010, debido principalmente a que en el presente informe técnico se ha considerado la precipitación sobre el salar para determinar la evaporación neta. Además, en el reporte DGA/GCF-2010 la determinación de la precipitación efectiva sobre las cuencas aportantes al Salar se realizó a través de coeficientes de precipitación efectiva cuyo valor no está claramente justificado. Para el presente informe técnico sí fue considerado y justificado este cálculo. También, como la demanda ecológica se consideró en la estimación de la oferta hídrica, es probable que el cálculo simple de caudales promedios anuales a nivel de sub-cuenca no fuere del todo adecuado para asegurar la completa protección de estas unidades ambientales. No sólo se debe considerar un cierto valor mínimo de caudales para una zona de demanda ecológica, sino que también es importante considerar el nivel freático mínimo que asegure la subsistencia de estas entidades que son objeto de protección. En este sentido se deberán desarrollar herramientas de gestión que consideren un nivel adecuado de la napa en cada área de protección. En síntesis, se recomienda que se desarrolle un PAT para el Salar de Atacama. Finalmente, la gestión de los recursos hídricos del salar debe considerar la disponibilidad dentro de las sub-cuencas aportantes, asegurando que las extracciones no superen la recarga descontadas las demandas ecológicas, considerando además, la disponibilidad a nivel de las zonas ecológicas del Salar aguas abajo que presentan demandas ecológicas adicionales lo cual resultará en una reducción de la disponibilidad en las sub-cuencas aportantes.

**59. DGA. 2013b. Áreas de restricción propuestas por DGA.**

Este documento corresponde a un listado de sitios en los cuales DGA ha interpuesto Áreas de restricción para la extracción de recursos hídricos.

**60. Dobson\_et\_al. 2013. Effects of volcanism, crustal thickness, and large scale faulting on the he isotope signatures of geothermal systems in Chile.**

En este estudio científico los autores describen las distintas zonas con actividad geotérmica en Chile (El Tatio, Tinguiririca, Chillán y Tolhuaca), y analizan los resultados de muestreo de gases desde fumarolas realizados de manera de diferenciar estos sitios y relacionarlos con su origen geológico y tectónico.

**61. ECONAT. 2005. Analisis General del impacto económico de norma secundaria de calidad de aguas del Río Loa en el sector silvoagropecuario. Informe Final, Revision 5.**

Este estudio técnico parte con análisis a nivel estratégico y caracterización de la economía de la II Región y de la cuenca del Río Loa con énfasis en el sector agropecuario por ser uso más afectado por problemas de calidad. Se caracteriza la calidad de aguas en la cuenca del Loa y realiza un análisis del impacto económico. El principal problema para uso agropecuario es la salinidad del agua, haciéndose más salino hacia zonas bajas de la cuenca. Se concluye “recomendable” la gestión integral de la cuenca del Río Loa y necesidad de fortalecer la capacidad de análisis-evaluación de servicios regionales (SEIA y RCA).

**62. Figueroa\_Deruelle. 2003. Licancabur, an Andesitic Volcano of the south-central Andes**

En esta publicación científica los autores realizan una descripción geológica, petrográfica, mineralógica y geoquímica del Volcán Licancabur. Como conclusión principal más relevante se presenta que los datos geoquímicos confirman que los flujos de lava más antiguos son distintos de los flujos de lava que dieron origen al cono, puesto que las lavas antiguas son más básicas y ricas en elementos de transición que las que del cono. Los más antiguos son algo similares a las lavas más antiguas del volcán Sairecabur y también a lavas shoshoníticas” del noroeste de Argentina, las cuales hicieron erupción a lo largo del línea Calama-Olacapato-El Toro, y son reconocidas como el resultado de la mezcla de magma. Finalmente los autores proponen que las lavas que dieron origen al cono son el resultado de varios pasos de mezcla entre flujos de lavas antiguos y magmas dacíticos ( $K_2O - SiO_2$ ).

**63. Fox. 2013. Geothermal Resources Council Bulletin. Focus in Chile.**

En esta revisión, se presenta una vista general del panorama geotérmico en Chile, su evolución histórica y su estado actual. Se presenta información histórica de exploración (generación de pozos), cesión de derechos de exploración, capacidad teorica de explotación, entre otros temas.

**64. Garces\_Lopez. 2012. Antecedentes hidroquímicos del Salar de Aguas Calientes I (Chile).**

En esta publicación los autores realizan una descripción del Salar de Aguas Calientes I y entregan resultados de un estudio hidroquímico de las soluciones superficiales existentes en el salar, tanto de soluciones diluidas como concentradas en surgencias y acumulaciones lacustres, así como de la mineralogía de las sales precipitadas por evaporación de estas aguas lacustres. Los resultados del análisis químico indican que, a pesar de tratarse de aguas con grados de concentración variable y que oscilan entre muy diluidas y altamente concentradas, todas ellas pertenecen al tipo químico Na-Cl, debido a la interacción de las aguas con los depósitos salinos preexistentes en el salar, en los que predominan halita y yeso. Además, todas las soluciones mostraron elevados contenidos en elementos químicos asociados a actividad hidrotermal como son Li, B y As, encontrándose este último en rangos de toxicidad incluso en las muestras diluidas. El análisis mineralógico de las sales periféricas a las lagunas y el tratamiento de los datos fisicoquímicos de las aguas muestreadas, indican que los procesos activos de concentración por evaporación, dan lugar a la precipitación de halita y yeso.

**65. Glennon\_Pfaff. 2003. *The extraordinary thermal activity of El Tatio Geyser Field, Antofagasta Region, Chile.***

Los autores de esta publicación realizan una descripción del campo geotermal El Tatio, en particular del tipo de sistemas térmicos (geiseres, manantiales y cráteres). Describen la presencia de más de 100 manantiales en erupción y termas dispersas en un área de cerca de 35 km<sup>2</sup>, donde se incluyen manantiales hirvientes, pozas de barro, terreno humeante y algunas fumarolas y 80 geiseres activos. Dentro del campo los autores definen tres zonas delimitadas de géiseres: la Cuenca Superior, Media y la Cuenca Baja (o Grupo del Río) se encuentra a las orillas del Río Salado.

**66. Hock. 2003. *Licancabur: Exploring the highest lake on Earth.***

En este trabajo se realiza una descripción del lago ubicado en el cráter del volcán Licancabur, y se busca responder interrogantes acerca de la temperaturas registradas anteriormente en la columna de agua de dicho lago. Se presentan análisis de la columna de agua (salinidad, temperatura y pH), de flujos conductivos de calor, y un balance de energía y masa.

**67. Jimenez. 2012. *Estudio de Cuencas Altiplánicas Endorreicas de la Segunda Región de Chile. Caracterización, Tipología y Potencialidades de uso.***

En esta memoria se analiza y se clasifican los sistemas hidrológicos presentes en el Altiplano en tres partes etapas: descripción de las características de once cuencas altiplánicas (en base a información de diversas instituciones), propuesta para clasificación de cuencas (actualización de la clasificación hidrodinámica de Ferrando, 1993), y la tercera parte consistió en proponer algunos usos potenciales para estas cuencas, completamente distintos unos de otros. El autor concluye que uno de los usos está enfocado a la protección del medio ambiente y el otro a la explotación responsable de los recursos minerales existentes en las salmueras. A pesar de ser muy distintos y completamente opuestos, ambos son posibles de llevar a cabo de manera responsable y protegiendo el ecosistema altiplánico.

**68. Johnson. 2009. *Evaporación desde napas freáticas someras en cuencas endorreicas del altiplano Chileno.***

En esta tesis se caracterizaron las descargas por evaporación desde napas someras en cuencas endorreicas del altiplano chileno, utilizando la metodología del domo. Se realizaron estimaciones de evaporación (49 puntos en 6 cuencas altiplánicas), sobre suelos de variadas características y composición. Los flujos estimados presentaron una alta relación con la profundidad del nivel del agua subterránea y textura del suelo, obteniéndose las mayores tasas en napas someras y suelos de granulometría gruesa. Las estimaciones en terreno se compararon con las obtenidas con metodologías alternativas en la zona, como lisímetros y tasas de Bowen. Adicionalmente se evaluó el desempeño del domo bajo condiciones controladas en laboratorio. En promedio, las mediciones realizadas con el domo resultaron menores que las reportadas con lisímetros y mayores que las obtenidas mediante tasas de Bowen. Además, se construyeron curvas de evaporación en función de la profundidad de saturación representativas para la zona de estudio (ajuste exponencial-potencial), proponiéndose ajustes a nivel regional y rangos factibles para todas las cuencas endorreicas del norte de Chile. Utilizando estos ajustes se determinaron las descargas por evaporación en las cuencas de los salares del Huasco y Pedernales.

**69. Kampf. 2005. *Evaporation and land surface energy budget at the Salar de Atacama, Northern Chile.***

En esta publicación científica se describen los sistemas de playa, se definen como sistemas que son modulados por procesos de evaporación, sin embargo, los mecanismos por los cuales ocurren estos procesos permanecen desconocidos. En este estudio se examinó la evaporación en las playas en lo que se refiere a los flujos superficiales de energía, las características de la costra de sal, el agua subterránea y el clima en el Salar de Atacama (un sistema con 3000 km<sup>2</sup> de playa), el cual contiene una única amplia gama de tipos de costras de sal. Fueron realizadas mediciones del balance de energía superficial del terreno en ocho sitios representativos sobre la zona de playa durante las estaciones de invierno (Agosto, 2001) y de verano (Enero, 2002). Los valores medidos de la radiación neta total fueron más altos en los sitios de costra de halita con vegetación y rugosa, y más bajos sobre las costras salinas suaves y muy reflectantes. Sobre la mayor parte del Salar de Atacama, la radiación neta fue disipada principalmente por el suelo y sensibles flujos de calor. Las costras de sal secas se tienden a calentar y enfriar muy rápidamente, mientras que el calentamiento y enfriamiento del suelo ocurre más gradualmente en sitios con vegetación. El calentamiento sensible estuvo fuertemente relacionado con los patrones de viento, altos flujos de calor sensible se producen en los días de verano con fuertes vientos durante la tarde. Muy poca energía disponible en la superficie de la tierra se utiliza para evaporar el agua. Las mediciones de evaporación mostraron la variación entre las distintas superficies, desde valores nulos en el centro del salar, cercanos a 0 mm en las costras salinas suaves del borde del salar hasta valores de 2.8 mm en zonas con vegetación. Por tanto, estas costras de sal forman una barrera prácticamente impermeable a la evaporación.

**70. Latorre\_et\_al. 2003. A vegetation history from the arid prepuna of northern Chile (22-23°S) over the last 13500 years.**

En esta publicación los autores describen la historia de la vegetación en relación a los eventos paleoclimáticos y su variación en el tiempo, basados en registros de vegetación obtenidos a partir de depósitos fósiles de fecas de roedores, relacionando el tipo de vegetación hallada con las condiciones climáticas presentes. Registros de fecas de estas elevaciones identifican condiciones más húmedas que en la actualidad en 13.5 – 9.6, 7.6 – 6.3, 4.4 – 3.2 y posiblemente 1.8 – 1.2 miles de años antes del presente. Fases secas se produjeron en el 9.4 – 8.4 miles de años antes del presente y posiblemente en 5.1 mil años antes del presente. Las floras actuales y las condiciones hiperáridas modernas se establecieron después de 3.2 mil años antes del presente.

**71. Lemus\_Soto. 2011. Litio en el salar de Atacama. Report 1.**

En este informe se investiga sobre los impactos del proceso productivo de la explotación minera no metálica del Litio en Chile, ubicada en el Salar de Atacama, en la Región de Antofagasta que forma parte del denominado triangulo del Litio que incluye Argentina y Bolivia; y que en conjunto poseen las principales reservas a nivel mundial. Los aspectos contemplados fueron los ambientales y particularmente los sociales, lo que conlleva la consideración de la situación económica y política, que sustentan su actual funcionamiento. Se verifica que los efectos que produce la explotación de este mineral en el Salar de Atacama, se han ido manifestando paulatina y progresivamente en el ecosistema de desierto en el cual se emplaza, con una directa influencia en sus comunidades. Esto fundamentalmente en la forma y cantidad de uso del agua de la cuenca del salar, lo que ha derivado en consecuencias visibles sobre la flora, fauna, suelo y disposición de agua para los asentamientos humanos ancestrales aledaños al salar. Finalmente, no se constatan acciones importantes en retorno o reinversión en el territorio.

**72. Letelier\_et\_al. 2008. Diversidad vegetal de la Región de Atacama. Cap. 7. Libro rojo de flora nativa y áreas prioritarias para conservación.**

Este documento corresponde a un extracto del Libro Rojo de la Flora nativa y de las áreas prioritarias para su conservación: Región de Atacama (F.A. Squeo, G. Arancio & J.R. Gutierrez, eds.). En este se describe la flora nativa (980 especies) e introducida naturalizada (119 especies), la cual comprende poco más del 19% de las especies presentes en la flora de Chile continental. Se destaca que las hierbas perennes y arbustos son las formas de vida con mayor proporción de especies en la flora nativa (40,4% y 29,8%, respectivamente). Esta relación se invierte al considerar la flora endémica (arbustos=38,7% y hierbas perennes=28,9). La mayor diversidad de especies nativas se concentra en los sectores costeros y hacia el sur de la región, y los menores en la porción intermedia norte de la región.

**73. Luebert\_Gajardo. 2000. Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile.**

En esta publicación científica los autores realizan un estudio de la vegetación del Altiplano y Puna áridos de Chile (24-25° S) utilizando la metodología fitosociológica de Braun-Blanquet. Se proponen nuevos límites altitudinales de los pisos de vegetación en este territorio: supratropical (3.400-3.800 m), orotropical (3.800-4.200 m), criorotropical (4.200-4.700 m), atérmico (> 4.700 m). Como resultado del análisis fitosociológico, fueron

reconocidas las siguientes grandes unidades florísticas de vegetación: Ambrosio artemisioidis-Atriplicion imbricatae all. nov. (matorrales desérticos), Calamagrostietea vicunarum Rivas-Martínez & Tovar 1982 (pajonales y matorrales bajos xeromórficos), Anthochloa lepidulae-Dielsiochloetea floribundae Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegetación de roquedales y suelos con solifluxión) y, Plantagini rigidae-Distichietea muscoidis Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegas y bofedales alto-andinos). Se identificaron doce asociaciones florísticas, cada una de las cuales se describe en términos de su composición específica, fisionomía general, distribución geográfica, rango altitudinal y condiciones ambientales.

**74. Marquet\_et\_al. 2010. Estudio de vulnerabilidad de biodiversidad terrestre en eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación a escenarios de cambio climático.**

Análisis de vulnerabilidad de la biodiversidad al Cambio Climático a través de la comparación de distribución de especies y ecosistemas. Se modelaron 15 spp. anfibios, 16 spp. reptiles, 36 spp. Mamíferos y 1447 spp. de plantas vascular terrestre y 36 ecosistemas (se evaluó ecosistemas claves, representados por los humedales altoandinos).

**75. Martinez\_et\_al. 2013. Preliminary Hydrochemical Characterization of the Lagoons of "Los Flamencos" National Reserve (Salar de Atacama, Chile).**

A partir de información proporcionada por DGA se realizó una caracterización de la hidroquímica del sistema lagunar. Mediante el uso de software se definió la calidad del agua, según su conformación iónica, pH, sólidos totales disueltos, entre otros

**76. Messerli\_et\_al. 1993. Climate change and natural resource dynamics of the atacama altiplano during the last 18,000 years: a preliminary synthesis.**

En esta publicación los autores realizan una descripción de la zona altiplánica de la región de Antofagasta enfocados en la dinámica experimentada por los recursos naturales disponibles a lo largo de la historia, con énfasis en el comportamiento del recurso hídrico y la importancia de su uso en la actualidad. Se describe como principales causas de las condiciones ambientales extremadamente secas sobre la pendiente oeste de los Andes de atacama a la interacción entre masa de aire anticiclónico, el efecto de la corriente fría de Humboldt, y la barrera a la humedad que ejerce la cadena de montañas. Es importante destacar que incluso las cumbres más altas por encima de 6.700 m en el zona de permafrost continuo se encuentran sin glaciares, por lo que la recarga moderna del ciclo del agua está restringida a pequeñas cuencas a gran altura. La vegetación entre los 3100 y los 4800 m.s.n.m. es muy escasa. Las temperaturas del último máximo glacial (18 mil años a.p.) fueron probablemente 7°C más bajas que el presente. El periodo glacial tardío (17 – 11 a.p.) estuvo caracterizado por niveles de lagos entre 5 – 10 m más altos, lo que indica un gran incremento en las precipitaciones en la latitud 23 – 24 ° S. En el Holoceno temprano (11 – 7 mil años a.p.) se experimentaron condiciones húmedas y temperaturas de verano de 3.5°C mayores que las del presente, junto con una significativa recarga de acuíferos. Aproximadamente 3000 años a.p. las condiciones se volvieron secas y se redujo la recarga de aguas subterráneas. Finalmente los autores concluyen que las políticas de manejo de recursos naturales deben ser tomadas en cuenta en la dinámica de un medioambiente cambiante, debido que en el presente la dependencia de la minería por el agua subterránea, la urbanización y la agricultura se cree que no podrán ser sostenidas por el agua fósil, o de

lo contrario, debido a que la tasa de recarga es tan lenta que el uso actual puede exceder por mucho el reabastecimiento.

**77. Minvielle\_Garraud. 2011. Projecting Rainfall Changes over the South American Altiplano.**

En esta publicación se modelan los cambios climáticos que ocurrirán en el altiplano sudamericano, en particular en lo que respecta a la precipitación, debido a un aumento constante en el flujo del oeste de los Andes centrales, lo que dificulta el transporte de humedad desde el interior del continente. Un análisis de regresión simple sugiere una reducción significativa (10 % - 30 %) en la precipitación en el altiplano bajo escenarios de moderadas emisiones de gases de efecto invernadero.

**78. MMA. 2011. Guía para la conservación y seguimiento ambiental de humedales andinos.**

La presente guía sistematiza, estandariza y define el marco conceptual para el manejo y seguimiento ambiental de los ecosistemas de humedales. Sistematiza información útil para que los Servicios competentes puedan utilizarla de manera simple y directa, y que del mismo modo, el Servicio de Evaluación Ambiental contemple dicha información en el marco de sus atribuciones. El uso de esta guía es además extensivo al sector privado y cualquier otro interesado. En este documento se sintetizan los conceptos que deben ser considerados en el manejo, evaluación y seguimiento ambiental de humedales. Esta guía entrega conceptos básicos sobre la estructura y funcionamiento de los humedales andinos, comprendidos entre las regiones de Arica-Parinacota y la Araucanía y de manera particular se incluye la zona perárida de las Regiones de Arica-Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. En los primeros 3 capítulos se describen conceptos y lineamientos sobre aspectos relevantes de los humedales andinos y altoandinos. Posteriormente, se describen los aspectos mínimos que deben ser considerados en la evaluación y levantamiento de información de los humedales altoandinos, así como las metodologías y criterios que deben ser adoptados en el manejo y seguimiento ambiental de estos ecosistemas.

**79. Montgomery\_et\_al. 2003. Interbasin underflow between closed altiplano basins in Chile.**

En este estudio los autores analizaron el movimiento del agua subterránea entre cuencas interconectadas, calcularon un flujo de entre 200 y 240 L/s debajo de una divisoria de aguas de superficie montañosa que separa topográficamente la parte más alta Salar de Michincha de la parte más baja Salar de Coposa. En la región, el movimiento del agua subterránea entre cuencas usualmente no es considerado, pero se produce en cuencas determinadas, y en los sistemas donde ocurren es un componente importante del balance de agua subterránea. Con el desarrollo del agua para la industria minera y el potencial de exportación de las aguas subterráneas del Altiplano para su uso en las ciudades costeras, la demostración y cuantificación de movimiento entre cuencas es importante para la evaluación del desarrollo sostenible de aguas subterráneas en una región de extrema aridez. El reconocimiento y la cuantificación de flujo inferior entre cuencas de agua subterránea ayudarán en la gestión de los recursos de agua subterránea en el ambiente árido Altiplano chileno.

**80. Nunez\_Grosjean. 1994. Cambios ambientales pleistoceno-holocénicos: Ocupación humana y uso de recursos en la Puna de Atacama (norte de Chile).**

En esta publicación científica se presentan los datos de un estudio paleoambiental y cuyos datos indicaron que los recursos de agua, vegetación y fauna de la Puna de Atacama (>4000 m.snm), fueron abundantes durante la última edad glacial y Holoceno Temprano, mientras que las condiciones de aridez prevalecieron bajo los 3500 m. Los cazadores del Período Arcaico Temprano (ca. 10800 a 8500 AP) estaban adaptados a la alta Puna y su piedemonte, a lo largo del desagüe de los ríos provenientes de las tierras altas, en donde los recursos de diferentes alturas se explotaban óptimamente en forma trashumante dentro de distancias cortas. Los lagos se restringieron a los niveles actuales y el proceso pedogenésico concluyó en la alta Puna. Los recursos naturales decrecieron significativamente durante el Período Arcaico Medio (ca. 8500-5000 AP), de manera que las actividades humanas se restringieron a sitios más estables en términos de recursos, entre los ríos Loa y Puripica al norte de los 23° S. Los hábitats menos estables al sur de esta latitud (salares de Atacama y Punta Negra) fueron abandonados. Las relaciones entre puntuación de recursos, densidad ocupacional y cambios climáticos pueden ser revisados a la luz de los ajustes de los patrones de circulación subtropical, tal como se ha advertido con nuestro conjunto de datos provenientes de la Puna de Atacama.

**81. RAMSAR. 2002. Resolución VIII.39 Los humedales altoandinos como sistema estratégico.**

Este documento corresponde a la Resolución VIII.39 de la Convención Ramsar, denominada: “Los humedales altoandinos como ecosistemas estratégicos”, en esta se establecen programas de acción específicos para los humedales alto andinos y cuencas que los alimentan para preservar Biodiversidad. Y como principal declaración se invita a las Partes Contratantes concernidas a establecer programas de acción específicos para los humedales altoandinos y las cuencas que alimentan, a fin de preservar su valiosa biodiversidad, su función como reguladores del agua y como espacio de vida de muchas comunidades locales y campesinas y pueblos indígenas; y las alienta a que para ello otorguen prioridad al examen de sus leyes, políticas e incentivos relacionados directa o indirectamente con los humedales altoandinos, y a que elaboren estrategias nacionales adicionales destinadas a asegurar su uso racional y conservación, debidamente integradas a sus Políticas Nacionales de Humedales, Estrategias Nacionales de Humedales y de Biodiversidad, Planes Nacionales de Desarrollo y otros instrumentos afines.

**82. RAMSAR. 2005. Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos (Ramsar COP9 DOC.26).**

Estrategia aprobada por Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú y Venezuela como marco para cooperación con proyección de 10 años (2005-2015) en ecosistema de páramo, jalca, puna y otros ecosistemas altoandinos de la convención de Ramsar.

**83. RAMSAR. 2013. La Lista de Humedales de Importancia Internacional (24 de Octubre de 2013)**

Este documento corresponde al listado actualizado a Octubre de 2013 de todos los sitios RAMSAR del mundo.

**84. RAMSAR. 2010a. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 1. Secretaria de la convención de Ramsar "Uso racional de los humedales: Conceptos y enfoques para el uso racional de los humedales."**

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

**85. RAMSAR. 2010b. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 15. Secretaria de la convención de Ramsar "Inventarios de humedales: Marco de Ramsar para el inventario de los humedales".**

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

**86. RAMSAR. 2010c. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 16. Secretaria de la convención de Ramsar "Evaluación del Impacto en humedales."**

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

**87. RAMSAR. 2010d. Manual Ramsar, 4ta edición, Vol. 18. Secretaria de la convención de Ramsar "Manejo de los humedales".**

Manuales Ramsar que sustituye la serie publicada en 2007 e incluye orientaciones de Conferencias de las Partes en reunión COP7 (1999), COP8 (2002), COP9 (2005) y COP10 (2008). Otros Manuales sobre los Lineamientos (8) y Manejo de agua (11), Inventarios (15), Evaluación e Impacto (16) y Manejo de Humedales (18).

**88. RAMSAR\_EHAA. 2008. Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA. Estrategia regional para la conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos (Gobierno de Ecuador y Chile, CONDENSAN y TNC-Chile).**

Este documento corresponde a la definición de la Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos que se define como un marco orientador para la cooperación regional entre los países involucrados, con una proyección de 10 años (2005-2015). Su propósito es la conservación y uso sostenible de los humedales y complejos de humedales en ecosistemas de páramo, jalca y puna, y otros ecosistemas altoandinos. Dichos humedales incluyen glaciares, lagos, lagunas, pastos húmedos, bofedales, mallines, vegas de altura, salares y turberas, ríos, arroyos y otros cuerpos de agua, definidos como humedales dentro de la clasificación de la Convención de Ramsar, incluyendo sus cuencas

de captación, que se encuentran en la Cordillera de los Andes y otros sistemas montañosos de América Latina. La estrategia propone de manera decidida la participación de los organismos gubernamentales nacionales y locales, las comunidades indígenas, campesinas y negras, el sector productivo, las organizaciones no gubernamentales e instituciones académicas y de investigación, en coordinación con instancias supranacionales como la Convención de Ramsar, el Convenio de la Diversidad Biológica (CDB), la Comunidad Andina de Naciones (CAN), la Corporación Andina de Fomento (CAF), el MERCOSUR, las organizaciones internacionales asociadas a la Convención de Ramsar, y las redes técnicas que trabajan en páramos y punas, entre otros actores interesados. Para su ejecución se requiere el compromiso de los gobiernos y una manifiesta voluntad política a fin de facilitar el intercambio de información y la construcción de capacidades destinadas a propiciar una gestión sostenible de los humedales altoandinos, de modo que éstos sean conservados y continúen proveyendo bienes y servicios indispensables, derivados de sus recursos hídricos y su biodiversidad, a millones de personas en esta región del mundo.

**89. RIDES. 2005. Bienestar humano y manejo sustentable en San Pedro de Atacama, Chile.**

Resumen Ejecutivo. Santiago, Chile: RIDES. En este informe se presenta una evaluación ecosistémica en la comuna de San Pedro de Atacama enmarcado en el proyecto denominado Evaluación Ecosistémica del Milenio. Este es un programa de trabajo internacional cuyo objetivo es evaluar en un período de cinco años (2001-2005) la capacidad de los ecosistemas para seguir proporcionando bienestar humano y vida en la tierra, programa fue creado por ONU, y es financiado por el Banco Mundial, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), Naciones Unidas, países donantes y fundaciones privadas. La finalidad principal fue contribuir a un manejo más sustentable de los ecosistemas de la comuna, de manera de informar a los principales actores, tanto del sector público, como privado y de la comunidad en general, acerca de los servicios que prestan los ecosistemas en la comuna y sobre cómo se está afectando la capacidad de los mismos para seguir brindando estos bienes y servicios. En primer lugar se definieron los principales bienes y servicios: recursos hídricos, minerales, ecoturismo, observación astronómica, actividad agrícola, y biodiversidad, esta última como elemento básico para los demás bienes y servicios. El grupo asesor estuvo conformado por representantes de los diversos sectores relevantes: comunidades indígenas atacameñas, servicios públicos comunales y regionales, empresas mineras, empresarios turísticos, la universidad regional, y la asociación de regantes de San Pedro.

**90. Risacher\_Alonso. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 2: evolución de las aguas.**

En este segundo volumen los autores definen las vías de formación de las distintas composiciones de oligoelementos presentes en cada tipo de agua, y explican las razones de su presencia. Las aguas de aporte más diluidas al Salar de Atacama drenan terrenos volcánicos. Las aguas de aporte más concentradas, que deben su elevada salinidad a la redisolución de antiguas evaporitas de la Cordillera de la Sal (Oligoceno-Mioceno), evolucionan desde el principio hacia la vía salina neutra. La total ausencia de salmueras básicas se debe a dos factores: redisolución del yeso de antiguas formaciones evaporíticas, lo que aporta un exceso de calcio en las aguas, y oxidación del azufre de las rocas volcánicas, lo que acidifica las aguas más diluidas. Ambos tipos de salmuera se encuentran

en el núcleo del salar. Las salmueras cálcicas se encuentran al oeste del núcleo y están relacionadas con las rocas sedimentarias de la Cordillera de Domeyko del oeste de la cuenca. Las salmueras sulfatadas, al este del núcleo, están relacionadas con las rocas volcánicas de la Cordillera de los Andes, al oriente de la cuenca. Se sugiere que estas salmueras no son soluciones residuales producto del desecamiento de un antiguo lago salado, sino que se formaron por evaporación a través de la costra de sal.

**91. Risacher\_et\_al. 2003. *The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical review.***

En esta publicación los autores realizan una descripción de la hidroquímica de salares y salmueras en cuerpos de agua del norte de Chile. Sales provenientes de océano y el polvo del desierto que soplan hacia el este sobre la cordillera, constituyen una fracción apreciable de la carga de solutos de las aguas de estos sistemas (contenido de sal < 0,1 g/l). La erosión de las rocas volcánicas contribuye la mayoría de los componentes del flujo de entrada del agua con contenido de sales de 0,1 a 0,6 g/l. Los lagos salinos y salmueras del subsuelo están bajo un régimen de estado estacionario. El tiempo de residencia medio de los componentes conservados oscila desde unos pocos años a algunos miles de años, lo cual indica una fuga permanente de las salmueras a través de los sedimentos del fondo hacia acuíferos. Las salmueras infiltrantes son recicladas en el sistema hidrológico donde se mezclan con las aguas meteóricas diluidas. Un alto flujo de calor es la fuerza motriz probable que mueve las aguas profundas en esta región del arco magmático. Por esto, los salares chilenos activos no pueden ser considerados como los lagos terminales ni, en rigor, los lagos de la cuenca como sistemas cerrados. Este estudio se basó en gran medida en los análisis de las aguas de flujo de entrada 354 y 227 aguas de los lagos salobres y salmueras de salares chilenos.

**92. Risacher\_et\_al. 1999a. *Gequímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen 1: Síntesis. (S.I.T. N° 51).***

La información contenida en este estudio técnico está relacionada con la composición química de las aguas afluentes a los salares, las aguas de las lagunas de los salares y las salmueras en las cuencas endorreicas de la II región. Se determina el origen y evolución de los componentes de las aguas y salmueras. La información que se entrega en este documento son: las principales características morfométricas y geomorfológicas, la composición de las principales aguas de aporte y el origen de los compuestos, las vías evolutivas y la relación con la geología, la calidad de las aguas superficiales y finalmente se realiza un balance hídrico anual para cada cuenca (con información contenida en otros estudios).

**93. Risacher\_et\_al. 1999b. *Gequímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Vol. 3. (S.I.T. N° 51).***

La información contenida en este estudio técnico está relacionada con la composición química de las aguas afluentes a los salares, las aguas de las lagunas de los salares y las salmueras en las cuencas endorreicas de la II región. Se determina el origen y evolución de los componentes de las aguas y salmueras. La información que se entrega en este documento son: las principales características morfométricas y geomorfológicas, la composición de las principales aguas de aporte y el origen de los compuestos, las vías

evolutivas y la relación con la geología, la calidad de las aguas superficiales y finalmente se realiza un balance hídrico anual para cada cuenca (con información contenida en otros estudios).

**94. Rivera\_Cruces. 2009. *Diatomeas (Bacillariophyceae) de zonas andinas del norte de Chile: nueva localidad geográfica para Halorundia speciosa (Hustedt) Díaz et Maidana.***

En esta publicación se reporta el primer hallazgo de *Halorundia speciosa* en una muestra recogida en el salar de Aguas Calientes, provincia de Loa, en el norte de Chile. Esta especie se restringe a las montañas de los Andes. También se dan comentarios acerca de sus características morfológicas y distribución geográfica en las zonas andinas del norte.

**95. Rodríguez. 2005. *Flamencos altoandinos Phoenicopterus andinus (Philippi, 1854), Phoenicopterus jamesi (Sclater, 1886) y Phoenicopterus chilensis (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile.***

En este informe se presentan resultados del trabajo que CONAF de la Región de Antofagasta ha realizado durante las últimas dos décadas, llevando a efecto acciones de conservación de las tres especies de flamencos en humedales altoandinos de Chile. Gracias a la articulación con los sectores privado minero, académico y las comunidades originarias, CONAF dispone para la totalidad de los ambientes utilizados por estas aves de información sobre abundancia en las estaciones de verano e invierno; estimaciones de la reproducción; información general y específica sobre la ecología, biología y conducta de estas aves; e investigaciones de vanguardia para el manejo de las especies y su hábitat. Los antecedentes compilados en este documento indican diversos estados de conservación para los tres flamencos: El Flamenco Andino o Parina Grande (*Phoenicopterus andinus*) es la especie que presenta la menor expresión poblacional e irregularidad en su reproducción. Se estima que su población global no supera los 40.000 individuos y utiliza casi exclusivamente los salares del territorio nacional para reproducirse. Entre los seis salares de nidificación y crianza registrados, el de mayor importancia corresponde al Salar de Atacama. El Flamenco de James o Parina Chica (*Phoenicopterus jamesi*), posee una población global estimada en torno a los 120.000 ejemplares. Sólo en cuatro salares del país se han registrado reproducciones de esta especie. Asociada a los Andes Centrales de América del Sur, el Flamenco Chileno posee una población estimada en torno a los 100.000 ejemplares. En siete salares del país se ha registrado reproducción, produciéndose un total de 47.459 polluelos de tres meses entre 1985 y 2005. La principal amenaza de estas especies corresponde a la alteración de hábitat por origen antrópico, en donde el turismo no controlado y la minería constituyen las actividades que en la actualidad condicionan en mayor grado el estado de conservación de estas especies. Sin embargo, la conservación actual de los flamencos también es consecuencia de la intensa extracción de huevos con fines comerciales registrada en la década de los 80, cuyo consumo tuvo cierta relevancia en centros urbanos y rurales principalmente de las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Esta amenaza en la actualidad se encuentra fuertemente controlada.

**96. Roman\_Valdovinos. 2001. *Una aproximación al estudio integral de la contaminación del Río Loa, II Región, Chile. Periodo Marzo 1997 - Febrero 2000.***

En esta publicación se muestra el efecto de episodios de contaminación durante 1997 y 2000 que han alterado la calidad las aguas del Río Loa. Además, se determinaron las variaciones espaciales y temporales de dicha contaminación. Para llevar a cabo el estudio, se establecieron estaciones de muestreos en diferentes sectores del río Loa y sus afluentes principales tomando en consideración las diferentes actividades que se desarrollan en su cuenca. Los muestreos fueron estacionales (verano, invierno y primavera). De acuerdo a los agentes químicos encontrados en distintos puntos del curso del río Loa y a sus concentraciones, se concluyó que el fenómeno correspondería a una contaminación de origen antropogénico, la cual es potenciada por el fenómeno natural de la crecida del río originada por las lluvias estivales del invierno altiplánico.

**97. Romero\_et\_al. 2012. Enfoque ecológico-social de la variabilidad climática, extracciones de agua y demandas territoriales en las cuencas del desierto de Atacama.**

En este trabajo se presentan en primer lugar, las características climáticas de macro y meso escala que determinan la escasez y alta variabilidad interanual de las precipitaciones en el Desierto de Atacama y las cuencas altiplánicas que lo bordean por el Este. Estos procesos alcanzan una relevancia aún mayor, tratándose del Desierto de Atacama y las cuencas altiplánicas que lo bordean por el Este, debido a que corresponde a uno de los paisajes más áridos del mundo, donde la marcada escasez de agua es interrumpida por años de abundantes precipitaciones, que provocan aluviones e inundaciones activando sus sistemas de cuencas con flujos superficiales y subterráneos. En una segunda sección se presentan cuencas seleccionadas, que localizan por un lado, grandes inversiones mineras, elevadas concentraciones de asentamientos indígenas, rurales y urbanos, y debido a ello, conflictos ecológico-sociales agudos causados por la propiedad y acceso a los recursos hídricos. En esta parte se presentan 4 zonas particularmente críticas. La primera de ellas se ubica al norte de la región e incluye a las cuencas de Salar de Ollagüe, Salar de Ascotán y cuenca alta del río Loa, donde se ubican 54 pozos, con una extracción total de 4.442 litros por segundo, muchos de los cuales, se localizan en “Áreas Prioritarias de Conservación de la Biodiversidad”. La mayoría de estas aducciones abastecen del recurso hídrico a la División Norte de la Corporación Nacional del Cobre (CODELCO). Otro sector crítico es la Cuenca Grande del Salar de Atacama, que además de comprender la cuenca homónima, incluye la del río San Pedro y el Llano de la Paciencia. Si bien la extracción de aguas subterráneas es menor, existe una gran intervención del Salar por parte de las mineras El Litio y SQM, causando un gran impacto visual. Además, se sospecha que las empresas hoteleras situadas en la localidad extraen grandes cantidades de agua para el mantenimiento de sus piscinas e instalaciones de lujo. Un tercer sector de alta complejidad, son las cuencas situadas en la Puna de Atacama, muchas de las cuales pertenecen a la Reserva Natural Los Flamencos. En este sector se pueden apreciar dos sitios relevantes, como son el conjunto de cincuenta y dos pozos de extracción de agua subterránea, que suman 2.387 litros por segundo y que son destinados a las faenas mineras de Zaldívar y La Escondida. Esta área constituye además una gran extensión de Zonas Sensibles por Cambio Climático. Según esta última clasificación, realizada de acuerdo con el estudio elaborado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile en el año 2006, en las próximas décadas se espera un aumento significativo de la temperatura y una disminución igualmente importante de las precipitaciones, lo cual, sumado a la extracción de aguas subterráneas, se constituye en una amenaza sustancial para la subsistencia de los ecosistemas de la zona. El último sector crítico corresponde a la cuenca del Salar Punta

Negra, en la que se localiza el Parque Nacional Lluillallaco y del cual se extraen 1.211 litros por segundo, que pertenecen exclusivamente al yacimiento La Escondida.

En una tercera sección, se analizan las estrategias de adaptación ante la variabilidad climática e irregularidad de la disposición de agua, que han seguido las grandes compañías mineras y las comunidades indígenas, en un contexto de privatización de los derechos de acceso al agua, concluyéndose con algunos pronósticos que exigen evaluaciones ambientales estratégicas.

#### **98. SAG. 2005. Descripción vegetacional del Salar del Huasco, I Región de Tarapaca, Chile.**

En este estudio se caracterizó el estado actual de la vegetación de humedales asociada al Salar del Huasco y se propuso un monitoreo mediante la detección de formaciones vegetacionales críticas, para lo cual se detectó, delimitó y describieron las diferentes formaciones vegetacionales que actualmente se desarrollan en los bordes del Salar. Para llevar esto a cabo se recopiló la información vegetacional y taxonómica existente para la flora local (imágenes Quick Bird), luego se realizó la interpretación y análisis de las imágenes, de forma de detectar y delimitar las unidades vegetacionales existentes en el área, lo cual se realizó en dos etapas o niveles de detalle. A continuación se calculó el índice de vegetación (NDVI), realizando luego una clasificación asistida. De esta manera mediante la clasificación digital y la información de terreno disponible se estableció siete clases o capas de información de acuerdo con la escala de valores definidas para el índice de vegetación del área. Una vez asignada la información cartográfica en cada una de las zonas ambientales para cada una de las clases presentes, se intersectó la capa de zonas ambientales (con la información cartográfica) y la capa de unidades obtenida digitalmente extrapolando así la información a cada una de las unidades de esta última capa.

#### **99. SAG. 2006a. Conceptos y criterios para evaluación ambiental de humedales.**

En este informe se presenta una extensa guía para evaluación de humedales. En primer lugar se describen ampliamente las características estructurales y funcionales, se identifican las variables importantes (de estado) en el comportamiento interno. Se pone énfasis también en el rol de las perturbaciones al interior de estos sistemas y en el impacto en cada uno de los componentes. También se presentan los aspectos necesarios a considerar en el Diseño conceptual de los sistemas de alerta temprana. Luego se describen distintos tipos de humedales: Humedales en Cuencas Exorreicas Costeras, Ríos en Cuencas Exorreicas Andinas, Lagos en Cuencas Exorreicas Andinas, Bofedales y Vegas en Cuencas Endorreicas. Se describen haciendo referencia a sus propiedades fundamentales, variables de estado, factores forzantes, métodos de seguimiento ambiental, criterios y umbrales, sistemas de alerta y medidas de mitigación. El estudio concluye con una propuesta de Programa de Vigilancia Ambiental.

#### **100. SAG. 2006b. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano chileno I, II y III Regiones. Informe 2.**

Resultados correspondientes a detección, delimitación y caracterización en terreno y propuesta de clasificación de formación azonal que se encuentra en los humedales altoandinos de las Primera, Segunda y Tercera regiones en el norte de Chile.

**101. SAG. 2007. Estudio de los sistemas vegetacionales azonales hídricos del altiplano. Informe Final.**

El presente informe corresponde a los resultados finales obtenidos durante las tres primeras etapas del “Estudio de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos del Altiplano”, que corresponde a la detección, delimitación y caracterización en terreno y propuesta de clasificación de las formaciones azonales que actualmente se desarrollan en el altiplano chileno, el que comprende la ecorregión que abarca la porción altoandina de las regiones Primera, Segunda y Tercera en la zona norte de Chile. Para cumplir con este objetivo, se generó material cartográfico en base a la interpretación de imágenes satelitales Landsat, Aster y otras de mayor resolución, se realizaron también líneas bases de composición florística de vegas y bofedales de mayor relevancia en el área de estudio, se propusieron criterios de clasificación de los ecosistemas húmedos altoandinos. Además, se identificaron los elementos críticos y se propuso planes de seguimiento de dinámica de cambio de la vegetación. Toda la información obtenida se complementó con información tomada en terreno.

**102. Salas\_et\_al. 2010. Hidrogeología del sistema lagunar del margen este del Salar de Atacama (Chile).**

En esta publicación se presenta un modelo conceptual hidrogeológico del sistema lagunar del borde oriente del salar de Atacama, utilizando datos climáticos, geológicos y geomorfológicos, piezométricos, químicos e isotópicos. Se presenta también las vías evolutivas de los constituyentes del agua y los procesos que actúan sobre la composición del agua. Además, se relaciona con la caracterización hidrogeológica de los suelos (presencia de niveles de baja permeabilidad en el subsuelo).

**103. Squeo\_et\_al. 1998. Biodiversidad de la Flora vascular de la región de Antofagasta, Chile.**

En esta publicación científica los autores determinaron las áreas de máxima biodiversidad de la II Región de Antofagasta mediante criterios de riqueza taxonómica (especie, género y familia) y endemismos en base a información florística de 8.784 de la base de datos integrada de la Flora de la II Región de Chile (versión julio 1998). Dentro de la base de datos, se recopiló diversa información en relación a cada especie (endémica, nativas o adventicia; forma de vida: anual, bianual, hierba perenne, subarbusto, arbusto y árbol). Las áreas de mayor biodiversidad regional fueron localizadas en la zona costera, seguidas en importancia por las formaciones de prepuna y puna al norte de esta Región. En comparación a Chile Central, el Desierto Costero de Taltal, la formación vegetal con mayor biodiversidad en la Región de Antofagasta posee cerca del 70% de las especies que se esperaban para su área. También fueron las formaciones vegetacionales costeras las que presentaron el mayor porcentaje de especies endémicas para Chile. El Desierto Estepario de las Sierras Costeras (60,5% de especies endémicas) superó el valor de endemismo para la flora de Chile (50%), mientras las formaciones vegetacionales de los Desierto Costero de Taltal y Tocopilla estuvieron alrededor del 50%. Poco más de dos tercios de la flora regional se encontraría dentro del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado chileno (SNASPE). Sin embargo, las dos principales unidades del SNASPE se localizan en la zona andina, mientras la formación Desierto Costero de Taltal sólo está protegida legalmente en un 4,5% de su superficie. Esta situación podría cambiar si se incorporan los

300 km<sup>2</sup> del proyecto Reserva Nacional Pajón. El Desierto Estepario de las Sierras Costeras sólo está marginalmente representado dentro del SNASPE en la Región.

**104. Squeo\_et\_al. 2006. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes.**

En esta publicación los autores realizan una revisión de las turberas de alta montaña (bofedales) situados en la estepa árida de los Andes centrales. Describen los bofedales en el norte de Chile como los humedales que están presentes en la parte más árida de su rango de habitabilidad. Las principales especies de plantas responsables de la formación de turba corresponden a miembros de Juncaceae. El agua fresca y medianamente salina de los bofedales proviene de agua subterránea asociada a riachuelos proveniente de glaciares, derretimiento de nieve y lluvia. Investigaciones paleoecológicas sugieren que algunos bofedales son integrantes recientes del paisaje, habiéndose desarrollado durante los últimos tres mil años o menos. Estos bofedales son entidades únicas, extremadamente frágiles por su dependencia del agua, sensibles a los cambios climáticos y vulnerables a la alteración humana tal como la actividad minera en la región. Finalmente, se sugiere más trabajo para desarrollar programas de manejo y conservación, con bases científicas, de las plantas y animales que viven en ellos, y para asegurar la capacidad futura de pastoreo de la cual dependen los pueblos indígenas.

**105. Teiller\_Becerra. 2003. Flora y Vegetación del Salar de Ascotan, Andes del Norte de Chile.**

En este trabajo se caracterizó la flora y la vegetación del salar de Ascotán, situado en la Cordillera de los Andes de la Región de Antofagasta (II), al nororiente de la ciudad de Calama (21°29' S, 68°19'W) a una elevación de 3.800 m.s.n.m. El área del estudio fue visitada varias veces entre los años 1993 y 1998. El registro de la flora que forma la vegetación del salar (flora azonal) y de las laderas aledañas al salar (flora zonal) se estableció mediante rastreos intensivos en cada sector. Para cada levantamiento se registró la composición de las especies de plantas vasculares y el porcentaje de cobertura para cada una por medio de estimación visual. Para caracterizar los espectros de formas de vida de las laderas aledañas al salar, del salar y de las unidades vegetacionales de éste, se asignó a cada especie registrada una forma de vida según Raunkiaer (1934). Los espectros del salar y flora zonal se determinaron sólo con el número y porcentaje de especies por forma de vida, mientras que los espectros de las unidades de vegetación se establecieron, además, por la cobertura total de las especies de cada forma de vida. Los resultados mostraron que la flora del salar, estuvo compuesta por 21 especies, y fue completamente diferente de la flora aledaña a él. También difirieron los espectros de formas de vida del salar, dominado por hemicriptófitas (hierbas perennes), con la vegetación que lo rodea, dominada por nanofanerófitas (arbustos). En el salar se encontraron dos unidades de vegetación diferenciadas a partir por la composición de especies. Ambas unidades difirieron, tanto en su flora como en sus espectros biológicos. Se propusieron factores edáficos para explicar las diferencias vegetacionales entre el salar y sus alrededores, como la presencia de dos unidades vegetacionales dentro del salar.

**106. Teillier. 1998. Flora y vegetación alto-andina del área de Collaguasi-salar de Coposa, Andes del norte de Chile.**

Determinación de la riqueza específica y fitogeografía de relaciones de flora-vegetación del área de Collaguasi-Salar de Coposa. Incluye listado de las especies con su distribución latitudinal y endemismo.

**107. Villagran\_et\_al. 1981. Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in Northern Chile.**

Análisis fitosociológico y gradientes altitudinales de la vegetación desde cerro Turi (3100 m) a cerro León (4250 m) en norte de Chile.

**108. Zúñiga\_et\_al. 1991. A limnological reconnaissance of Lake Tebenquiche, Salar de Atacama, Chile.**

Las características biológicas y químicas del lago Tebenquiche, situado en el interior del salar. Químicamente, Tebenquiche es hipersalina, con aguas anóxicas prácticamente dominado por el sodio y cloruro iones, pero con altas concentraciones de sulfato también. El lago está dominado por macrófitas especialmente por *Scirpus olmeyi* y *Juncus*, que proporcionan material orgánico para la formación de bacterias. La fauna de crustáceos limnéticos esta conformado casi exclusivamente por *Artemia salina*. Los géneros más importante de bacterias son: *Marinomonas*, *Halobacterium*, *Acinetobacter* y los azufre reductores *Vibrio* y *Bacillus*. Las cianobacterias están representados exclusivamente por *Oscillatoria*.

## 2.2 CATASTRO DE INFORMACIÓN

En este capítulo se describe el catastro de información realizado, el cual ha sido montado sobre una plataforma SIG, que se adjunta en formato digital a este informe. La información que se presenta corresponde a información sobre: topografía, red hídrica y cuerpos de agua, cobertura vegetal, áreas protegidas, estaciones fluviométricas de calidad de aguas y meteorológicas y, ubicación de los derechos de agua y actividades productivas. La información es separada según corresponda al sector público o al sector privado. Además, al final de la sección se detallan los planes de seguimiento ambiental de humedales altoandinos realizados por privados (con o sin RCA).

### 2.2.1 Objetivos

#### Objetivo general

El objetivo principal a cumplir corresponde a la generación de un catastro de información ambiental sobre una plataforma SIG, el cual facilite el diagnóstico y análisis global de los humedales altoandinos de la región de Antofagasta.

#### Objetivos específicos

1. Recopilar la información disponible relacionada con los planes de seguimiento del sector público, relacionado con geomorfología, meteorología, hidrología, hidrogeología, flora y vegetación, biota acuática y fauna terrestre.
2. Recopilar la información disponible relacionada con los planes de seguimiento del sector privado, relacionado con geomorfología, meteorología, hidrología, hidrogeología, flora y vegetación, biota acuática y fauna terrestre.
3. Recopilar la información disponible relacionada con la información de derechos de agua otorgados, superficiales y subterráneos, consuntivos y no consuntivos. Además de identificar los derechos de agua actualmente operativos dentro de la zona de estudio.

## 2.2.2 Derechos de agua

Con el objetivo de conocer las demandas hídricas, se solicitó información directa a la oficina regional de la DGA y vía Ley de Transparencia a la Dirección General de Aguas (DGA), de los derechos de agua otorgados, superficiales y subterráneos, consuntivos y no consuntivos, con sus caudales y sus coordenadas de extracción.

A partir de esta información, se seleccionaron aquellos derechos que estuvieran sobre los 2.000 m.s.n.m, cruzándolos con la información de patentes de no aprovechamiento de agua para el periodo 2013-2014, logrando identificar el estado del derecho (Operativo, Parcialmente Activo e Inactivo).

A continuación, se presentan los resultados del catastro y el análisis de los derechos subterráneos y superficiales, consuntivos y no consuntivos, presentes en la zona de estudio (>2.000 m.s.n.m.).

### 2.2.2.1 Derechos de agua superficiales

El análisis de los derechos superficiales se enfocó en dos puntos: el primero, la selección de los derechos superficiales sobre los 2.000 m.s.n.m; y el segundo, la revisión de los derechos que cuentan con patente por no utilización del agua.

La revisión de la información sobre derechos de agua superficiales entregada a través de Ley de Transparencia (DGA) y patentes de no aprovechamiento de agua, arrojó que 149 derechos superaban los 2.000 m.s.n.m, De estos, los titulares Sendos y Minera Escondida, presentaban patentes de no aprovechamiento para el periodo 2013 -2014, con 800 y 132 litros por segundo (l/s), según las resoluciones DGA N°214 del 13/06/1986 y N° 76 del 15/03/1992, respectivamente. Un aspecto importante que se evidenció en la revisión de la documentación, fue la falta de información en aspectos como: resoluciones, códigos de expediente y coordenadas de algunos derechos. La falta de información se debe a no contar con respuesta sobre ella por parte de la DGA, lo cual se cree es debido a que estos registros o documentación están asociados a derechos de larga data y sin respaldo físico.

A modo de resumir la información analizada, se presenta en la Tabla 2.1 un ranking con los treinta titulares con mayor caudal otorgado en la zona de estudio, contrarrestados con el caudal total patentado. Cabe señalar que la información en detalle, se adjunta en el anexo digital, sección b\_actores públicos.

**Tabla 2.1.** Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos de agua superficiales en la zona de estudio.

Nº Ranking	Titular	Caudal Inactivo (Total Patentado)	Caudal Operativo	Total Caudal Otorgado
1	Sendos	800	1511,37	<b>2311,37</b>
2	C.Atac. R.Grande y Asoc.reg. y agric. de San Pedro	0	1157,00	<b>1157,00</b>
3	Comunidad Atacameña de Toconao	0	330,00	<b>330,00</b>
4	Ferrocarril Antofagasta a Bolivia	0	294,38	<b>294,38</b>
5	As. Atacameña de Regantes y Agric., Río Vilama	0	221,00	<b>221,00</b>
6	Juan Trecaman Trecaman	0	201,70	<b>201,70</b>
7	Comunidad Atacameña de Talabre	0	181,30	<b>181,30</b>
8	Comunidad Atacameña de Ayquina Turi	0	164,70	<b>164,70</b>
9	Comunidad Atacameña de Socaire	0	155,33	<b>155,33</b>
10	Minera Escondida Limitada	132,5	0,00	<b>132,50</b>
11	As. Atacameña de Regantes y Agric., Aguas Blancas	0	110,00	<b>110,00</b>
12	Comunidad Atacameña de Toconce	0	100,00	<b>100,00</b>
13	Prelatura de Calama	0	85,00	<b>85,00</b>
14	Comunidad Atacameña de Peine	0	65,60	<b>65,60</b>
15	Agricultores Pueblo de Caspana	0	65,00	<b>65,00</b>
16	As. Atacameña de Regantes y Agric. Toconao	0	60,00	<b>60,00</b>
17	Lucila Menanteau	0	45,00	<b>45,00</b>
18	Comunidad Atacameña de Caspana	0	42,60	<b>42,60</b>
19	Codelco	0	41,00	<b>41,00</b>
20	Benjamín Gómez Mamani	0	30,00	<b>30,00</b>
21	Comunidad Quechua de Ollagüe	0	29,00	<b>29,00</b>
22	Comunidad Atacameña de Camar	0	26,60	<b>26,60</b>
23	Usuarios y Agric., Valle de Zapar	0	20,00	<b>20,00</b>
24	Explora S.A.	0	18,00	<b>18,00</b>
25	María Amunategui Spacek	0	17,00	<b>17,00</b>
26	Comunidad Atacameña de Cupo	0	17,00	<b>17,00</b>
27	Comunidad Atacameña de Machuca	0	13,80	<b>13,80</b>
28	As. Atacameña de Regantes y Agric., de Soncor	0	12,30	<b>12,30</b>
29	Agricultores de Toconao	0	10,00	<b>10,00</b>
30	Matias Villada Palacios	0	10,00	<b>10,00</b>

A continuación, en la Figura 2.1 se presenta la distribución de los derechos superficiales otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.

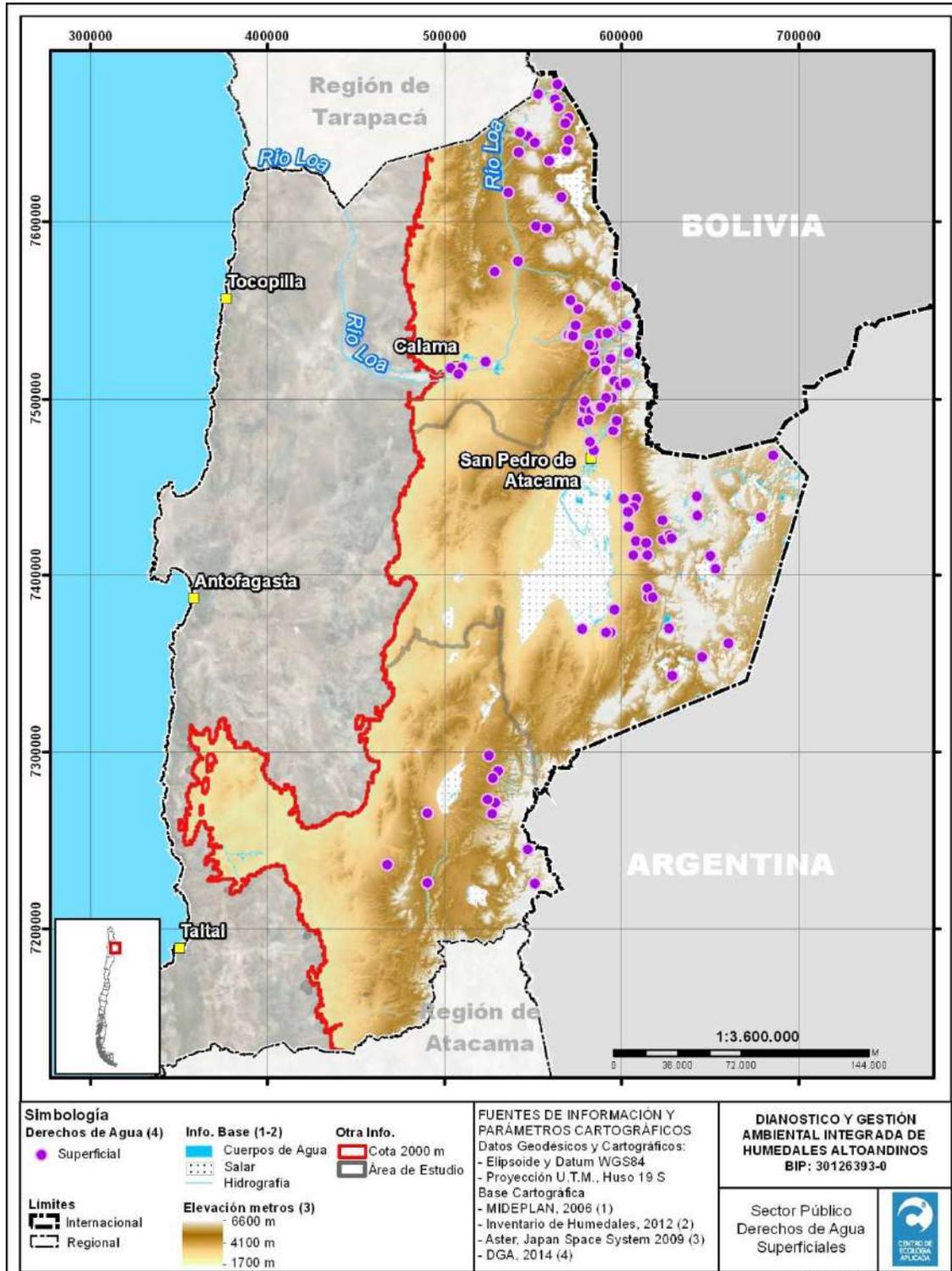


Figura 2.1. Distribución de derechos de agua superficiales, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.

### 2.2.2.2 Derechos de agua subterráneos

Al igual que en el punto anterior, los derechos de agua subterráneos fueron contrarrestados tanto en criterios geográficos (sobre 2.000 m.s.n.m.), como en el pago de patentes.

El análisis de la información adquirida (transparencia DGA) permitió identificar 394 derechos de agua subterráneos sobre los 2.000 m.s.n.m. De estos el 58% presentan una condición de derecho operativo, 20% son derechos parcialmente activos (pagan una parte del caudal otorgado), y un 18% presentan condición de inactividad. El 4% restante corresponde a derechos que están en condición de revisión, ya que el pago de patente correspondiente a la resolución N° 169 del 03/05/1985 perteneciente a Minera Escondida (87 l/s), supera a la sumatoria (63 l/s) de los derechos constituidos para aquella resolución en la información adquirida vía transparencia. Esta situación se ha consultado a DGA, encontrándose a la fecha en estado de solicitud.

Paralelamente, se identificó que el caudal total patentado (no aprovechamiento de agua) en la región corresponde a 5.570,84 l/s, de los cuales 5.373 l/s se encuentra en la zona de estudio. El detalle del caudal patentado se presenta en la Tabla 2.2, donde se se detalla a partir de un ranking de titulares, el caudal total otorgado contrarrestado con el caudal total patentado.

El detalle de la situación global de los derechos subterráneos se adjunta en el anexo digital, sección b\_actores públicos.

**Tabla 2.2.** Ranking de titulares, según sumatoria de caudal otorgado, asociados a derechos subterráneos en la zona de estudio.

Nº Ranking	Titular	Caudal Inactivo (Total Patentado)	Caudal Operativo	Total Caudal Otorgado
1	Codelco	1751,00	3420,00	<b>5171,00</b>
2	Minera Escondida Limitada	324,20	3509,89	<b>3834,09</b>
3	Exploraciones Mundo S.A	1022,00	5,00	<b>1027,00</b>
4	Minera Leonor	300,00	294,80	<b>594,80</b>
5	El Abra	465,00	109,00	<b>574,00</b>
6	Minera Zaldivar	73,00	446,15	<b>519,15</b>
7	Minera Spence S.A.	450,00	0,00	<b>450,00</b>
8	Aguas Amarilla Ltda	352,00	0,00	<b>352,00</b>
9	Aguas de La Sierra	319,00	0,00	<b>319,00</b>
10	SQM Salar S.A.	0,00	242,00	<b>242,00</b>
11	Exploraciones San Pedro	150,00	0,00	<b>150,00</b>
12	Cía. Minera Quebrada Blanca	120,30	0,00	<b>120,30</b>
13	Fisco-Ejército de Chile	0,00	60,00	<b>60,00</b>
14	Comunidades Atacameñas	0,00	45,00	<b>45,00</b>
15	Comité APR San Pedro de Atacama	0,00	40,00	<b>40,00</b>
16	Obras Públicas	0,00	40,00	<b>40,00</b>
17	Xstrata Lomas Bayas	0,00	35,00	<b>35,00</b>
18	Inv. Aqualama Ltda	0,00	31,00	<b>31,00</b>
19	Inversiones Arlequín Ltda	30,00	0,00	<b>30,00</b>
20	Antofagasta Minerals	16,50	0,00	<b>16,50</b>
21	Leasing Andino S.A.	0,00	15,00	<b>15,00</b>
22	Soc. Chilena del Litio	0,00	15,00	<b>15,00</b>
23	Minera Meridian	0,00	14,80	<b>14,80</b>
24	Guanaco Cía.Minera Ltda	0,00	16,46	<b>16,46</b>
25	ESSAN S.A.	0,00	6,00	<b>6,00</b>
26	Cía. Minera Providencia	0,00	5,00	<b>5,00</b>
27	Walter Romang	0,00	4,80	<b>4,80</b>
28	Alto Atacama S.A.	0,00	4,00	<b>4,00</b>
29	Sta. Adriana Limitada	0,00	4,00	<b>4,00</b>
30	Tomás Poblete Alay	0,00	3,80	<b>3,80</b>

A continuación, en la Figura 2.2 se presenta la distribución de derechos de agua subterráneos otorgados en la zona de estudio.

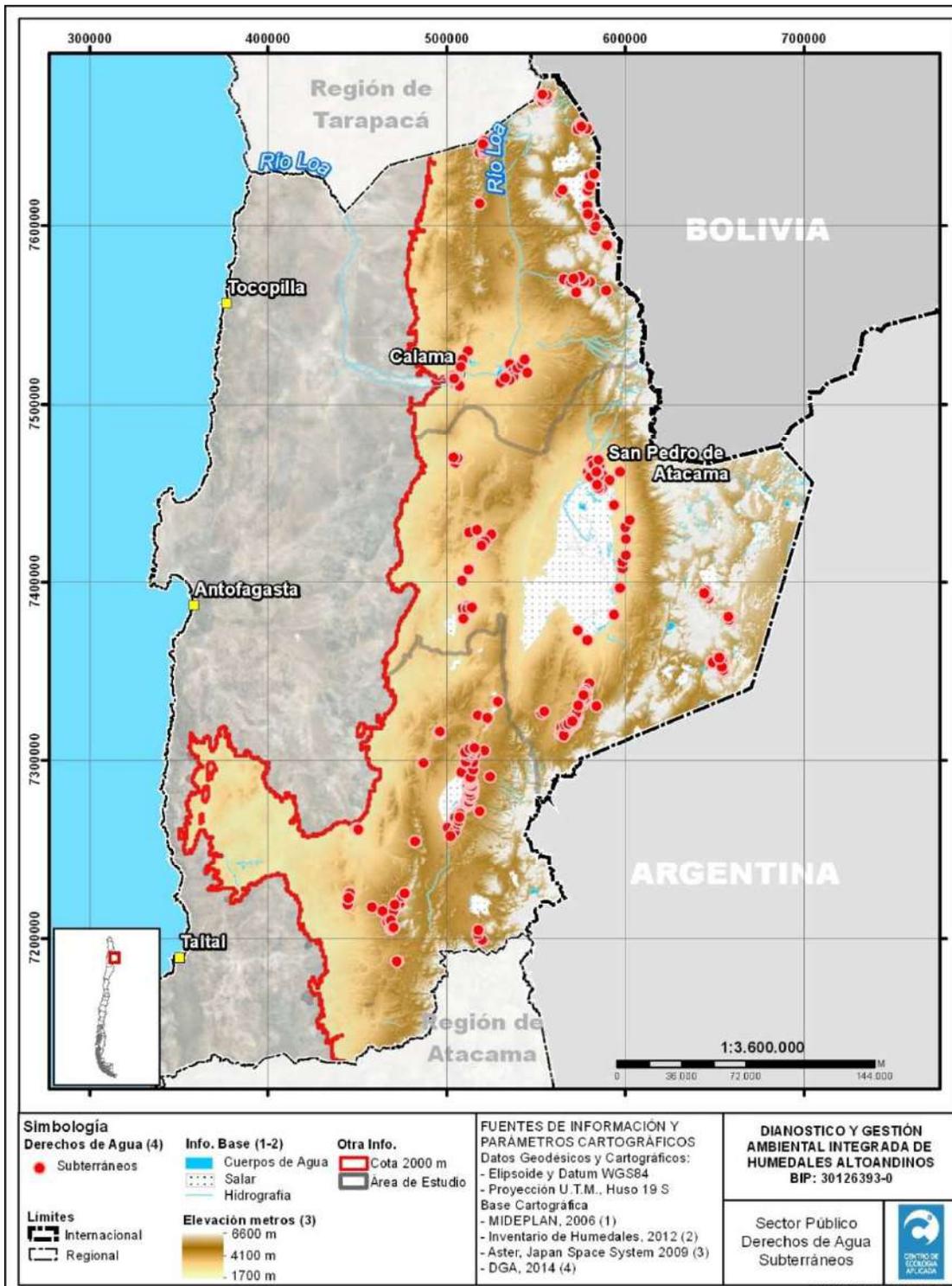


Figura 2.2. Distribución de derechos de agua subterráneos, otorgados sobre los 2.000 m.s.n.m.

### 2.2.3 Planes de seguimiento sector público

Con el fin de caracterizar y sistematizar la información levantada por los distintos organismos estatales, se orientó la recopilación de información en los siguientes tópicos: Geomorfología, Meteorología, Calidad de Agua, Hidrología, Hidrogeología y Flora y Vegetación. A continuación se presenta una síntesis de la información recopilada.

#### 2.2.3.1 Geomorfología

La sistematización de la información relacionada a geología y geomorfología, está orientada a partir de la cotización de todas las cartas geológicas dispuesta en la plataforma E-MAPS de SERNAGEOMIN. De acuerdo a este catalogo se discriminó por extensión territorial y escala, seleccionando las cartografías geológicas de escala 1:250.000, ya que cumplían con la mayor superficie abarcada.

A continuación, en la Tabla 2.3, se presenta el listado de cartas geológicas seleccionadas, junto con esto, se detalla en la Figura 2.3, la cobertura territorial de las mismas. Como anexo digital, se adjuntan las cartas geológicas seleccionadas.

**Tabla 2.3.** Listado de cartografías geológicas, seleccionadas para el estudio.

ID	Nombre Cartografía	Escala 1:	Tipo	Código	Año	Ubicación
4	Hoja Antofagasta : región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1735	1978	E-Maps
9	Geología y yacimientos metalíferos de la región Antofagasta	250.000	Análoga	6-13-PROD-1780	1990	E-Maps
16	Geología de la hoja Toconao : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1824	1982	E-Maps
17	Geología de la hoja Ollagüe : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1826	1981	E-Maps
18	Hoja Calama : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1829	1984	E-Maps
20	Hoja Aguas Blancas : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1834	1995	E-Maps
21	Hojas Taltal y Chañaral : Regiones de Antofagasta y Atacama	250.000	Análoga	2-2-PROD-1838	1984	E-Maps
24	Geología de la hoja Quillagua : Región de Antofagasta	250.000	Análoga	2-2-PROD-1842	1981	E-Maps
65	Avance geológico, Hoja Tocopilla, Región de Antofagasta. 1978. Ferraris, F. 32 p., 1	250.000	Análoga	s/c	1985	Biblioteca

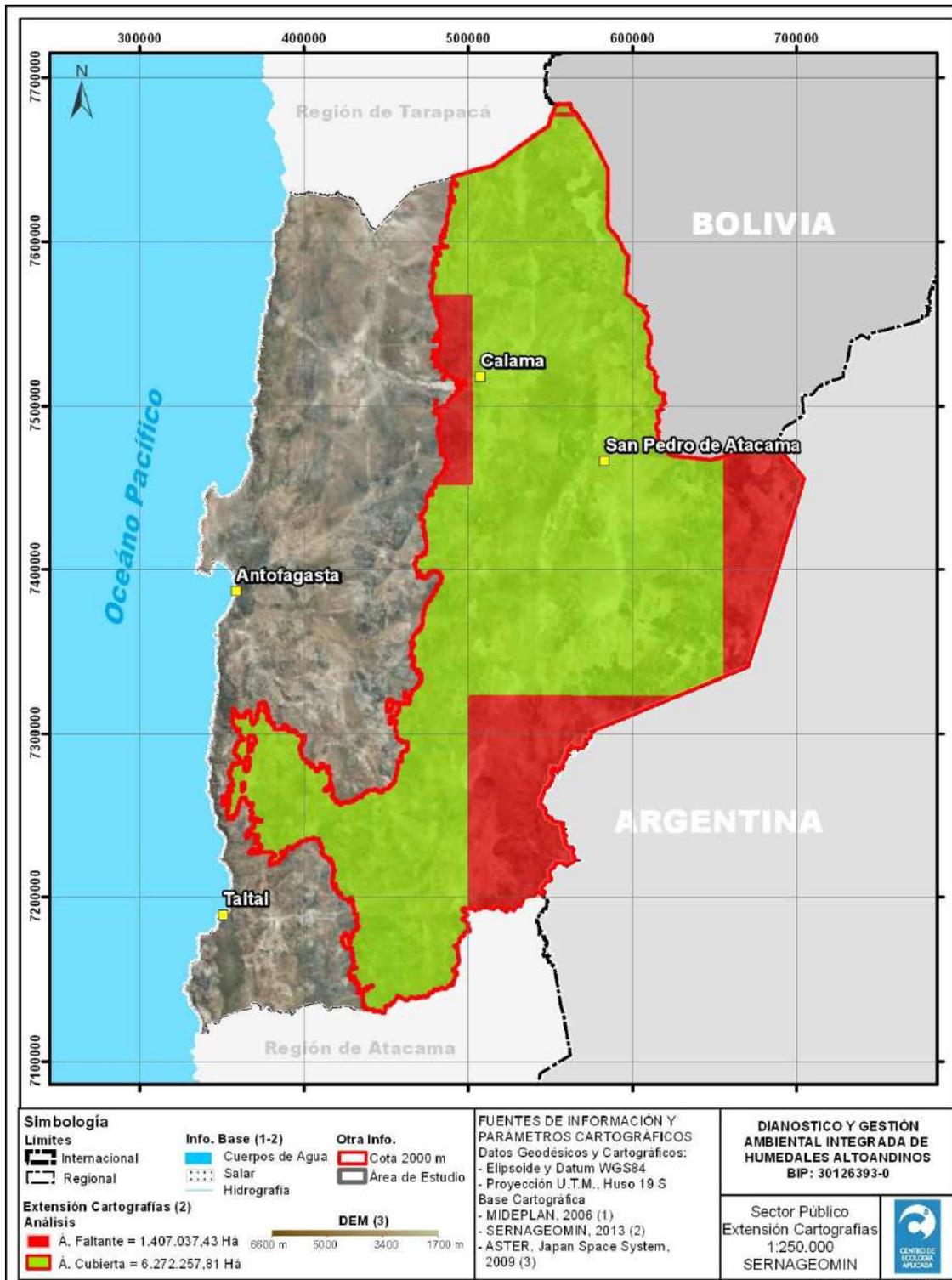


Figura 2.3. Cobertura territorial de las cartografías geológicas seleccionadas.

### 2.2.3.2 Meteorología

La información relacionada al componente meteorológico, se sistematizó a partir de información entregada por la Dirección General de Aguas (DGA) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), dependiente del Ministerio de Agricultura. Se consultó, tanto por el sistema de Transparencia como vía Web, la información sobre todas las variables medidas por sus estaciones, sin importar el estado de medición de estas. La información recopilada sobre las variables meteorológicas, se detalla en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** Variables meteorológicas consultadas.

Organismo	Variable	Codificación	Unidad
DGA	Precipitación diaria	<b>Ppd</b>	mm
	Temperaturas diarias Extremas	<b>TdE</b>	°C
	Temperaturas diarias en horas Sinópticas	<b>TdhS</b>	°C
	Humedad Relativa diaria Extrema	<b>HRdE</b>	%
	Humedad Relativa diaria en horas Sinópticas	<b>HRdhS</b>	%
	Evaporación y recorrido del Viento diario	<b>ERVd</b>	mm - km
	Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas	<b>VDVdhS</b>	km/hr
	Velocidad media diaria del Viento	<b>VmdV</b>	km/hr
	Horas de Sol diaria	<b>HSd</b>	Hrs
	Nubosidad diaria en horas Sinópticas	<b>NdhS</b>	-
	Evaporación diaria	<b>Ed</b>	mm
INIA	Dirección del Viento	<b>DV</b>	Moda
	Humedad Relativa	<b>HR</b>	%
	Precipitación Acumulada	<b>PA</b>	mm
	Radiación Solar	<b>RS</b>	W/m <sup>2</sup>
	Temperatura del Aire	<b>TA</b>	°C
	Temperatura del Superficial	<b>TS</b>	°C
	Temperatura del Suelo a 10 cm	<b>TSI</b>	°C
	Velocidad del Viento Horario	<b>VV</b>	km/hr

De la información sistematizada, se desprende que la DGA cuenta con 42 estaciones de medición, de las cuales a la fecha, 29 están vigentes y 13 suspendidas. En el caso de las estaciones de medición INIA, estas suman 7 y todas están vigentes.

El resultado de la sistematización, agrupó la totalidad de variables por estación DGA, añadiendo la componente hidrológica y de calidad de agua, a la ya mencionada. Esta situación, se explica ya que hay estaciones que presentan medición en todas las variables. Esta documentación se entrega en el anexo digital, en la Sección b\_actores públicos, y se codifica por código BNA (DGA).

A continuación se presentan las características generales de las estaciones meteorológicas por organismo.

**Tabla 2.5.** Estaciones Meteorológicas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID MT	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
MT - 2	02105031-8	AMINCHA	568562	7655483	3860	S	OLLAGUE	1/11/78	27/1/10
MT - 4	02020002-2	ASCOTAN	574925	7597374	3970	V	OLLAGUE	1/8/74	
MT - 5	02105018-0	AYQUINA	570229	7536512	3031	V	CALAMA	1/9/67	
MT - 7	02810001-9	CACHINAL DE LA SIERRA	447507	7239220	2640	S	TALTAL	1/11/86	23/11/06
MT - 8	02110013-7	CALAMA	509832	7517389	2300	V	CALAMA	1/8/63	
MT - 9	02500017-K	CAMAR	605954	7411015	2700	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/79	
MT - 10	02105021-0	CASPANA	581126	7529664	3260	S	CALAMA	1/1/71	30/4/12
MT - 11	02020001-4	CEBOLLAR	568495	7618895	3730	S	OLLAGUE	1/12/69	30/4/12
MT - 12	02104010-K	CHIU-CHIU	537415	7529707	2524	V	CALAMA	1/8/74	
MT - 13	02104008-8	CONCHI EMBALSE	538788	7564326	3010	V	CALAMA	1/9/67	
MT - 14	02104009-6	CONCHI MURO EMBALSE	539132	7564141	3000	S	CALAMA	1/2/78	27/1/10
MT - 15	02104007-K	CONCHI VIEJO	528511	7572650	3491	V	CALAMA	1/7/73	
MT - 17	02105014-8	CUPO	570481	7554284	3370	V	CALAMA	1/11/78	
MT - 18	02105022-9	EL TATIO	601585	7525730	4370	V	CALAMA	1/6/77	
MT - 19	02640001-5	IMILAC	522066	7327668	3000	S	ANTOFAGASTA	1/11/72	23/11/06
MT - 20	02103010-4	INACALIRI	596385	7563772	4040	V	CALAMA	1/1/69	
MT - 21	02101003-0	LEQUENA	535065	7605259	3320	V	CALAMA	1/11/73	
MT - 22	02105016-4	LINZOR	600714	7541388	4100	V	CALAMA	1/11/73	
MT - 23	02660001-4	MONTURAQUI	557288	7307823	3430	S	ANTOFAGASTA	1/11/74	13/12/10
MT - 24	02103009-0	OJOS SAN PEDRO	570954	7570241	3800	V	CALAMA	1/3/69	
MT - 25	02000001-5	OLLAGUE	577892	7652920	3700	V	OLLAGUE	1/11/71	
MT - 26	02103008-2	PARSHALL N 2	549826	7573397	3318	V	CALAMA	1/2/69	

ID MT	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
MT - 27	02500020-K	PEINE	596045	7380388	2460	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/11/74	
MT - 29	02102005-2	QUINCHAMALE	541690	7577571	3080	V	CALAMA	1/1/95	
MT - 30	02510007-7	RIO GRANDE	585709	7494705	3250	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/77	
MT - 31	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	3315	V	CALAMA	1/12/67	
MT - 32	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	
MT - 33	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	3080	V	CALAMA	1/12/75	
MT - 34	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	
MT - 35	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	600440	7565684	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
MT - 36	02105020-2	SALADO EMBALSE	582129	7535316	3200	V	CALAMA	1/10/75	
MT - 37	02510006-9	SAN PEDRO DE ATACAMA	582019	7466710	2450	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/9/58	
MT - 38	02103007-4	SAN PEDRO DE CONCHI	547879	7574448	3217	S	CALAMA	1/2/70	13/12/10
MT - 41	02105019-9	SIFON AYQUINA	566991	7535635	3000	S	CALAMA	1/6/75	23/11/06
MT - 42	02103012-0	SILALA	600236	7565285	4305	V	OLLAGUE	1/1/00	
MT - 43	02500019-6	SOCAIRE	613011	7391031	3251	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/8/74	
MT - 45	02500021-8	TALABRE	613727	7421415	3300	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/95	
MT - 46	02500016-1	TOCONAO EXPERIMENTAL	602573	7435183	2500	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/11/75	30/4/12
MT - 47	02500015-3	TOCONAO RETEN	601376	7434668	2460	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/8/74	23/11/06
MT - 48	02105017-2	TOCONCE	585178	7538221	3310	V	CALAMA	1/3/72	
MT - 51	02105015-6	TURI	573367	7540311	3070	S	CALAMA	1/6/80	30/4/12
MT - 52	02941001-1	VAQUILLAS	469963	7191149	3250	S	TALTAL	1/12/86	30/4/12

**Tabla 2.6.** Estaciones Meteorológicas pertenecientes a INIA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID	COD	Nombre Estación	Fecha de Inicio	UTM Este	UTM Norte
1	INIA-1	Ollague_INIA	28/04/2011	577249,515	7652886,642
2	INIA-2	Calama Rural_INIA	21/03/2011	505866,019	7515034,004
3	INIA-3	Chiu Chiu_INIA	28/04/2011	535989,964	7531685,693
4	INIA-4	Caspana_INIA	28/04/2011	580983,254	7529935,512
5	INIA-5	San Pedro de Atacama_INIA	19/04/2011	580648,003	7463769,946
6	INIA-6	Toconao_INIA	28/04/2011	601607,027	7435044,998
7	INIA-7	Socaire_INIA	28/04/2011	613252,012	7390661,709

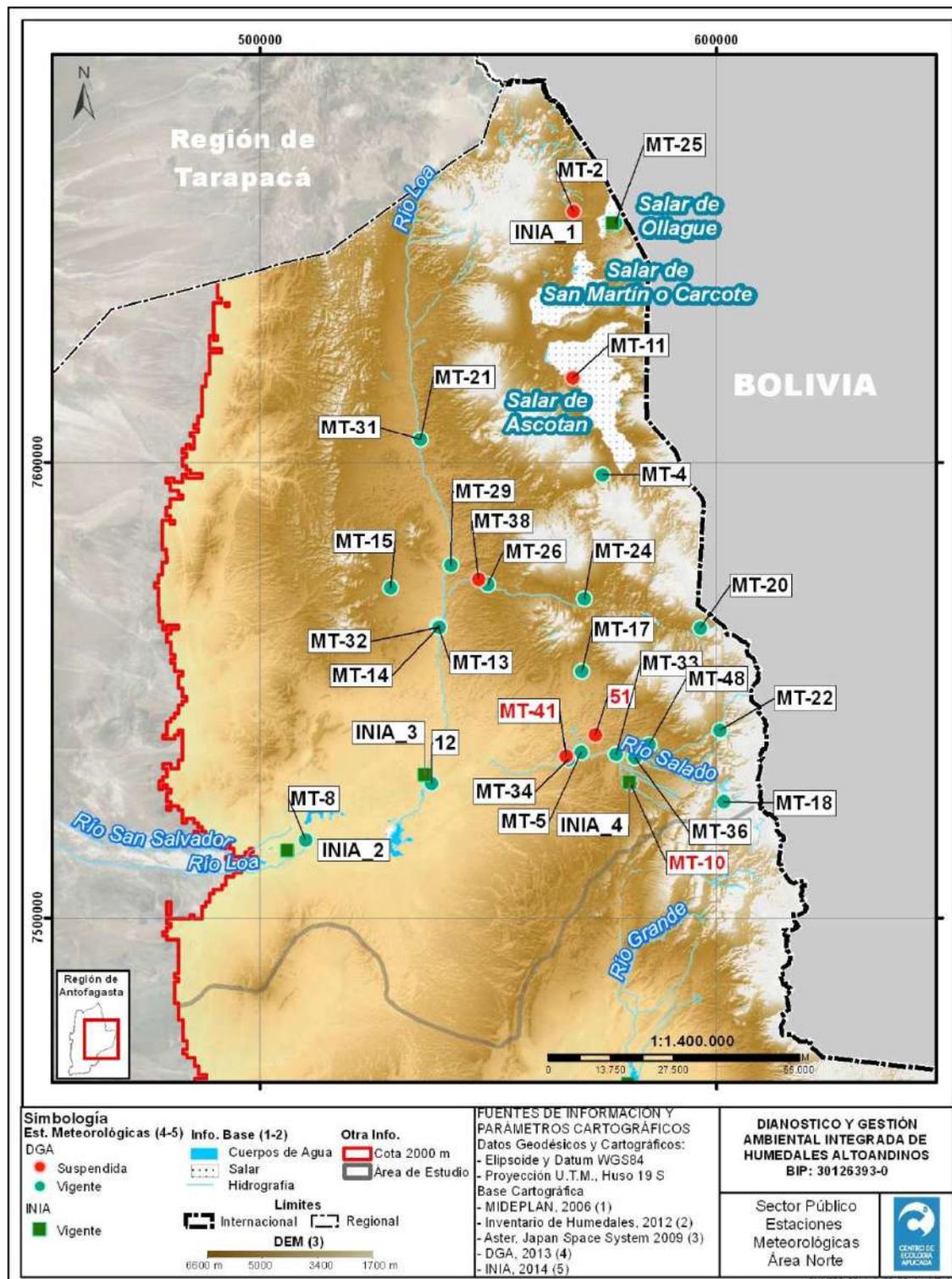


Figura 2.4. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector norte.

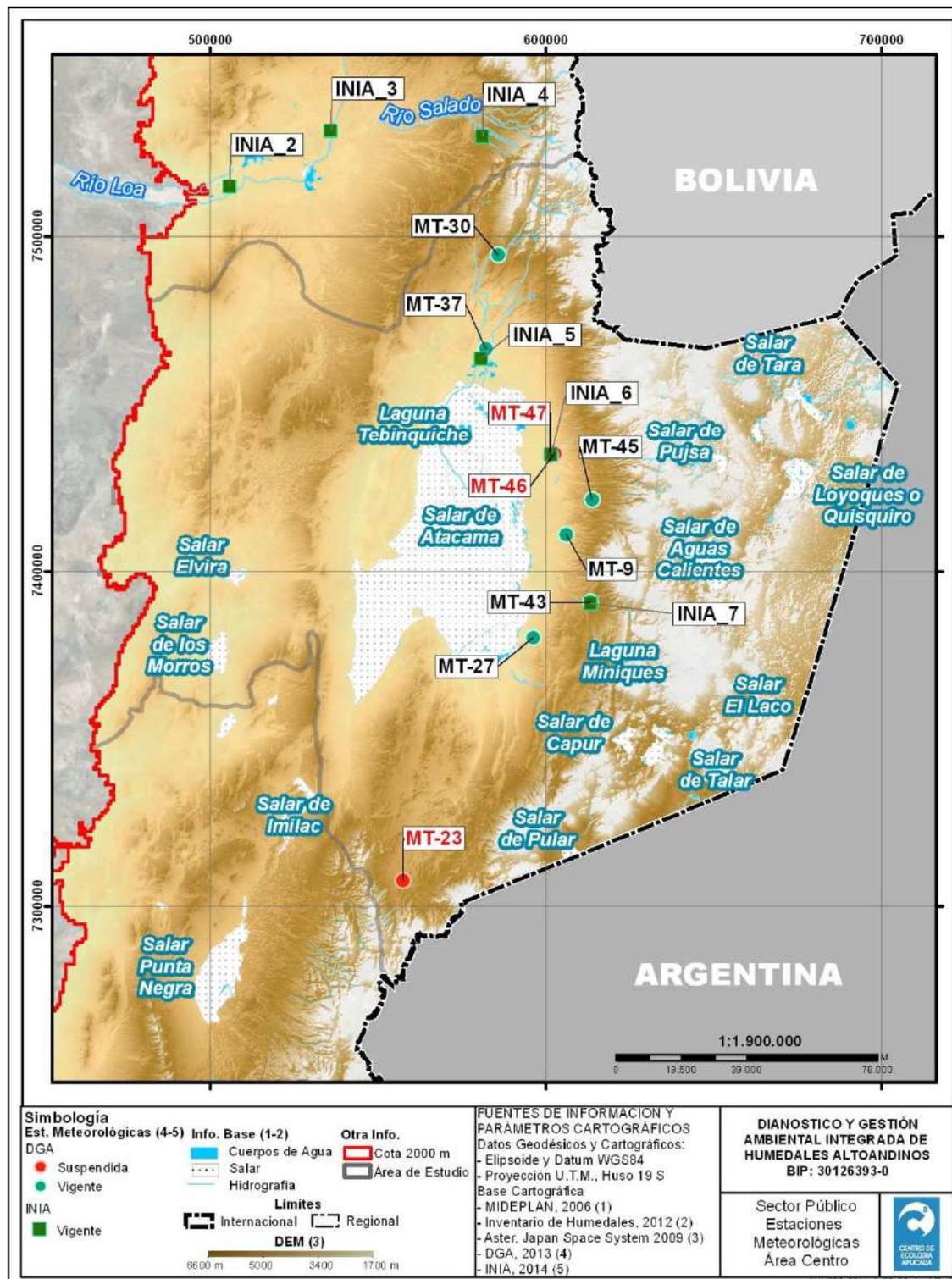


Figura 2.5. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector centro

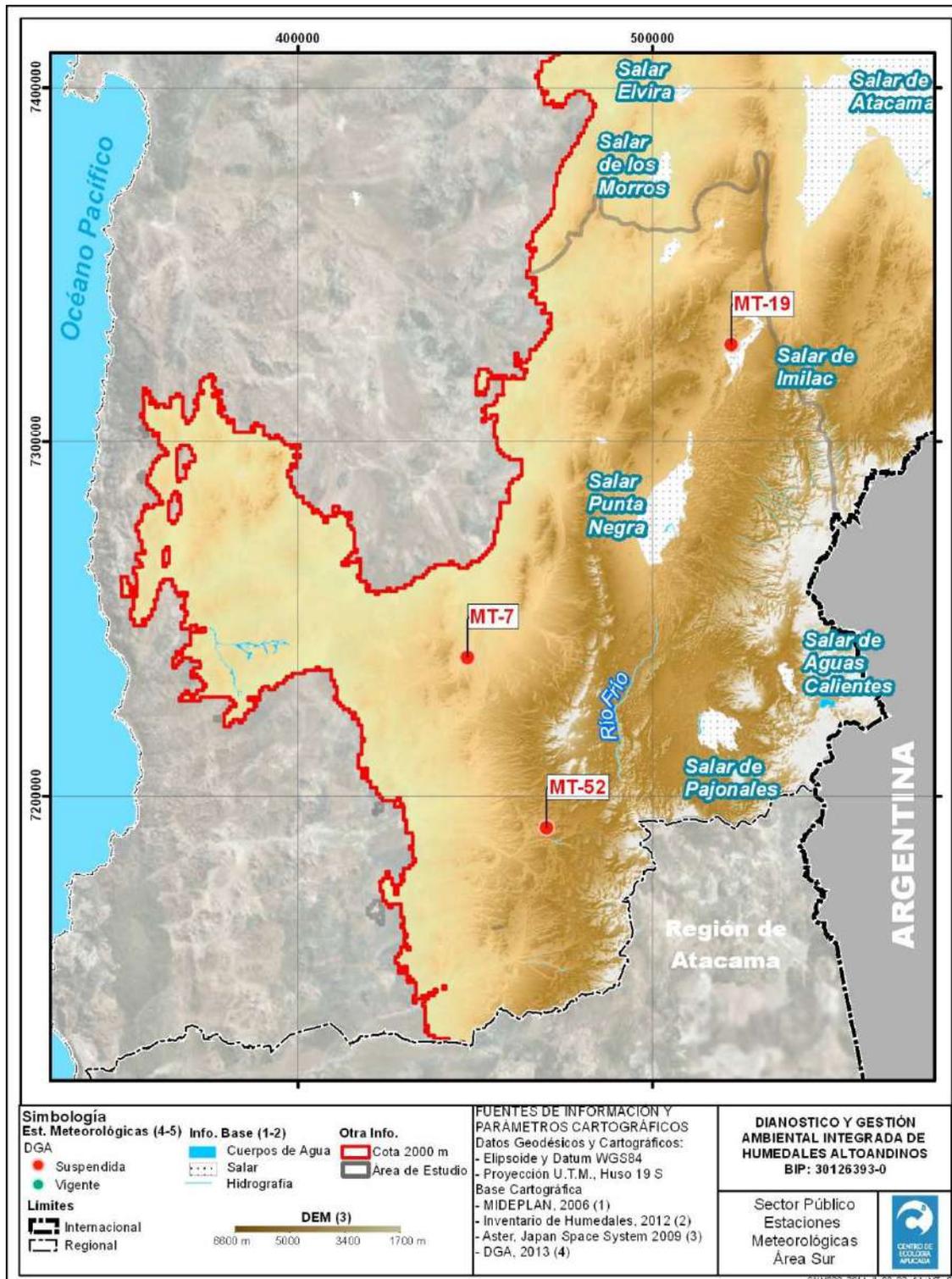


Figura 2.6. Estaciones Meteorológicas presente en la zona de estudio, sector Sur.

### **2.2.3.3 Hidrología**

El componente hidrológico, se centró en la recopilación de información de estaciones fluviométricas pertenecientes a la DGA. Del total regional, 72 estaciones están presentes en la zona de estudio, de las cuales 61 tienen la condición de operativa, y 11 suspendidas. Se consultó sobre las variables Caudal medio diario (Qmd), Caudal medio mensual (Qmm) y Altura y caudal instantáneo (ACi). La documentación bruta, enviada por la DGA, se adjunta en el Anexo Digital, Sección b\_actores públicos. Además, también se entrega el procesamiento sistemático de esta información.

A continuación se detallan las características generales de las estaciones en estudio.

**Tabla 2.7.** Estaciones Fluviométricas pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -1	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600918	7425937	2415	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
FL -2	02104020-7	CANAL BUEN RETIRO	539214	7539788	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -3	02110023-4	CANAL CHUNCHURI BAJO	507486	7513977	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -4	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617637	7388227	3600	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/2/97	
FL -5	02110024-2	CANAL DUPONT	504543	7512164	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -6	02110025-0	CANAL EL TRONCO	504544	7518098	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -7	02104014-2	CANAL GRANDE	537515	7535396	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -8	02104017-7	CANAL LA BANDA	537486	7535426	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -9	02110026-9	CANAL LA PRENSA	506029	7513086	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -10	02110027-7	CANAL LAY LAY	510317	7516497	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -11	02104015-0	CANAL LOS PERALES	538581	7538283	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -12	02104022-3	CANAL LOS RAMIREZ	539243	7539758	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -13	02110028-5	CANAL NUÑEZ	507887	7514376	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -14	02104016-9	CANAL PONA	538581	7538253	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -15	02104018-5	CANAL PUEBLO	536132	7531186	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -16	02104021-5	CANAL QUILCHIRE	539214	7539788	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -18	02104019-3	CANAL SAN ANTONIO	539991	7541262	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -19	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592170	7367957	4000	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
FL -20	02110029-3	CANAL TOPATER	510374	7516527	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -21	02500003-K	CANAL TULAN EN TILOMONTE	590873	7368734	2450	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	25/6/02
FL -22	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470634	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/68	

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -23	02110030-7	CANAL YALQUINCHA 1	513204	7516833	0	V	CALAMA	5/10/09	
FL -24	02110009-9	CANAL YALQUINCHA O.D. N° 1	515434	7517323	2300	S	CALAMA	1/1/92	11/2/10
FL -25	02110010-2	CANAL YALQUINCHA O.I. N° 2	517063	7516891	2300	S	CALAMA	1/1/92	11/2/10
FL -26	02101004-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN LEQUENA	536097	7616786	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -27	02110020-K	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN PUENTE NEGRO	510261	7518003	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -28	02102007-9	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN QUINCHAMALE	541657	7576003	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -29	02105033-4	CAPTACION DE AGUAS ANTOFAGASTA EN TOCONCE	585436	7538158	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -30	02103016-3	CAPTACION DE CODELCO EN COLANA	585657	7573520	4070	V	CALAMA	1/12/07	
FL -31	02103017-1	CAPTACION DE CODELCO EN INACALIRI	596009	7563313	4004	V	CALAMA	1/12/07	
FL -32	02105035-0	CAPTACION DE CODELCO EN LINZOR (TOCONCE)	600257	7541545	4088	V	CALAMA	1/12/07	
FL -33	02103015-5	CAPTACION DE FCAB EN SILOLI	599197	7564216	0	V	CALAMA	20/12/07	
FL -37	02105034-2	CAPTACIONES CODELCO EN SALADO-HOJALAR	578985	7536163	3086	V	CALAMA	1/12/07	
FL -38	02104011-8	EMBALSE CONCHI (LM)	539420	7564601	0	V	CALAMA	1/8/75	
FL -39	02500009-9	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 1	606469	7411535	2755	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -40	02500010-2	QUEBRADA DE CAMAR - VERTIENTE 2	606697	7411656	2730	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/97	
FL -41	02500007-2	QUEBRADA DE JEREZ	603030	7435488	2550	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -42	02500008-0	QUEBRADA DE TALABRE EN TUMBRE	623435	7420476	3570	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -43	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536036	7527190	2505	V	CALAMA	1/12/88	
FL -45	02101001-4	RIO LOA ANTES REPRESA LEQUENA	534950	7605197	3315	V	CALAMA	1/12/67	
FL -49	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	2500	V	CALAMA	1/1/61	
FL -50	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"1	540609	7569980	2975	S	CALAMA	1/1/61	1/8/79
FL -51	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N"2	540523	7569795	2932	V	CALAMA	1/1/00	
FL -52	02110031-5	RIO LOA EN ANGOSTURA	527123	7516384	2470	V	CALAMA	1/3/11	
FL -53	02102006-0	RIO LOA EN CATUNCALLA	540256	7589166	3225	V	CALAMA	1/2/07	
FL -54	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	2200	S	CALAMA	1/1/66	1/12/82
FL -55	02104001-0	RIO LOA EN CONCHI	540605	7568412	3010	S	CALAMA	1/12/58	1/8/86
FL -57	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	2450	V	CALAMA	1/1/66	
FL -58	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	2100	V	CALAMA	1/1/71	
FL -60	02102001-K	RIO LOA EN QUEBRADA QUINCHAMALE	540969	7576005	3027	V	CALAMA	1/2/94	
FL -62	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	3250	V	CALAMA	1/8/88	
FL -63	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	CALAMA	1/1/00	
FL -64	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	2950	V	CALAMA	1/3/06	
FL -65	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	2300	V	CALAMA	1/1/64	
FL -66	02105001-6	RIO SALADO A. J. CURTI	578012	7536045	3080	V	CALAMA	1/12/75	
FL -67	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	2500	V	MARIA ELENA	1/1/61	
FL -68	02105003-2	RIO SALADO ANTES REPRESA CHILEX	584044	7534784	3340	S	CALAMA	1/1/67	1/7/79
FL -69	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	CALAMA	1/1/61	

ID FL	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Comuna	Fecha Inicio	Fecha Suspensión
FL -70	02103003-1	RIO SAN PEDRO EN CAMINO INTERNACIONAL	548222	7574048	3320	S	CALAMA	1/1/68	1/3/89
FL -71	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	582268	7475873	2585	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/67	
FL -72	02103018-K	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL 2 (CODELCO)	550140	7573057	3312	V	CALAMA	2/1/08	
FL -73	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°1	565449	7570727	3700	V	CALAMA	1/1/00	
FL -74	02103002-3	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°2 (BT. CHILEX)	550371	7573426	3318	V	CALAMA	1/1/91	
FL -75	02103004-K	RIO SAN PEDRO EN SAN PEDRO	545412	7574671	0	S	CALAMA	1/12/16	1/4/31
FL -77	02111005-1	RIO SAN SALVADOR EN NACIMIENTO	504230	7518037	2210	V	CALAMA	1/3/11	
FL -78	02103014-7	RIO SILOLI ANTES B.T. FCAB	600440	7565684	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
FL -79	02103013-9	RIO SILOLI ANTES REPRESA INACALIRI	596732	7564232	4000	V	OLLAGUE	1/1/01	
FL -80	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588204	7536667	0	V	CALAMA	1/1/68	
FL -81	02500001-3	RIO VILAMA EN VILAMA	583780	7470975	2550	S	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/1/71	29/8/01
FL -82	02111001-9	VERTIENTE OJOS DE OPACHE	500028	7513948	2135	V	CALAMA	1/1/61	
FL -83	02500011-0	VERTIENTE PEINE EN PEINE	596190	7380879	2430	V	SAN PEDRO DE ATACAMA	1/3/95	
FL -84	02105008-3	VERTIENTE TURI TURI	574117	7541630	0	S	CALAMA	1/6/79	1/8/81

En las siguientes figuras se detalla la ubicación de cada una de las estaciones.

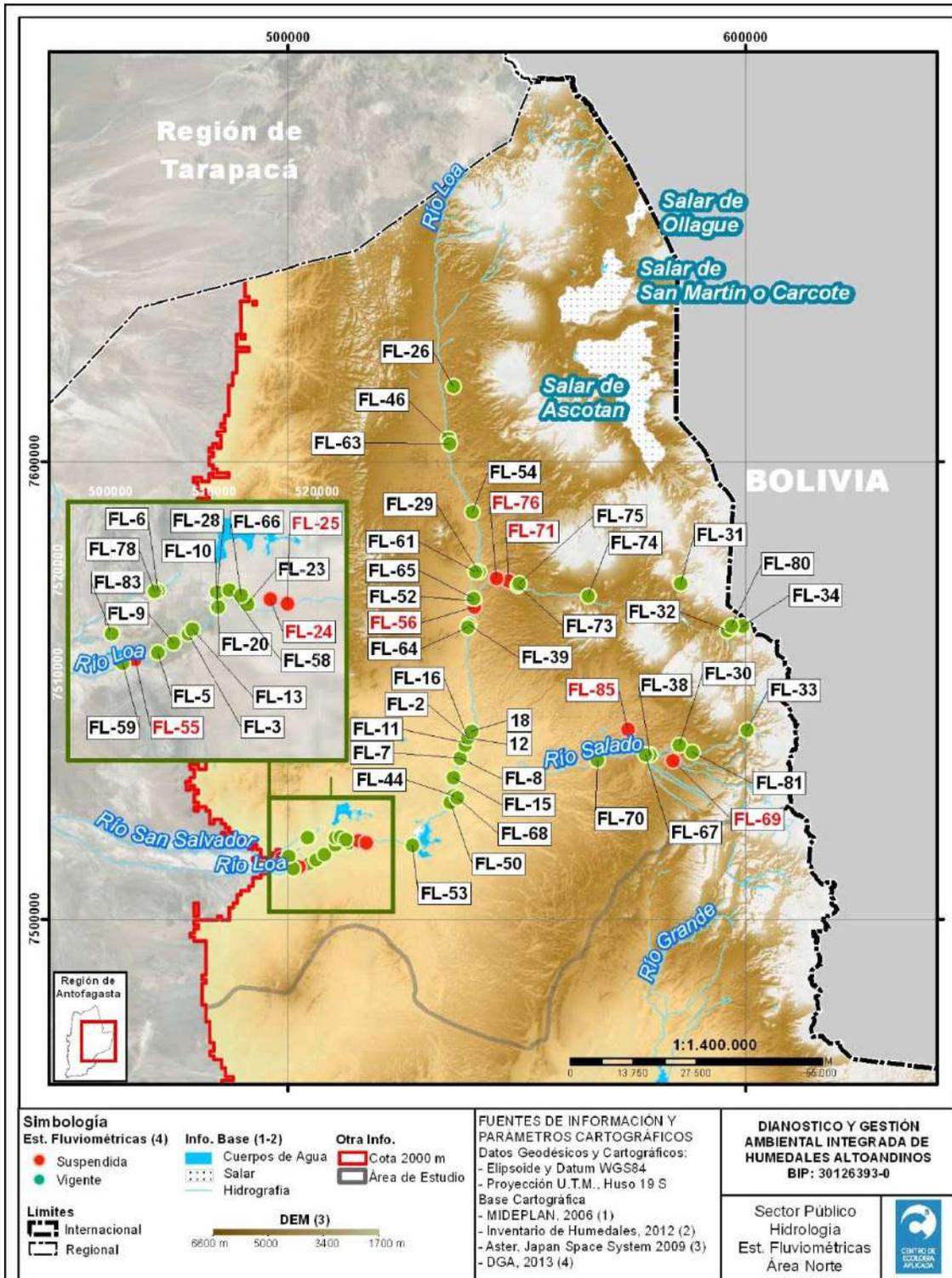


Figura 2.7. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector norte.

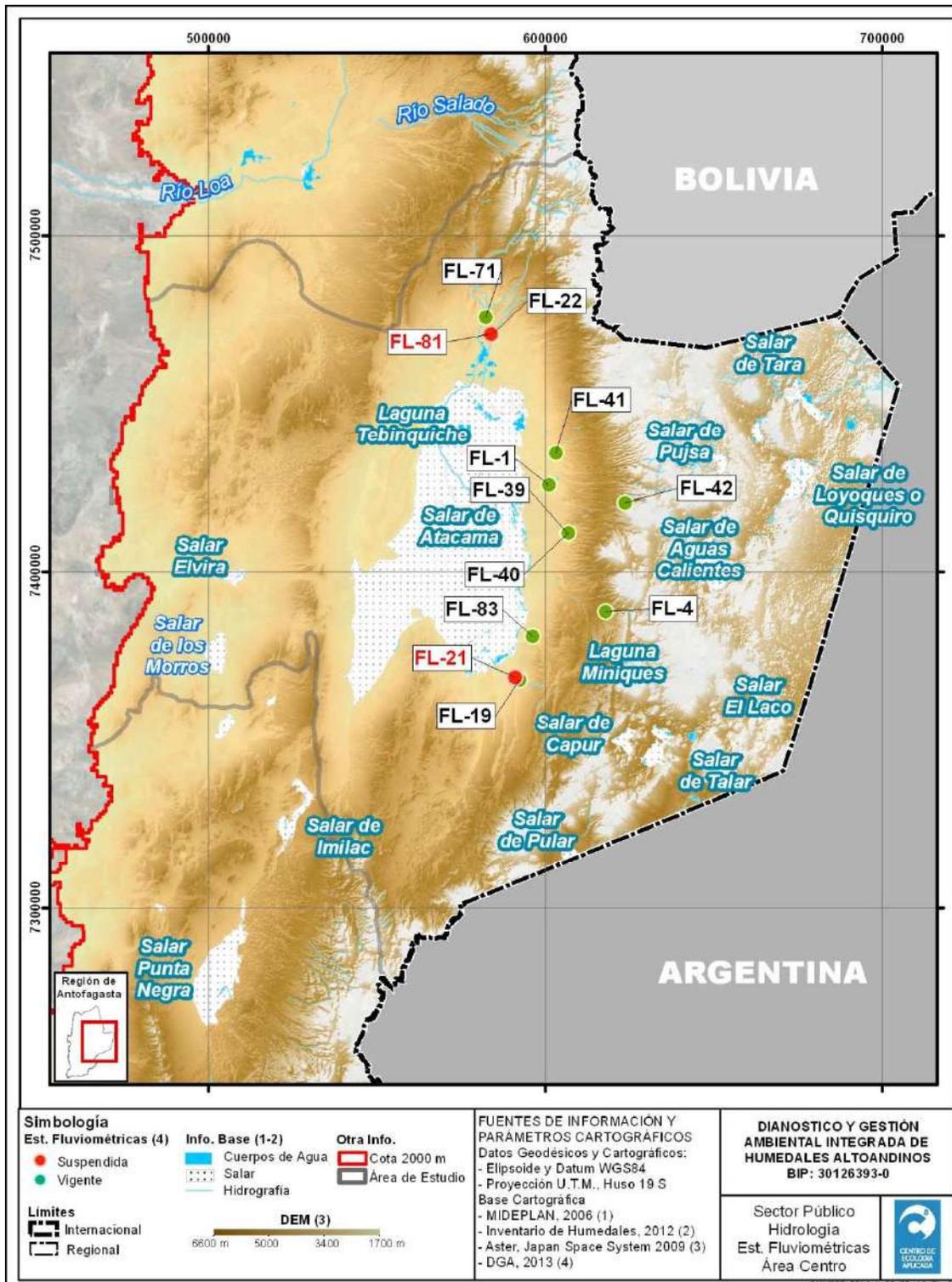


Figura 2.8. Estaciones Fluviométricas presente en la zona de estudio, sector centro.

#### **2.2.3.4 Calidad de Agua**

La recopilación de información referente a estaciones de medición de calidad de agua, estuvo orientada en solicitar a la dirección general de aguas (DGA), información relacionada a los parámetros hidroquímicos, de estaciones que se encuentren por sobre los 2.000 m.s.n.m. La síntesis de esta información, arrojó que hay 30 estaciones presentes en la zona de estudio, de las cuales 22 están operativas y 8 suspendidas. De igual forma que los puntos anteriores, la información bruta, como procesada, es adjuntada en el Anexo Digital, Sección b\_actores públicos.

**Tabla 2.8.** Estaciones de Calidad de Agua pertenecientes a DGA, sobre los 2.000 m.s.n.m.

ID	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Fecha Inicio	Fecha Suspensión	Provincia	Comuna
CA -2	02110012-9	AGUA POTABLE CALAMA (CA)	506487	7516775	S/I	V	01/03/1997		EL LOA	OLLAGUE
CA -4	02500002-1	CANAL AGUAS BLANCAS	600918	7425937	2415	V	01/02/1997		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -5	02500005-6	CANAL CUNO EN SOCAIRE	617637	7388227	3600	V	01/02/1997		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -7	02500006-4	CANAL TILOMONTE ANTES REPRESA	592170	7367957	4000	V	01/03/1997		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -8	02500004-8	CANAL VILAMA EN VILAMA	584206	7470634	2550	V	01/01/1998		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -10	02104012-6	POZO CHIU-CHIU	541478	7529912	S/I	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -11	02104005-3	RIO LOA ANTES JUNTA RIO SALADO	536036	7527190	2505	V	01/12/1998		EL LOA	CALAMA
CA -13	02102004-4	RIO LOA ANTES RIO SAN PEDRO (CA)	541295	7568932	3000	S	01/01/1990	23/01/2003	EL LOA	CALAMA
CA -16	02110008-0	RIO LOA DESPUES JUNTA RIO SALADO (CA)	535290	7525777	2500	V	01/01/1991		EL LOA	CALAMA
CA -17	02104006-1	RIO LOA DESPUES RIO SAN PEDRO (CA)	541304	7572622	2995	V	01/01/1996		EL LOA	CALAMA
CA -18	02104004-5	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°1	540609	7569980	2975	S	01/01/1991	01/08/1979	EL LOA	CALAMA
CA -19	02104003-7	RIO LOA EN ALCANTARILLA CONCHI N°2	540523	7569795	2932	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -20	02110011-0	RIO LOA EN ANGOSTURA (CA)	529154	7517303	2450	S	01/01/1994	23/01/2003	EL LOA	CALAMA
CA -21	02110005-6	RIO LOA EN CALAMA (CA)	510289	7517327	2270	S	01/01/1997		EL LOA	CALAMA

ID	Código BNA	Nombre Estación	UTM Este	UTM Norte	Altitud	Vigencia	Fecha Inicio	Fecha Suspensión	Provincia	Comuna
CA -23	02110003-K	RIO LOA EN CHINTORASTE	502342	7511488	2200	S	01/01/1966	01/01/1976	EL LOA	CALAMA
CA -25	02110001-3	RIO LOA EN ESCORIAL	511462	7518218	2450	V	01/01/1966		EL LOA	CALAMA
CA -26	02110004-8	RIO LOA EN FINCA	501142	7511120	2100	V	01/01/1971		EL LOA	CALAMA
CA -28	02101002-2	RIO LOA EN REPRESA LEQUENA	535264	7604060	3250	V	01/08/1988		EL LOA	CALAMA
CA -29	02104002-9	RIO LOA EN SALIDA EMBALSE CONCHI	539132	7564018	2950	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -30	02104013-4	RIO LOA EN VADO SANTA BARBARA (DOH)	540438	7570195	2950	V	01/03/2006		EL LOA	CALAMA
CA -31	02110002-1	RIO LOA EN YALQUINCHA	512605	7517664	2300	V	01/01/1964		EL LOA	CALAMA
CA -32	02500013-7	RIO PURIPICA EN HUATIN (CA)	595831	7483820	3210	V	01/01/1966		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -33	02500012-9	RIO PURITAMA EN HUATIN (CA)	594120	7483830	3200	S	01/01/1966	23/01/2003	EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -34	02105005-9	RIO SALADO A. J. LOA	536865	7526665	2500	V	01/01/1961		TOCOPIL LA	MARIA ELENA
CA -35	02105002-4	RIO SALADO EN SIFON AYQUINA	567504	7534956	2980	V	01/01/1961		EL LOA	CALAMA
CA -36	02510001-8	RIO SAN PEDRO EN CUCHABRACHI	582268	7475873	2585	V	01/01/1967		EL LOA	SAN PEDRO DE ATACAMA
CA -37	02103001-5	RIO SAN PEDRO EN PARSHALL N°1	565449	7570727	3700	V	01/01/2000		EL LOA	CALAMA
CA -39	02103005-8	RIO SILOLI (CA)	598032	7561302	4100	S	01/01/1968	01/02/1976	EL LOA	CALAMA
CA -40	02105007-5	RIO TOCONCE ANTES REPRESA SENDOS	588204	7536667	S/I	V	01/01/1968		EL LOA	CALAMA
CA -41	02105006-7	RIO TOCONCE EN REPRESA SENDOS (CA)	587589	7539223	3240	S	01/01/1968	01/09/1983	EL LOA	CALAMA



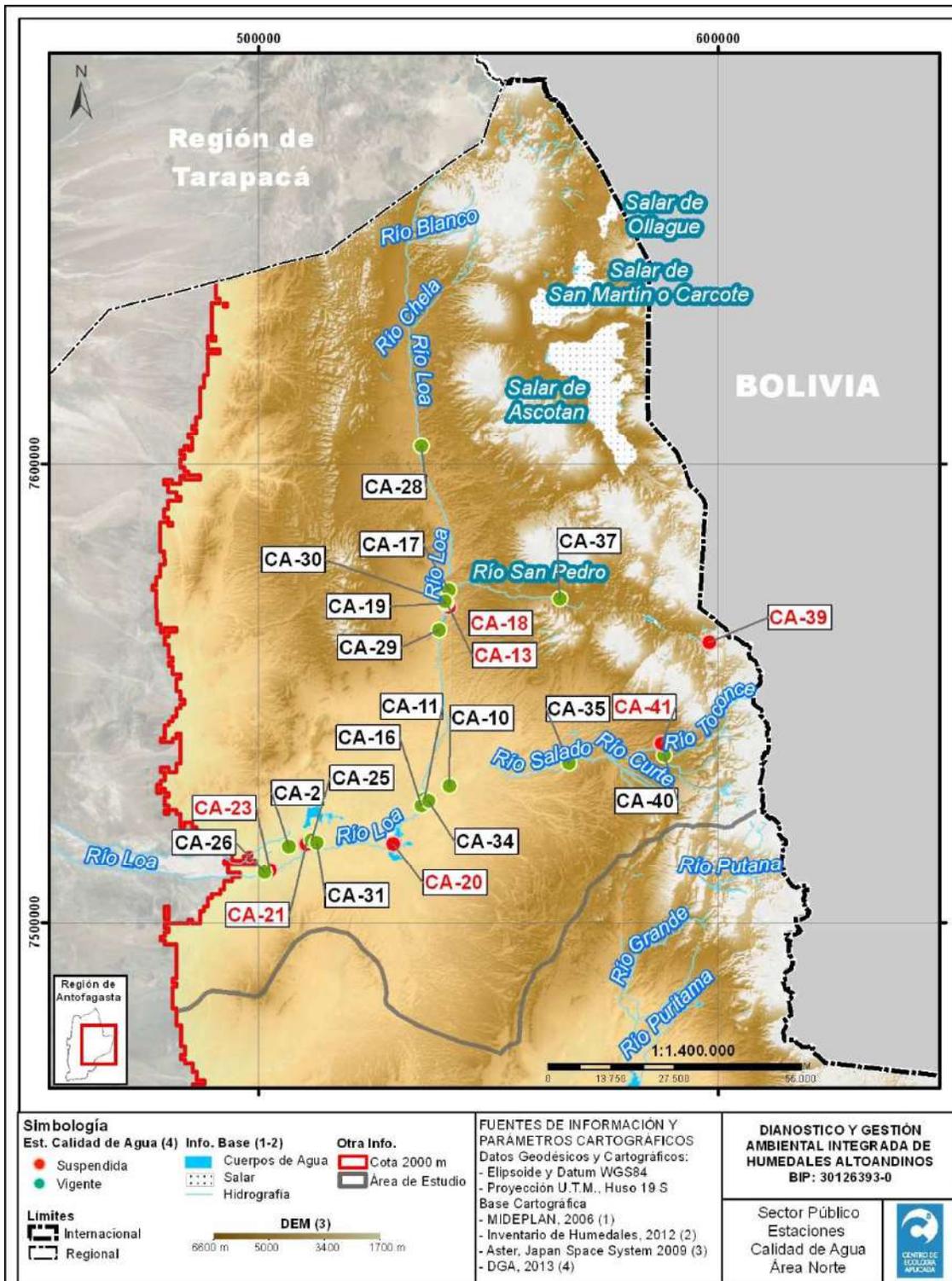


Figura 2.9. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector norte.

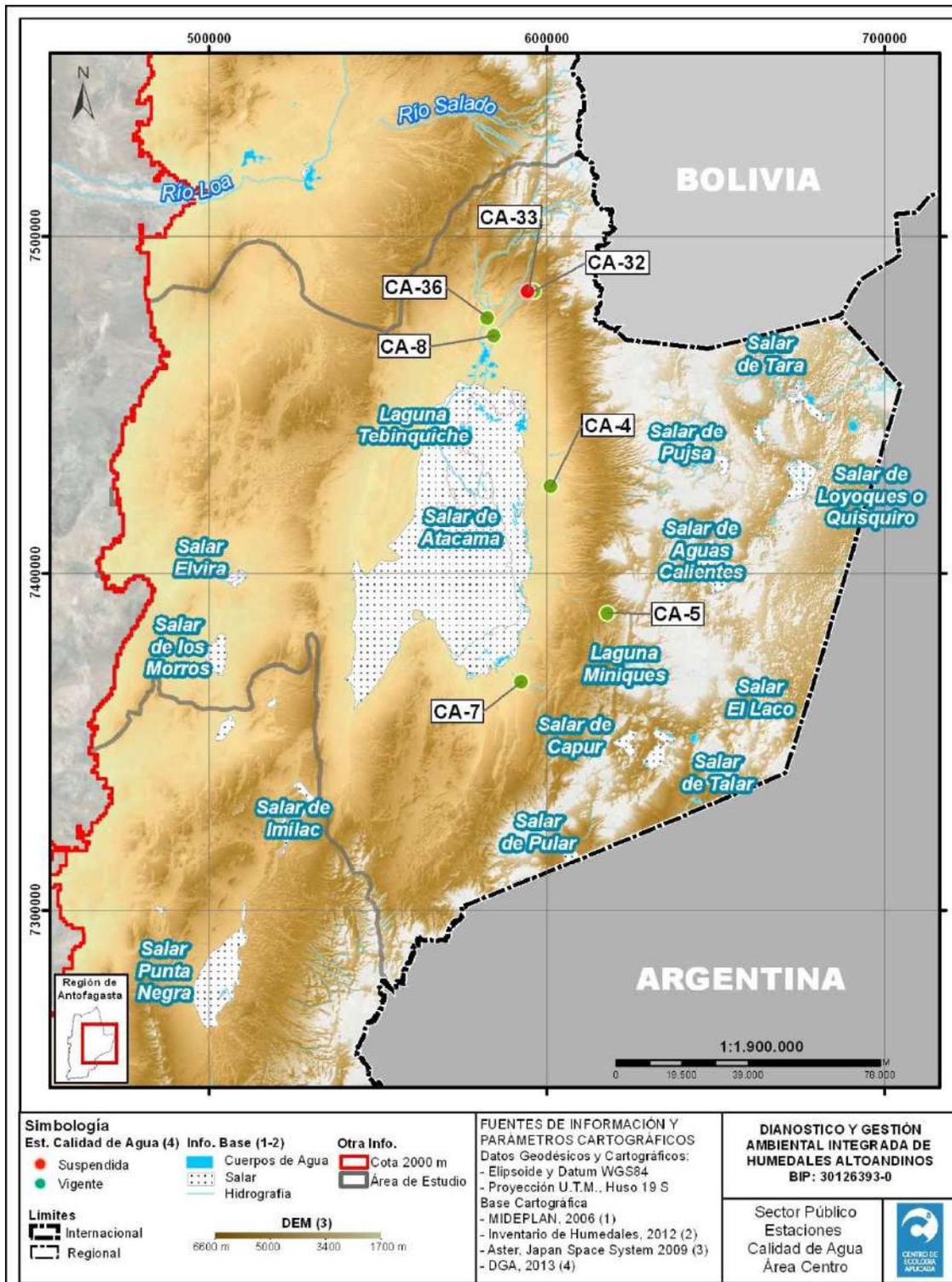


Figura 2.10. Estaciones de Calidad de Agua presente en la zona de estudio, sector centro.

### 2.2.3.5 Hidrogeología

El componente hidrogeológico, se definió a partir de la síntesis de los derechos de agua subterráneos otorgados en la zona de estudio. Se solicitó por medio del sistema de transparencia, el expediente asociado a cada derecho, haciendo énfasis en el componente estratigráfico, pruebas de bombeo, parámetros hidrogeológicos, porosidad, etc.

El total de expedientes recopilados, está en relación directa con el número de derechos de agua subterráneos otorgados en la zona de estudio, de los cuales a la fecha se cuenta con la totalidad descargado. Cabe destacar que hay casos en los cuales, el expediente establecido en tabla (Transparencia), no se encuentra en el registro online de expedientes, situación que se puede dar por la antigüedad del registro, la modificación o archivo de este. En aquellos casos, se recurrió al campo *Observación* de la tabla entregada, evidenciando en muchos casos el expediente de modificación del derecho, y además se apoyó la búsqueda de los derechos más antiguos, con la descarga de las resoluciones de constitución del derecho.

A continuación se entrega el listado de expedientes recopilados a partir de la información entregada vía transparencia DGA. Además, se entrega como anexo digital en la sección *b actores públicos*, la documentación correspondiente a cada Expediente y N° de Resolución.

**Tabla 2.9.** Listado de expedientes, asociados a derechos de agua subterráneos, en la zona de estudio. Donde **Res** corresponde a Resolución, **Exp** a Expediente y **Exp Nvo** a Expediente Nuevo.

N° Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
73	07/03/1988	D-II-111/84	D-II-111/84	Comunidad Atacameña de Toconao	1		
103	28/02/1986	D-II-145/85	ND-0203-2672	Minera Escondida Limitada	1		
167	07/04/1987	D-II-187/85	D-II-187/85	Cía. Minera Amax Guanaco		1	
532	29/12/1986	D-II-223/86	ND-0203-5046	Cía. Minera Amax Guanaco			1
737	12/11/1999	D-II-239/86	VPC-0203-1688	Minera Escondida Limitada			1
6	05/01/1987	D-II-259/86	ND-0203-2674	Minera Escondida Limitada			1
64	02/03/1988	D-II-299/86	D-II-299/86	SQM Salar S.A.	1		
359	30/08/1985	D-II-71/84	D-II-71/84	Cía. Minera Amax Guanaco		1	
127	24/06/1975	M-2-16	M-2-16	CODELCO		1	
116	05/04/1984	M-2-59	ND-0202-2736	Cía. Minera Quebrada Blanca	1		
262	29/07/1983	M-2-64	ND-0202-2727	Fisco-Ejército de Chile	1		
655	28/09/1998	M-2-68	M-2-68	Sta. Adriana Limitada		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
183	19/05/1995	M-2-70	M-2-70	ESSAN S.A.		1	
184	19/05/1995	M-2-71	M-2-71	ESSAN S.A.		1	
194	09/10/1996	M-2-75	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1045	ND-0202-1045	El Abra		1	
647	04/10/2001	ND-0202-1055	VPC-0203-2079	Minera Escondida Limitada		1	
315	11/07/1995	ND-0202-1057	VPC-0202-1832	Minera Leonor		1	
319	11/07/1995	ND-0202-1058	ND-0202-1058	Minera Leonor		1	
316	11/07/1995	ND-0202-1059	VPC-0202-1832	Minera Leonor		1	
322	11/07/1995	ND-0202-1060	ND-0202-1060	Minera Leonor		1	
219	13/02/1998	ND-0202-1061	ND-0202-1061	Minera Leonor		1	
713	26/09/1997	ND-0202-1073	ND-0202-1073	SQM Salar S.A.		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1081	ND-0202-1081	El Abra		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1082	ND-0202-1082	El Abra		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1083	ND-0202-1083	El Abra		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1084	ND-0202-1084	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1085	ND-0202-1085	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1086	ND-0202-1086	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1087	ND-0202-1087	Codelco		1	
185	11/05/1994	ND-0202-1088	ND-0202-1088	Codelco		1	
141	07/04/2004	ND-0202-1105	ND-0202-1105	Codelco Norte		1	
141	07/04/2004	ND-0202-1106	ND-0202-1106	Codelco Norte		1	
453	10/07/1996	ND-0202-1125	ND-0202-1125	Soc. Chilena del Litio		1	
604	29/09/2000	ND-0202-1153	ND-0202-1153	Minera Zaldivar		1	
264	19/06/2003	ND-0202-1169	ND-0202-1169	Codelco Norte		1	
141	07/04/2004	ND-0202-1170	ND-0202-1170	Codelco Norte		1	
10	18/04/2008	ND-0202-1191	ND-0202-1191	Codelco		1	
648	04/10/2001	ND-0202-1216	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
382	05/06/1996	ND-0202-1219	ND-0202-1219	Minera Zaldivar		1	
853	28/11/1997	ND-0202-1372	ND-0202-1372	Leasing Andino S.A.		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1402	ND-0202-1402	El Abra		1	
122	06/04/2004	ND-0202-1403	ND-0202-1403	El Abra		1	
981	24/12/1999	ND-0202-1454	ND-0202-1454	Xstrata Lomas Bayas		1	
584	22/09/2000	ND-0202-1509	ND-0202-1509	Soc. Chilena del Litio		1	
222	02/05/2000	ND-0202-1572	ND-0202-1572	Minera Spence S.A.		1	
80	03/03/2003	ND-0202-1586	ND-0202-1586	Codelco Norte		1	
378	21/06/2001	ND-0202-1595	ND-0202-1595	Obras Públicas		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
267	07/08/2006	ND-0202-1642	ND-0202-1642	Antofagasta Minerals		1	
617	06/11/2003	ND-0202-1807	ND-0202-1807	Inversiones Arlequín Ltda		1	
48	05/02/2004	ND-0202-1864	ND-0202-1864	Minera Leonor		1	
859	03/10/2002	ND-0202-1880	ND-0202-1880	Codelco Norte		1	
80	03/03/2003	ND-0202-2066	ND-0202-2066	Codelco Norte		1	
122	06/04/2004	ND-0202-2067	ND-0202-2067	El Abra		1	
859	03/10/2002	ND-0202-2068	ND-0202-2068	Codelco Norte		1	
2	19/01/2004	ND-0202-2090	ND-0202-2090	Aguas de La Sierra		1	
1	19/01/2004	ND-0202-2105	ND-0202-2105	Aguas de La Sierra		1	
40	12/01/1990	ND-0202-215	ND-0202-215	Codelco		1	
210	15/06/2005	ND-0202-2212	ND-0202-2212	Inversiones D'Etigny S.A.		1	
122	06/04/2004	ND-0202-2234	ND-0202-2234	El Abra		1	
5	19/01/2004	ND-0202-2244	ND-0202-2244	Aguas de La Sierra		1	
3	19/01/2004	ND-0202-2260	ND-0202-2260	Aguas de La Sierra		1	
859	03/10/2002	ND-0202-2265	ND-0202-2265	Aguas de La Sierra		1	
6	19/01/2004	ND-0202-2310	ND-0202-2310	Aguas de La Sierra		1	
162	27/05/2005	ND-0202-2350	ND-0202-2350	Hotelera Atacama Ltda		1	
347	12/12/2008	ND-0202-2362	ND-0202-2362	Exploraciones San Pedro		1	
137	25/04/2006	ND-0202-2370	ND-0202-2370	Exploraciones Mundo S.A		1	
45	07/02/2006	ND-0202-2371	ND-0202-2371	Exploraciones Mundo S.A		1	
47	07/02/2006	ND-0202-2374	ND-0202-2374	Exploraciones Mundo S.A		1	
163	30/05/2005	ND-0202-2382	ND-0202-2382	Juan Carlos Riquelme		1	
436	30/12/2005	ND-0202-2398	ND-0202-2398	Exploraciones Mundo S.A		1	
429	30/12/2005	ND-0202-2399	ND-0202-2399	Exploraciones Mundo S.A		1	
180	01/06/2006	ND-0202-2400	ND-0202-2400	Exploraciones Mundo S.A		1	
434	30/12/2005	ND-0202-2401	ND-0202-2401	Exploraciones Mundo S.A		1	
438	30/12/2005	ND-0202-2402	ND-0202-2402	Exploraciones Mundo S.A		1	
134	25/04/2006	ND-0202-2403	ND-0202-2403	Exploraciones Mundo S.A		1	
132	25/04/2006	ND-0202-2404	ND-0202-2404	Exploraciones Mundo S.A		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
161	27/05/2005	ND-0202-2410	ND-0202-2410	Tomás Poblete Alay		1	
432	30/12/2005	ND-0202-2412	ND-0202-2412	Exploraciones Mundo S.A		1	
435	30/12/2005	ND-0202-2413	ND-0202-2413	Exploraciones Mundo S.A		1	
439	30/12/2005	ND-0202-2414	ND-0202- 2414	Exploraciones Mundo S.A		1	
131	25/04/2006	ND-0202-2415	ND-0202-2415	Exploraciones Mundo S.A		1	
430	30/12/2005	ND-0202-2416	ND-0202-2416	Exploraciones Mundo S.A		1	
135	25/03/1991	ND-0202-248	ND-0202-248	Codelco		1	
108	25/04/2005	ND-0202-2507	ND-0202-2507	Inversiones Solcor Ltda		1	
125	18/04/2006	ND-0202-2513	ND-0202-2513	Valles del Sur S.A.		1	
376	08/11/2005	ND-0202-2542	ND-0202-2542	Alto Atacama S.A.		1	
83	23/03/2006	ND-0202-2551	ND-0202-2551	Inm. Cabo de Hornos Ltda		1	
91	27/03/2006	ND-0202-2602	ND-0202-2602	Ricardo Quiroz Nilo		1	
95	27/03/2006	ND-0202-2628	ND-0202-2628	Kimal S.A.		1	
14	25/09/2008	ND-0202-2697	ND-0202-2697	Ricardo Vilca		1	
246	18/07/2007	ND-0202-2699	ND-0202-2699	Walter Romang		1	
247	18/07/2007	ND-0202-2700	ND-0202-2700	Walter Romang		1	
384	05/11/2007	ND-0202-2702	ND-0202-2702	Inversiones Katari S.A.		1	
250	27/04/2012	ND-0202-2735	ND-0202-2735	SQM Salar S.A.		1	
15	25/09/2008	ND-0202-2738	ND-0202-2738	Steffen Welsch		1	
16	25/09/2008	ND-0202-2808	ND-0202-2808	Terrantai Limitada		1	
17	25/09/2008	ND-0202-2840	ND-0202-2840	Takha Takha S.A.		1	
18	25/09/2008	ND-0202-2845	ND-0202-2845	Humberto Urdangarín		1	
617	30/12/1992	ND-0202-466	ND-0202-466	Codelco		1	
19	25/09/2008	ND-0202-5017	ND-0202-5017	Inv. Principado Ltda		1	
20	25/09/2008	ND-0202-5020	ND-0202-5020	Antonio Ivanovic		1	
242	18/07/2007	ND-0202-5029	ND-0202-5029	Inm. del Inca S.A.		1	
22	19/12/2008	ND-0202-5036	ND-0202-5036	Comité APR San Pedro de Atacama		1	
122	06/04/2004	ND-0202-542	ND-0202-542	El Abra		1	
34	13/01/1994	ND-0202-692	ND-0202-692	Codelco		1	
50	15/02/1993	ND-0202-723	ND-0202-723	Codelco		1	
660	13/09/1996	ND-0202-728	ND-0202-728	Comunidades Atacameñas		1	
122	06/04/2004	ND-0202-787	ND-0202-787	El Abra		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
648	04/10/2001	ND-0202-842	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
141	07/04/2004	ND-0202-883	ND-0202-883	Codelco Norte		1	
548	30/07/1996	ND-0202-896	ND-0202-896	Inv. Aqualama Ltda		1	
13	25/09/2008	ND-0203-1032	VPC-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
11	18/04/2008	ND-0203-1033	ND-0203-1033	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
71	10/02/2003	ND-0203-1144	ND-0203-1144	Minera Zaldivar		1	
605	29/09/2000	ND-0203-1455	ND-0203-1455	Minera Escondida Limitada		1	
606	29/09/2000	ND-0203-1456	ND-0203-1456	Minera Escondida Limitada		1	
96	22/02/1991	ND-0203-16	ND-0203-16	Inm. Casamar Ltda		1	
165	03/05/2004	ND-0203-1877	ND-0203-1877	Minera Escondida Limitada		1	
716	05/12/2003	ND-0203-1990	ND-0203-1990	Codelco		1	
356	23/07/2003	ND-0203-1991	ND-0203-1991	Codelco		1	
2	10/01/2003	ND-0203-2033	ND-0203-2033	Codelco		1	
408	14/08/2003	ND-0203-2035	ND-0203-2035	Codelco		1	
408	14/08/2003	ND-0203-2036	ND-0203-2036	Codelco		1	
622	06/11/2003	ND-0203-2159	ND-0203-2159	Aguas Amarilla Ltda		1	
143	21/02/1990	ND-0203-245	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
142	21/02/1990	ND-0203-280	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
194	09/10/1996	ND-0203-293	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
194	09/10/1996	ND-0203-317	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
7	10/01/2008	ND-0203-5004	ND-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
6	10/01/2008	ND-0203-5006	ND-0203-5006	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
5	10/01/2008	ND-0203-5008	ND-0203-5008	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
4	10/01/2008	ND-0203-5011	VPC-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
1	10/01/2008	ND-0203-5018	ND-0203-5018	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
2	10/01/2008	ND-0203-5042	ND-0203-5042	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
3	10/01/2008	ND-0203-5043	ND-0203-5043	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	
173	18/08/2010	ND-0203-5058	ND-0203-5058	Minera Meridian		1	
175	18/08/2010	ND-0203-5059	ND-0203-5059	Minera Meridian		1	
469	04/10/1994	ND-0203-509	ND-0203-509	Minera Escondida Limitada		1	
181	25/05/1992	ND-0203-510	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
539	12/11/1992	ND-0203-524	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	
1113	24/11/1998	ND-0203-545	ND-0203-545	Soquimich S.A.		1	
71	25/02/1992	ND-0203-557	ND-0203-557	Minera Escondida Limitada		1	
693	13/11/2002	ND-0203-597	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
77	05/03/1992	ND-0203-604	ND-0203-604	Minera Escondida Limitada		1	
138	28/03/1994	ND-0203-614	VPC-0203-2079	Minera Escondida Limitada		1	
693	13/11/2002	ND-0203-615	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	ND-0203-652	ND-0203-652	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	ND-0203-653	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	ND-0203-654	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
184	05/09/2011	ND-0203-675	ND-0203-675	Cía. Minera Providencia		1	
648	04/10/2001	ND-0203-800	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
55	26/01/2001	VPC-0202-1832	VPC-0202-1832	Minera Leonor		1	
693	13/11/2002	VPC-0202-2233	VPC-0202-2233	Minera Escondida Limitada		1	
737	12/11/1999	VPC-0203-1688	VPC-0203-1688	Minera Escondida Limitada		1	
647	12/11/1999	VPC-0203-2079	VPC-0203-2079	Minera Escondida Limitada		1	
648	04/10/2001	VPC-0203-2080	VPC-0203-2080	Minera Escondida Limitada		1	
693	13/11/2002	VPC-0203-2233	VPC-0203-2233	Minera Escondida Limitada		1	
656	26/11/2012	VPC-0203-5004	VPC-0203-5004	Guanaco Cía.Minera Ltda		1	

Nº Res	Fecha Res	Expediente	Nvo. Expediente	Peticionario	Descarga		
					Res	Exp	Exp Nvo.
194	09/10/1996	VT-0203-1348	VT-0203-1348	Minera Escondida Limitada		1	

### 2.2.3.6 Flora y vegetación

La componente flora y vegetación se sistematizó a partir de la información disponible en la plataforma de información territorial de humedales Altoandinos, SITHA, perteneciente al Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN. Como sustento a esta información, la Dirección General de Aguas (DGA) en el estudio “Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, Región de Antofagasta”, se levantó información del mismo tipo, llegando a resultados similares en cuanto al número y ubicación de los sistemas vegetacionales identificados.

Los resultados de la sistematización, determinaron que del total de sistemas catastrados en los estudios mencionados, 264 sistemas se sitúan por sobre los 2.000 m.s.n.m. A continuación, en la Tabla 2.10, se clasifican estos sistemas por el tipo de alimentación que presentan. El contenido total del catastro, es adjuntado en el Anexo Digital, Sección b\_actores públicos.

**Tabla 2.10.** Resumen del tipo de alimentación de las vegas y bofedales, en la zona de estudio.

Alimentación	Nº Sistemas
Escurrimiento Superficial	188
Agua Subterránea	47
Agua Superficial	29
Total	264

Para dar mayor detalle del sistema de vegas y bofedales, se presenta en la Figura 2.11, la distribución geográfica de éstos en la zona de estudio.

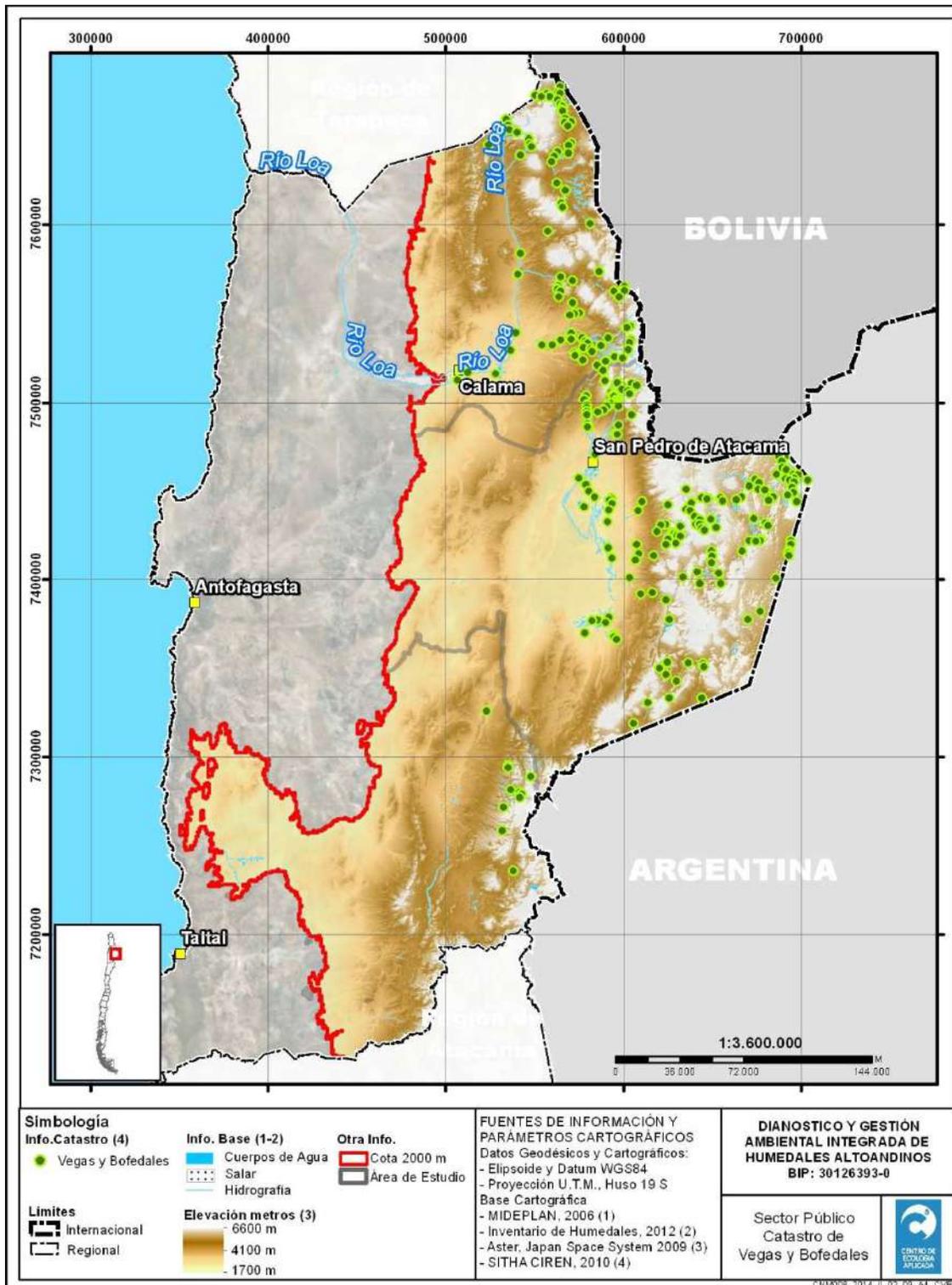


Figura 2.11. Distribución de vegas y bofedales, en la zona de estudio.

## 2.2.4 Planes de seguimiento sector privado

La sistematización de la información levantada por los distintos actores privados en la región, se definió a partir de la revisión y posterior análisis de la información presente en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Esta información, que hace referencia a las distintas actividades productivas desarrolladas en la región, se filtró de acuerdo a un primer criterio, el cual corresponde a que la localización de los proyectos debe estar sobre los 2.000 m.s.n.m. Como segundo filtro, se definió la actividad productiva que requiere de mayor forma el recurso hídrico, que en este caso corresponde a la minería.

A partir de estos criterios, se analizaron los componentes ambientales monitoreados por cada proyecto, además de los compromisos ambientales adquiridos. A continuación se desglosa el catastro de proyectos mineros y los compromisos ambientales de cada titular.

### 2.2.4.1 Catastro de proyectos privados

A partir de la recopilación de información desde el sistema electrónico SEIA, y considerando como fecha de corte para el análisis el mes de octubre del año 2013, se analizó el total de proyectos asociados a la actividad minera que tuvieran RCA aprobado, sobre los 2.000 m.s.n.m.

Cabe destacar que los titulares presentes en la región cuentan con una cantidad mayor de proyectos, que pueden estar clasificados en: inmobiliarios, de energía, equipamiento, instalaciones fabriles varias, saneamiento y otras, los cuales no son del interés del estudio, ya que no presentan una incidencia directa en la eventual afectación de los cuerpos de agua.

La cantidad total de proyectos con clasificación minera suman 291, y de estos 134 están por sobre los 2.000 m.s.n.m. siendo aprobados entre los años 1995 y 2013. Estos proyectos se concentran mayoritariamente en tres sectores: el primer sector ubicado al sur de la región aledaños a la mina Escondida; el segundo al oeste del Salar de Atacama entre los 2000 y 2700 m.s.n.m; y el tercero al norte de la región, aledaños a la ciudad de Calama.

Los titulares de estos proyectos corresponden principalmente a CODELCO Chile, Minera Escondida Limitada, Minera El Abra, Compañía Minera Zaldívar, Antofagasta Minerals, Ecometales Limited Agencia en Chile, Minera El Tesoro, SQM Salar S.A, Guanaco Compañía Minera Limitada, Minera Cerro Dominador S.A y Minera Esperanza. El número de proyectos mineros revisados por titular se muestra en la Tabla 2.11, señalando el número de proyectos mineros en la zona de estudio y el total regional de cada titular.

Para mayor detalle, se adjunta en el anexo digital, sección b\_actores privados, la información descargada perteneciente a cada proyecto, además de la tabla con la totalidad de los proyectos mineros por sobre los 2.000 m.s.n.m., caracterizando su ubicación en coordenadas UTM, Nº RCA, fecha de calificación y su ID correspondiente, siendo este último, en conexión con las carpetas de documentación.

**Tabla 2.11.** Número de proyectos mineros sobre los 2.000 m.s.n.m., según titular.

Titular	Nº de Proyectos Mineros sobre 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Otras Actividades o bajo 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Totales
CODELCO	41	52	93
MINERA ESCONDIDA LIMITADA	18	38	56
MINERA EL ABRA	7	5	12
COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR	6	3	9
SQM SALAR S.A	5	39	44
ANTOFAGASTA MINERALS S.A	5	0	5
ECOMETALES LIMITED AGENCIA EN CHILE	5	4	9
MINERA EL TESORO	5	8	13
GUANACO COMPAÑÍA MINERA LIMITADA	4	1	5
MINERA CERRO DOMINADOR S.A	4	10	14
MINERA ESPERANZA	4	4	8
MINERA CYPRUS AMAX CHILE LTDA.	2	-	2
ROCKWOOD LITIO LIMITADA	2	5	7
MINERA SANTA FÉ	1	-	1
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA LEONOR	1	-	1
COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA ENCUESTRO	1	-	1
JUAN ANTONIO IRIBARREN DIAZ	1	-	1
MINERA PEREGRINE LIMITADA	1	-	1
MINERA ANTARES S.A	1	-	1
INVERSIONES NORTH (CHILE) LTDA	1	-	1
MINERA CARACOLES	1	-	1
SULFATOS DEL NORTE S.A	1	-	1
EXPLOTADORA MINERA DEL CERRO S.A	1	1	2
MINERA NITTETSU CHILE LIMITADA	1	-	1
HECTOR RENE ROJAS BLAMEY	1	-	1
MINERA QUIMAL S.A	1	-	1
AMAX GOLD DE CHILE LTDA	1	-	1
MORTEROS Y ÁRIDOS DRY MIX LTDA.	1	1	2
ROBOLISTIC LIMITADA	1	-	1
SOCIEDAD DE EXPLORACIÓN Y DESARROLLO MINERO "EXPLODESA"	1	-	1
COMPAÑÍA MINERA AMAX GUANACO	1	-	1
SOL RESOURCES INCORPORATED	1	-	1
BCJ SERVICIOS MINEROS	1	-	1

Titular	Nº de Proyectos Mineros sobre 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Otras Actividades o bajo 2.000 m.s.n.m.	Nº de Proyectos Totales
STANDARD UNO S.A	1	-	1
XTRATA LOMAS BAYA	1	8	9
WMC Chile S.A.	1	1	2
CYPRUS CHILE LTDA.	1	-	1
MINERA INMET CHILE S.A	1	-	1
MINERA ESTRELLA DE ORO LTDA	1	-	1
<b>Total general</b>	<b>134</b>	180	314

A continuación se presenta la distribución de los proyectos mineros en la zona de estudio

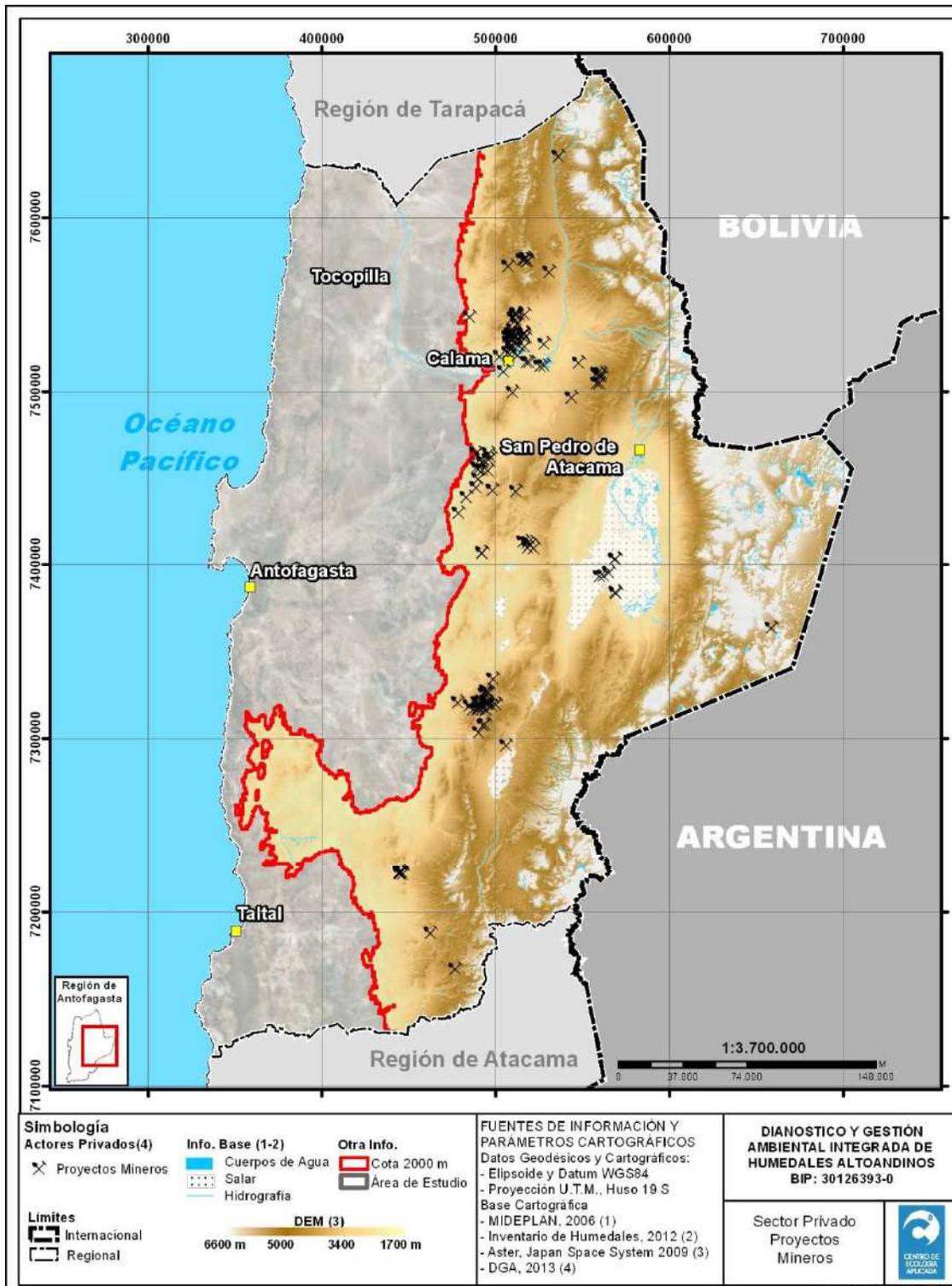


Figura 2.12. Distribución general de proyectos mineros, en la zona de estudio.

#### 2.2.4.2 Compromisos ambientales de proyectos privados

Luego de sistematizar la información, se revisó la Resolución de Calificación Ambiental (RCA), el Informe Consolidado (ICE), Declaración o Estudio de Impacto Ambiental (DIA) o (EIA), las Adendas, y por último, los informes de monitoreo disponibles para cada proyecto en cuestión.

Posteriormente, toda la información de aquellos proyectos que presentaron Planes de Monitoreo Ambiental y/o compromisos voluntarios fue sistematizada en fichas. Cada ficha de proyecto consideró 3 niveles de información, el primero correspondió a las componentes ambientales relevantes para el análisis, en este caso Meteorología y Calidad del aire, Hidrología e hidrogeología, Calidad de agua superficial y subterránea, Calidad de sedimento, Biotá acuática, Flora y vegetación y por último Fauna. El segundo nivel de información, está asociado con las etapas del proyecto y los Compromisos Voluntarios. Y el último nivel, está relacionado con once ítems de información descriptiva, tales como puntos de muestreo, tipo de estación, coordenadas, altura, parámetros, metodologías, frecuencia de muestreo, estado operativo, fecha de inicio y termino del monitoreo y por último la frecuencia de entrega a la autoridad. El modelo conceptual de la ficha se muestra en la Figura 2.13 .

Simultáneamente se solicitó a los titulares información por cada proyecto de manera de contrastar la información disponible con lo que actualmente se está realizando. Esta etapa se cerró el 7 de noviembre de 2014, recepcionando la información de 15 titulares, lo cual correspondió al 31% de respuesta.

De este proceso, vale decir que en base a la revisión de información en el SEA y en contraste con la respuesta de titulares, se obtuvieron 49 fichas cuyos proyectos e información se resume en la Tabla 2.12. De forma complementaria, se presenta en las Figura 2.14 a Figura 2.20 la distribución espacial de cada monitoreo y/o compromiso ambiental según proyecto Minero.

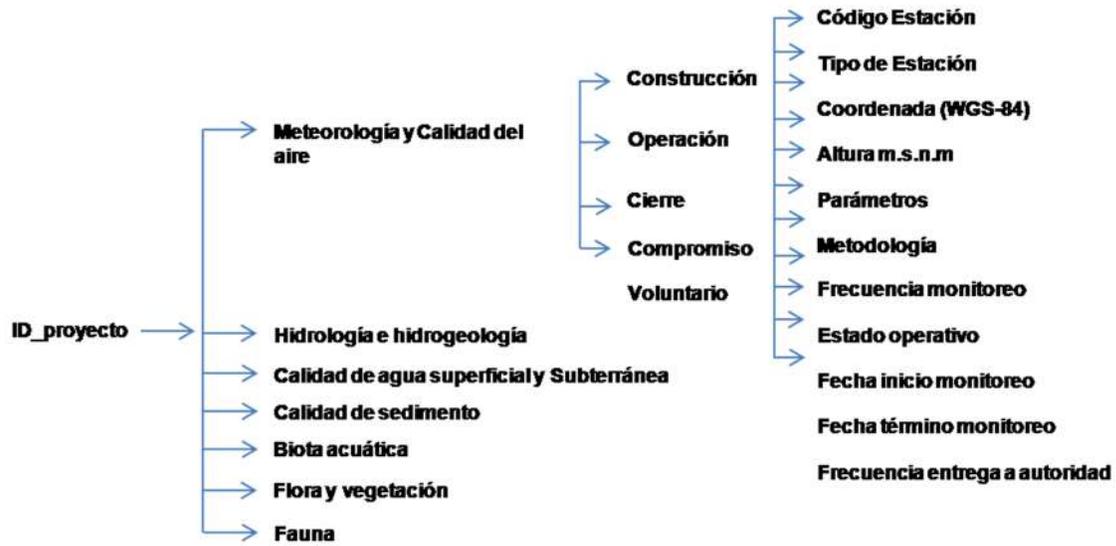


Figura 2.13. Modelo conceptual de cada ficha, según sus tres niveles.

**Tabla 2.12.** Síntesis de proyectos, según tipo de monitoreo y compromiso ambiental adquirido, indicando número correlativo de proyecto (ID), número correlativo asociado a cartografía proyectos mineros (ID CEA), nombre de proyecto (Nombre), titular, división, número de RCA, y variables monitoreadas en los programas de seguimiento ambiental establecidos en el RCA y los compromisos voluntarios.

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
1	PM -1	Actividad de Exploración Proyecto Mansa Mina	CODELCO	Ministro Hales	087/2001	-Calidad de Agua	-Hidrología e hidrogeología
2	PM -3	Actividades de Prospección Minera en Bloque Cenizas	MINERA ESTRELLA DE ORO LTDA		032/1999	-Calidad de Agua	
3	PM -5	Ampliación de Capacidad de Extracción y Procesamiento de Mineral Sulfurado de Minera Escondida	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0398/2009	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Fauna	
4	PM -6	Ampliación Lixiviación Secundaria de Ripios	CODELCO	Radomiro Tomic	0132/2012	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	
5	PM -7	Ampliación Planta Santa Margarita	MINERA CERRO DOMINADOR S.A		0082/2008	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	
6	PM -10	Aumento de la Producción de Sulfato de Cobre Cristalizado	SULFATOS DEL NORTE S.A		0217/2005	-Calidad de Agua	
7	PM -11	Botadero de Lastre 2	MINERA EL ABRA		066/2002	-Flora y vegetación -Fauna	-Flora y vegetación -Fauna

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
8	PM -12	Cambios y Mejoras de la Operación Minera en el Salar de Atacama	SQM SALAR S.A		0226/2006	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Biota Acuática -Flora y Vegetación -Fauna	
9	PM -19	Construcción de Pozas de Evaporación Solar	ROCKWOOD LITIO LIMITADA		092/2000	-Flora y vegetación -Fauna	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología
10	PM -24	El Tesoro	MINERA EL TESORO		0031/1997	-Hidrología e hidrogeología -Flora y Vetación	
11	PM -25	Escondida Norte y Plantas de Tratamiento de Aguas	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0277/2001	-Meterorología	
12	PM -26	Expansión Radomiro Tomic	CODELCO	Radomiro Tomic	06/1998		-Hidrología e hidrogeología -Flora y vegetación
13	PM -30	Exploración Minera Andes Centrales II Región	WMC CHILE S.A.		205/2000		-Hidrología e hidrogeología -Flora y vegetación
14	PM -35	Explotación Molienda y Transporte de Sílice en Yacimiento Nancy	HECTOR RENE ROJAS BLAMEY		0080/2002	-Meterorología	-Flora y vegetación

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
15	PM -36	Explotación Subterránea Mina Rulita	MINERA ANTARES S.A		0272/2009		-Calidad de agua -Flora y vegetación
16	PM -43	Gaby	CODELCO	Gabriela Mistral	0010/2003	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Flora y Vegetación -Fauna	
17	PM -47	Lixiviación de mineral de baja ley, ROM II	MINERA EL ABRA		0068/2005	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	-Flora y vegetación -Fauna
18	PM -48	Lixiviación de Minerales de Baja Ley Dump 2	CODELCO	Radomiro Tomic	0216/2002	-Hidrología e hidrogeología	
19	PM -49	Lixiviación de Minerales de Baja Ley, Dump 2, Fase III	CODELCO	Ministro Hales	0276/2006	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	- Hidrología e hidrogeología
20	PM -50	Lixiviación de Minerales de Baja Ley, Dump 2, Fases IV-V	CODELCO	Ministro Hales	0418/2009	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	
21	PM -51	Lixiviación de Óxidos de Cobre y Aumento de la Capacidad de Tratamiento de Mineral Sulfurado	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0001/1997	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Calidad de Sedimento -Biota Acuática	

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						-Flora y Vegetación -Fauna	
22	PM -52	Lixiviación de Sulfuros	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0136/2003	-Calidad de agua -Calidad de Sedimento -Biota Acuática	
23	PM -53	Lixiviación de sulfuros SULFOLIX	MINERA EL ABRA		0114/2008	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Biota Acuática -Flora y Vegetación -Fauna	
24	PM -56	Mansa Mina	CODELCO	Ministro Hales	0311/2005	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Fauna -Flora y Vegetación -Fauna	- Meteorología -Calidad de agua -Flora y vegetación -Fauna terrestre
25	PM -58	Mina El Abra	MINERA EL ABRA		048/1995	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Biota Acuática -Flora y	

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						Vegetación -Fauna	
26	PM -63	Modificación de la lixiviación de depósitos de baja ley, ROM I	MINERA EL ABRA		0224/2007	-Calidad de Agua	
27	PM -64	Modificación Depósito de Ripios	MINERA EL TESORO		0203/2003	-Calidad de Agua	
28	PM -65	Modificación Proyecto El Abra Lixiviación Depósito de Baja Ley (ROM)	MINERA EL ABRA		036/2001		-Calidad de agua -Flora y vegetación
29	PM -68	Modificaciones a las Instalaciones de Manejo y Procesamiento de Mineral Sulfurado	MINERA ESCONDIDA LIMITADA		0345/2013	-Meteorología -Calidad de agua -Fauna	
30	PM -70	Modificaciones Faena Minera Zaldivar	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		0047/2010	-Fauna	
31	PM -71	Modificaciones Mina Ministro Hales	CODELCO	Ministro Hales	0240/2010	-Calidad de Agua	
32	PM -75	Optimización Faena Minera Lomas Bayas Pozo CMG-1	XTRATA LOMAS BAYA		298/2001		- Hidrología e hidrogeología -Calidad de agua - Vegetación
33	PM -76	Optimización Integral Concentradora A-2	CODELCO	Chuquicamata	0055/2003		- Hidrología

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
34	PM -77	Optimización Sistema de Conducción y Distribución de Relave en Tranque Talabre	CODELCO	Chuquicamata	126/2000	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	-Hidrogeología e hidrogeología -Calidad de agua
35	PM -79	Pilas Dinámicas de Lixiviación	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		0035/2000	-Meteorología	
36	PM-81	Planta de Abatimiento de Arsénico y Antimonio para el Tratamiento de Polvos de Fundición y Efluentes de Refinería	ECOMETALES Limited		0086/2009	-Calidad de Agua	
37	PM -110	Proyecto Esperanza	MINERA ESPERANZA		0212/2008	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Calidad de Sedimento -Biota Acuática -Flora y Vegetación -Fauna	
37	PM -115	Proyecto Mina Radomiro Tomic	CODELCO	Radomiro Tomic	0015/1996	-Meteorología -Calidad de agua	
38	PM -119	PROYECTO QUETENA	CODELCO	Chuquicamata	0012/2013	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología -Calidad de Sedimento -Biota Acuática	

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						-Flora y Vegetación -Fauna	
39	PM -120	Proyecto Reapertura Mina Guanaco	GUANACO COMPAÑÍA MINERA LIMITADA		0251/2009	-Meteorología -Calidad de agua -Flora y Vegetación -Fauna	
40	PM -123	Reinicio de la Operación de la Planta de Renio. Subgerencia de Concentración	CODELCO	Chuquicamata	0301/2010	-Meteorología	
41	PM -124	Santa Margarita	MINERA CERRO DOMINADOR S.A		0008/2004	-Calidad de agua -Hidrología e hidrogeología	
42	PM -130	Transformación Planta de Escorias	CODELCO	Chuquicamata	165/2001	-Hidrología e hidrogeología	
43	PM -134	Tratamientos Ripios Aglomerados Mina Sur	CODELCO	Chuquicamata	385/1995	-Meteorología -Calidad de agua	
44	PM-136	Zaldivar, Aumento de Capacidad	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		574/1993	-Meteorología -Hidrología e hidrogeología -Calidad de agua -Flora y Vegetación -Fauna	
45	PM -139	Cuarta Actualización del Proyecto Esperanza - Optimización del Proceso	MINERA ESPERANZA		0358/2013	-Meteorología -Calidad de agua -Hidrología e	

N°	ID CEA	Nombre	Titular	División	N° RCA	Programa de Monitoreo Ambiental	Compromisos ambientales voluntarios
						hidrogeología -Calidad de Sedimento -Biota Acuática -Flora y Vegetación	
46	PM -143	Lixiviación Secundaria de Rípios	COMPAÑÍA MINERA ZALDIVAR		159/2003	-Meteorología -Calidad de agua	
47	PM -144	Modificación del Botadero de Lastre N°2	MINERA EL ABRA		0253/2007	-Flora y Vegetación -Fauna	-Flora y Vegetación - Fauna terrestre
48	PM -147	Proyecto Óxidos Encuentro	COMPAÑÍA CONTRACTUAL MINERA ENCUESTRO		0201/2013	-Meteorología -Calidad de agua -Flora y Vegetación	
49	PM -148	Secador Planta Potasa Rockwood Litio Limitada	ROCKWOOD LITIO LIMITADA		0403/2013	-Meterorología	

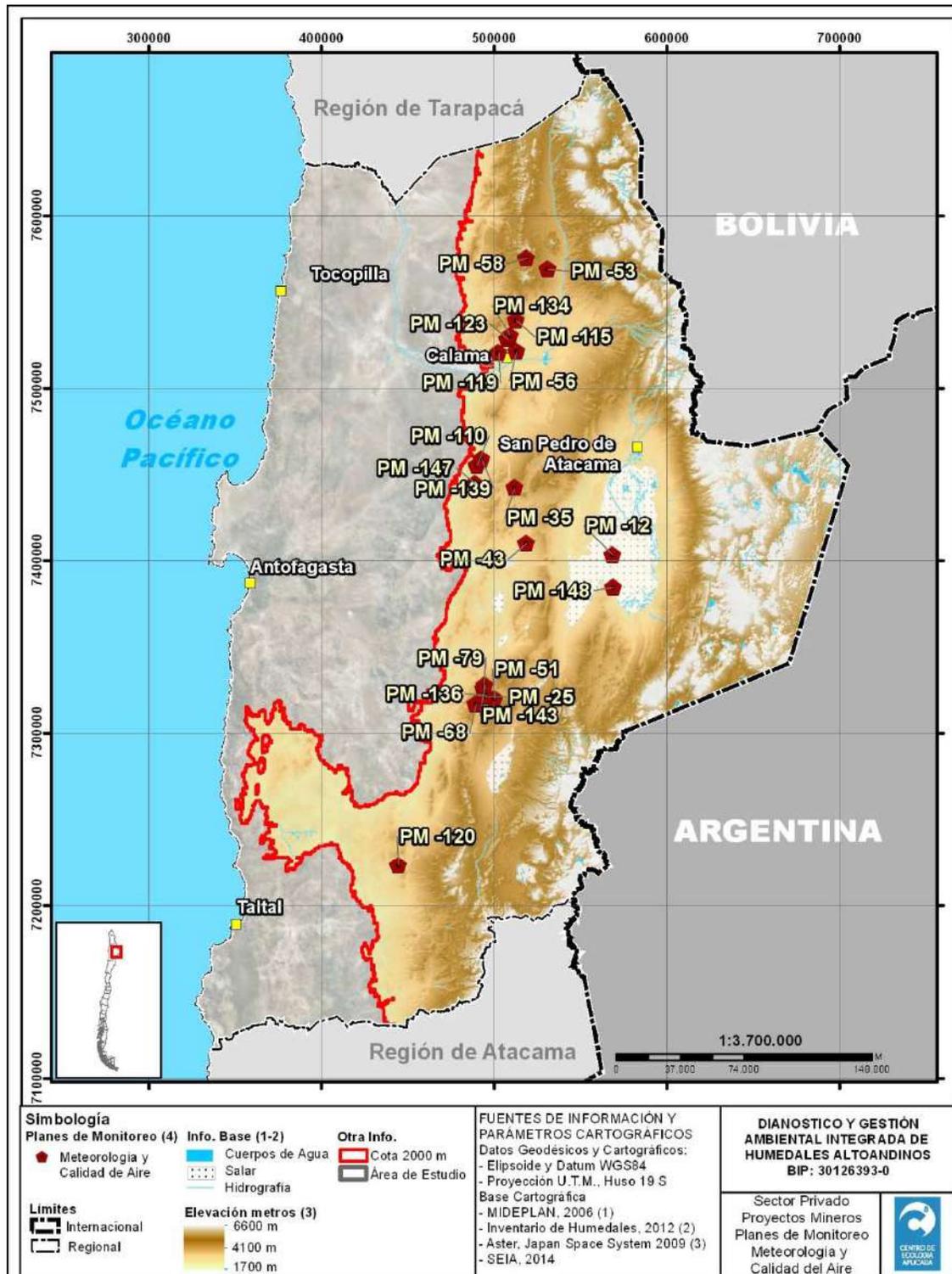


Figura 2.14. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de aire.

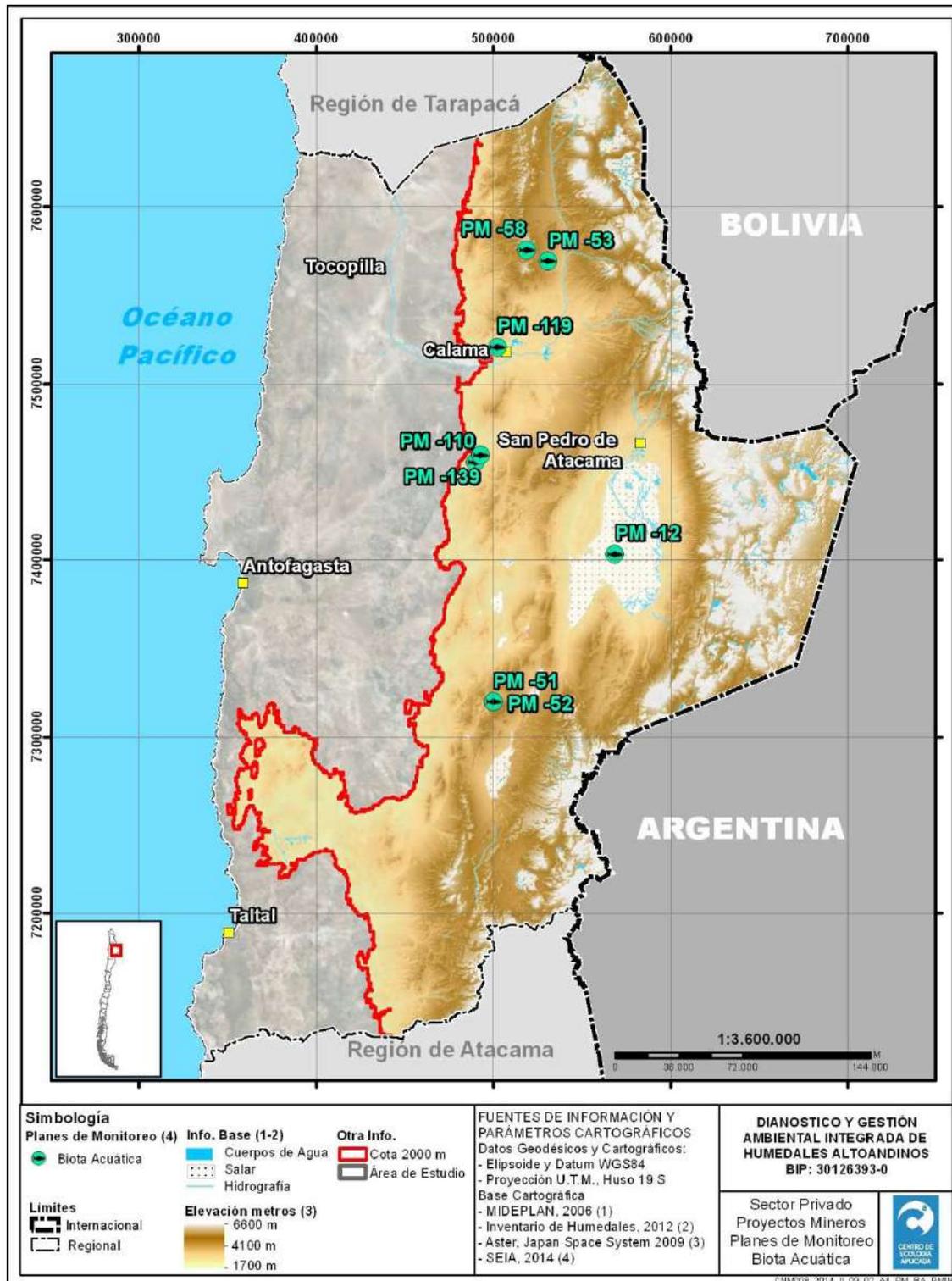


Figura 2.15. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de biota acuática.



Figura 2.16. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de agua.

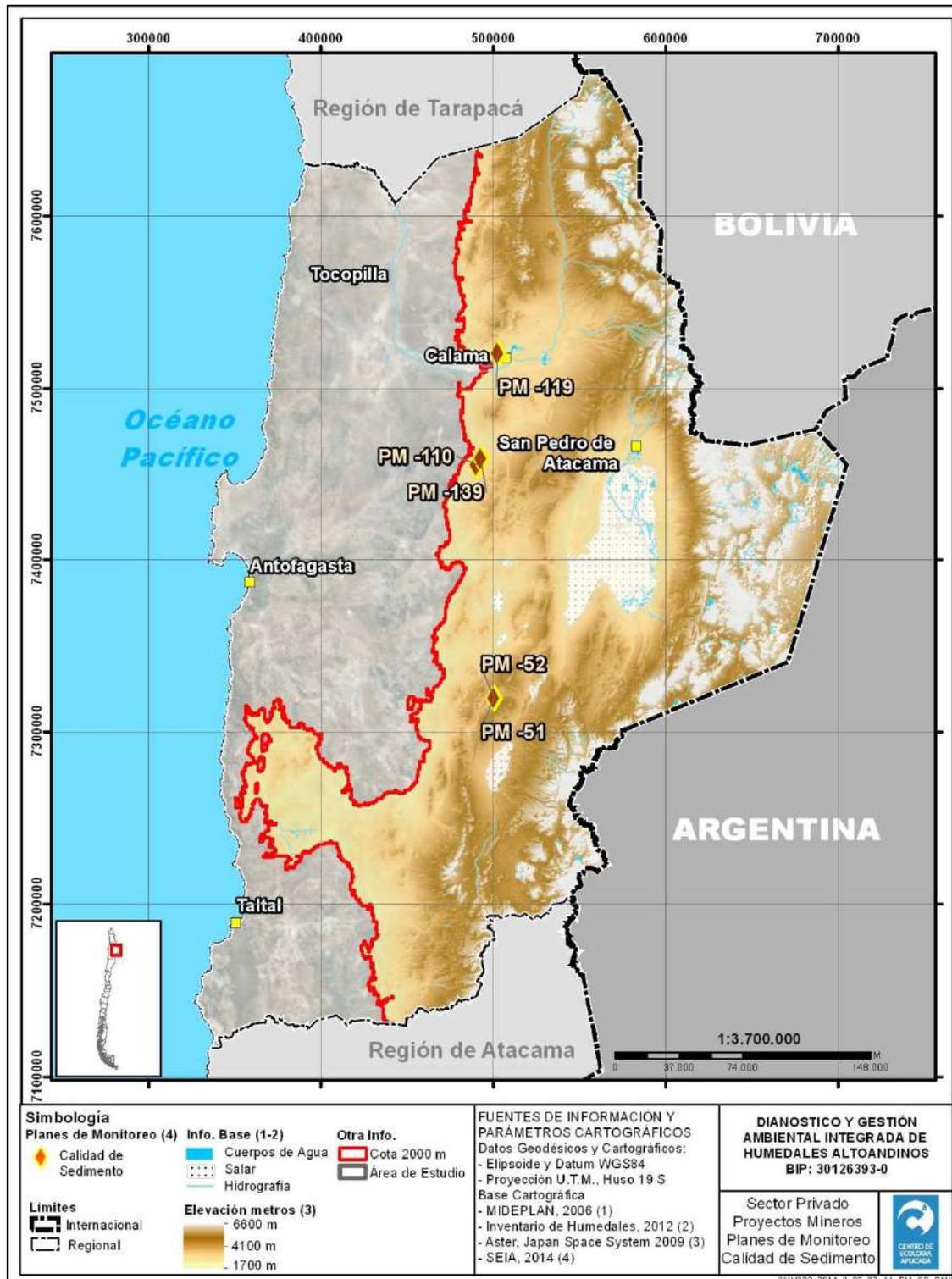


Figura 2.17. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de calidad de sedimento.

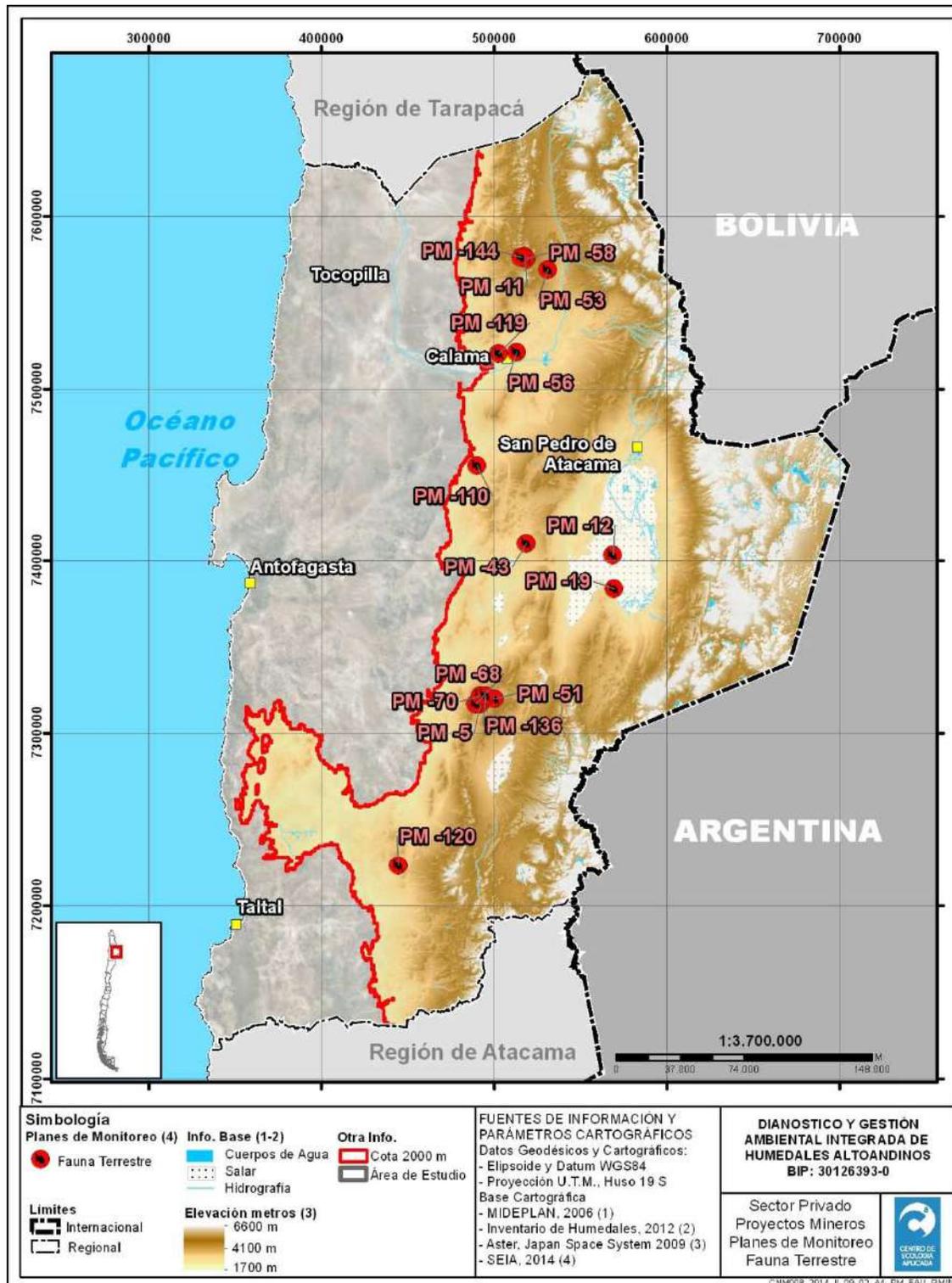


Figura 2.18. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de fauna terrestre.

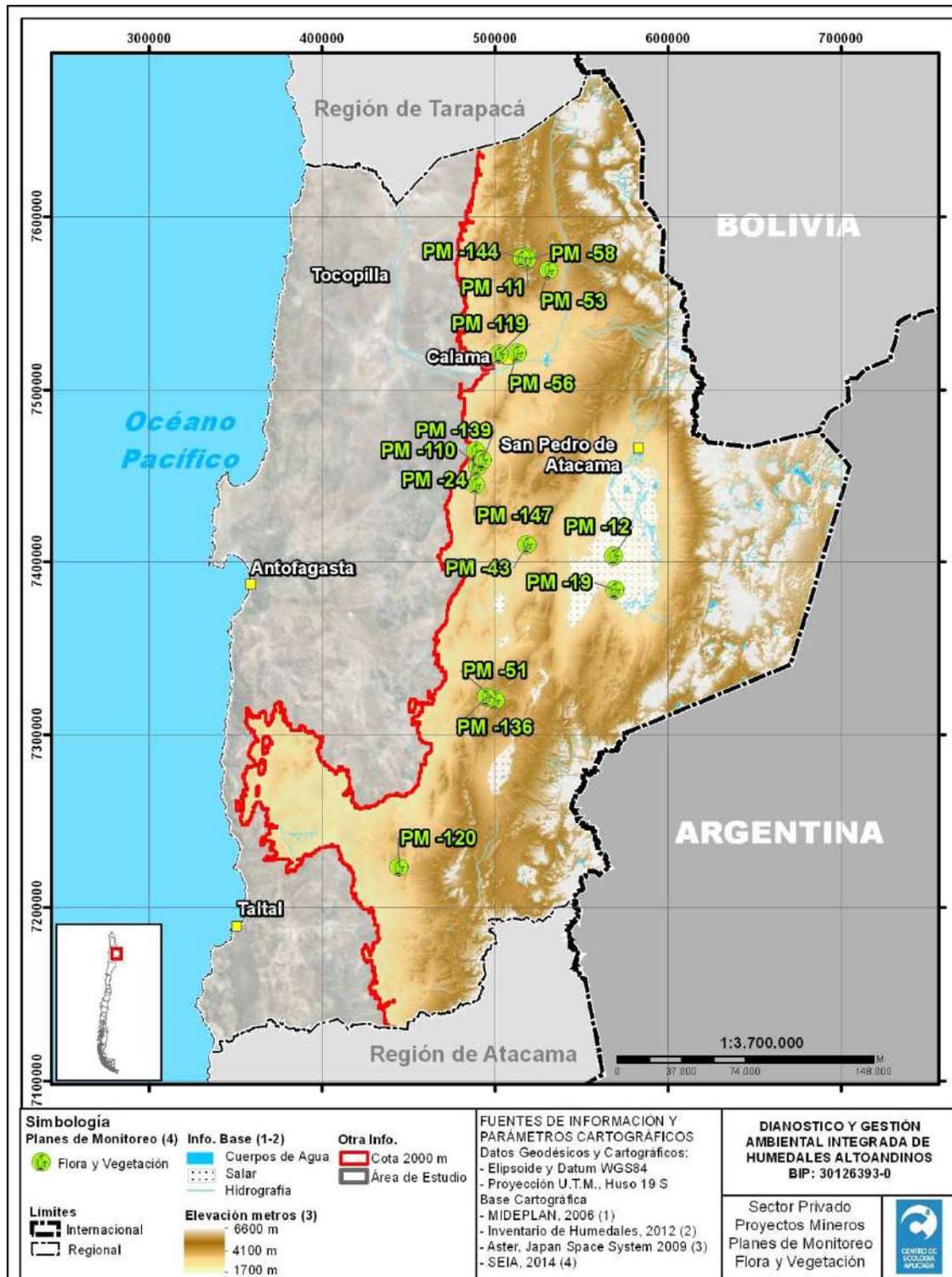


Figura 2.19. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de flora y vegetación.

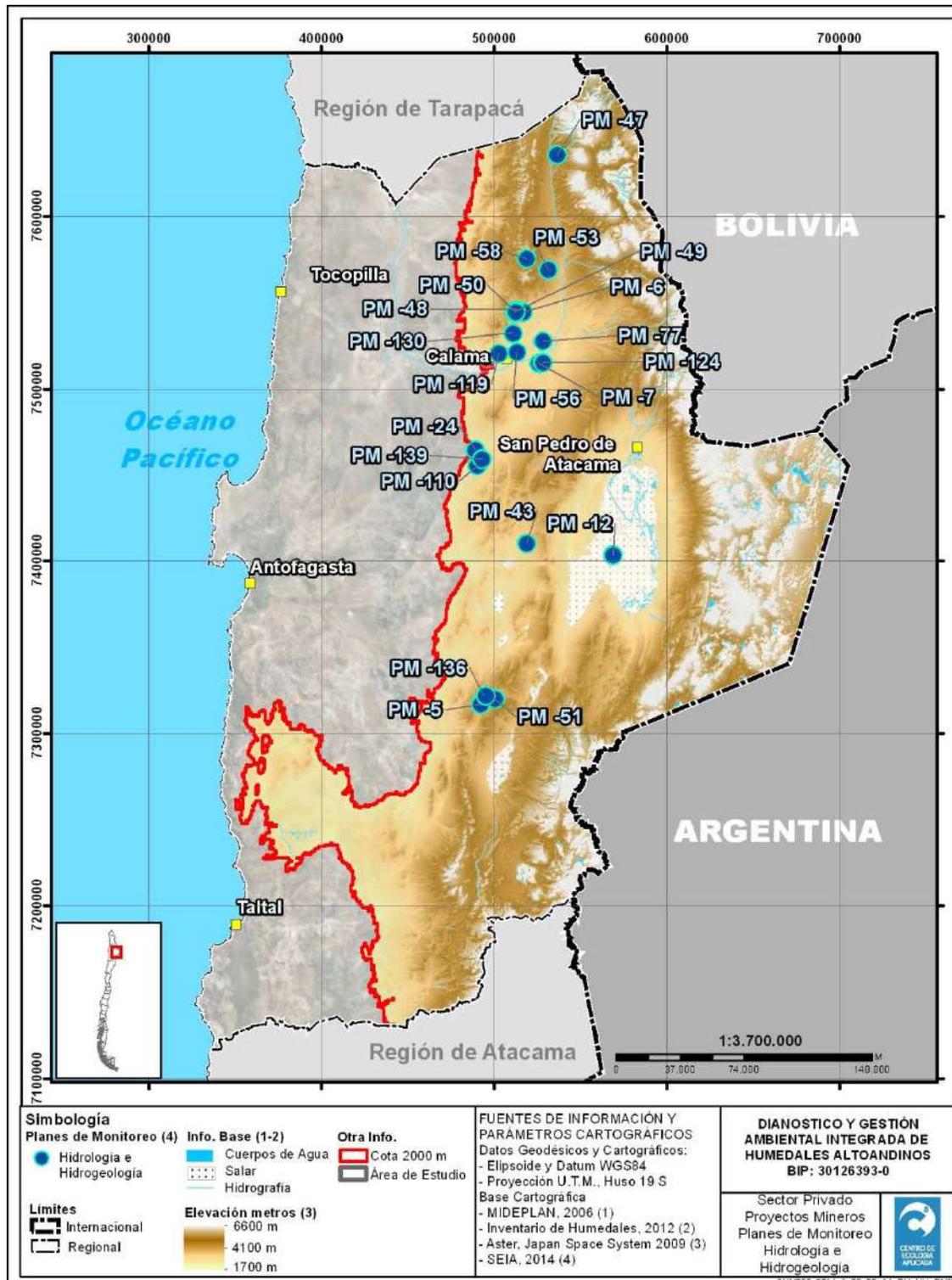


Figura 2.20. Distribución de proyectos mineros, con compromiso de monitoreo de hidrología e hidrogeología.



## **CONCEPTUALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO**

### 3 CONCEPTUALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO

En este capítulo se presentan los resultados relacionados con la segunda línea de trabajo asociada a la conceptualización y diagnóstico de los humedales altoandinos emplazados en el área de estudio. Los resultados se relacionan con una caracterización general de la zona de estudio y de los humedales prioritarios desde el punto de vista físico, bioquímico y ecológico; como también, una caracterización espacial y temporal de los humedales a través del análisis de imágenes multiespectrales.

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 Geomorfología

La región del altiplano de la región de Antofagasta se extiende entre los 21°S y 25.5°S, con una elevación promedio de 3700 m.s.n.m. Esta zona tiene formaciones geológicas con orientación norte-sur donde se distingue desde el oeste hacia el este la precordillera de Domeyko, la depresión andina o fosa prealtiplánica y la cordillera prealtiplánica (ver Figura 3.1).

En la fosa prealtiplánica se encuentra la cordillera de la Sal, una pequeña rama de la cordillera de Domeyko, el salar de Atacama y el nacimiento del río Loa. En la cordillera prealtiplánica, por otra parte, se encuentran el volcán Ollagüe (5865 m.s.n.m.), el volcán Linzor (5555 m.s.n.m.) y el volcán Licancabur (5916 m.s.n.m.), entre otros.

##### 3.1.2 Clima

La ubicación latitudinal y la topografía local constituyen los factores determinantes del clima en la región altiplánica. En general esta región tiene clima de aire seco con humedad del orden del 50%. Las temperaturas promedio oscilan en torno a los 0°C, con gran oscilación térmica diaria y estacional, alcanzando valores máximos mayores a 30°C durante el verano (de la Fuente & Niño, 2010), con oscilaciones diarias de más de 30°C (DGA, 2008a). La precipitación, que muestra un marcado carácter episódico, se concentra durante el verano austral (diciembre-marzo), cuando la circulación atmosférica regional favorece la advección de vapor de agua desde la cuenca amazónica (Aceituno, 1996). En el resto del año, cuando la actividad convectiva se ha desplazado hacia la región noroccidental del continente, los eventos de precipitación son escasos (Aceituno, 1996). Además, existe una variabilidad interanual en la precipitación, la cual se asocia con eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENSO). Años de Niña (fase fría) tienden a aumentar la precipitación en el región altiplánica, mientras que durante el Niño (fase cálida) ocurre lo contrario (Aceituno, 1996). En cuanto a la variación de la precipitación media anual con la altura, se estima un gradiente de 6 mm cada 100 m de altitud a partir de los 2.250 m.s.n.m., llegando a precipitaciones medias anuales del orden de 250 mm en las zonas más altas (DGA, 2008b). Dado que la zona altiplánica se encuentra mayormente ubicada dentro del Trópico de Capricornio (23.27° S) a alturas sobre los 2000 m.s.n.m., esta región tiene altos niveles de radiación (Aceituno, 1993), la que entre otros factores, determina que en el altiplano existan altas tasas de evaporación, proceso que constituye la principal fuente de pérdida de agua. La tasa media anual alcanza valores de hasta 3.800 mm, concentrándose las mayores tasas en los meses

de octubre, noviembre y diciembre, mientras que en los meses de mayo, junio y julio, se registran las menores tasas de evaporación (DGA, 2008b).

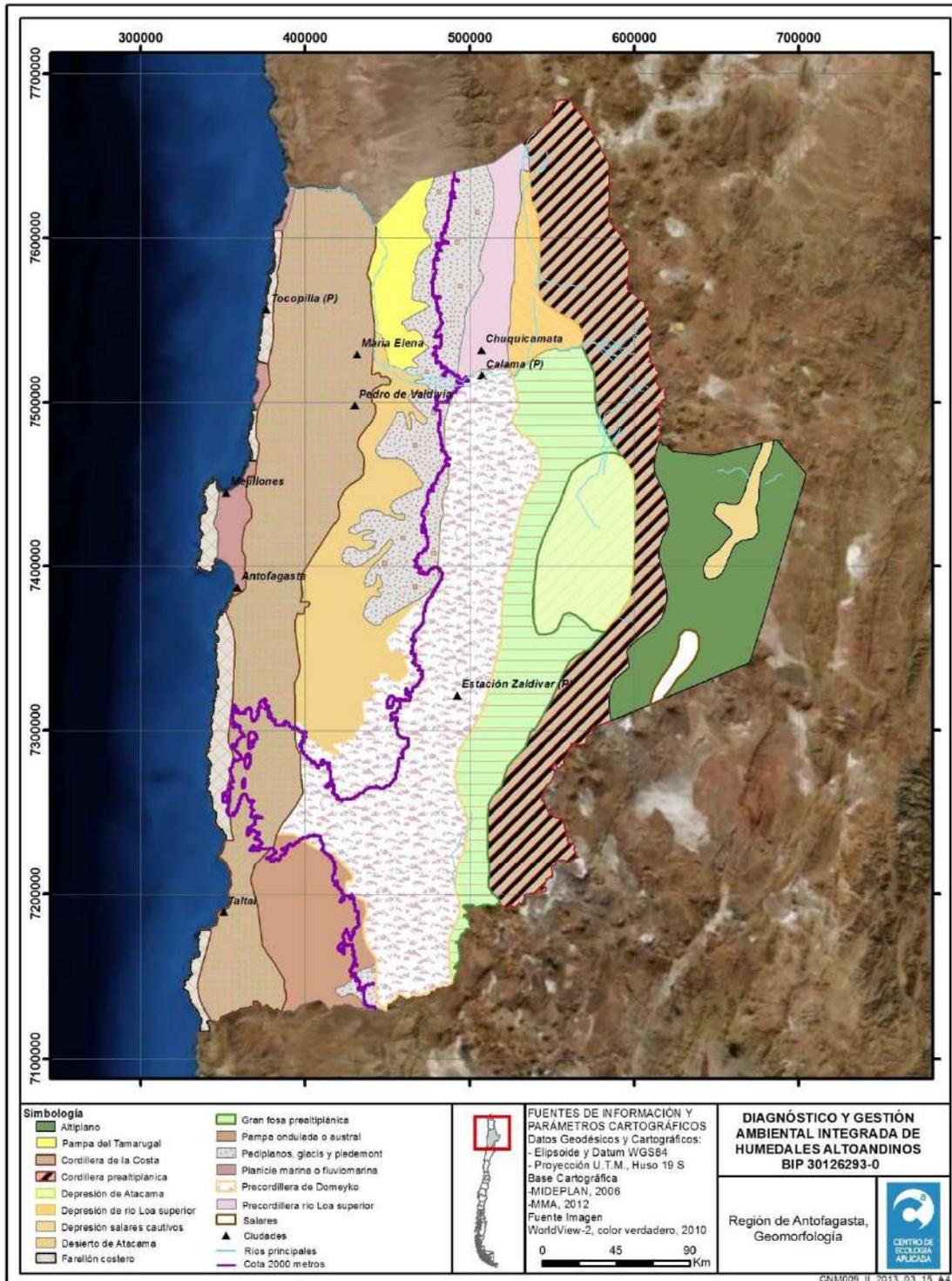


Figura 3.1: Geomorfología de la región de Antofagasta (Fuente: IGM, 2007).

### 3.1.3 Hidrología

Las características del escurrimiento superficial en la región están determinadas por las condiciones climáticas y geomorfológicas, en donde los cursos de agua permanente son escasos, restringiéndose al sector de la cordillera de los Andes, los cuales en su trayecto al oeste son retenidos por la cordillera de Domeyko. Así, las cuencas hidrográficas son principalmente endorreicas, las cuales debido a la alta tasa de evaporación han formado numerosos salares (DGA, 2004a).

Los únicos ríos de escurrimiento permanente son el río Loa, el río San Pedro y el río Vilama. El río Loa, que constituye el recurso hídrico de mayor relevancia, tiene un largo de aproximadamente 400 km, con un caudal medio anual entre 0,5 y 5 m<sup>3</sup>/s. El resto del escurrimiento superficial proviene principalmente del afloramiento de agua subterránea, especialmente en el sector de la fosa prealtiplánica entre la cordillera de los Andes y la cordillera de Domeyko (DGA, 2004a).

El listado de las cuencas ubicadas en la zona de estudio se presenta en Tabla 3.1, mientras que la delimitación espacial se muestra en la Figura 3.2.

**Tabla 3.1:** Subcuencas en el área de estudio (DGA, 2003).

Código Subcuenca	Nombre
0200	Salar De Ollague
0201	Salar De Carcote
0202	Salar De Ascotán
0210	Río Loa Alto (bajo junta Río Salado)
0211	Loa Medio (entre R. Salado y Q. de Barrera)
0230	Cajón
0231	Salar de Tara
0232	Entre Laguna Gucchalajte y Pampa del Lari
0233	Salar de Incaguasi
0234	Salar de Pular
0240	Laguna Parico, Laguna Helada y Salar de Pujsa
0241	Salar de Quisquiro
0242	Salar de Aguas Calientes y Alto del Lari
0243	Laguna Lejía
0244	Lagunas Miscanti y Meniques
0245	Laguna Tuyajto Chico y Salar de Laco
0246	Laguna de Tuyajto
0247	Salar de Talar y Purisunchi
0248	Laguna del Cabo
0250	Salar de Atacama
0251	Río San Pedro
0252	Llano De La Paciencia

<b>Código Subcuenca</b>	<b>Nombre</b>
0260	Pampa Elvira
0261	Pampa Jardín
0262	Pampa Mariposa (Norte Cerro Mariposa)
0263	Pampa Mariposa (Sur Cerro Mariposa)
0264	Pampa Colorado
0265	Salar Punta Negra
0266	Pampa de Socompa
0267	Salar de Aguas Calientes y Laguna de La Azufrera
0268	Salar de Pajonales
0270	Quebrada Caracoles bajo junta Quebrada El Buitre
0272	Quebrada San Cristóbal
0274	Quebrada Salar del Muerto
0275	Quebrada Chimborazo
0280	Quebrada Mateo hasta Quebrada Grande
0281	Quebrada Grande
0291	Quebrada de Remedios y Quebrada de Izcuna
0292	Quebradas entre Quebrada de Izcuna y Q. de Guanillos (inclusive)
0293	Quebradas entre Quebrada de Guanillos y Q.de Taltal
0294	Quebrada de Taltal
0296	Quebrada de La Cachina
0310	Quebrada Pan de Azúcar

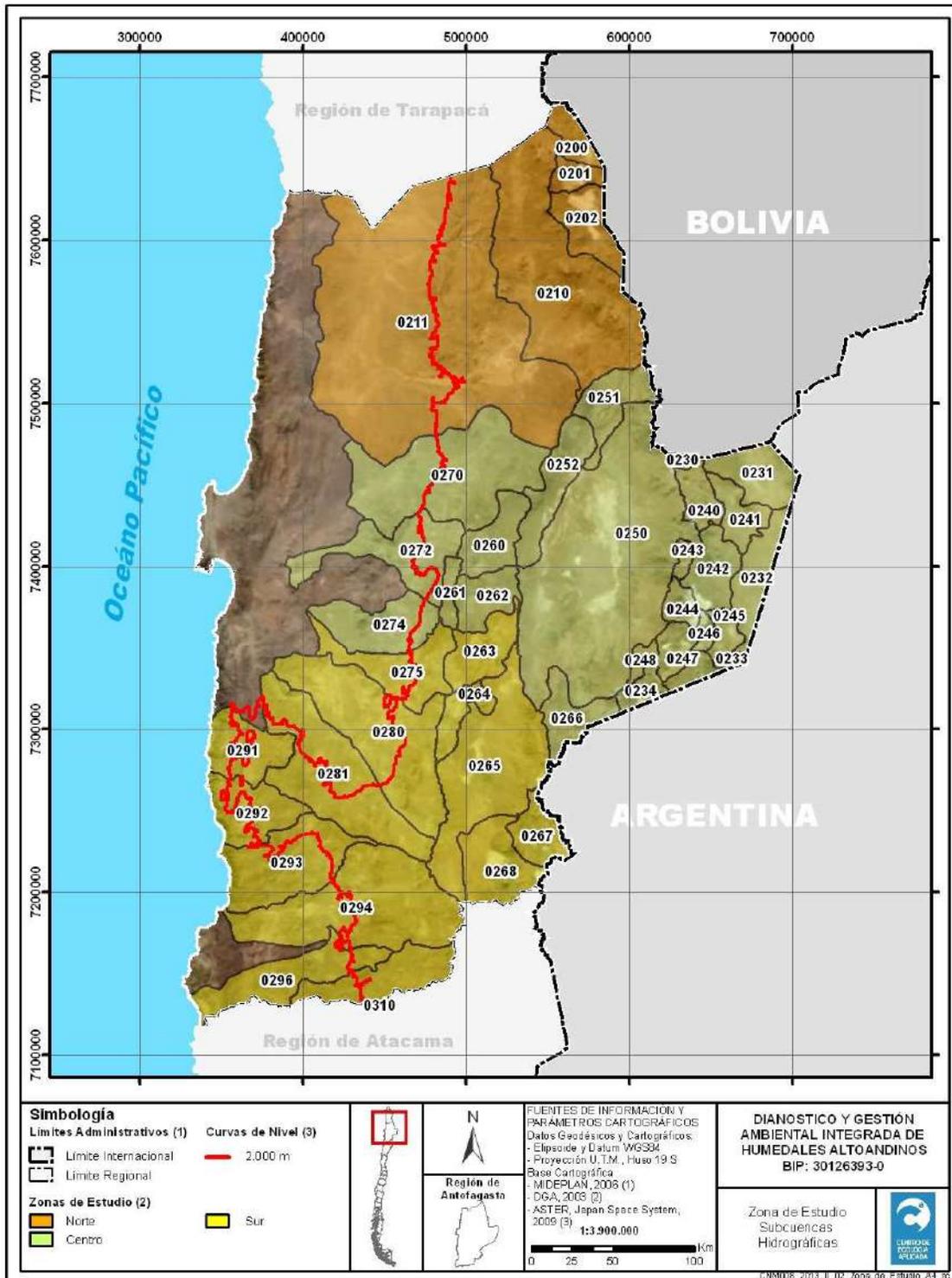


Figura 3.2 : Cuencas hidrográficas en la zona de estudio.

### 3.1.4 Hidrogeología

En la región altiplánica se identifican cuatro unidades hidrogeológicas, las cuales se clasifican de acuerdo a su permeabilidad en alta, media, media a baja, y muy baja a nula. La unidad hidrogeológica de permeabilidad alta corresponde a rellenos sedimentarios no consolidados, en donde se ubican los acuíferos con mayor potencial hídrico, entre los cuales se encuentran los ubicados en niveles sedimentarios que rellenan las cuencas de los salares de Ascotán, Atacama y Punta Negra y en depósitos ignimbríticos fracturados con intercalaciones de sedimentos clásticos ubicados en la cabecera sur de la cuenca del salar de Atacama, en la parte superior de la cuenca del río Loa y en los valles de los ríos San Pedro y Salado (DGA, 2004a).

Los acuíferos en relleno sedimentario, principalmente los asociados las cuencas de los salares de Ascotán, Atacama y Punta Negra, se presentan libres a semiconfinados, con espesores entre 50 a 200 m. Estos acuíferos son alimentados por aguas lluvias, escorrentía superficial continua o esporádica y escorrentía subterránea que fluye a través de rocas fracturadas que conforman los bordes de las cuencas hidrográficas que los contienen; mientras que la descarga se produce principalmente por evaporación, o en forma artificial por la extracción de pozos (DGA, 2004a).

El estrato más permeable de estos acuíferos de relleno sedimentario, presenta permeabilidades superiores a los 10 m/día. Este estrato de permeabilidad alta presenta un desarrollo restringido, encontrándose circunscrito a las partes bajas de cuencas endorreicas y a los ejes de los valles, dispuesto sobre rocas de distinta permeabilidad que conforman los demás estratos hidrogeológicos (DGA, 2004a). En general, los pozos en estos acuíferos presentan productividades muy elevadas con valores superiores a los 10 m<sup>3</sup>/hr/m y niveles estáticos variables entre 0 y 80 m (DGA, 2004a).

## 3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS HUMEDALES ALTOANDINOS

Los humedales son “superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas”, incluyendo la vegetación que los rodea. Los humedales incluyen pantanos, marismas, lagos, vegas, bofedales, salares, pastizales húmedos, turberas y estuarios (MMA, SAG, DGA, 2011).

Los humedales que son parte de los ecosistemas del altiplano, mantienen una diversidad biológica única y se caracterizan por un alto nivel de endemismo, tanto de especies animales como vegetales, terrestres y acuáticas. Los humedales son, además, refugio y zonas de reproducción de una gran cantidad de especies que se encuentran con problemas de conservación, juegan un rol vital en el desarrollo de las cuencas andinas y de los sistemas hidrogeográficos que sostienen actividades de importancia económica y social. Su alta fragilidad está asociada a causas naturales, como el cambio en el régimen pluviométrico y también a causas antrópicas, como son las actividades de drenaje, pastoreo excesivo o alteración en el régimen hídrico (Ahumada et al., 2011).

Estos humedales altoandinos se forman a partir del afloramiento de aguas subterráneas, surgencia que se produce por la proximidad de la napa subterránea a la superficie terrestre. El agua escurre en forma superficial y/o subterránea hasta el lugar de menor altura de la

cuenca, formando lagunas terminales debido a la imposibilidad de escapar de la cuenca. El agua subterránea que aflora es de carácter dulce a moderadamente salina, lo que permite la aparición de estructuras vegetacionales tipo vega y bofedal, entidades extremadamente frágiles por su dependencia del agua (Squeo et al., 2006), la cuales se emplazan a lo largo de los canales formados entre los afloramientos y la laguna terminal. Esta estructura de vegetación tiene patrones de distribución azonal, distribución que se asocia a los suministros hídricos estable y/o permanentes (Ahumada et al., 2009).

Los altos niveles de evaporación, por otra parte, concentran las sales de las aguas afloradas durante su recorrido hacia las lagunas y en la laguna misma. Cuando la salinidad alcanza valores por sobre los 200 g/l aproximadamente, ocurre un fenómeno de precipitación de sales (MMA, SAG, DGA; 2011), formando costras de sal en las orillas de los cursos de agua y en las orillas de las lagunas, pudiendo en algunos casos cubrir toda la superficie del cuerpo de agua. Estos cuerpos de agua salada o salobres se denominan salares y generalmente tienen profundidades muy bajas de unos pocos centímetros (De la Fuente & Niño, 2010).

### 3.2.1 Sistema de lagunas terminales altiplánicas

Un modelo conceptual simplificado del sistema de lagunas terminales altiplánicas se presenta en la Figura 3.3. Ella presenta un sistema de jerarquización entre los parámetros ambientales físicos, bioquímicos y biológicos, cuya interrelación funcional se explica a continuación.

Las lagunas terminales reciben el agua que fluye tanto en forma superficial (desde los afloramientos) como subterránea hasta el fin de la cuenca, en estas lagunas ocurre evapoconcentración de las sales generando lo que se conoce como salares. Normalmente en los sistemas altiplánicos los afloramientos de agua no ocurren en un único lugar, sino que el agua surge en diferentes puntos haciendo dificultoso cuantificar los volúmenes de agua que afloran a través de mediciones directas. Debido a esto, es que para cuantificar los flujos de agua del sistema se suele hacer un balance de volumen sobre la laguna terminal a la que llegan todos los aportes (DGA-UCN-IRD., 1999a).

Al considerar el balance hídrico sobre la laguna terminal en las cuencas endorreicas, los aportes están dados por el balance hídrico del acuífero, de donde se puede obtener la tasa de afloramiento de agua subterránea. Por otro lado, la principal pérdida de agua en el salar se produce por evaporación. En la evaporación del agua de los salares, participan diferentes componentes meteorológicos como el balance radiativo, el viento y la humedad atmosférica. La evaporación se produce cuando las moléculas de agua alcanzan una energía cinética tal que les permite vencer la atracción de las otras moléculas y pueden escapar a la atmósfera. En primer lugar la energía necesaria para la evaporación es aportada por el intercambio térmico que se produce entre la atmósfera, el agua y también los sedimentos del fondo (De la Fuente & Niño, 2010), esto último debido a la poca profundidad del agua de los salares. Cuando existen sales disueltas en el agua éstas disminuyen la energía libre de las moléculas disminuyendo la evaporación (Lensky et al, 2005), de modo que a mayor salinidad menor es la tasa efectiva de evaporación y por sobre los 200 g/l no habría evaporación (MMA, SAG, DGA; 2011).

Al tener el balance volumétrico de los salares identificado con sus entradas (tasa de afloramiento de agua subterránea y aporte desde canales), salidas (tasa de evaporación) y

el volumen de la cubeta definidos (definida por su morfología), entonces se puede obtener el tiempo de retención, la cobertura del espejo de agua y la profundidad de las lagunas. Es importante hacer notar que la precipitación de sales que ocurre en los salares puede cambiar la morfología de la laguna en periodos cortos inclusive dentro de una estación (De la Fuente & Niño, 2010), aunque generalmente se considera que su morfología es estable. El tiempo de retención, por otra parte, corresponde al tiempo que tarda una gota de agua desde que entra al sistema hasta que sale. Este tiempo influye en los procesos bioquímicos que se producen en el sistema acuático, por ejemplo, en la concentración de las sales y su posterior precipitación, la proliferación de microorganismos y la descomposición de materia orgánica.

Por su parte, los procesos bioquímicos que ocurren en las lagunas cambian el contenido de oxígeno disuelto, nutrientes, compuestos inorgánicos, compuestos orgánicos, etc. afectando a la microbiota que vive en las lagunas terminales, en particular a los tapetes microbianos, que como productores primario, constituyen la base de las cadenas tróficas de los sistemas acuáticos altiplánicos (Farías et al., 2013a).

Los tapetes microbianos (“microbial mats”) han sido descritos como comunidades bentónicas estratificadas que se desarrollan en la interfase entre el agua y sustratos sólidos. Estos requieren de un basamento donde establecerse, ya que se constituyen por la unión de los microorganismos a las partículas salinas y de sedimentos clásticos. La granulometría de los sedimentos es importante, dado que de esta depende el drenaje, incluyendo la capacidad de retención de agua y la aireación (Demergasso et al., 2003). Los tapetes microbianos corresponden a agrupaciones de microorganismos fotosintéticos que crecen adheridos en forma de láminas a la superficie del suelo, como organismos bentónicos (Farías et al., 2013a). Son comunidades microbianas multilaminadas, multidimensionalmente reticuladas, que incorporan detritus, minerales y materiales geoquímicos asociados, incluyendo cristales. Los patrones entretrejidos pueden formar estructuras concéntricas o laminadas. Los pigmentos como la clorofila, fitocianina y ficoeritrina son frecuentemente detectados por técnicas espectroscópicas y cromatográficas. Ellos pueden producir nuevos minerales y, en ambientes evaporíticos, pueden influir en la química y ecología microbiana asociada (Farías et al., 2013a).

Un ejemplo de los microorganismos que se desarrollan en las lagunas de los salares corresponde a las comunidades de diatomeas bentónicas, éstas responden al aumento de nutrientes, sobre todo nitrógeno y fósforo en el agua mediante cambios en la composición de la comunidad (Pardo et al., 2010).

Cuando los tapetes microbianos empiezan a precipitar minerales, como consecuencia de la actividad orgánica, tenemos un microbialito. Los microbialitos son depósitos que se forman cuando comunidades bentónicas atrapan sedimentos detríticos y/o forman núcleos de precipitación mineral. La formación de microbialitos resulta de interacciones geoquímicas combinadas con litificación mediada por exopolímero de cianobacterias dominantes del tapete microbiano. Los microbialitos pueden variar en la forma (p. ej. columnar, laminar, ramificado, cabezuela) dependiendo de la población microbiana, el ambiente y el grado de laminación (Farías et al., 2013a).

Cuando los microbialitos forman estructuras estratificadas que dejan un registro fósil, entonces, tenemos un estromatolito. Éste nace de la combinación de la acreción de productos y de la interacción de microorganismos, productos microbianos incluyendo

exopolisacáridos y sedimentos. Los estromatolitos han sido definidos como estructuras organosedimentarias producidas por captura de sedimento, unión, y/o actividad microbiana de precipitación, principalmente de cianobacterias. Se sabe que ciertas cianobacterias precipitan, capturan, y unen  $\text{CaCO}_3$  para formar estructuras e inducen la litificación. La precipitación del mineral se produce en forma estratificada. La mayoría de los registros fósiles que se conocen son de  $\text{CaCO}_3$ , pero existen también estromatolitos de yeso (Farías et al., 2013a).

Las evaporitas son rocas sedimentarias que se forman por cristalización de sales disueltas en lagos y mares costeros. La mayoría de los depósitos explotables de yeso y sal común se han originado de esta manera. Cuando ocurre un proceso de evaporación y precipitación rápida en un ambiente polimíctico, predomina la precipitación de yeso como selenita. Los ambientes evaporíticos se caracterizan por que la evaporación supera el ritmo de aporte de agua, resultando en elevadas concentraciones de cationes y aniones, que son más altos que en los sistemas oceánicos. En estas condiciones se forman las evaporitas que son rocas sedimentarias que se constituyen a partir de procesos de evaporación, están compuestas principalmente por yeso y halita (sal). Los microorganismos que habitan suelos salinos están expuestos a estrés osmótico entre otros; lo que los lleva a buscar refugio en las evaporitas. Tal estilo de vida endolítico, ofrece suficiente cantidad de nutrientes, humedad y protección para la supervivencia, según sostuvo Stivalleta en 2012. La hipótesis es que los microorganismos influenciarían a su vez las evaporitas dándoles una forma redondeada parecida a un microbialito o estromatolito (Farías et al., 2013a).

Los flamencos, por otra parte, se alimentan de estos tapetes microbianos, de hecho en diferentes estudios se ha registrado que prefieren alimentarse en lugares específicos de los humedales que habitan, lo que ha sido explicado en el hecho que necesitan alimentarse de microorganismos que tengan un tamaño dentro de un cierto rango, el cual tiene relación con la forma de sus picos, el que actúa como un filtro (Hulbert and Chang 1983; Mascitti and Kravetz, citado en De la Fuente & Niño 2010). Así se puede ver como las comunidades de flamencos son indirectamente afectadas por cambios en los nutrientes y demás parámetros bioquímicos del agua de las lagunas, ya que estos cambios pueden afectar la composición de las comunidades microbianas. Además, los Flamencos utilizan los ecosistemas formados por los salares para construir sus nidos dentro de las lagunas, en islotes que ellos mismos levantan con barro y vegetación acuática para protegerlos de ataques de predadores como los zorros (Hulbert and Keith 1979, citado en De la Fuente & Niño 2010; Mascitti & Nicolossi, 1992), de modo que el agua de la laguna debe ser lo suficientemente profunda para impedir el paso de predadores, pero sin inundar los nidos cuya parte más alta queda aproximadamente 20 cm por sobre la superficie (Mascitti & Nicolossi, 1992). Cambios en la profundidad del agua de las lagunas podrían afectar su comportamiento y hacerles escoger otros lugares para nidificar.

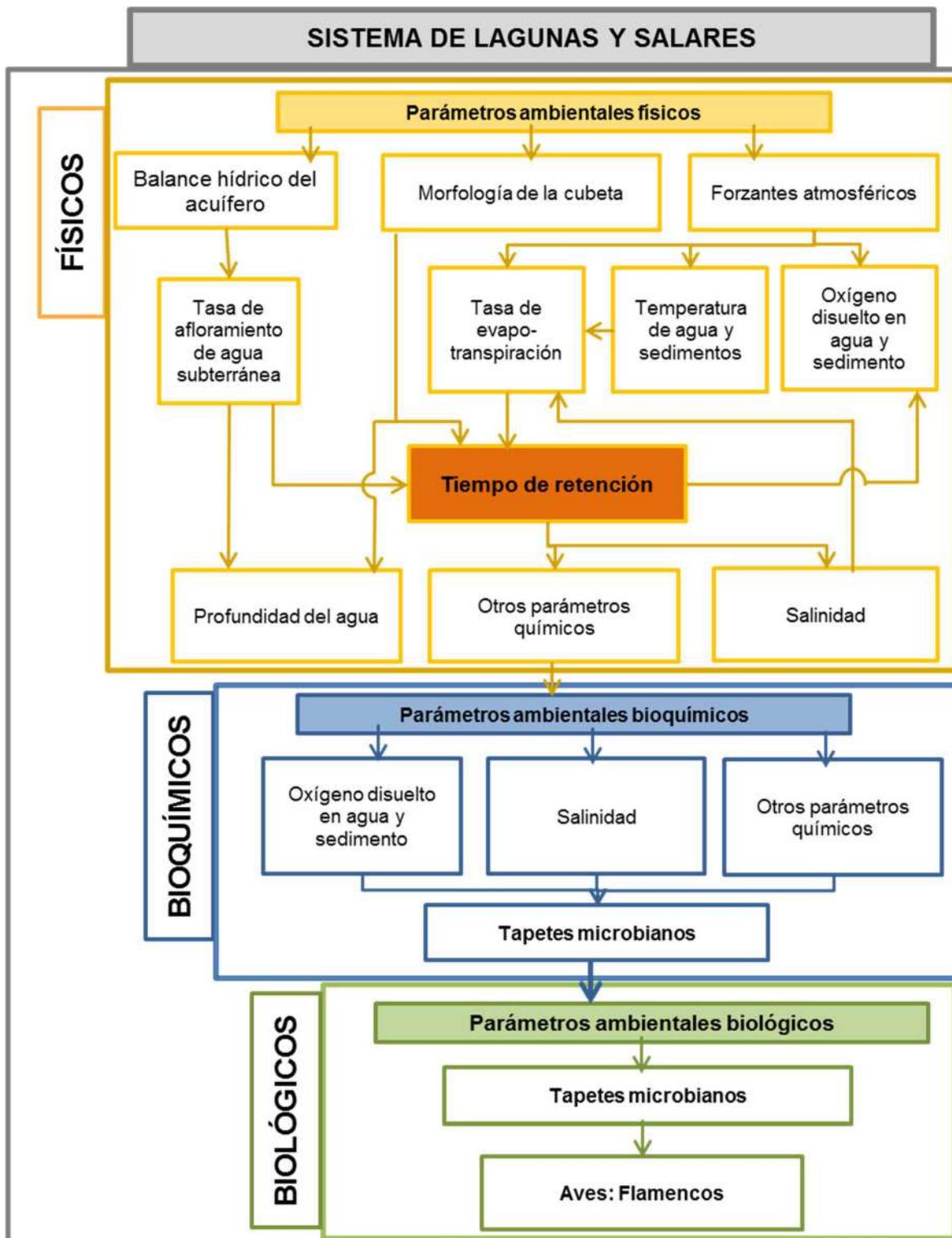


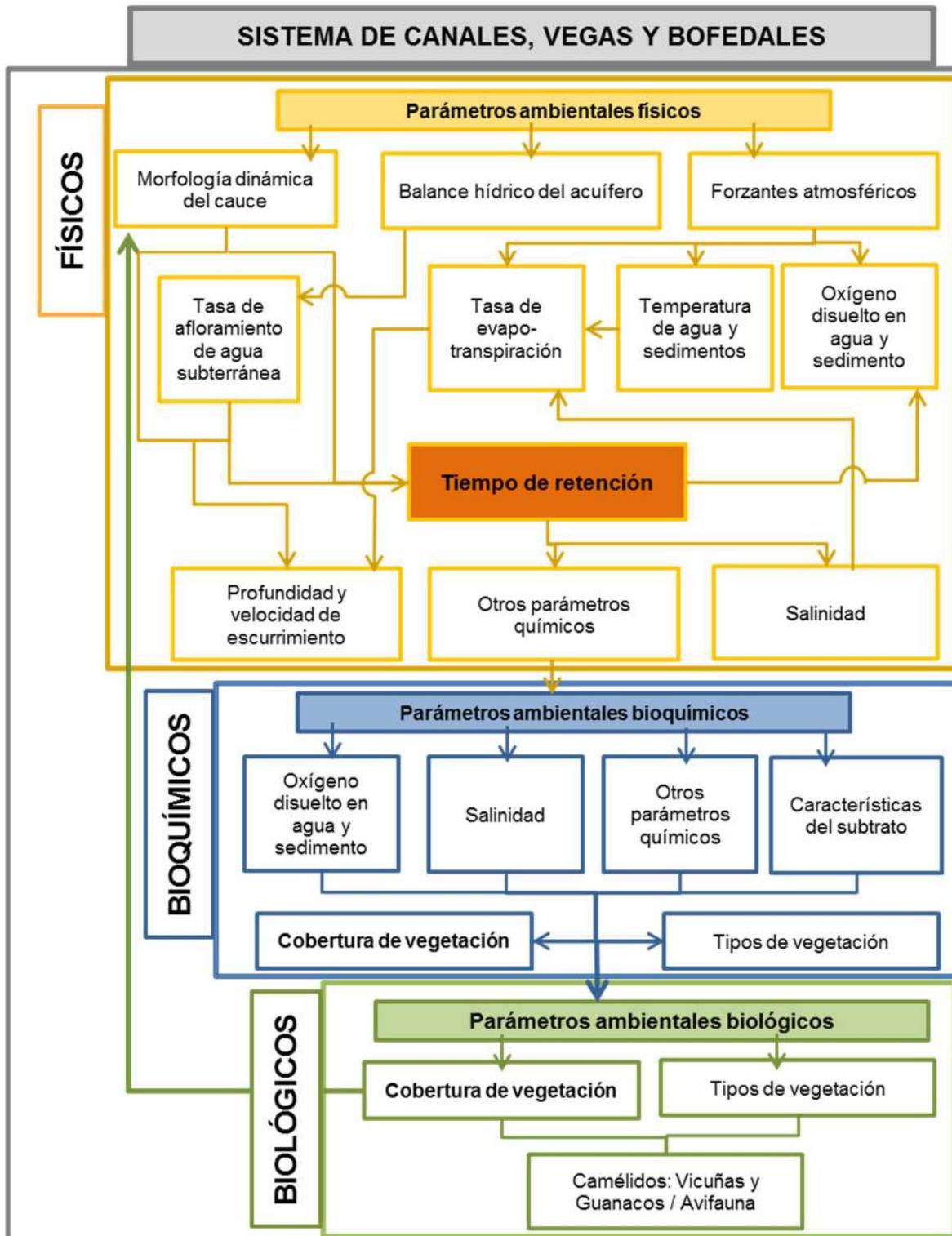
Figura 3.3. Modelo conceptual simplificado de sistema de lagunas y salares altioplánicos (Adaptado de CEA, 2013).

### **3.2.2 Sistema de canales altiplánicos**

Un modelo conceptual simplificado del sistema de canales altiplánicos se presenta en la Figura 3.4, la cual presenta un sistema de jerarquización entre los parámetros ambientales físicos, bioquímicos y biológicos, cuya interrelación funcional se explica a continuación.

Como se ilustró anteriormente, la alimentación de agua en los canales altiplánicos proviene de los afloramientos de agua que ocurren en las zonas más altas de las cuencas, formando canales que conducen el agua hasta las lagunas terminales de la cuenca cerrada. Se genera un sistema balanceado hídricamente entre el agua que es aportada en forma subterránea, a través de nuevos afloramientos, el agua que escurre por el cauce y el agua que se va a la atmósfera por evapotranspiración. En este sentido, la evapotranspiración considera dos procesos que ocurren en el área con vegetación de los humedales, por un lado la evaporación del agua contenida en el suelo y en el canal mismo, y por otro lado, la transpiración de la vegetación. Desde los tejidos de la planta, el agua se libera hacia la atmósfera con un mecanismo llamado estoma que permite regular la cantidad de agua que es liberada, la que depende del suministro de agua, las necesidades hídricas (que van cambiando de acuerdo al estado de desarrollo de la planta), la salinidad del suelo y las condiciones meteorológicas, es decir, la radiación solar neta, la temperatura del aire, el gradiente de presión de vapor, la humedad del aire y la velocidad del viento (FAO, 2006).

Así, el balance hídrico del acuífero determinará la tasa de afloramiento de agua por el canal y esto en conjunto con la morfología del cauce y la cobertura y tipo de vegetación, determina el tiempo de retención. La morfología del cauce está directamente influenciada por la vegetación que crece en el cauce, tanto la que está sumergida (vegas y bofedales) como la que crece en las riveras (pajonales). La vegetación cambia el volumen de la cubeta del canal cambiando el área inundada, afectando la rugosidad, la que cambia las velocidades de escurrimiento y la altura del agua. El tiempo que demora el agua en escurrir por el canal influye directamente en las reacciones físicas y químicas que se producen en el canal, cambiando las concentraciones de químicos, salinidad y nutrientes, influyendo a su vez en la distribución y la cobertura de la vegetación, de modo que la morfología del cauce se vuelve dinámica.



**Figura 3.4.** Modelo conceptual simplificado de sistema de canales altiplánicos, vegas y bofedales (Adaptado de CEA, 2013).

En los humedales altoandinos de cuencas endorreicas la evaporación a lo largo del canal genera un gradiente de salinidad entre el área de afloramiento y la laguna terminal, lo que junto con las características del substrato y el nivel freático determina el asentamiento de diferentes tipos de especímenes vegetacionales y faunísticos que hacen uso de la vegetación. La salinidad, por otra parte, es el contenido de los iones sodio, calcio, magnesio, potasio, bicarbonato, sulfuro y cloro, pero por la dificultad de medir este contenido en terreno se suele utilizar la medición de la conductividad eléctrica como un índice de la salinidad. Sin embargo, la conductividad eléctrica depende de la proporción en la que se encuentren estos iones y también de la temperatura y presión a la que es medida. Es importante tener en cuenta que las plantas responden en forma primaria a la salinidad más que a las concentraciones y proporciones individuales de iones (FAO, 1992). El ion sodio contenido en el agua que hidrata las plantas puede afectar las propiedades del suelo. Cuando la salinidad es baja y el pH es alto, el ion sodio (Na) se intercambia con los iones magnesio (Mg) y calcio (Ca) que son constituyentes del suelo. Esto provoca que la estructura del suelo se degrade haciéndolo más compacto y duro en condiciones secas, reduciendo su permeabilidad. El indicador que se puede observar para conocer el contenido de Na en relación al Ca y Mg es la Relación de Absorción de Sodio (RAS) (FAO, 1992).

Un aumento de la salinidad en la zona radicular (independientemente de la composición de los iones) provoca una disminución del crecimiento de la planta, ya que baja la producción de células de recambio. La principal hipótesis que se maneja al respecto es que la planta debe gastar más energía en adquirir el agua del suelo y ya no la utiliza en crecer (FAO, 1992). Existe un umbral de tolerancia a la salinidad, el que dependerá de las necesidades hídricas de la planta, lo que toma mayor importancia en sectores de clima seco y con altas tasas de evapotranspiración.

Respecto de los sistemas vegetacionales en canales altiplánicos, en términos generales existen 2 tipos de sistemas de vegetación, los sistemas zonales y los azonales. La vegetación zonal es la que está adaptada a condiciones propias del clima de la zona. En el altiplano esto se traduce en especies que sobreviven en ambientes muy secos, donde aprovechan la escasa precipitación durante su estado activo y se mantienen en condición de latencia durante la época de sequía. La vegetación azonal, por otra parte, es aquella vegetación cuya distribución responde a condiciones locales de suelo, humedad o cualquier característica particular que condicione su presencia sin tener un patrón continuo de distribución. En los humedales, la vegetación que depende del agua de los afloramientos de agua subterránea se denomina “Vegetación Azonal Hídrica”, ya que depende de un suministro permanente y constante de agua para sobrevivir (SAG, 2009).

La zona del altiplano chileno corresponde a Estepa Andina de Puna Seca y dentro de esta región la vegetación azonal hídrica es de 3 tipos: bofedal, pajonal hídrico y vega, los cuales se distribuyen según sus requerimientos hídricos (MMA, SAG, DGA; 2011). En la vega, la vegetación se dispone como un césped parejo, mientras que el pajonal húmedo está compuesto por especies de crecimiento cespitoso con pastos muy duros y toscos con alturas mayores a 40 cm (SAG, 2009). Los bofedales, por otra parte, son sistemas de vegetación totalmente cubierta de agua donde hay formación de cojines en forma semiglobosa de apariencia pareja en superficie (SAG, 2009). Estas formaciones vegetacionales pueden darse con aportes hídricos salinos y no salinos, sin embargo, en los salinos el aporte hídrico necesario para mantener la vegetación es mayor (SAG, 2009). En la Tabla 3.2 se describen las tolerancias de las formaciones vegetacionales no salinas, para aguas con mayor contenido salino, la estructura se considera salina.

**Tabla 3.2.** Clasificación de Sistemas Vegetacionales Azonal Hídrico Altoandinos (SVAHT).

Tipo Humedal	de	Característica	Salinidad	Aporte Hídrico	Arquitectura Crecimiento
<b>Bofedal</b>		Altoandinos: superior a los 3500 msnm	<b>No salino:</b> afloramientos < a 5%	Saturación de sustrato permanente	Crecimiento de especies no cespitoso: cojín. Pastos bajos de crecimiento muy compacto.
			<b>Salino:</b> afloramientos > a 5%	Saturación de sustrato permanente	
<b>Pajonal Hídrico</b>		Altoandinos: superior a los 3500 msnm	<b>No salino:</b> afloramientos < a 30%	Saturación de sustrato época estival	Con crecimiento cespitoso, forman champa de altura mayor de 40 cm.
			<b>Salino:</b> afloramientos > a 30%	Saturación de sustrato época estival	
<b>Vega</b>		Baja y Mediana Altitud: bajo los 3500 msnm	<b>No salino:</b> afloramientos < a 20%	Contenido de agua del sustrato al menos en capacidad de campo en época estival	Especies rizomatosas formando un césped corto con alturas inferiores a los 40 cm
			<b>Salino:</b> afloramientos > a 20%	Contenido de agua del sustrato bajo o completamente saturado	
	Altoandinas: superior a los 3500 msnm	<b>No salino:</b> afloramientos < a 20%	Contenido de agua del sustrato al menos en capacidad de campo en época estival		
		<b>Salino:</b> afloramientos > a 20%	Contenido de agua del sustrato bajo o completamente saturado		
<b>Ripariano</b>		Asociado a las riberas de los cursos de agua y régimen lóxico	<b>No salino:</b> afloramientos < a 20%	Curso de agua temporal solo en época estival	Especies con crecimiento variable, forman estratas y alturas variables
				Permanente	
			<b>Salino:</b> afloramientos > a 20%	Agua temporal solo en época estival	
				Permanente	

Las condiciones climatológicas y morfológicas en donde se encuentran los humedales altioplánicos hace que se conviertan en un “hot-spot”, es decir un punto con alta concentración de biodiversidad (MMA, SAG, DGA, 2011). Estos lugares cobran importancia

ya que la vegetación permite la aparición de diferentes tipos de especímenes faunísticos que aprovechan los humedales para bebida, caza y nidificación (Risacher et al, 1999). Dentro de las especies de mamíferos presentes en la zona de los humedales los mayores son las Vicuñas y Guanacos. Estas especies pastorean en la vegetación presente en los humedales del sistema de canales de la zona de estudio (CONAF, 2009; CONAF, 2011a; CONAF, 2011b), beneficiándose directamente de la salud del sistema.

La Vicuña (*Vicugna vicugna*) tiene su hábitat en las altiplanicies andinas desde los 3800 a los 4600 m.s.n.m. (Torres, 1983). Los Guanacos (*Lama guanicoe*) en cambio, se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 5200 m.s.n.m. (de Lamo, 2011) adaptándose a una gran diversidad de ambientes que van desde el altiplano del Perú (8° S) hasta la Patagonia (55° S) incluyendo tierra del fuego (González, 2006).

Los Guanacos son catalogados como herbívoros oportunistas, es decir, son capaces de alimentarse de muchos tipos de plantas, desde plantas cactáceas en la zona costera del norte de Chile, hasta hojas de árboles en la Patagonia. Cuando hay disponibilidad prefieren alimentarse de plantas herbáceas nativas. Su adaptación a los climas extremos que habita se debe en parte a su capacidad para digerir lentamente la vegetación de baja calidad absorbiendo de mejor forma sus nutrientes, además su cuerpo utiliza el agua con eficiencia de modo que puede pasar periodos sin beber agua (Gonzales, 2006; de Lamo, 2011). Las Vicuñas, en cambio, necesitan beber agua diariamente, de modo que su conducta y por tanto su distribución está condicionada a la obtención de ese recurso (normalmente no se encuentran a más de 1,6 km del agua; Vilá, 1999). Cuando están en ambientes ricos en agua y con abundancia y buena calidad de alimento, gastan mayor tiempo en otras actividades, este comportamiento se ha explicado porque son capaces de suplir más rápido sus necesidades alimenticias (Vila & Cassini, 1993, referenciado en Vilá, 1999). Pero en general gastan entre un 70% a un 90% del tiempo pastoreando (Vila & Cassini, 1994, referenciado en Vilá, 1999), por lo que prefieren lugares donde la vegetación es de mayor contenido nutricional como es el caso de las vegas y bofedales (Vilá, 1999) que como se explicó se encuentran en lugares de afloramiento de agua subterránea.

Es importante destacar que las Vicuñas tienen sus órganos adaptados para alimentarse de la vegetación xerófila que crece en la zona altiplánica y de la puna, realizando un “pastoreo de bajo impacto” al compararse con especies introducidas. Esta especie no arranca la vegetación, sino que la corta por medio de sus incisivos superiores. Además, seleccionan partes de la planta para alimentarse. Otra adaptación importante de mencionar es que las patas de las vicuñas tienen yemas blandas que no destruyen el suelo delgado de la vegetación (Vilá, 1999).

### **3.3 DESCRIPCIÓN DE LAS AREAS PRIORITARIAS**

Sobre el sustento de la base de la revisión de antecedentes, se elaboró una síntesis de la información relacionada con cada uno de los humedales prioritarios indicados anteriormente, cuyas fichas se presentan en las secciones siguientes.

En relación al estado de conservación de la flora y fauna presentes en cada ficha de cada sitio prioritario, es importante señalar que se utilizó la información contenida en el DS N° 29, de 2011 de la Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente; del Ministerio del Medio Ambiente; Reglamento para la Clasificación de Especies Silvestres según su Estado de Conservación. Se consideraron todas sus actualizaciones, contenidas en decretos generados en el marco del Reglamento de Clasificación de Especies, estos son: DS N° 151 de 2007, DS N° 50 de 2008, DS N° 51 de 2008, DS N° 23 de 2009 y DS N° 33 de 2012, DS N° 13 de 2013, todos de MMA.

### 3.3.1 Cuenca Río Loa Alto

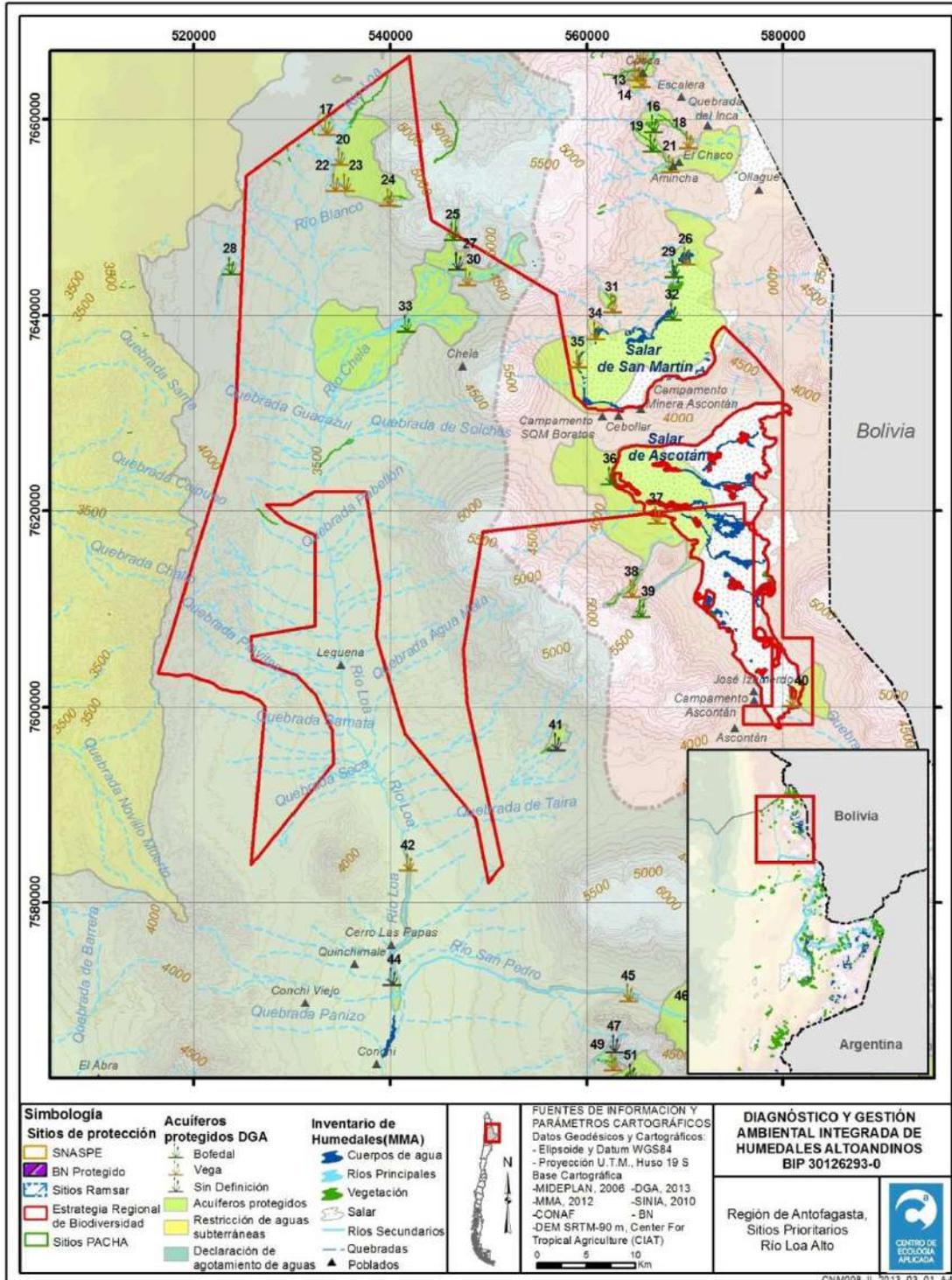


Figura 3.5. Ubicación del sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto

**Tabla 3.3.** Ficha sitio prioritario Cuenca Río Loa Alto.

SITIO PRIORITARIO	Cuenca Río Loa Alto		
Altitud	Superficie Aprox.	Coordenadas	
3500-5500m	2074,36 Km <sup>2</sup>	544279m E	7626486m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Medio		
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	NO (En Proyecto)		
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No		
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coyahuasito (17)</li> <li>- Miño 1 (20)</li> <li>- Paco Paco (22)</li> <li>- Miño 2 (23)</li> <li>- Pantano (24)</li> <li>- Casicsa (25)</li> <li>- Queñuales (27)</li> <li>- Vega Chaihuiri (30)</li> <li>- Chela (33)</li> <li>- Palpana 2 (36)</li> <li>- Cebollar (37)</li> <li>- Borde Sureste Ascotán (40)</li> </ul>		
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	<p>Sí</p> <p>(537540m E - 7655396m N)            (533424m E - 7659751m N)            (565765m E - 7638320m N)            (539479m E - 7638383m N)            (565549m E - 7621249m N)            (548327m E - 7645912m N)            (582868m E - 7601519m N)</p>		
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No		
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	Sí (La mayor parte del sector poniente del sitio prioritario)		
<b>Bien Nacional Protegido</b> (Ministerio de Bienes Nacionales, MBN, 2010)	No		
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)	Fiscal		
<b>Características del sitio</b>			
<p>La única cuenca exorreica que forma parte de las Regiones I y II que logra llevar recursos hídricos desde la cordillera andina hasta el océano Pacífico es el río Loa, que con un cauce de 440 Km. de longitud atraviesa el desierto de Atacama.</p> <p>El sector alto del río Loa nace en la falda norte del volcán Miño en Ojos del Miño, casi en el límite entre las dos primeras regiones de Chile; con curso aproximadamente N-S, hasta</p>			

después de la confluencia con el río San Pedro (DGA, 2004d).

Los tributarios en este tramo son los ríos Blanco y Chela además de la quebrada Sapunta, los cuales no poseen escurrimiento superficial, a diferencia del río San Pedro, el principal tributario del sistema (DGA, 2004d).

### Clima

Para este tramo del río Loa, el clima corresponde a 2 tipos:

- a) Desértico Marginal de Altura: este tipo climático se localiza por sobre los 2.000 metros de altura, debido a ello las temperaturas son más atenuadas presentando una media anual de 10°C. En este subtipo aparecen las primeras lluvias que fluctúan entre 50 y 100 mm anuales, ellas se presentan en los meses de verano producto del invierno boliviano.
- b) Clima de Estepa de Altura: este subtipo climático predomina en el sector altiplánico de la cuenca, por sobre los 3.000 metros de altura, la principal característica es el aumento de las precipitaciones que alcanzan a 300 mm de agua caída en el año.

La precipitación registrada por la estación meteorológica río Loa en Calama (2.260 metros de altitud), registra como promedio anual 4 mm, mientras que la estación meteorológica de Lequena, registra 146 mm/año.

La escorrentía superficial media anual registrada en la cuenca sobre los 4.000 metros de altura por la estación río Loa en Lequena es de 8,5 mm/año.

Desde el punto de vista de disponibilidad de los recursos hídricos, las pérdidas de agua por evaporación en lagunas y salares son altas, registrando en promedio entre 2.000 y 3.000 mm/año. La estación meteorológica de Calama, registra 3.787 mm/año (DGA, 2004d).

### Geología y volcanismo

Existe influencia volcánica en esta cuenca por parte del volcán San Pedro (Estratovolcán Histórico cuya última erupción se registra entre 1900 y 1963), Ollagüe (Estratovolcán del Holoceno en actividad), Apagado, Linzor, San Pablo y Miño, que se ubican en el interior de la cuenca, además del volcán Tatio (Campo hidrotermal, pleistoceno- Geiser, erupción cuaternaria con probable actividad holocena de tipo hidrotermal) que se ubica en el límite con la cuenca de Salar de Atacama (DGA, 2004d).

### Hidrogeología

En la sección nororiente, la cuenca hidrogeológica posee orientación distinta a la hidrológica (hasta aproximadamente la latitud 22°00'), la cual drena a la república de Bolivia. En la parte alta, desde su nacimiento en la falda occidental del Volcán Miño, destacan rocas volcánicas fracturadas formada por coladas, brechas y tobas andesíticas de permeabilidad media que corresponden al periodo Terciario y Cuaternario que coincide con el período de formación del macizo andino. El acuífero en esta sección sigue orientación norte -sur por un lecho de rocas no consolidadas o rellenos hasta el sector de San Pedro. En este sector se reúne con aguas subterráneas procedentes desde el oriente que siguen la trayectoria del río San Pedro (DGA, 2004d).

### Geomorfología

El río Loa nace en la falda occidental del volcán Miño a 5.000 metros de altura. En este sector el río Loa está limitado por un relieve dominado por el macizo andino que alcanza importantes alturas, entre ellas el volcán Miño (5.611 m.s.n.m.), cerro Polán (5.425 m.s.n.m.) y Cerro Gordo (5.194 m.s.n.m.). El escurrimiento general que sigue el cauce en este sector, posee orientación Norte – Sur hasta la confluencia con el río Salado donde cambia prácticamente en 90° hacia el poniente. El cauce del río presenta terrazas fluviales muy escarpadas, limitadas por cordones montañosos y pampas de escarpes muy pronunciados.

Siguiendo la trayectoria Norte – Sur, el río Loa limita con la pampa de Puno y Cordón del Millo por el poniente, y al oriente con Loma Alto de la Cueva que destaca en altura por el cerro Chela y Polpana con alturas de 5.644 y 6.023 m.s.n.m., respectivamente. Siguiendo más al sur, destacan los volcanes de San Pedro (6.145 m.s.n.m.) y San Pablo (6.092 m.s.n.m.) los que constituyen el límite norte del río San Pedro, uno de los principales aportes del río Loa en el sector alto (DGA, 2004d).

### Información Fluviométrica

El régimen del río Loa y el de sus afluentes es pluvial, ya que sus crecidas obedecen a intensas lluvias de verano caídas en la alta cordillera, producto del denominado “Invierno Altiplánico”.

De los valores registrados en la estación ubicada en el río Loa antes de represa Lequeña, para distintas probabilidades de excedencia se observa un régimen pluvial con sus mayores caudales entre enero y marzo, producto de lluvias estivales altiplánicas. En años húmedos se aprecian importantes caudales en febrero y bajos escurrimientos en noviembre y diciembre. En años secos los caudales son más uniformes a lo largo del año, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se producen entre enero y marzo, debido a la ausencia de lluvias estivales en años secos.

Para la estación Loa en alcantarilla Conchi N° 2, ubicada después de la junta con el río San Pedro, a 2932 m.s.n.m. también se observa un régimen pluvial, con los caudales más importantes entre enero y marzo, producto de lluvias de verano. En años húmedos, los mayores caudales se observan en febrero, mientras que los menores se presentan en octubre y noviembre. En años secos los caudales se distribuyen de manera más uniforme, sin presentar variaciones de consideración. Los menores caudales se observan entre octubre y diciembre, debido a las bajas precipitaciones (DGA, 2004d).

Para la Subcuenca del río San Pedro, desde su nacimiento en la alta cordillera de Los Andes en la aguada de Inacaliri, hasta su junta con el río Loa. El río San Pedro muestra caudales muy parejos a lo largo del año, con la excepción de los meses de verano, cuando muestra sus mayores caudales producto de lluvias altiplánicas. Tanto para años húmedos y secos, los caudales se presentan sin variaciones de importancia entre abril y enero. El período de menores caudales se prolonga entre abril y enero, ya que no se distinguen variaciones en los caudales durante este período.

Los factores incidentes en la calidad del agua de la cuenca se pueden dividir en tres zonas geomorfológicas: Altiplano, zona media y desierto: En el Altiplano predominan los factores climáticos y litológicos, en la zona media los efectos de la franja metalogénica F-8, y en la zona de desierto el efecto del suelo rico en componentes inorgánicos. La calidad natural de los tributarios de la parte media y alta de la cuenca, presenta gran cantidad de metales y iones en solución, los que son de origen natural y cuyo origen está influenciado especialmente por la franja metalogénica F-8. La alta radiación solar contribuye de manera activa a concentrar la mayoría de los parámetros de calidad (DGA, 2004d).

### Biodiversidad

En esta zona de la cordillera de los Andes se encuentra una formación vegetacional de alta relevancia ecológica denominada “Desierto de la cuenca superior del Río Loa” y un “Piso vegetacional” denominado “Matorral bajo tropical andino de *Fabiana denudata* y *Chuquiraga atacamensis*”, de los cuales sólo un 0.5% y 21.6% de sus superficies totales respectivas forman parte de algún Área Silvestre Protegida (MMA, 2013).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013) \*\* Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.

Flora	Fauna
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ALGARROBO DEL NORTE; <i>Prosopis alba</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- ** ALGARROBO DEL CENTRO; <i>Prosopis chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- AIRAMPOA; <i>Airampona ayrampona</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- CARDÓN; <i>Trichocereus atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihueopsis atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihueopsis glomerata</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- CULANTRILLO; <i>Cheilanthes pruinata</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- DORADILLA; <i>Agryrochosma nivea</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- ** HELECHO COCA; <i>Pellaea ternifolia</i> (Insuficientemente Conocida – Vulnerable)</li> <li>- LLARETA; <i>Azorella compacta</i> (Vulnerable)</li> <li>- QUEÑO DE ALTURA; <i>Polylepis tarapacana</i> (Vulnerable)</li> <li>- TOMATE SILVESTRE; <i>Solanum sitiens</i> (Vulnerable – Rara)</li> <li>- TUNA, TUNILLA; <i>Maihueopsis boliviana</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>	<p><u>Peces:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BAGRECITO; <i>Trichomycterus rivulatus</i> (En Peligro – Rara)</li> <li>- KARACHI; <i>Orestias Agassi</i> (En Peligro)</li> </ul> <p><u>Anfibios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAPO; <i>Telmatobius fronteriensis</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- ** SAPO; <i>Telmatobius halli</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- SAPO DE ATACAMA; <i>Rhinella atacamensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- SAPO DE PHILIPPI; <i>Telmatobius philippii</i> (En Peligro)</li> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CULEBRA PERUANA; <i>Tachymenis peruviana</i> (Rara)</li> <li>- DRAGÓN DE STOLZMANN; <i>Liolaemus stolzmanni</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; <i>Liolaemus nigriceps</i> (Vulnerable)</li> <li>- LAGARTIJA DE CONSTANZA; <i>Liolaemus constanzae</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE DONOSO; <i>Liolaemus donosoi</i> (En Peligro)</li> <li>- LAGARTIJA DE FABIAN; <i>Liolaemus fabiani</i> (Rara)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- VIEJITO; <i>Oreocereus leuchotrichus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIJA ORNAMENTADA; <i>Liolaemus ornatus</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA PANTERA; <i>Liolaemus pantherinus</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA RAYADA NORTINA; <i>Liolaemus alticolor</i> (Fuera de Peligro)</li> <li>- LAGARTIJA RUBRICADA; <i>Liolaemus signififer</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDOR; <i>Vultur griphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- CUERVO DE PANTANO; <i>Plegadis ridgwayi</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus cassini</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attagis gayi gayi</i> (Rara)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA GIGANTE; <i>Fulica gigantea</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CHINCHILLA CORDILLERANA; <i>Chinchilla chinchilla</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- GATO ANDINO; <i>Oreailurus jacobita</i> (En Peligro-Rara)</li> <li>- GUANACO; <i>Lama guanicoe</i> (Vulnerable)</li> <li>- PUMA; <i>Puma concolor</i> (Casi Amenazado)</li> <li>- QUIQUE; <i>Galictis cuja</i> (Vulnerable)</li> <li>- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; <i>Chaetophractus nationi</i> (En Peligro)</li> </ul>
---	---

	<ul style="list-style-type: none"><li>- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; <i>Abrocoma cinérea</i> (Preocupación Menor)</li><li>- RATÓN DE LA PUNA; <i>Auliscomys sublimis</i> (Preocupación Menor)</li><li>- RATÓN DE PIE SEDOSO; <i>Eligmodontia puerulus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li><li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En Peligro)</li><li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En peligro)</li><li>- ZORRO CHILLA; <i>Pseudalopex griseus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li></ul>
--	--

### 3.3.2 Salar de Ascotán

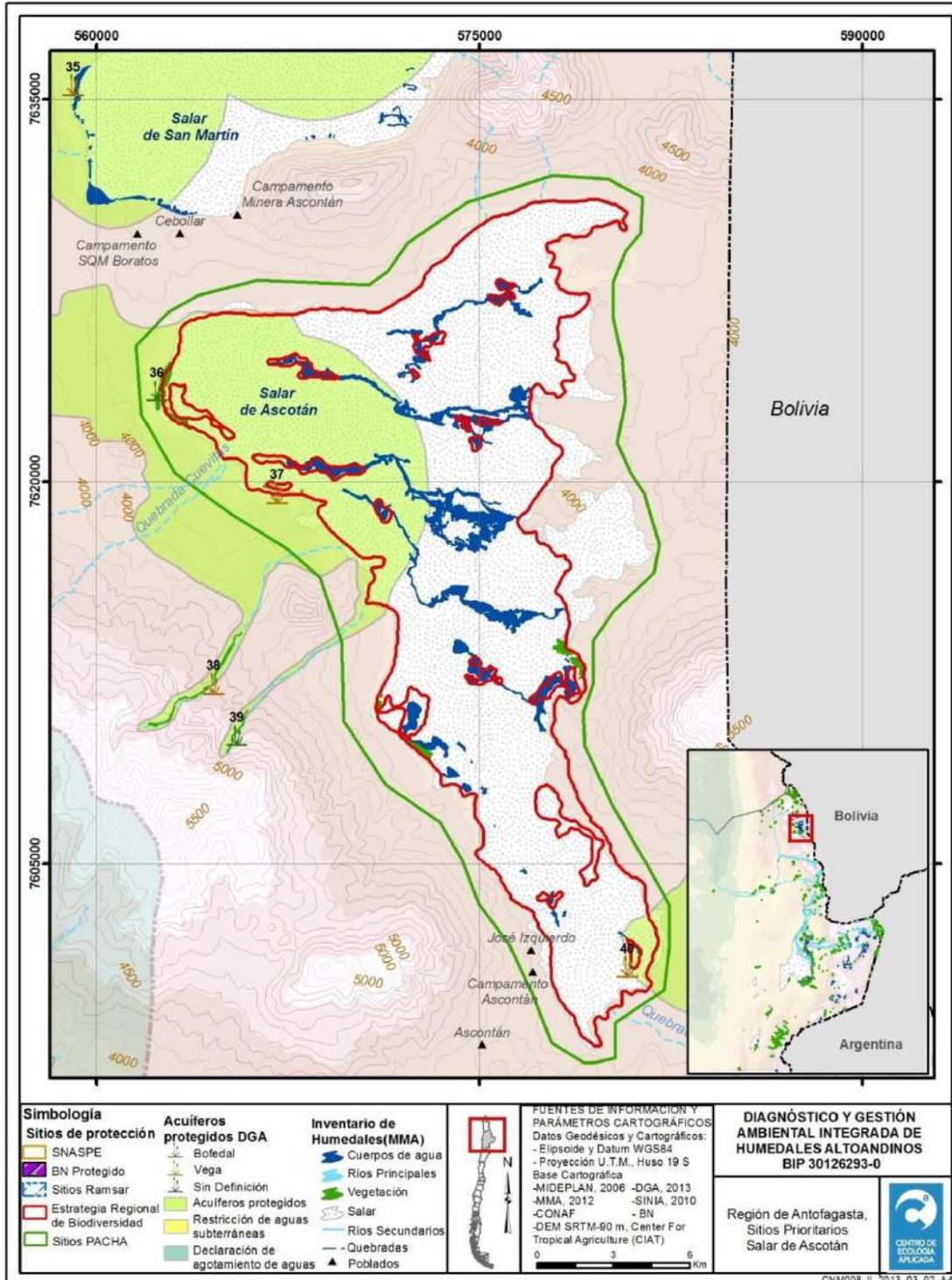


Figura 3.6. Ubicación del sitio prioritario Salar de Ascotán.

**Tabla 3.4.** Ficha sitio prioritario Salar de Ascotán.

SITIO PRIORITARIO	Salar de Ascotán	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
3800 m.s.n.m.	260 km <sup>2</sup>	573867m E - 7617624m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Medio	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	No	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Palpana 2 (36)</li> <li>- Cebollar (37)</li> <li>- Borde Sureste Ascotán (40)</li> </ul>	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (565549m E - 7621249m N) (582868m E - 7601519m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Sector norte, particulares, el resto mayormente fiscal, pero con destinaciones para proyectos mineros		
<b>Características del sitio</b>		
<p>El salar de Ascotán, está situado al nororiente de la ciudad de Calama, en una gran cuenca orientada de Norte a Sur que está limitada, al oeste, por el Cordón Occidental de la Cordillera de los Andes, con los cerros del Azufre (5.846 m.s.n.m.), Carasilla (5.040 m.s.n.m.) y Polapi (5.940 m.s.n.m.); hacia el este, por el Cordón Oriental, con los cerros Ascotán-Jardín (5.478 m.s.n.m.) y Araral (5.688 m.s.n.m.); hacia el sur, la cuenca se cierra con los faldeos asociados a los cerros Ascotán y Azufre, y, hacia el norte, limita con el sector de las serranías que la separan del salar de Carcote (Tellier &amp; Becerra, 2003).</p>		
<u>Biodiversidad</u>		
<p>De las especies presentes cabe destacar el valor que tiene este sistema para la especie endémica de “Karachi de Ascotán” (<i>Orestias ascotaensis</i>), declarada En Peligro por su bajo tamaño poblacional y reducida superficie de distribución (Acotada a los salares de Ascotán y Carcote, aproximadamente 8.5 Km<sup>2</sup>). Monitoreos realizados por Illanes y Asociados S.A. (Noviembre, 2010) en el sector sur del salar contabilizaron un total de 107 individuos (MMA, 2013; Illanes, 2011).</p>		

### Climatología

El clima del área corresponde a uno de tendencia tropical y presenta un importante grado de aridez, ya que las precipitaciones, de acuerdo con los datos de la estación climática más cercana (Ollagüe), alcanzan en promedio sólo a unos 80 mm anuales. Las precipitaciones se concentran principalmente en el período de verano, aunque también se pueden registrar precipitaciones sólidas (nieve y granizo) durante el período invernal (Tellier & Becerra, 2003). La evaporación potencial anual es de 1.630 mm/año y la temperatura media anual es 8°C (Risacher et al., 1999b).

### Geología

El Salar de Ascotán es de tipo “playa” con limos salinos y costras de sales (yeso, halita). A unos decímetros bajo la superficie se encuentra una napa de salmuera. Es una boratera donde se explota la Ulexita cerca de la orilla centro-oeste (Cebollar). Presenta un complejo sistema de lagunas superficiales elongadas este-oeste o suroeste-noreste alimentadas por vertientes que surgen de la orilla oriental del salar (Risacher et al., 1999b). La permeabilidad es variable y se clasifica como Alta a Baja, de tipo secundaria en rocas fracturadas conformadas por coladas de lavas, tobas y brechas con intercalaciones de sedimentos elásticos continentales, de edades terciario al reciente (DGA, 2004a).

### Hidrología

El salar de Ascotán se divide en dos partes. El sector oriental se caracteriza por aguas de aporte salobres de tipo Na-(Ca) / Cl y de vía evolutiva neutra cálcica en completa discrepancia con la litología de la cuenca de drenaje constituida de rocas volcánicas con azufre. El origen de estas aguas es desconocido. No provienen de las napas superficiales de las cuencas bolivianas colindantes. Las numerosas vertientes del sector oriental tienen un caudal total muy elevado de 730 l/s y alimentan un complejo sistema lagunar. Ninguna de las aguas de aporte de este sector tiene una calidad aceptable para el uso doméstico o agrícola.

El sector occidental se caracteriza por aguas de aporte con salinidad y composición variada, y de contenido porcentual en SO<sub>4</sub> más elevado que el de las aguas del sector oriental. Todas siguen las vías evolutivas sulfatadas, lo que se condice con la litología de la cuenca. El caudal entrante por este sector, 200 l/s, es muy inferior al del sector oriental. Alimentan solamente pequeñas lagunas adyacentes a la orilla y también la napa subterránea del oeste del salar produciendo salmueras de tipo: Na / Cl(SO<sub>4</sub>). Es en este sector que se encuentran las únicas aguas aprovechables para el uso humano y agrícola.

La principal alimentación superficial al salar de Ascotán proviene de vertientes de aguas salobres que surgen en la orilla misma. Las vertientes de más flujo, que son también las más numerosas, se encuentran a lo largo de la orilla este. Casi todas las aguas de aporte de Ascotán tienen influencia termal.

El acuífero en relleno sedimentario se presenta libre a semiconfinado con espesores entre 50 a 200 m y distribución areal variable, el cual es alimentado por aguas lluvias, escorrentía superficial continua o esporádica y escorrentía subterránea que fluye a través de rocas fracturadas que conforman los bordes de las cuencas hidrográficas que los contiene; por

otro lado, la descarga se produce principalmente por evaporación, o en forma artificial por la extracción de pozos (DGA, 2004a).

Las aguas subterráneas en la zona de estudio tienen composiciones químicas variables que dependen de: la geoquímica de los materiales que las contienen, el tiempo de transporte y el origen de la recarga. Sin embargo, en general, estas aguas son de mediana calidad (con respecto a la norma INN NCh 409), de carácter salobre, sulfatocloruradas, con concentraciones altas de arsénico y total de sólidos disueltos sobre los 3.000 mg/l (Risacher et al., 1999b).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013)

Flora	Fauna
<ul style="list-style-type: none"> <li>- CARDÓN; <i>Trichocereus atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihuenopsis atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihuenopsis glomerata</i> (Casi Amenazada)</li> </ul>	<p><u>Peces:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KARACHI, KARACHI DE ASCOTÁN; <i>Orestias ascotaensis</i> (En Peligro)</li> </ul> <p><u>Anfibios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i>. (Preocupación Menor)</li> </ul> <p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIJA DE CONSTANZA. <i>Liolaemus constanzae</i> (Rara).</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDOR; <i>Vultur gryphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable).</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus cassini</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attagis gayi gayi</i> (Rara)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA CORNUDA; <i>Fulica cornuta</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CHINCHILLA CORDILLERANA; <i>Chinchilla chinchilla</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- GATO ANDINO; <i>Oreailurus jacobita</i> (En Peligro- Rara)</li> <li>- GUANACO; <i>Lama guanicoe</i> (Vulnerable)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>- PUMA; <i>Puma concolor</i> (Casi Amenazada)</li><li>- QUIQUE; <i>Galictis cuja</i> (Vulnerable)</li><li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li><li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En peligro)</li><li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En Peligro)</li><li>- ZORRO CHILLA; <i>Pseudalopex griseus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li></ul>
--	--

### 3.3.3 Geiser del Tatio

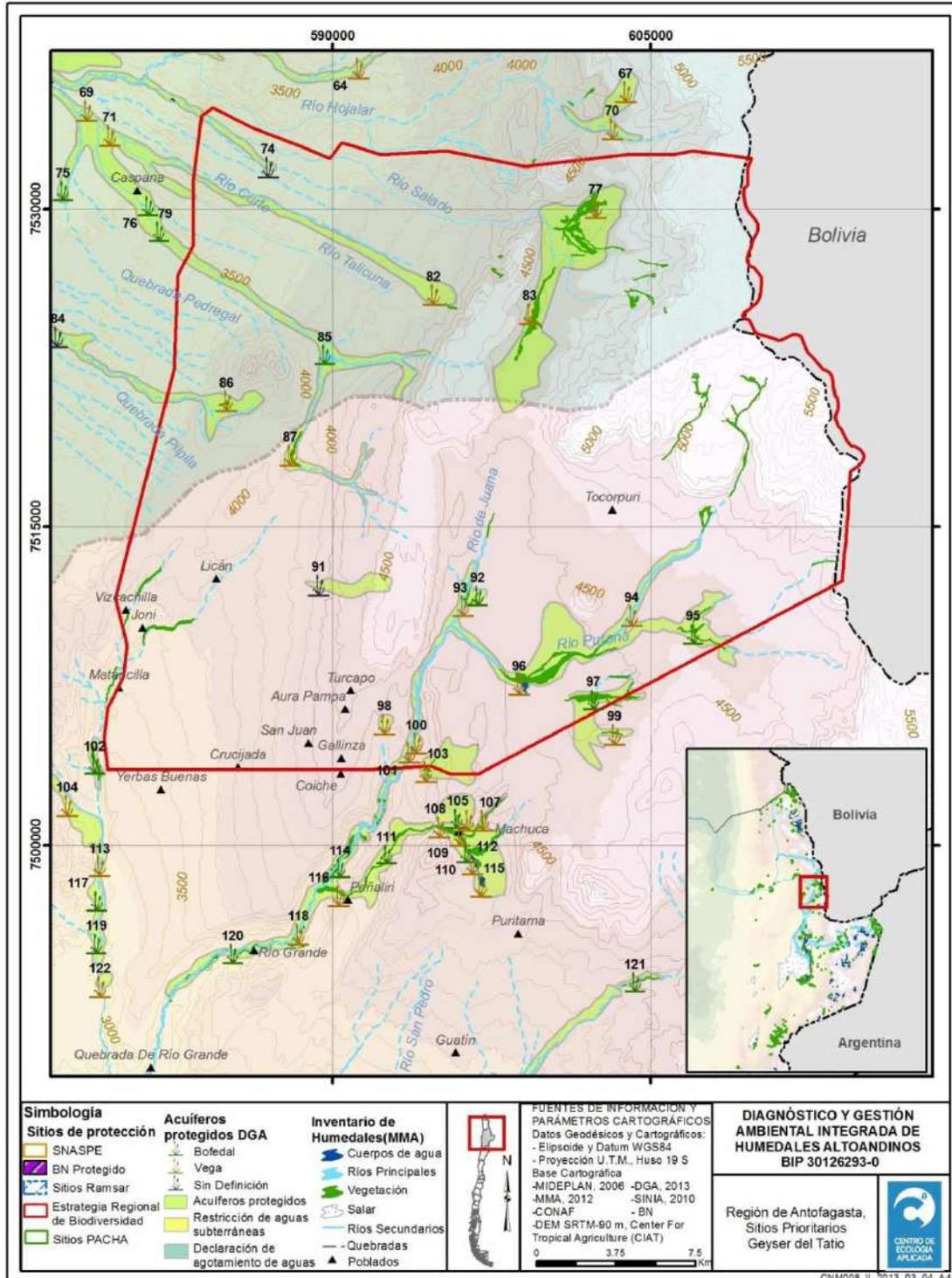


Figura 3.7. Ubicación del sitio prioritario Geiser del Tatio.

**Tabla 3.5.** Ficha sitio prioritario Geiseres del Tatio.

SITIO PRIORITARIO	Geiser del Tatio	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
4320 m.s.n.m.	839,51 km <sup>2</sup>	595984m E    7518315m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Medio	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	No	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yuto (103)</li> <li>- Chucurate (100)</li> <li>- Lagunita (98)</li> <li>- Putana (96)</li> <li>- Jauna (93)</li> <li>- Tocarपुरi (94)</li> <li>- Tocone (87)</li> <li>- Chita 1 (86)</li> <li>- Ojo Talicuna (82)</li> <li>- El Tatio (83)</li> <li>- Geiser, del Tatio (77)</li> <li>- Incahuasi 2 (97)</li> <li>- Coyapujo (92)</li> <li>- Ojos de Putana (95)</li> <li>- Cablor (85)</li> <li>- Purifican (91)</li> <li>- Agua Dulce 1 (74)</li> </ul>	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	<p style="text-align: center;">Sí</p> <p style="text-align: center;">(581087m E – 7522159m N)  (597059m E – 7505480m N)  (591104m E – 7512226m N)  (592504m E – 7505806m N)  (594007m E – 7504893m N)  (595590m E – 7503868m N)  (600536m E – 7526541m N)  (602459m E – 7505943m N)  (584811m E – 7528859m N)</p>	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	Sí (En la zona norte del sitio prioritario)	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	

<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)
Mayormente fiscal, con solicitudes de explotación y demanda de tierras ancestrales de parte de comunidades indígenas.
<b>Características del Sitio</b>
<u>Ubicación</u>
El campo geotermal El Tatio está localizado en la falda noreste de la cordillera de los Andes, a 150 kilómetros al sureste de Calama.
<u>Clima y Meteorología</u>
La climatología del lugar está caracterizada por el régimen altiplánico de precipitaciones estivales, que en promedio es de 156 mm, y por una elevada tasa de evaporación que en promedio llega a los 1.593 mm/año. La temperatura promedio anual es de 2,4 °C. (DGA, 1998).
<u>Geomorfología y Geología</u>
El campo geotermal del Tatio está ubicado en el centro de una de las provincias de ignimbrita neogénica más extensas del mundo. Este particular sistema hidrológico es recargado por aguas meteóricas que permean a través de formaciones rocosas de la cadena volcánica adyacente descendiendo una profundidad de 750 – 900 m (Dobson et al., 2013; Capaccioni et al., 2009).
Los cuerpos magmáticos intrusivos presentes formados durante grandes movimientos tectónicos durante el plio-pleistoceno seguidos a la formación de la fosa tectónica de El Tatio y el emplazamiento de los cuerpos sub efusivos de Copacoya y Piedras Grandes, son considerados la principal causa del calentamiento del acuífero en profundidad ( > 260 °C; Capaccioni et al., 2009).
Las grandes unidades fisiográficas presentes en el área de estudio, pueden ser divididas y caracterizadas en relación a su relieve de la siguiente manera según una orientación general N-S y obedeciendo un patrón W-E (MOP, 2007):
a. El Piedemonte o Precordillera andina
Es un gran plano inclinado que asciende hacia la cordillera de los Andes, con alturas entre 2.500 y 4.000 msnm en su parte oriental. Constituye una unidad notable con numerosas quebradas que la disectan. Se constituye por una acumulación de rocas volcánicas (andesitas de piroxeno, ignimbritas y rocas detríticas) de varios centenares de metros, que se encuentran en alternancia constituyendo acumulaciones mixtas.
b. Cordillera de los Andes
Constituida por una cadena maciza volcánica de orientación norte sur a noreste, producto del solevantamiento a comienzos del Mioceno. Entre los volcanes existentes se ubican pequeñas planicies y cuencas intermontanas que conforman parte importante de la morfología del altiplano. Las terrazas y el modelado actual se viene produciendo desde el Terciario, existiendo en el altiplano una morfología de origen glacial. En el pedimento también han tenido lugar innumerables aluviones y lavas torrenciales que mantienen a las quebradas en constante transformación.

Los relieves dominantes adyacentes al área de los géiseres lo constituyen cordones montañosos y relieves de laderas, derivados de un cúmulo de grandes aparatos volcánicos, entre los que destaca el cerro el Volcán de 5.547 msnm. Más al sur se reconoce el cordón de cerros el Tatio, el cual posee un trazado general noreste y alturas máximas que promedian los 5.240 m.s.n.m. En el margen occidental de dicho cordón se encuentra la cuenca intramontana del Tatio, de origen estructural y que se extiende en dirección NNE-SSO. Es en ésta donde se emplazan mayoritariamente las manifestaciones geotermales y donde tiene su origen el río Salado, con la confluencia de diversos cursos fluviales menores, más los flujos de los manantiales geotermales (SGA – GND, 2007).

### Hidrología

El sistema hídrico está establecido entre la divisoria de aguas de la cordillera de Los Andes (frontera con Bolivia), con cotas que sobrepasan los 5.800 m.s.n.m. y el nivel de base del salar de Atacama (2.300 m.s.n.m.) con la excepción de la subcuenca Tatio, que drena por el río Salado hacia la cuenca del río Loa (MOP, 2007)

#### 1. Subcuenca el Tatio

Se ubica en el extremo norte del área de estudio y contiene al campo geotérmico, su régimen es exorreico y drena hacia el poniente por el río Salado, el cual confluye con el río Loa en el sector de Chiu Chiu. Su nacimiento se encuentra a 5.547 m.s.n.m. y su desagüe a 4.228 m.s.n.m., en el sector de Hoyada Mala, al poniente del campo geotérmico (MOP, 2007).

#### 2. Subcuenca Jauna

Se encuentra al sur del campo geotérmico y tiene su nacimiento en el cordón del volcán Tatio (5.296 m.s.n.m.), bajando hasta los 4.196 m.s.n.m. en su confluencia con el río Putana. El río Jauna nace en la junta de dos quebradas en el lado sur del paso Vizcachas y drena de norte a sur sin escurrimiento superficial por unos diez kilómetros (MOP, 2007).

#### 3. Subcuenca Putana

La subcuenca del río Putana es la más importante del área de estudio, aportando la mayor cantidad de agua desde sus nacientes en la cordillera de los Andes al sistema Río Grande – San Pedro que drena al Salar de Atacama. Sus puntos más altos son los cerros de Tocopuri (5.808 msnm) y el volcán Putana más al sur (5.809 msnm) por donde pasa la quebrada Agua Brava, que nace en Bolivia y escurre hacia Chile (MOP, 2007).

Los principales afluentes del río Putana son (de norte a sur) la quebrada la Torta, río Blanco o Tocopuri, quebrada San Lucrecio y río Incahuasi. Este último no nace en la alta cordillera, sino que en los cerros de Incahuasi, un cordón de cerros islas que constituyen la divisoria de aguas entre los sistemas Río Grande – San Pedro y Puritama – Vilama (MOP, 2007).

### Calidad química de las aguas

En este sitio se presentan más de 100 manantiales en erupción y termas dispersas en un área de cerca de 35 km<sup>2</sup>, donde se incluyen manantiales hirvientes, pozas de barro, terreno humeante y algunas fumarolas – y los más famosos, cerca de 80 geiseres activos. El sistema hidrológico geotermal de El Tatio produce una importante contaminación sobre un área muy extensa. Los ríos Salado y, en menor medida, el río San Pedro se encuentran

significativamente contaminados. Estos representan dos de las más importantes fuentes de agua para consumo humano para miles de personas que viven en la ciudad de Calama y el pueblo de San Pedro de Atacama. En particular a lo largo del río Salado los contenidos de As y B están presentes en concentraciones de más de un orden de magnitud sobre la máxima concentración aceptable (MCA) de contaminantes de la directiva 98/83 para aguas bebestibles de la Comunidad Económica Europea (CEE), y su contaminación se extiende a por el río Loa tan lejos como hasta la ciudad de Antofagasta. Finalmente, la contaminación por As y B se presenta más extensivamente hacia el oeste a lo largo del río Salado, probablemente debido a la falta de agua de dilución procedente del derretimiento nival del flanco occidental de la cordillera contigua (Capaccioni et al., 2009).

La calidad de las aguas termales presentes en el campo geotermal ha sido investigada, en particular, debido al contenido extremadamente alto de Arsénico y Boro, de los cuales el primero posee un serio riesgo medioambiental para las áreas circundantes (Capaccioni et al., 2009; Dobson et al., 2013).

#### Particularidades del sector

Los Geiser fueron explorado por primera vez en 1908 (Fox, 2013). El Tatio no solo es el mayor campo de geiseres de Chile, y de todo el hemisferio Sur, sino que también es el tercero más grande del mundo con cerca del 8% de la superficie total, tras Yellowstone (USA) y Dolina Giezerov (Rusia) (Capaccioni et al., 2009). Dentro del campo existen tres zonas bien delimitadas de géiseres: 1) la Cuenca Superior (la de mayor superficie, 5 km<sup>2</sup>), donde se encuentran la mayor cantidad de conos activos y el geiser más grande (5 m de altura). 2) La Cuenca Media se encuentra inmediatamente al sur de la Cuenca Superior, contiene serie de pozas de 3 metros de profundidad promedio con erupciones frecuentes. Y 3) La Cuenca Baja (o zona del río) se encuentra a las orillas del Río Salado, aproximadamente 2 kilómetros río abajo de la Cuenca Media. Al menos diez manantiales hacen erupción dentro y cerca del río con alturas de 1 a 3 metros, algunos hacen erupción desde dentro de los canales del río mismo, incluyendo varios géiseres subterráneos cuyas erupciones expulsan sedimentos a las orillas del río (Glennon y Pfaff, 2003).

En relación a su potencial geotérmico, las primeras perforaciones realizadas (1969-1971) mostraron un potencial de 30 MW por pozo perforado. Aunque el potencial completo del campo geotermal de El Tatio fue estimado dentro del rango de 100 – 400 MW. En la actualidad existe una concesión de explotación geotérmica a nombre de Geotérmica del Norte S.A. (Fox, 2013)

#### Biodiversidad

La flora descrita para el sitio, según estudio de CEAA (2008c), se compone de 89 especies nativas y 1 introducida distribuidas en 23 familias y 59 géneros, en los cuales predominan las Asteráceas. La flora descrita se encuentra asociada principalmente en cuatro comunidades vegetacionales: *Parastrephia quadrangularis* – *Festuca orthophylla*, *Fabiana densa* – *Baccharis boliviensis*, *Festuca chrysophylla* – *Fabiana bryoides* y *Oxychloe andina*. De todas las especies registradas las más importantes debido a su cobertura y frecuencia relativa en el área de estudio, son (orden decreciente): *Festuca orthophylla*, *Baccharis incarum*, *Festuca chrysophylla*, *Parastrephia quadrangularis*, *Mulinum crassifolium* y *Pycnophyllum bryoides*.

Respecto de la fauna presente, se ha descrito un total de 43 especies de vertebrados nativos, distribuidas en 15 órdenes, 35 géneros y 23 familias, de los cuales un 18,2% corresponden a mamíferos, un 72,7% a aves, 2,3% al grupo anfibios y un 6,8% a reptiles. Las especies con mayor presencia son la Lagartija andina, el Pato Juarjual y el Lauchón orejudo grande (CEAA, 2008c).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013)

Flora	Fauna
<ul style="list-style-type: none"> <li>- CARDÓN; <i>Trichocereus atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihueopsis glomerata</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- LOBIVIA; <i>Lobivia Formosa</i> (Vulnerable)</li> <li>- LLARETA; <i>Azorella compacta</i> (Vulnerable)</li> <li>- TUNA, TUNILLA; <i>Maihueiopsis boliviana</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- VIEJITO; <i>Oreocereus leuchotrichus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>	<p><u>Anfibios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i> (Preocupación Menor)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDOR; <i>Vultur gryphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attagis gayi</i> (Rara)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cholephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA GIGANTE; <i>Fulica gigantea</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CHINCHILLA CORDILLERANA; <i>Chinchilla chinchilla</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- GUANACO; <i>Lama guanicoe</i> (Vulnerable)</li> <li>- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; <i>Abrocoma cinérea</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- RATÓN DE LA PUNA; <i>Auliscomys sublimis</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En Peligro)</li> <li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En Peligro)</li> <li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>

### 3.3.4 Oasis de Calama

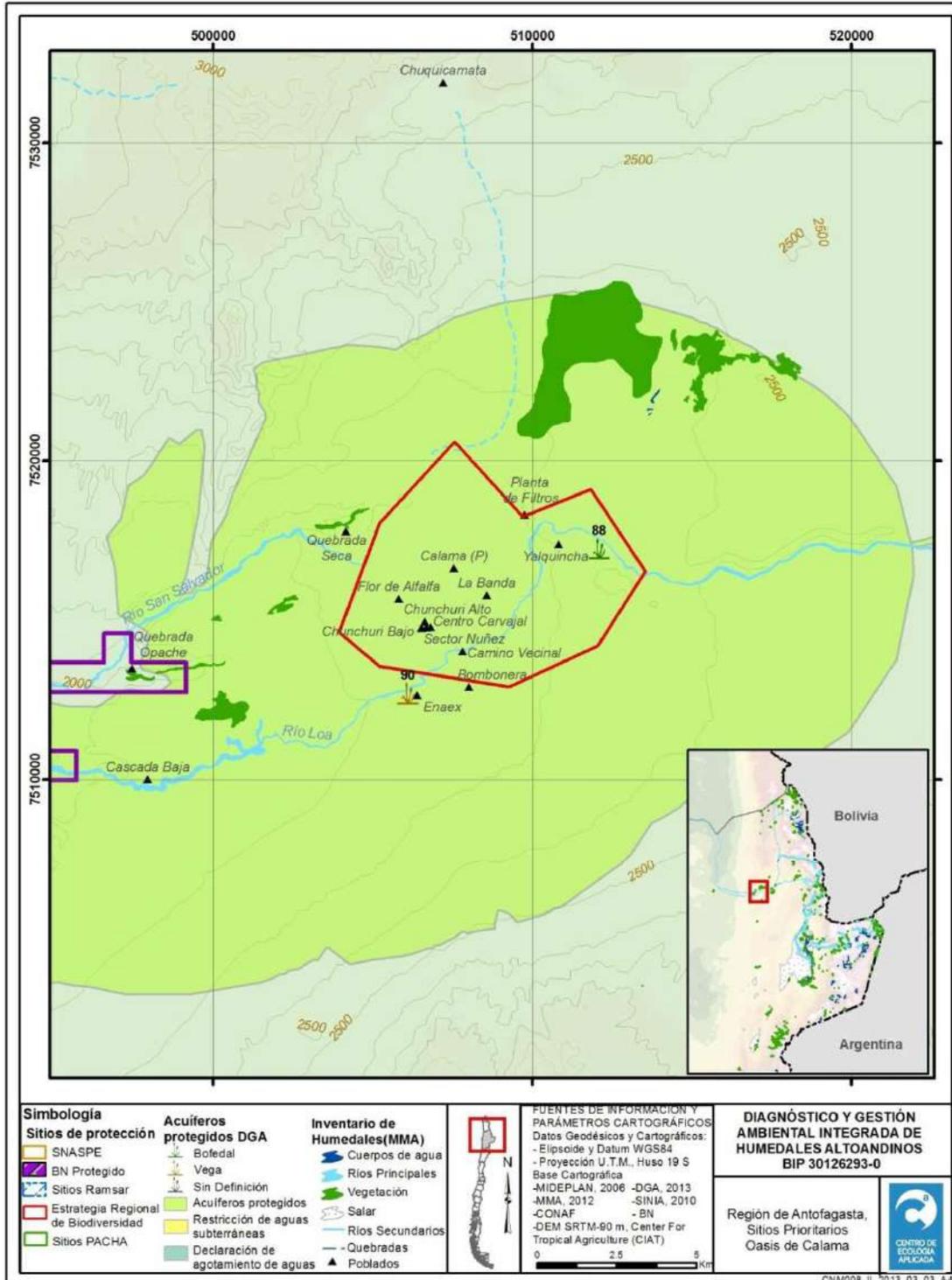


Figura 3.8. Ubicación del sitio prioritario Oasis de Calama.

**Tabla 3.6.** Ficha sitio prioritario Oasis de Calama.

SITIO PRIORITARIO	Oasis de Calama	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
2260 m.s.n.m.	45,75 Km <sup>2</sup>	508586m E    7516248m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Bajo	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	No	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	Yalquincha (88)	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (507237m E - 7514185m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	Sí (Ocupa la totalidad el sitio prioritario)	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Corresponde en su mayoría a propiedades particulares del núcleo urbano de Calama que se asienta en él.		
<b>Características del sitio</b>		
<p>El Oasis de Calama está ubicado en el valle que recibe el mismo nombre, el cual está constituido por un plano depositacional, el que se haya emplazado en el macizo andino de la precordillera de los Andes. Presenta un paisaje conformado por un gran plano que asciende hacia la cordillera de Domeyko, interrumpido por algunos “cerros islas” desprendidos de la cordillera de la Costa y recorrido por quebradas asociadas a cursos de agua, siendo la más importante la quebrada del río Loa (CEAA, 2008a).</p> <p><u>Clima</u></p> <p>La precipitación media anual en el área es del orden de 4 mm, mientras que la evaporación promedio anual está datada en 3.294 mm. La temperatura promedio anual es de 12,5 °C (DGA, 2008b). Asimismo, se presentan importantes diferencias en temperatura entre el día y la noche (DGA, 2003).</p>		

### Geomorfología

El área está formada por materiales sedimentarios de espesor variable que han rellenado la cuenca del Loa. Subyacente a estos sedimentos, aparece una roca de origen ígneo-metamórfico sobre el que sedimentaron los materiales (DGA, 2012b). Los suelos, de manera general son poco evolucionados y se formaron a partir de estratos arenosos provenientes de los grandes conos de deyección, en parte sobre sedimentos más antiguos del río Loa (DGA, 2004c). En general, la salinidad de los suelos en el sector alcanza valores elevados debido a que el agua del río Loa experimenta un aumento de este parámetro tras recibir el aporte de aguas del río Salado (DGA, 2004a). En esta zona, aguas abajo de la confluencia con el río Salado, se generan aportes significativos del Ca (DGA, 2003).

### Geología

El oasis de Calama se caracteriza por la presencia de rocas ígneas, sedimentarias, y metamórficas cuyas edades van del Paleozoico al cuaternario. Las primeras rocas son las más antiguas y las de menor extensión en el oasis conformando las unidades que constituyen la roca fundamental.

En esta unidad se encuentra el oasis de Calama, que es el resultado de la tectónica norte-sur, que originó un largo y angosto graben, y de los procesos morfoclimáticos del terciario superior y cuaternario que proporcionaron un relleno formado casi exclusivamente por corrientes de barro sucesivas. La pampa es una llanura relativamente plana, alongada en sentido norte-sur y con una extensión de 15 km de largo y cuatro kilómetros de ancho en cuyo extremo sur se encuentra Calama (Trevizan et al., 2001).

En el oasis de Calama es posible distinguir las siguientes unidades:

a) *Superficies de erosión y acumulación.* Es posible observar este proceso en los cerros adyacentes a la quebrada San Salvador, sierras de San Lorenzo, cerros de Quetena, entre otros, los que continúan hacia el oeste, hasta la confluencia de los ríos San Salvador y Loa.

b) *Terraza de formación del Loa.* Es una unidad de gran extensión y con una pendiente media de 1,3%. Corresponde a la depositación sedimentaria lacustre de limos y arcillas pardo-rojizas, las que se observan en el primer estrato, en el segundo se observan gravas y arenas, y en la parte superior del perfil, calizas lacustres.

c) *Quebrada del río Loa.* Corresponde a una unidad de disección que afecta a la terraza de la Formación El Loa, en que el río excava en forma de U, con un fondo plano y paredes verticales de gravas y calizas. El valle del río Loa en general alcanza un ancho muy reducido en comparación con el valle del río San Salvador.

d) *Conos de deyección.* Son depósitos aluviales formados por corrientes de barro que se acumularon por la ocurrencia de grandes aluviones provocados por lluvias torrenciales, los cuales se encuentran confinados a los cerros circundantes. Esta superficie presenta pendientes de 4 a 3% (CEAA, 2008a).

### Hidrología

El sector del Oasis de Calama forma parte del sistema hidrológico que constituye la cuenca del río Loa, ubicado en la zona de la depresión central (DGA, 2005b). Sus límites son por el oeste el cerro La Cruz y cerro Negro, por el norte el yacimiento de Chuquicamata, y al este el cerro Cobrizo, Loma Negra y cerro Calama. El río Loa ingresa al Oasis con un caudal promedio de 1.230 l/s, el cual constituye una de las fuentes de abastecimiento para producir agua potable para Calama. Su régimen hídrico se caracteriza por fuertes crecidas en verano, debido al invierno altiplánico; en su paso por Calama, se caracteriza presentar un cause abierto (sin “encajonamiento”) que corre prácticamente a la altura de la ciudad (CEAA, 2008a; Trevizan et al., 2001).

### Composición de las aguas

Las aguas del río Loa en el sector de Calama presentan alta salinidad debida principalmente a las altas concentraciones de Cl, Na y Ca. En la zona aguas abajo de la junta con el río Salado, se produce una alternancia entre la vía cálcica y la sulfatada que tiene una causa estacional, durante el estío predomina la vía sulfatada mientras que en el periodo estival predomina la vía cálcica (DGA, 2003).

### Biodiversidad

La flora descrita para el sitio, según estudio de CEAA (2008a), consta de 27 especies nativas y 4 introducidas, entre las cuales destacan 4 algas y un helecho. El conjunto de especies puede encontrarse asociado en 5 diferentes formaciones vegetacionales: *Pluchea absinthioides* – *Distichlis spicata*, *Baccharis juncea* – *Distichlis spicata*, *Distichletum spicatae*, *Atriplex atacamensis* – *Baccharis petiolata* y *Baccharis juncea* – *Scirpus americanus*. Las especies de mayor cobertura y frecuencias relativas son: *Distichlis spicata*, *Baccharis petiolaris*, *Atriplex atacamensis*, *Pluchea absinthioides* y *Baccharis juncea* (CEAA, 2008a).

Respecto de la fauna presente, se han descrito 39 especies de vertebrados distribuidas en 9 órdenes, 18 familias y 31 géneros, de los cuales un 15,4% corresponden a mamíferos (sólo roedores), un 79,5% a aves y un 5,1% a reptiles (CEAA, 2008a).

En esta zona se registra un bajo endemismo, pero es importante como parte del corredor biológico de la cuenca del Río Loa y mayor oasis de región. Por otra parte debido al alto grado de urbanización que posee, se dificulta su destino como lugar de conservación in situ (CONAMA, 2002).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013). \*\* Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.

- \*\* ALGARROBO DEL CENTRO; *Prosopis chilensis* (Vulnerable)
- ALGARROBO DEL NORTE; *Prosopis alba* (Preocupación Menor)
- TAMARUGO; *Prosopis tamarugo* (En Peligro)

#### Anfibios:

- SAPO DE ATACAMA; *Rhinella atacamensis* (Vulnerable)
- SAPO; *Telmatobius halli* (En peligro crítico)
- SAPO DE DANKO; *Telmatobius dankoi* (En Peligro Crítico)

#### Reptiles:

- CORREDOR DE TARAPACÁ; *Microlophus tarapacensis* (Insuficientemente Conocida)

	<ul style="list-style-type: none"><li>- CORREDOR DE TERESA; <i>Microlophus theresoides</i> (Rara)</li><li>- DRAGÓN DE REICHE; <i>Liolaemus reichei</i> (Insuficientemente Conocida)</li><li>- LAGARTIJA DE PAULINA; <i>Liolaemus paulinae</i> (Rara)</li><li>- LAGARTIJA DE WALKER; <i>Liolaemus walkeri</i> (Rara)</li><li>- SALAMANQUEJA DEL NORTE; <i>Phyllodactylus gerrhophygus</i> (Vulnerable)</li></ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus</i> (Vulnerable)</li></ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- ZORRO CHILLA; <i>Pseudalopex griseus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li></ul>
--	--

### 3.3.5 Alrededores del Volcán Licancabur

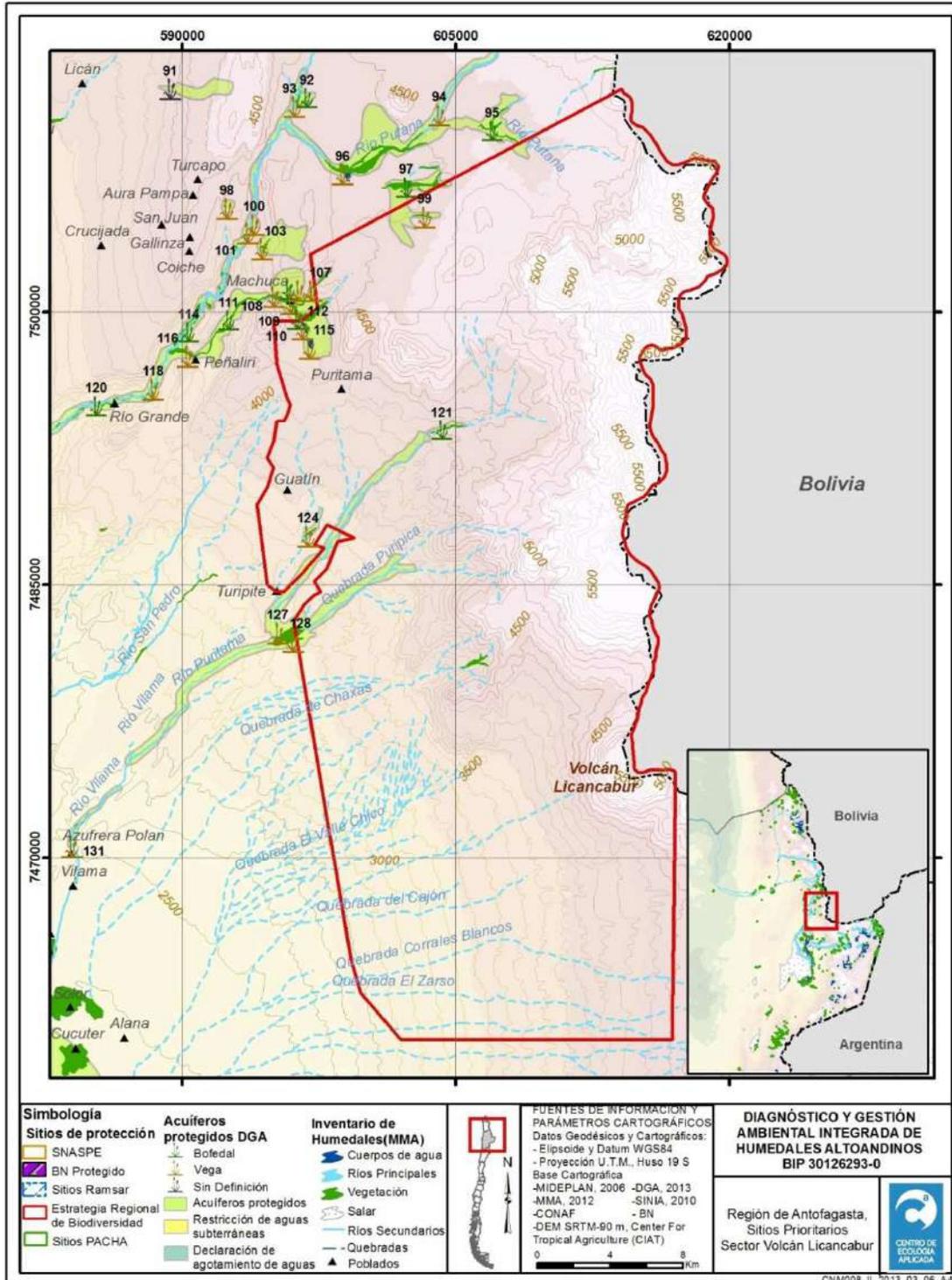


Figura 3.9. Ubicación del sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.

**Tabla 3.7.** Ficha sitio prioritario alrededores del Volcán Licancabur.

SITIO PRIORITARIO	Alrededores Volcán Licancabur	
	Superficie Aprox.	Coordenadas WGS84
Altitud	939340 Km <sup>2</sup>	607039m E   7485169m N
5916 m.s.n.m. (Volcán)		
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Medio	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	En proyecto para Incorporación	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chita 2 (99)</li> <li>- Machuca (110)</li> <li>- Vega grande (112)</li> <li>- Coñapujyo (115)</li> <li>- Jorquencial (121)</li> <li>- Turipite (124)</li> </ul>	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	<p style="text-align: center;">Sí</p> <p style="text-align: center;">(604523m E - 7493682m N) (596072m E - 7483736m N) (596969m E - 7499609m N) (597186m E - 7488211m N)</p>	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Mayormente fiscal, algunas reclamaciones de tierras ancestrales de comunidades indígenas.		
<b>Características del sitio</b>		
<p>El área de estudio, se ubica en la zona de los Andes y la puna, también llamada puna de Atacama, que se caracteriza por estar sobre los 4.000 m.s.n.m., en las altas cumbres y con un pasado de volcanismo activo que colmó de cenizas y escoria la separación o valles entre los cordones de cerros, se extiende desde el paralelo 17°30 hasta los 28° latitud sur, adosada al borde oriental del territorio con un ancho variable entre 20 y 70 km (CEAA, 2008b).</p> <p><u>Geología y volcanismo</u></p> <p>Dentro de las principales unidades del macizo andino de la cordillera de Los Andes, se encuentra el volcán Licancabur con una altura de 5.916 m, un estratovolcano ubicado en la frontera sureste entre Bolivia y Chile en sentido sur del área de estudio; el cerro Sairecabur ubicado inmediatamente al norte del volcán Licancabur, con una altura de 5.645 m; el cerro Curiquinca, con una altura de 5.676 m; el cerro Colorado, con una altura de 5.735 m, y el volcán Putana, con una altura de 5.850 m, ubicado en el extremo norte del área (CEAA, 2008b).</p>		

Flujos de lava post glacial y depósitos piroclásticos recientes en las faldas del volcán Licancabur, indican su creación en la era del Holoceno. Aunque al día de hoy, el volcanismo es reportado como latente, la evidencia de la actividad a escala local y regional existe en forma de fuentes geotermales en la base del volcán y cerca de centros eruptivos (Volcanes Putana y Lascar, Chile). Estudios geocronológicos de campos estromatolíticos cercanos, indican que algunos de los flujos más recientes en Licancabur pueden haber sido emplazados recientemente a 10-13 Ka. La fisiografía del volcán es notable: Robusto, pendientes simétricas de bloques de andesita se extienden cerca de 1,5 km en vertical sobre el Altiplano. A una elevación de 5881 m.s.n.m., el pequeño lago sumido en el cráter es el lago volcánico a mayor altura en el mundo (Figueroa & Deruelle, 1996; Hock, 2003).

La zona de estudio está asociada a la acción erosiva del agua superficial en los cauces, que ocurre estacionalmente en aquellos períodos del año donde aumenta el caudal activando incluso muchos lechos que permanecen secos la mayor parte del año, durante el invierno altiplánico. Dentro de las unidades relacionadas con procesos dinámicos, principalmente de acumulación, se distinguen: el abanico del río San Pedro, el abanico del río Vilama y el abanico del llano Vilama, compuesto por la coalescencia de varios abanicos de quebradas que descienden por el plano inclinado. Este último también se distingue entre las formas originadas por acciones dinámicas y su desarrollo se observa entre las cotas 3.500 y 4.700 m. Además pueden distinguirse dos unidades geográficas principales que se resumen en dos subcuencas: Jorquencial- Turipite- Puritana y Purifica - Puritama – Vilama (CEAA, 2008b).

### Hidrología

La quebrada Jorquencial nace en los faldeos del volcán Curiquinca (5.722 msnm) y se extiende por unos 24 km. En su curso superior drena en dirección E-W por diez kilómetros, siguiendo luego una dirección NE-SW hasta juntarse con el río Puritana. La quebrada Turipite nace en los faldeos sur de los antiguos volcanes Falda Grande y Jorquencial, extendiéndose de norte a sur por nueve kilómetros hasta el río Puritama, a 3.240 msnm. A su vez, el río Puritama nace también nueve kilómetros al interior, pero drena con dirección NE-SW, pasando a mitad de su curso por una zona de alteración hidrotermal que da origen a las termas de Puritama (CEAA, 2008b).

La subcuenca Purifica - Puritama – Vilama, recibe todo el aporte de la subcuenca anteriormente descrita. El río Purifica realiza su aporte de aguas superficiales al río Puritama en el sector de Guatín, naciendo éste en los faldeos del volcán Sairecabur (5.971 msnm) (CEAA, 2008b).

Por otra parte, a través de un modelo de balance hídrico anual se ha estimado que el lago del volcán experimenta una pérdida neta de 486 mm. Los componentes de esta medición corresponden al flujo de entrada, derivado por precipitación y una pérdida de masa por evaporación. Estos resultados están apoyados por observaciones intrafotográficas hechas en terreno dentro del cráter, las cuales muestran un descenso en el nivel del lago cercano a un metro en dos años, o una pérdida promedio anual de 50 cm (Figueroa & Deruelle, 1996).

### Biodiversidad

La flora de la zona de estudio, según se describe en CEAA (2008b) se compone de 86 especies que se distribuyen en 20 familias y 55 géneros, donde destacan *Notholaena nivea* como la única Pteridofita presente y *Ephedra breana* y *E. multiflora* como las únicas Pinofitas. Esta flora corresponde al 8,1% de la flora regional y al analizar su origen fitogeográfico, 85 especies (98,8%) son nativas y sólo una (1,2%), *Aristida adscensionis* (Poaceae), es alóctona). Las especies que presentan mayores coberturas y frecuencias relativas son, en orden decreciente: *Festuca orthophylla*, *Maihueniopsis atacamensis*, *Atriplex imbricata*, *Stipa chrysophylla*, *Baccharis incarum*, *Deyeuxia sp.* y *Stipa venusta*. Finalmente, respecto de las formaciones vegetacionales se encuentran al menos cuatro comunidades: *Fabianetum ramuloso – denudatae*, *Acantholippio deserticolae – Atriplicetum imbricatae*, *Festuca chrysophylla – Fabiana bryoides* y *Festuca orthophylla – Parastrephia lucida*.

En lo que se refiere a la fauna presente se ha descrito un total de 43 especies de vertebrados distribuidas en 33 géneros, 23 familias y 12 órdenes. Del total de especies inventariadas, 20,9% corresponden a mamíferos, el 60,5% al grupo de las aves, el 14% a los reptiles y 7% de anfibios; todas especies nativas (CEAA, 2008b).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013).

Flora	Fauna
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AIRAMPOA; <i>Airampo</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- CARDÓN; <i>Trichocereus atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihuenopsis glomerata</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- DORADILLA; <i>Agrychosma nivea</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- LLARETA; <i>Azorella compacta</i> (Vulnerable)</li> <li>- TUNA, TUNILLA; <i>Maihueniopsis boliviana</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>	<p><u>Anfibio:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i> (Preocupación Menor)</li> </ul> <p><u>Reptil:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; <i>Liolaemus audituvelata</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE CONSTANZA; <i>Liolaemus constanzae</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE FABIAN; <i>Liolaemus fabiani</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDOR; <i>Vultur gryphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attagis gayi</i> (Rara)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cholephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CHINCHILLA CORDILLERANA; <i>Chinchilla chinchilla</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- GUANACO; <i>Lama guanicoe</i> (Vulnerable)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>- LAUCHITA DE PIE SEDOSO; <i>Eligmodontia puerulus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; <i>Chaetophractus nationi</i> (En Peligro)</li><li>- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; <i>Abrocoma cinérea</i> (Preocupación Menor)</li><li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li><li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En Peligro)</li><li>- VISCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En peligro)</li><li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li></ul>
--	--

### 3.3.6 Ayllus de San Pedro de Atacama

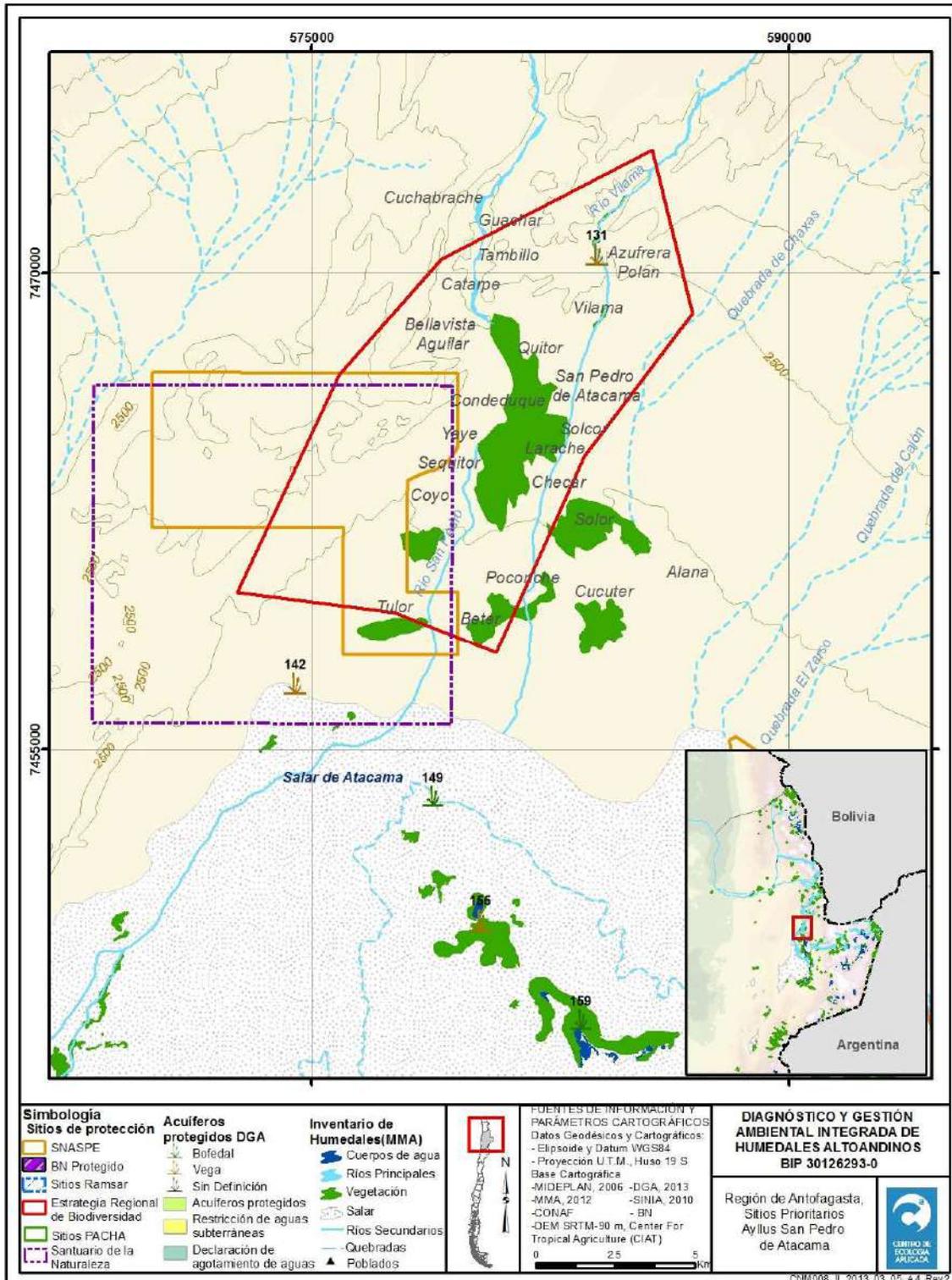


Figura 3.10. Ubicación del sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.

**Tabla 3.8.** Ficha sitio prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.

SITIO PRIORITARIO	Ayllus de San Pedro de Atacama	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
2450 m.s.n.m.	114 Km <sup>2</sup>	580269m E    7465581m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Bajo	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	Calar (131)	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (584880m E - 7472257m N) (585807m E - 7435771m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Corresponde en su totalidad a propiedades particulares de la zona poblada de San Pedro de Atacama y sus alrededores.		
<b>Características del sitio</b>		
Este sitio se considera el principal oasis de la zona de la Prepuna, debido a que constituye la principal fuente de agua para las especies que habitan en los alrededores (CONAMA, 2002).		
<u>Clima</u>		
En lo que se refiere a climatología, se registran, como promedio anual, 27,9 mm de agua caída, de las cuales el 81% ocurre entre Diciembre y Marzo. La temperatura media anual es de 14,4°C (DGA, 2008b; DGA, 2010a) y sufre importantes variaciones a lo largo del día (DGA, 1991). Por otra parte, la evaporación tiene una tasa promedio de 2981 mm/año (DGA, 2008b; DGA, 2010a). La humedad relativa promedio anual es de 54,7% (DGA, 1991).		
<u>Geomorfología</u>		
El área se corresponde con un abanico deyeccional con sedimentos compuestos principalmente por arenas y gravas derivadas de rocas volcánicas terciarias (DGA, 1991). Debido a la acción del viento, se forman estructuras dunarias que constituyen en el área un problema, ya que en su avance podrían sepultar los Ayllus (DGA, 1991).		

## Suelos

Los suelos de los sectores agrícolas de San Pedro de Atacama son por lo general suelos evolucionados de sedimentos finos estratificados y de sedimentos arenosos de origen aluvio deyeccional (DGA, 1991)

## Información fluviométrica

Los cursos de agua más importantes son el río San Pedro y el río Vilama, cuyos caudales medios anuales son 0,9 (m<sup>3</sup>/s) y 0,25 (m<sup>3</sup>/s), respectivamente (Lemus y Soto, 2011). El río San Pedro es el de mayor caudal y el más largo (DGA, 1991) El río San Pedro se caracteriza por ser el de mayor caudal en la zona aportante al salar de Atacama, y por la mayor cantidad de sólidos totales disueltos que contiene. Sus principales macroelementos son el Cloruro, Sodio, Sulfato y el Bicarbonato. Por otra parte, el río Vilama es el segundo en caudal aportante, y los macroelementos que están en mayor concentración son los mismos que el río San Pedro (Alonso & Risacher, 1996a).

Las aguas superficiales asociadas al sector del oasis de San Pedro Atacama, tienen diferentes niveles de elementos orgánicos e inorgánicos. Para la población local, el río San Pedro, cumple con los requerimientos necesarios para el consumo humano por lo que tradicionalmente se ha utilizado y transportado, por los canales de regadío del sector. Desde esta fuente, se extrae el recurso para la planta de agua potable rural y se abastece la superficie de cultivos agrícolas (Lemus & Soto, 2011).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013) \*\* Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.

Flora	Fauna
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ** ALGARROBO DEL CENTRO; <i>Prosopis chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- ALGARROBO DEL NORTE; <i>Prosopis alba</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- TOMATE SILVESTRE; <i>Solanum sitiens</i> (Vulnerable – Rara)</li> </ul>	<p><u>Anfibios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ** SAPO; <i>Telmatobius halli</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i> (Preocupación Menor)</li> </ul> <p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CORREDOR DE TARAPACÁ; <i>Microlophus tarapacensis</i> (Insuficientemente Conocida)</li> <li>- CULEBRA PERUANA; <i>Tachymenis peruviana</i> (Rara)</li> <li>- DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; <i>Liolaemus audituvelata</i> (Rara)</li> <li>- DRAGÓN DE REICHE; <i>Liolaemus reichei</i> (Insuficientemente Conocida)</li> <li>- LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; <i>Liolaemus nigriceps</i> (Vulnerable)</li> <li>- LAGARTIJA DE CONSTANZA; <i>Liolaemus constanzae</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE FABIAN; <i>Liolaemus fabiani</i> (Rara)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIJA DE PAULINA; <i>Liolaemus paulinae</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE WALKER; <i>Liolaemus walkeri</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA RUBRICADA; <i>Liolaemus signifera</i> (Rara)</li> <li>-</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDOR; <i>Vultur gryphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attagis gayi</i> (Rara)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- LAUCHITA DE PIE SEDOSO; <i>Eligmodontia puerulus</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; <i>Chaetophractus nationi</i> (En Peligro)</li> <li>- RATÓN DE LA PUNA; <i>Auliscomys sublimis</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li> <li>- ZORRO CHILLA; <i>Pseudalopex griseus</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>
--	---

### 3.3.7 Salar de Atacama

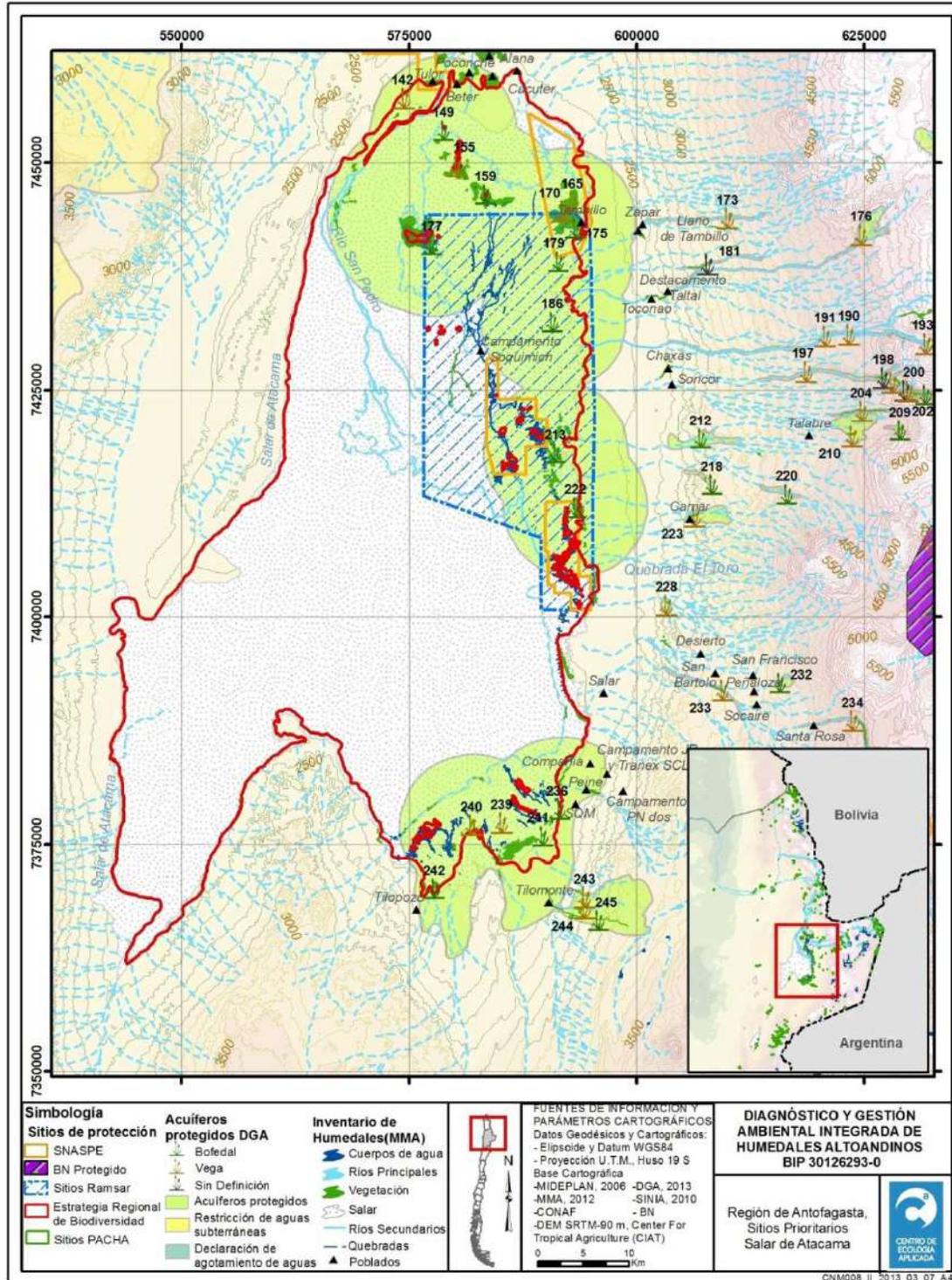


Figura 3.11. Ubicación del sitio prioritario Salar de Atacama.

**Tabla 3.9.** Ficha sitio prioritario Salar de Atacama.

SITIO PRIORITARIO	Cuenca del Salar de Atacama	
Altitud	Superficie Aprox.	Coordenadas WGS84
2300 m.s.n.m.	3200 km <sup>2</sup>	573248m E    7410698m S
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	BAJO	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS	
<b>Sitio Ramsar</b> (CONAF, 2008a; Ramsar, 2013)	Sí (Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama)	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baltinache (149)</li> <li>- Cejas (155)</li> <li>- Yona Grande (159)</li> <li>- Tebinquinche (177)</li> <li>- Los Pantanos (165)</li> <li>- Tujirea (170)</li> <li>- Tambillo (175)</li> <li>- Olar (179)</li> <li>- Tapar (186)</li> <li>- Carvajal (213)</li> <li>- Quelana (222)</li> <li>- Palao (236)</li> <li>- Silolao (241)</li> <li>- Tilocalar (239)</li> <li>- La Punta (240)</li> <li>- Tilopozo (242)</li> </ul>	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (585807 m E - 7.435.771 m N) (584723 m E - 7.376.372 m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Mayormente fiscal, con reclamaciones indígenas de tierra ancestrales, gran cantidad de derechos de explotación de diversos recursos.		
<b>Características del sitio</b>		
<u>Ubicación</u>		
El Salar de Atacama, el mayor depósito salino y el más grande del país, se ubica en la provincia del Loa. Está emplazado en la parte más baja de una cuenca tectónica, disimétrica en la posición de los depósitos salinos y totalmente cerrados.		

En el extremo norte de la cuenca se encuentran los cerros del Tatio, mientras que hacia el Este se dispone el Altiplano o Puna de Atacama. Los límites principales, al Sur y Oeste lo constituyen los cerros de Lila y la cordillera de Domeyko, respectivamente (DGA, 1991; Risacher et al., 1999b).

En la zona de estudio existe un sitio RAMSAR que corresponde al sistema Hidrológico de Soncor, clasificado como lagunas salobres permanentes. Éste se ubica dentro de la Reserva Nacional Los Flamencos en el sector nororiente del salar (DGA, 2012a).

### Geología y geomorfología

Geológicamente la cuenca del Salar de Atacama es de origen tectónico y en su parte más baja existe un depósito de sedimentos clásticos y evaporíticos que engranan con los materiales dendríticos y salinos de sus bordes. Corresponde a una unidad geomorfológica dinámica y condicionada por variaciones climáticas, evaporación, precipitación, escurrimientos superficiales y subterráneos, variaciones en el nivel freático, deflación y depositación eólica (DGA, 1991).

En su morfología, el Salar consiste en una gran depresión tectónica cerrada, constituye una cuenca intermontana de aproximadamente 110 km de largo por 60 km de ancho (en su parte central) (DGA, 1991). El fondo de la depresión corresponde al Salar propiamente tal, el que corresponde a la cuenca de evaporación, cuya cota promedio es del orden de 2.350 m.s.n.m., alcanzando una superficie de aproximadamente 3000 km<sup>2</sup> (DGA, 1991).

El Salar, está constituido por dos grandes unidades: el núcleo de 1.100 km<sup>2</sup> de superficie y de 900 m de espesor, y la zona marginal de limos salinos de unos 2.000 km<sup>2</sup> de superficie (Risacher et al., 1999b).

### Clima

Respecto del clima, por la latitud en que se ubica la cuenca del salar corresponde, en el periodo de abril a noviembre, un clima desértico con precipitaciones nulas debido a la presencia cercana del cinturón de Altas presiones subtropicales que dan gran estabilidad climática. Sin embargo, en el periodo estival este cinturón experimenta un desplazamiento hacia latitudes mayores dando paso al invierno altiplánico, periodo en que ocurren importantes precipitaciones, las que en la alta cordillera se depositan en forma de nieve (DGA, 1991). Con lo anterior, el régimen de precipitaciones corresponde a lluvias estivales con mayor frecuencia en los meses de diciembre a marzo, con precipitaciones de 25 mm/año (salar) y 30 mm/año (cordillera) (Risacher et al., 1999b).

Existe en la zona una gran amplitud térmica diaria que alcanza una media anual de 20,7 °C. Las temperaturas más bajas se registran entre abril y septiembre (DGA, 1991).

La humedad relativa alcanza un promedio anual de 44,9% y la velocidad media del viento alcanza a 10 m/s a 40 centímetros del suelo con una dirección dominante proveniente oeste (DGA, 1991).

### Hidrología e hidrogeología

El Salar tiene una recarga continua de agua subterránea y sólo esporádicamente algunos cursos superficiales llegan a sus bordes (DGA, 1991). Por el norte desembocan los ríos San Pedro y Vilama, cuyas aguas infiltran rápidamente. En general, las aguas escurren hacia el centro del Salar, el que propiamente tal puede considerarse como un acuífero libre. La descarga se debe a la evaporación y transpiración, fenómenos principales responsables de la formación de un salar de agradación, con acumulaciones sedimentarias y clásticas. (DGA, 1991). La fuerte evaporación produce un gradiente hidráulico que moviliza las aguas superficiales hacia el centro del Salar. La mayor parte del agua superficial que recarga el acuífero libre es salobre, observándose un gradiente de concentración de importancia en los bordes (DGA, 1991). La evaporación potencial es de 2.000 mm/año (salar) y 1.600 mm/año (cordillera) (Risacher et al., 1999b).

La red de drenaje de la cuenca hidrográfica del Salar de Atacama está dentro de la región endorreica, donde existen numerosas subcuencas o depresiones sin desagüe que actúan como centros de atracción de las aguas de los contornos. Los principales ríos con escurrimiento permanente son el Río Putana, Río San Pedro, Río Salado, Río Puritama, Quebrada Honar – Toconao, Río Tulán, el cual se infiltra antes de alcanzar el Salar (CIREN, 2010a).

En el sector que ocupa actualmente el Salar de Atacama existe un vasto embalse de agua subterránea que es abastecido desde el norte por un acuífero procedente de un curso paralelo al río San Pedro, por el nororiente, que nace de las estribaciones occidentales del volcán Licancabur y por el sur de las faldas del cerro Pular. En el sector oriente de este embalse existen pozos de la DGA con alta productividad ( $>10 \text{ m}^3/\text{h/m}$ ) a niveles freáticos que varían desde los 18 a 71 m. Los principales aportes al acuífero del Salar de Atacama provienen del extremo este, específicamente, de la infiltración de la precipitación que se produce en el altiplano (DGA, 2004e)

Entre los principales afluentes del Salar, están los ríos de la parte norte: Río San Pedro, Río Vilama, los cuales desarrollan subcuencas hidrográficas comparativamente más extensa que otros afluentes (DGA, 1991).

El río San Pedro desemboca en el Salar en las inmediaciones del pueblo del mismo nombre y sus principales tributarios son el río Grande, el río Salado y el río Putana. Entre los más destacados tributarios del río Vilama destacan el río Puritama, río Puripica y río frío, entre otros.

Por el borde oriental del Salar confluyen en él las aguas de numerosas quebradas, de las cuales sólo algunas tienen escurrimiento superficial permanente. En general estas quebradas tienen una marcada orientación Este-Oeste y son prácticamente paralelas entre sí (DGA, 1991).

### Balance hídrico

Los resultados del balance hídrico en el salar de atacama considerando las subcuencas para el periodo (1970-2008), indican que el aporte de las cuencas del lado oriental es de  $2,56 \text{ m}^3/\text{s}$ , las del sur es de  $0,98 \text{ m}^3/\text{s}$  y las ubicadas al norte es de  $2,02 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Esto último es coherente con la ubicación de las zonas marginales del salar y la aparición de lagunas frente a dichas subcuencas. Mientras que en la zona poniente del salar, los aportes a la recarga son mucho menores (0,045 m<sup>3</sup>/s), ya que gran parte de las precipitaciones se evapora y no alcanzan a llegar al núcleo, por lo que en esa zona del salar no se producen lagunas ni existe una zona marginal húmeda como en el caso de la zona oriente (DGA, 2010b).

#### Composición química

Como se mencionó anteriormente, el salar está conformado por un núcleo y una zona marginal. El núcleo está constituido por un 90% de halita porosa impregnada con una salmuera de cloruro de sodio muy rica en litio (Li), potasio (K), magnesio (Mg) y boro (B) que ocupa los intersticios de la halita. El balance salino en el núcleo revela un gran exceso de Na y Cl con respecto a Mg, K, Li, B, lo que se atribuye a un alto contenido de NaCl en las antiguas soluciones de aporte producido por lixiviación de la Cordillera de la Sal. Alrededor del núcleo, se extiende la zona marginal del salar constituida de sedimentos salinos finos, ricos en sulfatos, especialmente yeso (Risacher et al., 1999b)

Existen, dos tipos de salmueras en el Salar de Atacama: unas del tipo Na-Ca-(Mg)-Cl (salmueras “cálcicas”) y otras del tipo Na-(Mg)-SO<sub>4</sub>-Cl (salmueras “sulfatadas”). Las salmueras cálcicas se encuentran al oeste del salar cerca de la Cordillera de Domeyko, donde predominan las rocas sedimentarias, mientras que las salmueras sulfatadas ocupan la parte oriental bordeada por terrenos volcánicos (Risacher et al., 1999b).

#### Calidad del agua

Respecto a la Calidad de las aguas superficiales en el salar, hay aguas de muy buena calidad en el norte de la cuenca y en el sector oriental alto. Globalmente, todas las aguas cuya salinidad es inferior a 1 g/l son aprovechables para cualquier uso. Los principales contaminantes son el arsénico y el boro. Las aguas del río Vilama al norte y de las quebradas al sur del salar, tienden a ser más salinas, lo que plantea problemas para su uso, particularmente potable, siendo la situación de San Pedro de Atacama muy delicada por el alto contenido en arsénico (Risacher et al., 1999b).

#### Tapete microbiano

Laguna Brava ubicada al Sudeste del Salar de Atacama presenta una gran variedad de ecosistemas microbianos que incluyen una gran diversidad de tapetes microbianos y microbialitos de calcio en formas variadas que van desde domos sumergidos hasta estructuras con formas de “hongos”. Los estudios de diversidad llevados a cabo con modernas tecnologías de pirosecuenciación indican la enorme diversidad microbiológica que albergan estas “rocas vivas” y que serían la base de la cadena alimenticia de esta laguna (Farías et al., 2013a).

Estos ecosistemas son sometidos a variaciones debido al cambio estacional del régimen hídrico. Su composición es principalmente de yeso y presenta una sucesión que comienza con los tapetes microbianos que se “inflan como globos” debido a la acumulación de gases, producto de la actividad orgánica que se da en la región inferior. A medida que aumenta la salinidad, se precipitan yeso y halita en estas estructuras, formando domos que presentan una clara estratificación de comunidades microbianas. En una etapa posterior, cuando la

acumulación de yeso o halita supera la cobertura de agua, ésta empieza a acumular yeso y halita lateralmente tomando forma de “hongos” que pueden asemejarse a los estromatolitos. Estos ecosistemas microbianos de bioevaporitas (evaporitas y endoevaporitas) se pueden encontrar en las lagunas de salar de Atacama: Laguna Tebenquiche y Cejar (Farías et al., 2013a).

Las lagunas Tebenquiche y la brava muestran un gradiente de salinidad característico que resulta de la entrada de agua subterránea y/o superficial y de la evaporación (Risacher et al. 2003). A lo largo de los gradientes de salinidad, diferentes ecosistemas microbianos se han desarrollados, ricos en materia orgánica, tapetes microbianos no litificadores se encontraron a lo largo de la orilla a salinidades bajas (62 gr/lit) en Tebenquiche y, con el aumento de la salinidad (116 gr/lit), la cantidad de precipitación mineral y por lo tanto la litificación aumentó también. En La Brava, se observó una situación opuesta, los tapetes estuvieron presentes cerca de la orilla a una salinidad más alta (119 gr/lit) y los microbialitos se encontraron sumergidos en el laguna a una salinidad inferior (72 gr/lit) (Farías et al., 2014).

El aumento de la incorporación de minerales en los tapetes fue confirmado por el incremento en la resistencia mecánica durante el uso de microelectrodos. En la zona de mayor salinidad, extensas área de domos se desarrollan. Los tapetes microbianos tienen una variedad de morfologías macroscópicas incluyendo las cúpulas pequeñas y cerebroides, morfología de serpiente y globular (Farías et al., 2014).

En algunas áreas, tapetes bulbosos acumulan gas bajo la superficie. Los tapetes sumergidos no-litificados tienen una apariencia típica de color rosa, sin embargo, cuando se expone al aire, una corteza evaporítica blanca cubre la superficie (Farías et al., 2014).

En La Brava, los microbialitos crecen hacia arriba hasta que llegan a la interfaz agua / aire y siguen extendiéndose lateralmente hasta formar plataformas. Estos microbialitos muestran una secuencia típica de (de arriba a abajo), capas de color verde, púrpura y blanco oscuro (Farías et al., 2014).

Los análisis de XRD revelaron que los tapetes microbianos de Tebenquiche están formados predominantemente por halita (42%) con contribuciones menores de calcita (22%), yeso (22%) y la aragonita (12%), y los sistemas evaporíticos domales de Tebenquiche están conformados enteramente de yeso. En La Brava, los análisis mineralógicos de los tapetes microbianos revelaron halita (82%) como el componente principal y componentes menores de aragonita (13%) y calcita (7%). Los microbialitos de La Brava están formados exclusivamente de aragonita (CaCO<sub>3</sub>) (Farías et al., 2014).

Los ecosistemas microbianos que se encontraron en las dos lagunas fueron de tres categorías: tapetes no-litificadores encontrados en La Brava (BM) y Tebenquiche (TM), plataformas litificadoras o microbialitos en La Brava compuestos por aragonita (IMC) y sistemas litificadores endoevaporíticos en Tebenquiche que forman estructuras domales compuestas de yeso (TD). Esta clasificación permite comparaciones con respecto a la diversidad eubacterial en dos niveles: entre lagunas (La Brava vs Tebenquiche) y entre tapetes no-litificadores vs tapetes litificadores (es decir, las cúpulas de yeso y microbialitos aragoníticos) (Farías et al., 2014).

### Hábitats y especies

En lo que se refiere a la fauna presente, en particular a la avifauna, es importante destacar que el salar de Atacama constituye un sitio importante como hábitat, sitio de reproducción e hibernación para los tres flamencos presentes en el altiplano Chileno.

En este sitio el Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) presenta sus mayores agregaciones en los periodos de verano e invierno. En este último periodo el salar se convierte en el principal sitio de hibernación de la zona para dicho flamenco, y de igual forma para las otras dos especies (flamenco de James y flamenco Chileno). Esto ocurre principalmente debido a que la oferta trófica no disminuye durante esta estación, observándose por el contrario mayor abundancia y diversidad de microalgas en los inviernos, caso opuesto al ocurrido en humedales ubicados a mayor altitud. Esto hace del Salar de Atacama un sitio de importancia invernal, en especial para las tres especies de flamenco, pero en particular para el Andino y el Chileno, pues constituye un sitio importante de anidación y reproducción. De hecho, las máximas históricas de reproducción observadas (1986 – 2002) entre los años 1986 y 1990 se relacionan con eventos reproductivos de gran magnitud ocurridos precisamente en el Salar de Atacama (Rodríguez, 2005).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013) \*\* Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.

Flora	Fauna
<ul style="list-style-type: none"> <li>- AIRAMPOA; <i>Airampo</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- ** ALGARROBO DEL CENTRO; <i>Prosopis chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- ALGARROBO DEL NORTE; <i>Prosopis alba</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- CARDÓN; <i>Trichocereus atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- COJÍN DE SUEGRA; <i>Maihuenopsis atacamensis</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- CULANTRILLO; <i>Cheilanthes pruinata</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- CUMULOPUNTIA; <i>Cumulopuntia sphaerica</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- DORADILLA; <i>Agryrochosma nivea</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- LLARETA; <i>Azorella compacta</i> (Vulnerable)</li> <li>- LOBIVIA; <i>Lobivia Formosa</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAMARUGO; <i>Prosopis tamarugo</i> (En Peligro)</li> </ul>	<p><u>Anfibios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- SAPO PERUANO; <i>Telmatobius peruvianus</i> (En Peligro – Rara)</li> </ul> <p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CULEBRA PERUANA; <i>Tachymenis peruviana</i> (Rara)</li> <li>- DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; <i>Liolaemus audituvelata</i> (Rara)</li> <li>- DRAGÓN DE REICHE; <i>Liolaemus reichei</i> (Insuficientemente Conocida)</li> <li>- DRAGÓN DE STOLZMANN; <i>Liolaemus stolzmanni</i> (Rara)</li> <li>- DRAGÓN GRANDE; <i>Liolaemus erroneus</i> (Insuficientemente Conocida)</li> <li>- LAGARTIJA DE CABEZA NEGRA; <i>Liolaemus nigriceps</i> (Vulnerable)</li> <li>- LAGARTIJA DE CONSTANZA; <i>Liolaemus constanzae</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE FABIAN; <i>Liolaemus fabiani</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE PAULINA; <i>Liolaemus paulinae</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE SCHMIDT; <i>Liolaemus schmidti</i> (Rara)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- TOMATE SILVESTRE; <i>Solanum sitiens</i> (Vulnerable – Rara)</li> <li>- TUNA, TUNILLA; <i>Maihueiopsis boliviana</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- VIEJITO; <i>Oreocereus leuchotrichus</i> (Preocupación Menor)</li> <li>-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIJA DE WALKER; <i>Liolaemus walkeri</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA ORNAMENTADA; <i>Liolaemus ornatus</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA RAYADA NORTINA; <i>Liolaemus alticolor</i> (Fuera de Peligro)</li> <li>- LAGARTIJA RUBRICADA; <i>Liolaemus signifier</i> (Rara)</li> </ul>
	<p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- AGUILUCHO DE LA PUNA; <i>Buteo poecilochrous</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- CONDOR; <i>Vultur gryphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus cassini</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PATO GARGANTILLO; <i>Anas bahamensis</i> (Rara)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attagis gayi</i> (Rara)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA CORNUDA; <i>Fulica cornuta</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA GIGANTE; <i>Fulica gigantea</i> (Vulnerable)</li> </ul>
	<p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CHINCHILLA CORDILLERANA; <i>Chinchilla chinchilla</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- GATO ANDINO; <i>Oreailurus jacobita</i> (En Peligro-Rara)</li> <li>- GUANACO; <i>Lama guanicoe</i> (Vulnerable)</li> <li>- LLACA O MARMOSA; <i>Thylamys elegans</i> (Rara)</li> <li>- PUMA; <i>Puma concolor</i> (Casi amenazada)</li> <li>- QUIQUE; <i>Galictis cuja</i> (Vulnerable)</li> <li>- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; <i>Chaetophractus nationi</i> (En Peligro)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; <i>Abrocoma cinérea</i> (Preocupación Menor)</li><li>- RATÓN DE LA PUNA; <i>Auliscomys sublimis</i> (Preocupación Menor)</li><li>- RATÓN DE PIE SEDOSO; <i>Eligmodontia puerulus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li><li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En Peligro)</li><li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En Peligro)</li><li>- ZORRO CHILLA; <i>Pseudalopex griseus</i> (Preocupación Menor)</li><li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li></ul>
--	--

### 3.3.8 Salar de Tara

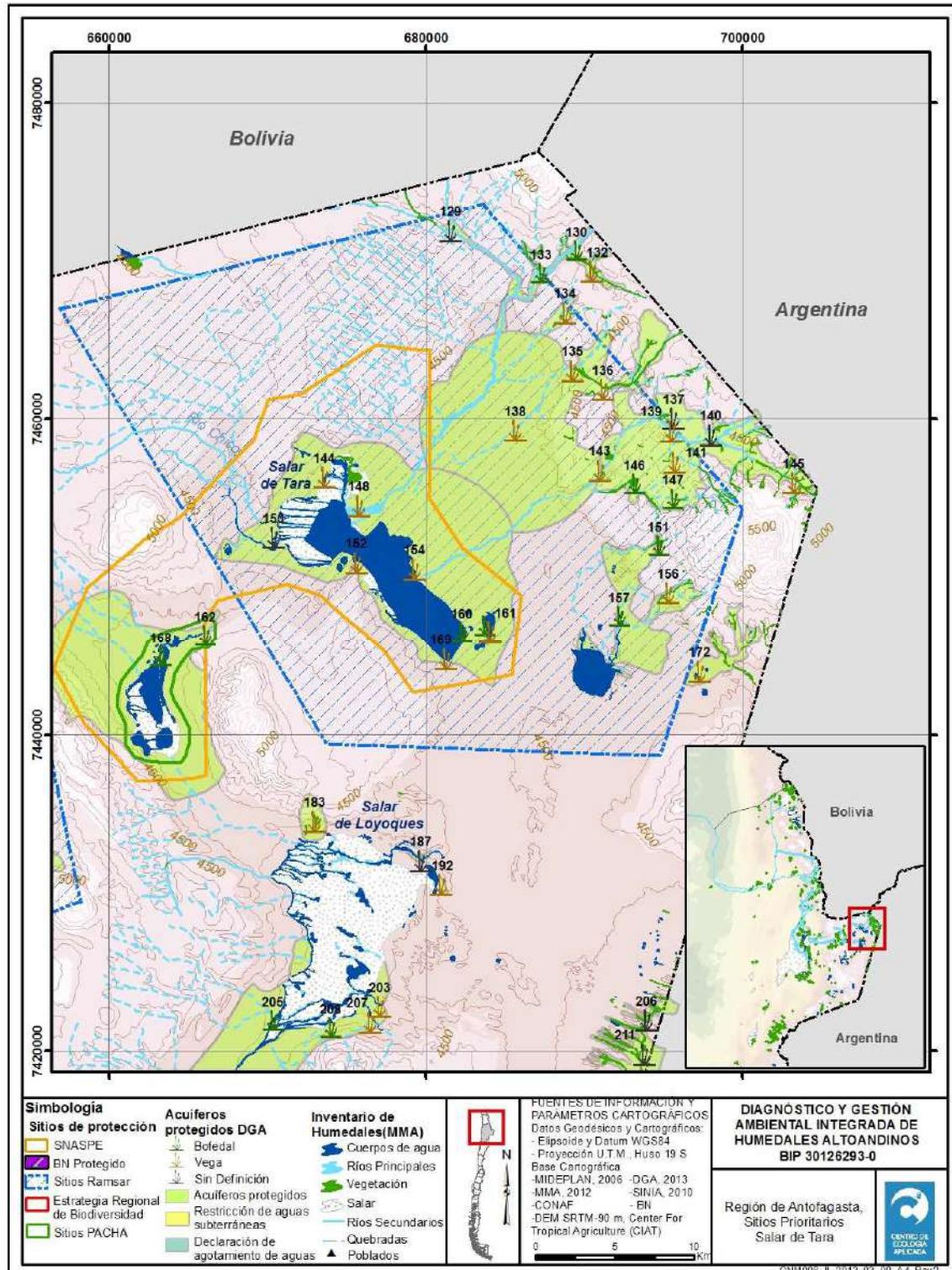


Figura 3.12. Ubicación del sitio prioritario Salar de Tara.

**Tabla 3.10.** Ficha sitio prioritario Salar de Tara.

SITIO PRIORITARIO	Salar De Tara	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
4400 m.s.n.m.	964396 Km <sup>2</sup>	678079m E   7451986m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAF, 2008d)	Reducido	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013; CONAF, 2008d)	Salar de Tara	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tara (144)</li> <li>- Salar de Tara 1 (148)</li> <li>- Huallitas (150)</li> <li>- Salar de Tara 2 (152)</li> <li>- Cueva Pintada (154)</li> <li>- Salar de Talar 1 (160)</li> <li>- Salar de Talar 2 (161)</li> <li>- Salar de Talar 3 (169)</li> </ul>	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (678079m E - 7451986m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAF, 2008d)		
Dentro del sitio Ramsar la propiedad es fiscal		
<b>Características del sitio</b>		
<p>El Salar de Tara forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos y fue declarado sitio Ramsar en 1995. Corresponde a un salar tipo playa con un sistema lagunar que tiene extensión variable.</p> <p><u>Climatología</u></p> <p>La precipitación anual está datada en 150 mm anuales y la evaporación potencial en 1500 mm anuales. La temperatura media en la región del salar es de 0°C (Richaser et al., 1999). El clima principal se caracteriza por la concentración de escasas lluvias en verano y una estación seca que dura de 7 a 10 meses (CONAF, 2008d).</p>		

### Geología y geomorfología

Las series geológicas expuestas en el Salar de Tara corresponden a rocas volcánicas y sedimentarias, desde el Plioceno al Cuaternario Superior (CONAF, 2008d). En cuanto a la geomorfología está constituida principalmente por el plateau volcánico terciario, que se encuentra interrumpido por estructuras volcánicas como el volcán Huailitas (CONAF 2008d).

### Hidrología

La red de drenaje en el salar corresponde, por el oriente al río Zapalieri, la quebrada de Angostura y el estero Cueva Pintada, y por el poniente aportan el río Chico y Huailitas (CONAF, 2008d). El río Zapalieri es considerado como el único aporte relevante al Salar de Tara (Richaser et al., 1999) con un caudal aproximado de 400 l/s (CONAF, 2008d) aunque el resto de aportes no deben ser despreciados. En el interior del salar aparecen lagunas someras permanentes de tamaños variables.

### Hidroquímica

El agua del río Zapalieri aporta una salinidad de 287 mg/l STD mientras que el agua proveniente del sureste del salar es 3,5 veces más salada que el agua de este río aunque su composición es muy parecida. La laguna norte en cuanto al contenido en sales es considerada salobre (2,5 g/l STD) y la laguna sur es considerada salmuera (176 g/l STD). Ambas son de tipo Na/Cl con concentraciones menores del resto de componentes, siendo en ambas el SO<sub>4</sub> superior al Ca. El agua de mejor calidad es la proveniente del río Zapalieri a pesar de que tiene un leve exceso en arsénico. Por otro lado las aguas provenientes del sector nor-occidental están al límite de la potabilidad para los componentes mayores, el contenido en arsénico es superior al límite admisible y la concentración de boro hace que no sean adecuadas para uso en agricultura (Richaser et al., 1999).

### Biodiversidad

El Salar de Tara corresponde a un humedal del tipo laguna salobre permanente y concentra la mayor cantidad de especies observadas en los Humedales de la Región de Antofagasta, registrándose un total de 28 especies predominando la Avifauna (89,5%) por sobre los mamíferos (10,5%) (CONAF, 2008e).

En relación a la presencia de flamencos en el Salar de Tara es importante destacar que este sistema constituye la principal zona de anidación y reproducción del flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*), el cual presenta núcleos de agregación importantes en los periodos estival e invernal. Esta zona corresponde a una de las cuatro áreas con registro de nidificación en Chile. Durante 1986 se detectó una máxima abundancia de esta ave, la cual estuvo directamente relacionada con la población presente en el salar. El Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) también está presente en el salar, históricamente ha presentado abundancias comparativamente menores al flamenco de James, pero vale destacar el pick excepcional de 15.464 el año 1986 (presentes en los salares de Surire y Tara). Los eventos reproductivos del flamenco de James fueron 4.100 en el año 1986, 500 en el año 1988 y 100 en el año 1994; mientras que el evento reproductivo del flamenco chileno reportado fue de 1.250 en el año 1986 (Rodríguez, 2005). También se encuentra presente el flamenco andino (*Phoenicoparrus andinus*). Es común además observar el

ganso andino (*Chlöephaga melanoptera*), asimismo es un sitio de concentración de otras aves acuáticas, tanto residentes como migratorias interhemisféricas (CONAF, 2008d) La comunidad local pastorea camélidos y recolecta plantas para su uso como combustible y medicamento (CONAF, 2008d).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAF, 2008d; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013). \*\* Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.

	<p><u>Anfibios</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- SAPO ESPINOSO; <i>Rhinella spinulosa</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- ** SAPO; <i>Teratobius halli</i> (En Peligro Crítico)</li> </ul> <p><u>Reptiles</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIJA DE FABIÁN; <i>Liolaemus fabian</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serratus</i> (Vulnerable)</li> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus cassini</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attas gayi</i> (Rara)</li> <li>- PIUQUÉN, GANSO ANDINO; <i>Chlöephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA CORNUDA; <i>Fulica cornuta</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA GIGANTE; <i>Fulica gigantea</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- GATO ANDINO; <i>Oreailurus jacobita</i> (En Peligro-Rara)</li> <li>- PUMA; <i>Puma concolor</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- QUIRQUINCHO DE LA PUNA; <i>Chaetophractus nationi</i> (En Peligro)</li> <li>- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; <i>Abrocoma cinérea</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En Peligro)</li> </ul>
--	---



	<ul style="list-style-type: none"><li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscasia</i> (En Peligro)</li><li>- ZORRO CULPEO <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li></ul>
--	---

### 3.3.9 Salar de Aguas Calientes (I)

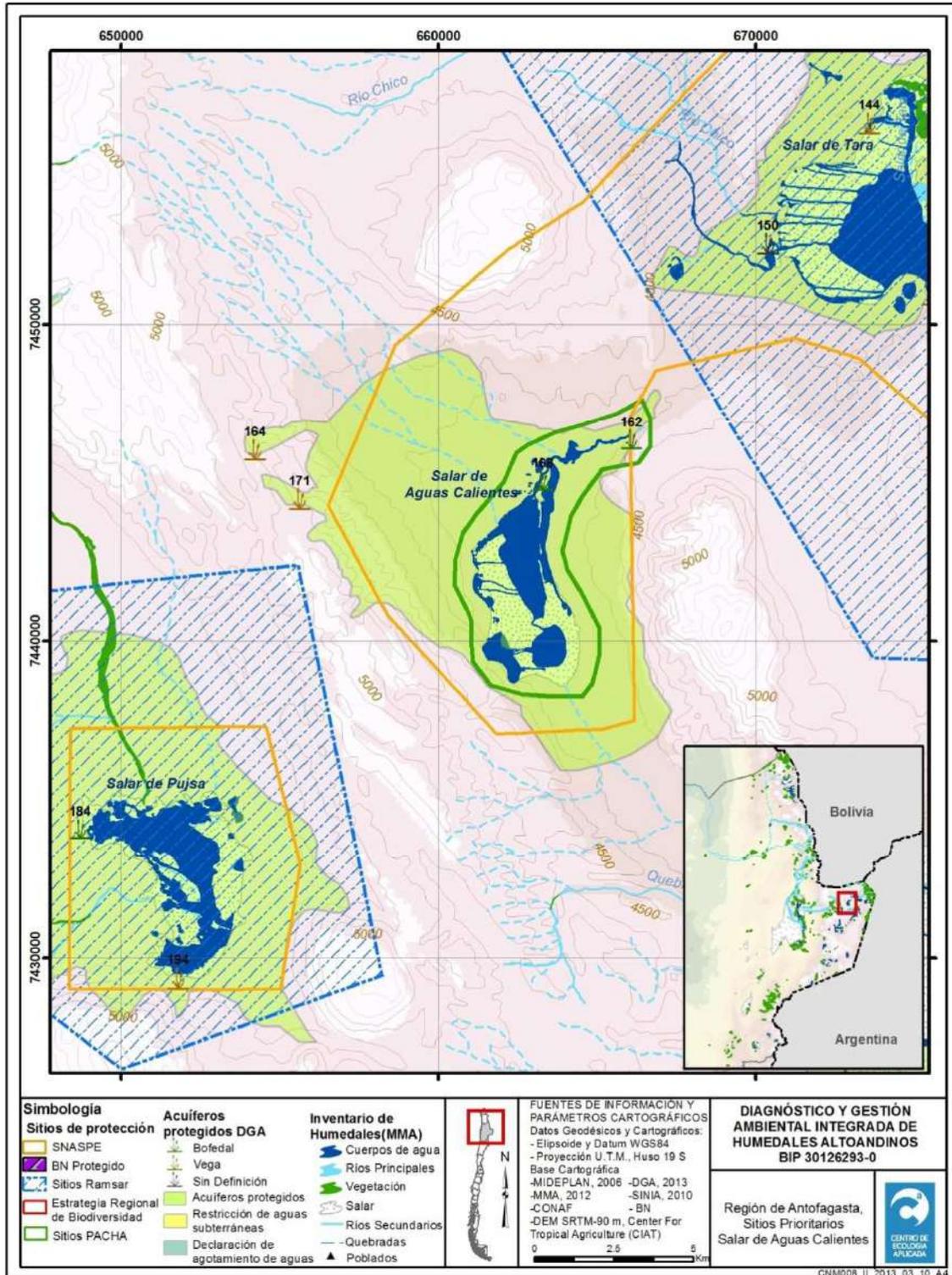


Figura 3.13. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes (I).

**Tabla 3.11.** Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes.

SITIO PRIORITARIO	SALAR DE AGUAS CALIENTES (I)		
<b>Altitud</b>	<b>Superficie</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>	
4100 m	Cuenca: 281 km <sup>2</sup> Salar: 15 km <sup>2</sup> Lagunas: 2-3 km <sup>2</sup>	663217m E	7442558m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	-		
<b>Sitio SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS		
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No		
<b>Vega y Bofedales alimentados por acuíferos Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pili (215)</li> <li>-Río Negro (221)</li> <li>-Suculto (224)</li> <li>-Toro Blanco (225)</li> <li>-Chamaca (226)</li> <li>-Aguas Calientes 4 (230)</li> <li>-Sucultur (231)</li> </ul>		
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA,2010c)	Sí (661621m E-7443006m N)		
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No		
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No		
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No		
<b>Propiedad</b>			
-			
<b>Características del sitio</b>			
<p>El Salar de Aguas Calientes se encuentra en el norte del Altiplano de la II Región en la pampa del mismo nombre entre el cordón Quilapana al este y los cerros de la Pacana al oeste, flanqueado por otros dos salares: el salar de Tara y el salar de Pujsa. (Risacher et al., 1999).</p> <p><u>Clima</u></p> <p>Las precipitaciones se presentan como tormentas de corta duración y de poca extensión territorial. El agua precipitada en la montaña sostiene las zonas bajas que son de aridez extrema. Según la clasificación Köeppen, el área obedece a “clima de tundra por efecto de altura con precipitación estival”, con temperatura promedio anual de 1°C, humedad media anual del 27% (Risacher et al.1999).</p>			

### Hidroquímica

Es un depósito evaporítico de unos 15 km<sup>2</sup>, el cual drena a una cuenca endorreica de unos 281 Km<sup>2</sup>, con una orientación de su eje mayor NS de 6,5 Km y que en su parte más ancha tiene aproximadamente 2,4 Km. (Garcés & López, 2012)

El Salar de Aguas Calientes es un salar de tipo playa con lagunas superficiales de extensión variable que ocupa un área relativamente reducida de la depresión, que está recubierta por una costra de materiales salinos, mayoritariamente halita y yeso. (Risacher et al., 1999).

La presencia de depósitos aluviales se presentan por el sector este del salar, constituidos principalmente por arenas mezcladas con material piroclásticas, de cenizas pómez y gravas de formas angulosas. Mientras que, por el sector poniente del salar se encuentran depósitos sedimentarios de ignimbritas. La actividad evaporítica actual en los salares se asocia a una elevada tasa de evaporación. La presencia de agua superficial está restringida a zonas reducidas y marginales en las que se acumulan las aguas procedentes de quebradas o donde aflora el agua subterránea, que en algunos casos es de carácter termal. (Garcés & López, 2012).

Esta situación obedece al balance hídrico actual, claramente deficitario, ya que las precipitaciones que recibe la cuenca de drenaje se sitúan en torno a 150 mm/año, siendo la evaporación estimada superior a 1.500 mm/año lo que revela un ambiente marcadamente árido. (Garcés & López, 2012)

En el salar de Aguas Calientes existen aguas con características hidrológicas y geoquímicas marcadamente diferentes. La naturaleza química de las aguas evidencian que el salar pertenece al sistema Na-Cl, y guardan relación directa con la composición salina del salar, cuyos sedimentos están principalmente constituidos por halita acompañada de yeso y con presencia de boratos en su zona central. Es de notar la gran concentración de As y B, en las salmueras de la zona centro-occidental del salar, lo cual obedece al origen predominantemente hidrotermal de las soluciones de recarga. (Garcés & López, 2012)

La composición de todas las aguas parece estar ligada a la composición salina de los sedimentos del salar, ya que su contacto tanto con las aguas superficiales que acceden al salar como con las de los aportes subterráneos, provoca el enriquecimiento en cloruro y sodio, generando de esta forma una homogeneidad composicional de las soluciones. La actividad evaporítica actual da lugar a que en los periodos de mayor concentración por evaporación de las soluciones superficiales precipiten sales minerales del mismo tipo que las que constituyen el núcleo salino del salar, habiéndose identificado en este trabajo que se trata mayoritariamente de halita y yeso. (Garcés & López, 2012).

### Geología

El sustrato geológico de la zona donde se sitúa el salar está constituido principalmente por rocas ígneas de edad Plioceno. La más importante es la Ignimbrita Atana con un volumen de unos 2500 Km<sup>3</sup> de tobas dacíticas blancas, rosadas y grises que pertenece a la zona geológica conocida como Complejo Volcánico Altiplano Puna (APVC). Esta unidad se sitúa estratigráficamente sobre otras unidades ignimbríticas más antiguas, asociadas a la actividad ígnea existente en este sector al menos desde el Mioceno Superior, asociada a la

caldera de La Pacana, que se ha interpretado como la caldera de colapso más antigua del vulcanismo cenozoico en esta región (Garcés & López, 2012)

Las secuencias geológicas en esta cuenca son las siguientes: (Jiménez, 2012)

MQs: Mioceno-Cuaternario. Secuencias sedimentarias. Correspondientes a depósitos evaporíticos: sulfatos, cloruros, carbonatos y niveles detríticos finos.

Ms3i: Mioceno superior. Centros y secuencias volcánicas: lavas, domos y depósitos piroclásticos, andesíticos a dacíticos, con intercalaciones aluviales, asociados a depósitos epitermales de Au-Ag.

P3i: Plioceno. Centros volcánicos: lavas, domos y depósitos piroclásticos andesíticos a dacíticos, conos de piroclastos y lavas basálticas a andesito-basálticas- P3t: Plioceno. Depósitos piroclásticos dacíticos a riolíticos parcialmente soldados.

Q3i: Cuaternario. Estratovolcanes y complejos volcánicos: lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesito-basálticos a dacíticos: principalmente calcoalcalinos.

Qa: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos aluviales, coluviales o lacustres: gravas, arenas y limos. Abanicos aluviales.

Qe: Pleistoceno-Holoceno. Secuencias sedimentarias. Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanas activos e inactivos.

Desde el punto de vista económico, el salar posee importantes reservas de boratos, sales minerales altamente solubles, que están genéticamente relacionados con la actividad volcánica del Terciario Superior – Cuaternario. El yacimiento de boro en este salar ha sido prospectado pero no explotado, quedando en la superficie de su zona central una serie de calicatas abiertas de hasta 2 m de profundidad, en cuyo fondo aflora el agua freática del salar. (Garcés & López, 2012)

### Hidrología

La alimentación superficial principal del salar es a través de las quebradas que descienden de las laderas del cerro Incahuasi (quebrada Peña Negra) por el norte y, por el este, la quebrada que corre entre el cerro Losloyo y la Pampa del Morado. Esta última forma importantes vegas en su desembocadura y alimenta la laguna de este extremo. La otra laguna destacable se encuentra al suroeste del área del salar. (Jiménez, 2012)

Los aportes superficiales más importantes son el Río Pili y la Quebrada de Chamaca. (Rivera & Cruces, 2009).

Producto de la climatología actual es posible diferenciar tres tipos principales de aguas: los aportes de drenaje, las acumulaciones de agua en la aureola pantanosa externa o “bofedales”, y las aguas del interior del cuerpo salino (surgencias termales y salmueras). Los principales aportes de agua al salar ingresan por la zona norte y por el sector sur, siendo este último de carácter termal. Los restantes aportes se limitan a las escasas precipitaciones que acceden al salar en forma de escorrentía superficial o subsuperficial.

Todas estas aguas circulan hacia las zonas más bajas del salar, y se acumulan en distintos puntos a lo largo de su sector occidental como consecuencia de un ligero basculamiento de su superficie. Las condiciones hidrológicas afectan factores abióticos, como anaerobiosis de suelos, disposición de nutrientes y salinidad, factores determinantes del desarrollo de la flora y fauna (Garcés & López, 2012).

Las características hidroquímicas del salar indican que el sector norte es el más interesante desde el punto de vista ambiental, ya que constituye un refugio para comunidades vegetales y para camélidos, pero también que es el más sensible a cualquier cambio que pueda venir provocado por la puesta en explotación de los recursos del salar, principalmente boratos (Garcés & López, 2012).

Existen importantes diferencias entre las aguas acumuladas en distintos sectores. Así, en la zona norte del salar, las aguas de una surgencia no termal discurren hacia la base del salar, alimentando una zona de bofedal en la que se desarrolla una importante vida vegetal y que, además, suministra agua a los rebaños de camélidos del área. Todas estas aguas se mantienen en un rango de dilución elevado (Garcés & López, 2012).

Las principales características morfométricas, climatológicas (Risacher et al., 1999) e hidromorfométrica (Jiménez, 2012), corresponden a :

- Superficie de la cuenca: 281 km<sup>2</sup> y 263 km<sup>2</sup> (en Risacher 1999 y Jiménez 2012, respectivamente)
- Superficie del salar: 15 km<sup>2</sup>
- Superficie de las lagunas 2-3 km<sup>2</sup>
- Precipitaciones: 150 mm/año
- Evaporación potencial: 1500 mm/año
- Temperatura media: 1°C
- Perímetro de la cuenca: 99,1 km
- Compacidad: 1,7
- Pendiente del dren principal: 1,2 grados
- Suma de segmentos (nº total de cauces): 56
- Longitud total del drenaje: 194,9 km
- Densidad del drenaje: 0,74 km/km<sup>2</sup>
- Frecuencia del drenaje: 0,21 N°/ km<sup>2</sup>
- Distancia máx entre divisoria y salar o laguna: 21,3 km
- Nieve estacional: NO

La morfología superficial del salar es prácticamente plana, aunque un ligero basculamiento hacia el oeste condiciona que las aguas que acceden al mismo, discurran y se acumulen en su margen occidental (Garcés & López, 2012).

#### Calidad del agua

Las aguas de aporte del salar de Aguas Calientes 1 son de mala calidad debido a una salinización por salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl, de origen desconocido, probablemente afuera de la cuenca. El agua de la vertiente norte del salar, menos salina, muestra todavía algunos rasgos del agua diluida inicial. Su vía evolutiva es neutra sulfatada, mientras que las vertientes más contaminadas siguen la vía cálcica produciendo efectivamente

salmueras de tipo Na-(Ca) / Cl. Las posibilidades de encontrar aguas diluidas de buena calidad son más elevadas en el norte de la cuenca (Risacher et al.1999).

### Vegetación

- *Stipa crysophylla*, comúnmente llamado Coiron Amargo: La comunidad *Stipa crysophylla*, gramínea caespitosa se distribuye extensamente por las laderas pedregosas. La cobertura horizontal sobre el suelo no supera los 5% y el estrato vertical que conforma varía entre 0,1 y 0,2 m de altura. (Garcés & López, 2012).
- *Festuca crysophylla* – *Mulinum crassifolium*, llamada Paja Iro, Susurco: Vegetación con estrato herbáceo con dominio de *Festuca crysophylla* acompañada de *Stipa crysophylla*. La cobertura horizontal de este estrato llega al 70% y su altura no supera los 0,3 m. En las laderas sur y sureste, las gramíneas se entremezclan con un estrato arbustivo bajo, cuya especie dominante es *Mulinum crassifolium* y acompañada por *Adesmia horrida*, *Chaetanthera pulvinata* y *Parastrephia quadrangularis*. El estrato arbustivo presenta una cobertura horizontal que no supera el 15% y una distribución vertical que en los sectores de mejor desarrollo llega hasta los 0,5 m de altura. (Garcés & López, 2012).

Ninguna de las especies se encuentra en categoría de conservación. La vegetación de los “bofedales” está adaptada a las condiciones ambientales extremas de la Puna Altoandina. Las especies dominantes son: *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Patosia cfr. Clandestina* y *Scirpus atacamensis* (Garcés & López, 2012).

### Fauna

Tagua gigante (*Fulica gigantea*), que es endémica; el pato jergón chico (*Anas flavirostris*); *Chloephaga melanoptera*, la gaviota andina (*Larus serranus*) y flamencos (*Phoenicopterus Chilensis*, *P. Jamesis* y *P. Andinus*), los cuales emigran a lugares adyacentes en invierno cuando la temperatura baja los 0°C, puesto que las lagunas se congelan superficialmente dificultándose la obtención de su alimentación. (Garcés & López, 2012). Chorlo de la puna (*Charadrius*) (CONAF, 2003).

Los invertebrados acuáticos están representados principalmente por crustáceos, insectos y gastrópodos (Garcés & López, 2012).

Para vertebrados terrestres, se señala la presencia en el Salar de aves rapaces como el aguilucho (*Buteo polyosoma*), y el carancho cordillerano (*Phalcoboenus megalopterus*); la perdicita cordillerana (*Attagis gayi*), el minero grande (*Geositta isabellina*), el minero de la puna (*Geositta punensis*), la bandurrilla de pico recto (*Upucerthia ruficauda*), el cometocino de dorso castaño (*Phrygilus dorsalis*). Entre los mamíferos, el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), la vicuña (*Vicugna vicugna*), el tucu-tucu de Atacama (*Ctenomys fulvus*) y la vizcacha (*Lagidium viscacia*) y de entre los reptiles, la lagartija de Fabian (*Liolaemus fabiani*). Ocasionalmente dos roedores entran desde el sistema terrestre a los bofedales, la vizcacha y el lauchón orejudo (*Phyllotis boliviensis*). (Garcés & López, 2012).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013).

<p><b>Fauna</b></p>	<p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIGA DE FABIAN; <i>Liolaemus fabiani</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attas gayi</i> (Rara)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Chloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA GIGANTE; <i>Fulica gigantea</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En peligro)</li> <li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En peligro)</li> <li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>
---------------------	---

### 3.3.10 Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques

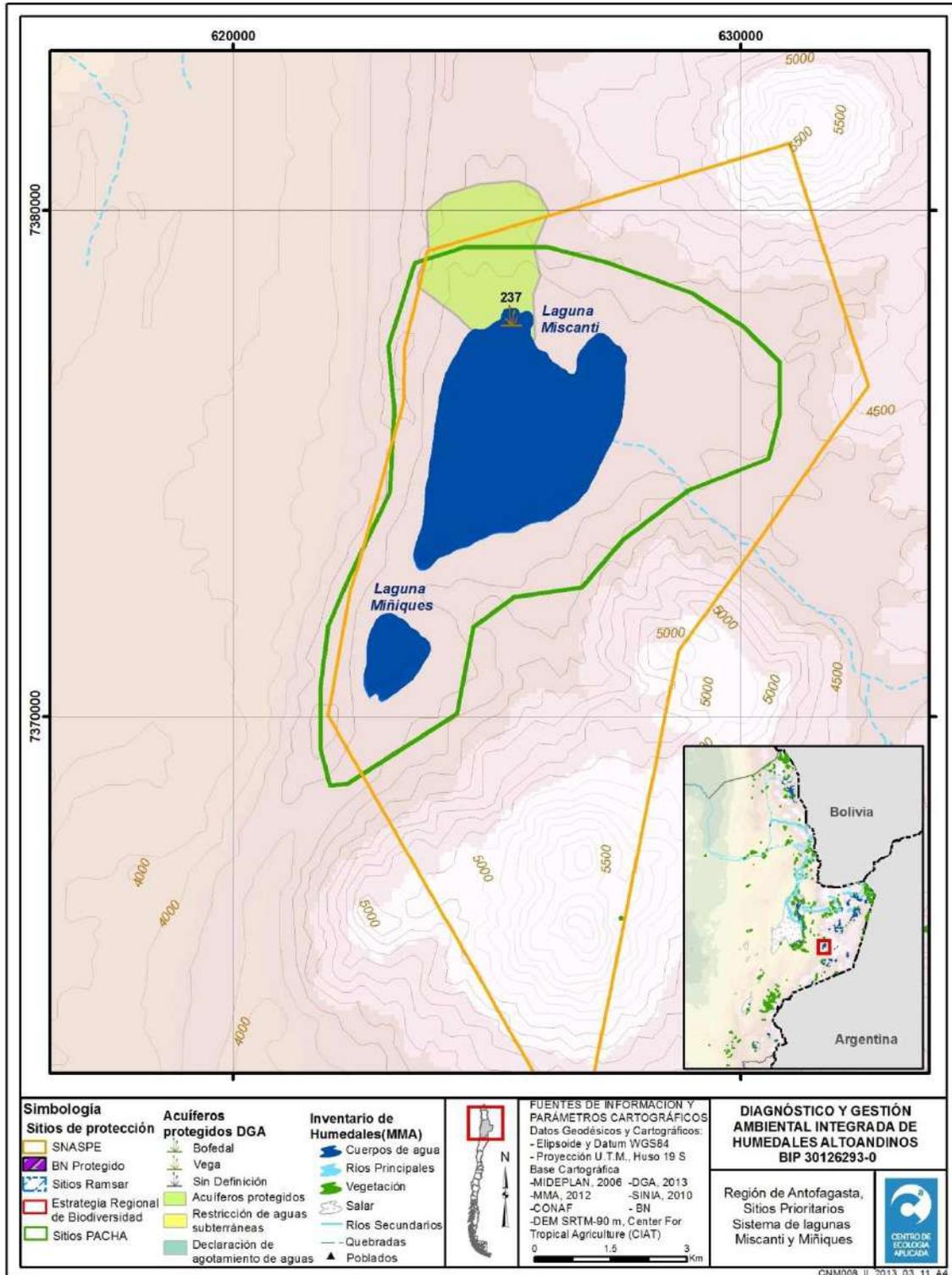


Figura 3.14. Ubicación del sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques.

**Tabla 3.12.** Ficha sitio prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques.

SITIO PRIORITARIO	Sistema de Lagunas Miscanti y Miñiques	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
4120 m.s.n.m.	15 Km <sup>2</sup>	625726m E   7374991m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	-	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	- Miscanti (237)	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (624998m E - 7379012m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b>		
-		
<b>Características del sitio</b>		
<u>Clima y Geomorfología</u>		
<p>Este humedal está formado por dos lagunas que en conjunto tienen una superficie de 10.977 hectáreas. Se encuentran a una altitud de Miscanti - 4.110 m.s.n.m. y Miñiques - 4.120 m.s.n.m.</p> <p>La laguna Miscanti se encuentra a menos de un kilómetro del borde oriental de la cuenca del salar de Atacama, a los pies del volcán del mismo nombre. Su cuenca colinda al sur con la cuenca de la pequeña laguna Miñiques. Generalmente los estudios asocian las dos lagunas en un solo sistema. La laguna salobre Miscanti se encuentra a unos 10 metros más arriba que la laguna salada Miñiques, por lo que se supone que las aguas de la laguna Miscanti se infiltran hacia la laguna Miñiques. (Risacher et al., 1999b).</p> <p>La climatología de ambas lagunas está dada por: precipitaciones de 180 mm/año y evaporación potencial de 1.500 mm/año. La morfometría de este sistema se caracteriza por la superficie de la cuenca de 303 Km<sup>2</sup> (Miscanti) y 27,5 Km<sup>2</sup> (Miñiques); y por la superficie de las lagunas, 13,4 Km<sup>2</sup> (Miscanti) y 1,6 Km<sup>2</sup> (Miñiques). (Risacher et al., 1999b).</p>		

La temperatura media superficial del agua es de 2 °C, aproximadamente. La composición de la laguna Miscanti, es salobre y netamente de tipo aniónico sulfatado. Considerando también, la baja salinidad de los aportes, se puede asumir que la composición de los aportes, se debe a la alteración de rocas volcánicas de la cuenca de drenaje. Todas las aguas, vertiente y laguna, de Miñiques, tienen una composición homogénea: Na-(Ca) / SO<sub>4</sub>-Cl. La composición aniónica de sus aguas es rigurosamente la misma que la laguna Miscanti, no así para los cationes. Las aguas de Miñiques tienen más calcio que las de la laguna Miscanti. La salinidad del aporte difuso es de 3,7 g/l, un valor elevado que no corresponde a un agua de alteración de rocas volcánicas (Risacher et al 1999b)

### Biodiversidad

Cabe destacar la importancia que posee este sistema hidrológico por constituir el hábitat más importante de la tagua cornuda (*Fulica cornuta*) en Chile (Contreras, 2002). Personal de CONAF realiza desde 1995 el seguimiento de ciertos aspectos de la dinámica reproductiva de la tagua, los datos censales, permiten, por un lado, determinar sensibles fluctuaciones estacionales intranuales y supranuales, y por otro, establecer un monto histórico de 850 individuos en promedio (MMA, 2013).

### Hidrogeología

Los balances hídricos para ambas lagunas están principalmente definidos por el volumen de aportes, para laguna Miscanti es de  $19 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año y un volumen de infiltración de 1,4 m<sup>3</sup>/año, estableciendo el cloruro como elemento conservativo; mientras que en la laguna Miñiques no se puede determinar el volumen de los aportes, puesto que se desconoce la composición de los aportes diluidos iniciales, sólo se puede estimar el volumen mínimo de los aportes que corresponde a  $2,1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año y el volumen de infiltración se desprecia debido a que la concentración de la laguna no es muy elevada (~10 g/l STD) (Risacher et al., 1999b)

Se han encontrado dos vertientes difusas a la orilla de la laguna (Miscanti) y una vertiente fluyente, cuenca arriba. La vertiente fluyente ha sido captada para conducirla a través de una tubería hasta el poblado de Peine, en la cuenca del salar de Atacama, por lo tanto este aporte, ya no alimenta más a la laguna Miscanti. Sin embargo, la napa que se descarga en esta vertiente podría seguir alimentando de manera difusa la laguna. No se observa ningún aporte fluyente en la laguna Miñiques, se ha encontrado solamente una vertiente difusa (Risacher et al., 1999b)

### Potencial hídrico

La cuenca de laguna Miscanti, presenta interesantes potencialidades hídricas. Las aguas de aporte son diluidas y no muestran contaminación por antiguas evaporitas. El caudal entrante en la laguna es de unos 600 l/s, valor elevado en esta zona árida. La alimentación se hace sobre todo por descarga de napas subterráneas en la laguna. La composición de la laguna es de agua salobre de tipo Na/SO<sub>4</sub>-Cl y proviene de la evaporación de una mezcla de aguas de aporte de vía evolutiva carbonatada con aguas de vía evolutiva neutra sulfatada (Risacher et al., 1999b).

### Calidad del agua

La vertiente difusa al norte de la laguna Miscanti y la vertiente fluyente cuenca arriba, siguen la vía neutra sulfatada al evaporarse, lo que corresponde a la composición de la laguna y a la litología volcánica de la cuenca, esto indica la presencia de azufre en los sectores aledaños a la cuenca. La vertiente difusa ubicada al suroeste de la laguna sigue la vía evolutiva carbonatada, sin embargo no logra desarrollarse porque las aguas se mezclan con otros aportes de vía neutra. La vertiente difusa de la laguna Miñiques, sigue la vía neutra sulfatada, pero no se sabe que vía sigue el agua de napa antes de mezclarse con el agua de la laguna. La laguna es del tipo sulfatada, coherente con los terrenos volcánicos aledaños (Risacher et al., 1999b).

El agua de la vertiente captada para la alimentación del pueblo de Peine (Miscanti) es de excelente calidad y apta para cualquier uso, doméstico o agrícola. Las aguas de las dos vertientes difusas contienen demasiado arsénico para el consumo humano y valores aceptables para el boro en riego, según la experiencia regional, mientras que el agua de la zona de Miñiques carece de aptitud para uso potable y/o agrícola. Pero no se puede descartar la presencia de napas diluidas en el sector oriental de la cuenca (Risacher et al., 1999b).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013; MMA, 2013; CONAF, 2008e)

<b>Fauna</b>	<p><u>Aves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA CORNUDA; <i>Fulica cornuta</i> (Vulnerable)</li> </ul>
	<p><u>Mamíferos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En peligro)</li> <li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En peligro)</li> <li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>

### 3.3.11 Salar de Punta Negra

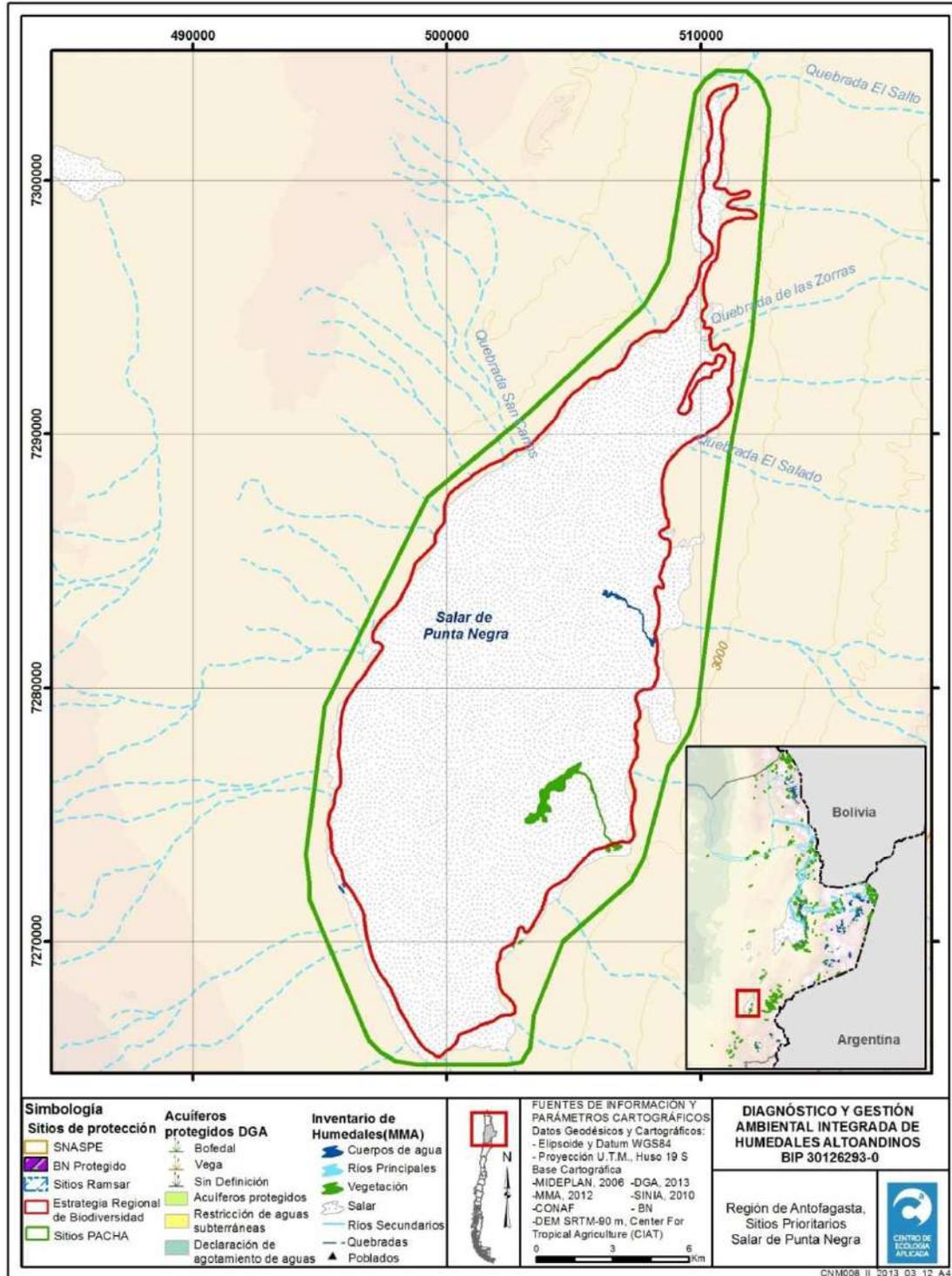


Figura 3.15. Ubicación del sitio prioritario Salar de Punta Negra.

**Tabla 3.13.** Ficha sitio prioritario Salar de Punta Negra.

SITIO PRIORITARIO	Salar de Punta Negra	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
2945 m.s.n.m.	241 Km <sup>2</sup>	502907 m E   7280554 m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Bajo	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	No	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	No	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	No	
<b>Area de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (Bienes Nacionales, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Propiedad mayormente fiscal, pero con derechos de explotación de recursos hídricos		
<b>Características del sitio</b>		
<p>El Salar de Punta Negra forma parte del grupo de salares andinos y se ubica en la prolongación sur de la cuenca del Salar de Atacama. Se han hallado evidencias de que el salar fue una laguna de agua dulce que fluía hacia el norte para desembocar en el Salar de Imilac, luego en la Quebrada de Agua Colorada y finalmente en el Salar de Atacama, con desagüe activo hasta hace 10.000 años o menos (Lynch, 1986).</p> <p>Su cuenca ocupa una extensión de 4.882 Km<sup>2</sup> y sus límites este y sur corresponden a la franja volcánica de la Cordillera de Los Andes, por el norte a la Sierra de Almeida, y por el oeste la Cordillera de Domeyko (DGA, 2005b).</p> <p><u>Hidrología</u></p> <p>Las precipitaciones anuales promedio registradas en el sector del salar son del orden de 20 mm, variando entre 1 y 89 mm (periodo 1999 – 2007; MEL y MWH Chile, 2008), mientras que la evaporación potencial alcanza valores anuales de 2.000 mm y la temperatura media es 10°C (Risacher et al., 1999b).</p>		

Las precipitaciones que afectan a la cuenca ocurren como lluvia y como nieve en dos periodos del año, entre diciembre y marzo, y entre junio y septiembre (DGA, 2005b). La evaporación desde la superficie del salar está estimada en 750 l/s). Con lo anterior, la recarga total promedio en el área de salar se estima entre 80-600 l/s, con un promedio de 250 l/s (DGA, 2005b).

La escorrentía superficial para un salar de este tamaño, es considerada baja, siendo del orden de 12 l/s, correspondiendo al 1% del agua que cae sobre la cuenca (Risacher et al., 1999b). El agua subterránea es alimentada principalmente por escorrentía superficial esporádica y escorrentía subterránea causadas por el derretimiento nival y por precipitaciones. Por otro lado la descarga natural se produce principalmente por evaporación (Risacher et al., 1999b; MEL y CH2MHILL, 2001).

Cabe señalar que también existen descargas artificiales del acuífero, las que ocurren por extracción de aguas subterráneas que realiza Minera Escondida Limitada, titular de derechos de aprovechamiento de agua por 1.526,34 L/s en la cuenca del salar. La extracción se realiza desde una profundidad que varía entre 120 y 250 m, mediante bombeo en 49 pozos, con una capacidad instalada de 1.000 L/s, estos pozos se ubican en un área cuyo eje se orienta Norte a Sur y está a 5 km al este del salar (MEL y Rescan Consultants Inc., 1996; MEL y CH2MHILL, 2001).

Es importante destacar que tal extracción de agua ha llevado a la reducción considerable de las lagunas que se situaban en la superficie del salar (DGA, 2004a), lo que puede deberse a que la capacidad de recarga del acuífero es lenta comparada con la tasa de extracción de agua (MEL y CH2MHILL, 2001).

#### Composición de las aguas

En cuanto a la composición de las aguas en el salar, se pueden diferenciar cuatro grupos de agua según su posición. El anillo exterior es el que tiene mayor salinidad, presentando las orillas una salinidad elevada causada por una cuña salina o a la pre-evaporación de las napas al llegar a las orillas. La elevada salinidad en el anillo exterior parece estar debida a la disolución de antiguas evaporitas o salmueras. La calidad de las aguas en el sector varía entre aguas que cumplen con las normas chilenas de potabilidad y riego con algunos componentes al límite (salinidad y arsénico), aguas que sobrepasan levemente los límites normativos de arsénico y boro, y que podrían ser aprovechadas para uso potable con restricciones o aguas salobres con valores lejanos de cumplir con las normas de potabilidad y riego (Risacher et al., 1999b).

#### Biodiversidad

Respecto a los hábitats presentes el sector del Salar de Punta Negra, destacan además del salar, bofedales y manantiales. Las lagunas del salar constituyen un importante hábitat y lugar de reproducción para especies flamencos (Contreras, 2002; CONAF, 2003). Además, en los bofedales y manantiales pueden ser observadas algunas vicuñas (*Vicugna vicugna*) (CONAF, 2003).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002, DS N° 29/2011, actualizado 2013, MMA, 2013)

<p><b>Fauna</b></p>	<p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRAGÓN DE OIDO CUBIERTO; <i>Liolaemus audituvelata</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attas gayi</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GUANACO; <i>Lama guanicoe</i> (Vulnerable)</li> <li>- PUMA; <i>Puma concolor</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA: <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En peligro)</li> <li>- ZORRO CULPEO: <i>Pseudolapex culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>
---------------------	---

### 3.3.12 Salar de Pujsa

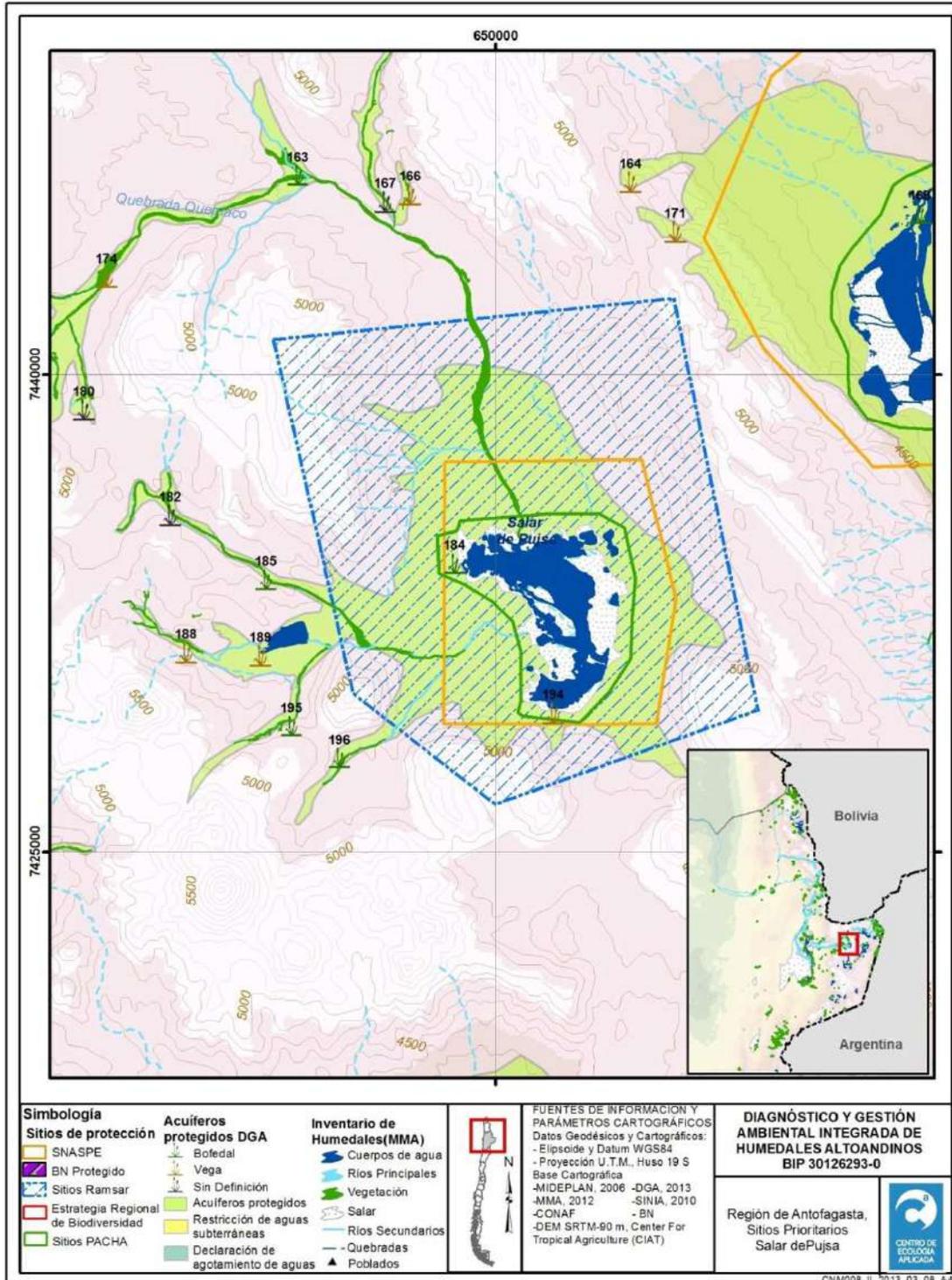


Figura 3.16. Ubicación del sitio prioritario Salar de Pujsa.

**Tabla 3.14.** Ficha sitio prioritario Salar de Pujsa.

SITIO PRIORITARIO	Salar de Pujsa	
	Superficie Aprox.	Coordenadas WGS84
Altitud	57,02 Km <sup>2</sup>	649862m E   7433356m N
4520 m.s.n.m.		
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	-	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL DE LOS FLAMENCOS	
<b>Sitio Ramsar</b> (CONAF, 2008b; Ramsar, 2013)	Sí	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pujsa norponiente (184)</li> <li>- Pujsa sur (194)</li> </ul>	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (649862m E - 7433356mm N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAF, 2008b)		
Terrenos fiscales, declarados área protegida con tuición y administración de CONAF.		
<b>Características del sitio</b>		
<u>Geomorfología</u>		
<p>El salar de Pujsa se encuentra a una altura de 4530 m.s.n.m. y tiene una superficie de 57,02 Km<sup>2</sup>. El salar cuenta con 18 km<sup>2</sup> de área, emplazado en una cuenca de 634 Km<sup>2</sup> de superficie, con un espejo de agua de 1 a 10 Km<sup>2</sup> (Risacher et al., 1999b). Se ubica al costado sur de la ruta hacia el Paso Jama, en la parte norte del altiplano de la Región de Antofagasta, al suroeste del Salar de Tara y separado por un cordón montañoso de la cuenca del salar de Atacama al oeste. Tiene un relieve caracterizado por sectores planos y ondulados, con llamativas estructuras de rocas volcánicas que emergen de los terrenos áridos (CONAF, 2008b).</p> <p>Es un salar de tipo playa con lagunas superficiales. Existe muy poca información sobre la extensión y las variaciones de superficie de las lagunas. Existen antiguas islas de hielo en el salar que proveen aguas diluidas a las lagunas al derretirse. No es posible, entonces, estimar el balance hídrico, aún muy aproximado, de las lagunas (Risacher et al., 1999b).</p>		
<u>Climatología</u>		

Entre los parámetros climatológicos de la zona, se encuentran: precipitaciones de 150 mm/año; evaporación potencial de 1.500 mm/año; temperatura media de 1 °C. (Risacher et al., 1999b).

### Biodiversidad

En este salar se desarrolla una importante concentración estival e invernal del Flamenco Andino (*Phoenicoparrus andinus*) y del Flamenco de James (*Phoenicoparrus jamesi*). En el caso del Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) este se presenta en el salar solo en el periodo de verano. Además se ha registrado un incremento de la abundancia histórica de este flamenco en la zona, pese a esto los intentos de nidificación han sido aislados y de escasa envergadura. Cabe destacar que el salar de Pujsa constituye uno de los sistemas exclusivos presencia del flamenco Chileno (Rodríguez, 2005).

### Hidrología

Según análisis de los aportes hídricos de la zona, se han definido las aguas como sulfatadas, con origen de rocas volcánicas y azufre. El agua más diluida, tiene concentraciones de analitos que se enmarcan dentro de las normas de potabilidad, muy por debajo de las mismas, excepto para el arsénico que sobrepasa 16 veces el límite permisible para agua potable. El contenido de boro la hace no recomendable para riego. El aporte ubicado más hacia el norte, está levemente por encima de la norma de potabilidad en sulfato, arsénico y salinidad total. El aporte ubicado cercano al centro del salar ubicación norte, posee 20 veces más arsénico que esta norma y es muy salada. (Risacher et al., 1999b). La composición química de la laguna, de tipo Na/SO<sub>4</sub>-Cl, no proviene de la evaporación de los dos aportes cuenca arriba, sino del agua de una vertiente difusa a la orilla norte del salar. Sin embargo, pueden existir aportes adicionales no detectados. La composición de los aportes y las vías evolutivas que siguen al evaporarse, se encuentra relacionada con la geología de la cuenca. La aptitud de uso de las aguas, aún las muy diluidas, está limitada en potabilidad por el alto contenido en arsénico (Risacher et al., 1999b).

### **Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013)

<p><b>Fauna</b></p>	<p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En peligro)</li> <li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>
---------------------	---



### 3.3.13 Laguna Lejía

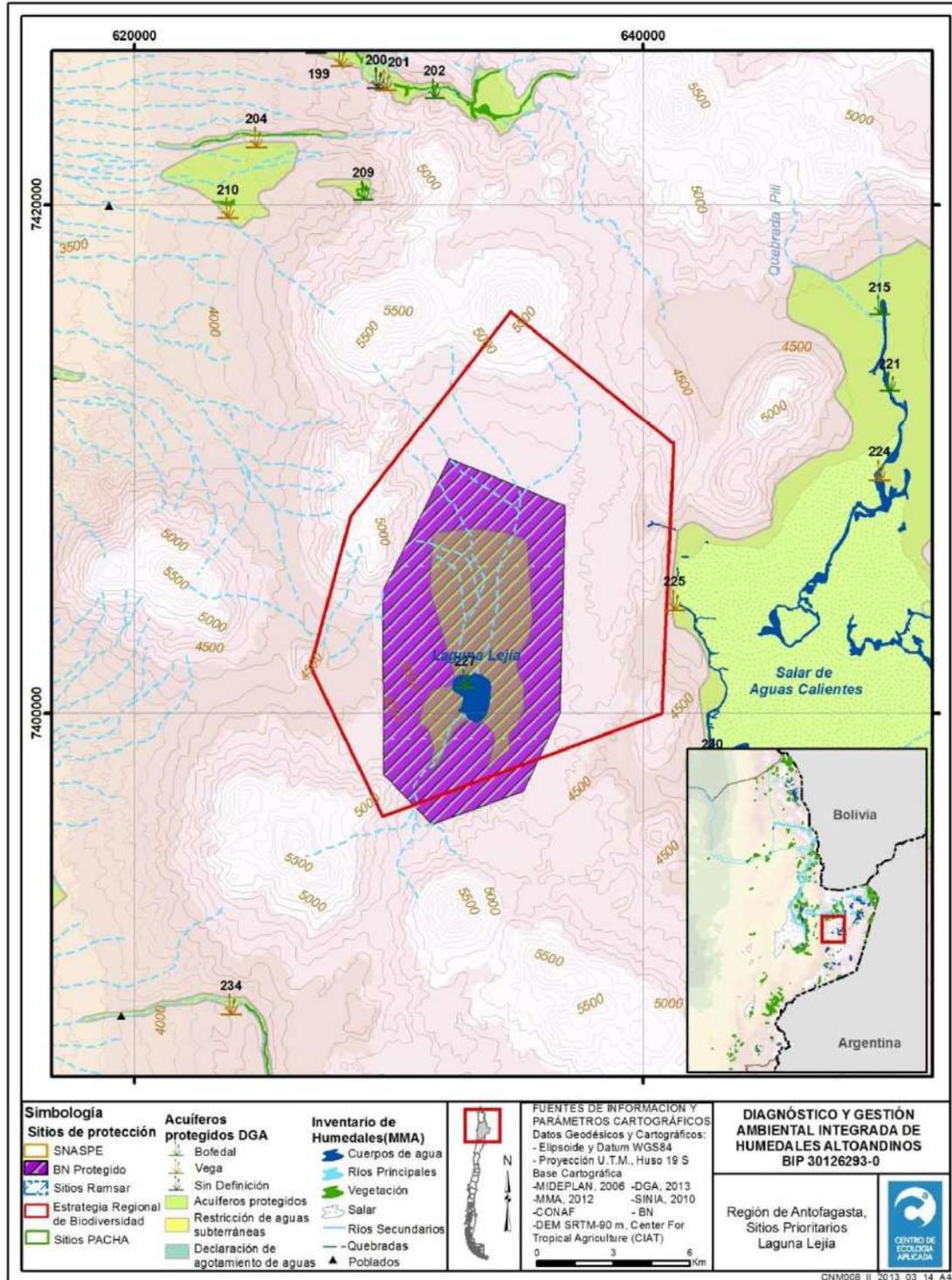


Figura 3.17. Ubicación del sitio prioritario Laguna Lejía.

**Tabla 3.15.** Ficha sitio prioritario Laguna Lejía.

SITIO PRIORITARIO	Laguna Lejía	
<b>Altitud</b>	<b>Superficie Aprox.</b>	<b>Coordenadas WGS84</b>
4325 m.s.n.m.	1,9 km <sup>2</sup>	634430m E    7405267m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	-	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	No	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	No	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	No	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	No	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	Sí	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
Algunas reclamaciones indígenas, exploraciones concedidas.		
<b>Características del sitio</b>		
<u>Ubicación</u>		
<p>El sistema laguna Lejía se encuentra en el Altiplano de la II Región de Antofagasta. Es colindante con el Salar de Atacama al oeste y el Salar de Aguas Caliente 2 al este. Al norte, el activo volcán Lascar domina su cuenca de drenaje. (DGA, 2012b).</p>		
<u>Geomorfología</u>		
<p>La geomorfología de la mayoría de estos sistemas salinos andinos, ubicados en la región de Antofagasta, son producto de dos tipos de procesos, lo de tipo tectónicos y los volcánicos. Respecto al proceso volcánico, el ultimo evento registrado en los sedimentos de la Laguna, ha sido fechado por termoluminiscencia a los 16.700 ± 1.200 años AP. Complementado a esta información, el conjunto de diatomeas en los sedimentos de la Laguna Lejía sugiere un incremento de las aguas salinas asociadas a alta evaporación y largo tiempo de procesos de enriquecimiento en las aún grandes extensiones de cuerpos de agua (Nuñez &amp; Grosjean, 1994).</p>		

El volcán Lászar, ubicado al oeste de la laguna, es una de las principales unidades morfológicas del área de laguna Lejía, es el volcán más activo de la zona volcánica central de los Andes, y su evolución puede relacionarse con los cambios climáticos regionales del Cuaternario, registrados en los sedimentos de lagos aledaños. Destacan también las unidades geomorfológicas, que conforman el límite de la cuenca de la laguna Lejía, una de ellas es el volcán Aguas Calientes, situado al norte de la laguna, el que junto al volcán Chiliques y los cerros Lena y Lejía completan la formación de un “anfiteatro” alrededor de la laguna (CEAA, 2008d).

### Clima y Meteorología

La ubicación en altura, por sobre los 3000 m.s.n.m., le da por característica un clima de tipo frío (CONAF, 2010). El promedio anual de las precipitaciones es de 150 mm, que principalmente se dan durante la estación de verano. La temperatura media anual de la Laguna es de 1°C. Se caracteriza por presentar altas concentraciones de sales, con un contenido de sólidos disueltos en el orden de los 70 g/l. (Risacher et al., 1999b).

### Hidrología

La laguna es pequeña y poco profunda (1 m), de tipo endorreica, con probable intercomunicación subterránea con el salar de Aguas Calientes y la laguna Miscanti, como parte de un acuífero en común. Sus parámetros hidrológicos son controlados por afloramientos subterráneos, con una escasa precipitación, excesiva evaporación y un limitado drenaje interno (estimado en 40 l/min) a través de la quebrada Nacimiento (CEAA, 2008d).

Respecto a las características hidrológicas, la laguna aporta con un volumen superficial de 2.600.000 m<sup>3</sup>/año (82 l/s) y con un volumen de infiltraciones de 29.600 m<sup>3</sup>/año (1 l/s). Respecto a las precipitaciones, se descuenta la pérdida de humedad de superficie por medio de la evaporación potencial que es aproximadamente de 1.500 mm/año. Se ha detectado solo como fuente de alimentación a una vertiente difusa al oeste de la laguna. (Risacher, et al., 1999b).

### Calidad química de las aguas

En este tipo de sector, existe una estrecha dependencia ente los depósitos salinos y el clima, por lo que le da un carácter variable a la calidad de sus aguas (Nuñez & Grosjean, 1994). La composición iónica de la laguna es de carácter sódica-bicarbonatada con aportes secundarios del ion magnesio y el anión sulfato (Na-Mg- / HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>). Dicha composición es considerada poco común dentro del grupo de lagunas en el norte del país, debido a que es la salmuera de más alto porcentaje en magnesio. La vertiente difusa presenta un contenido de sólidos disueltos totales en el orden de los 1,3 g/l. Su composición iónica es el producto de la alteración de las rocas volcánicas con azufre. Presenta un contenido de arsénico 4 veces superior a la norma de agua potable (NCh 409/1, <0,01 mg/L). (Risacher, et al., 1999b).

### Biodiversidad

Este sitio corresponde a una extensión del salar de Atacama y es vital en los periodos de alimentación, especialmente para los flamencos, ya que sirve como alternativa

respecto a las otras lagunas intervenidas de dicho salar. Existen pretensiones de actividades extractivas en el sector (CONAMA, 2002).

Respecto de la flora del sector, se han descrito un total de 29 especies, de herbáceas y arbustos nativos, que se dividen en 13 familias y 23 géneros donde destacan predominantemente las Poáceas y Asteráceas. Estas especies, se agrupan en dos formaciones vegetacionales: *Puccinellia – Calandrinia* y *Stipa – Deyeuxia*, en las cuales no se presentan especies con categoría de conservación (CEAA, 2008d).

En lo que se refiere a la fauna presente han sido descritos 39 especies de vertebrados, 38 nativos y 1 introducido (Burro) y distribuidos en 14 órdenes, 21 familias y 28 géneros, cuya proporción de mamíferos es de 18,4%, 78,9% de aves y 2,6% de reptiles (CEAA, 2008d).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013)

<b>Fauna</b>	<u>Aves</u>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA CORNUDA; <i>Fulica cornuta</i> (Vulnerable)</li> </ul>

### 3.3.14 Sistema Hidrológico de Soncor

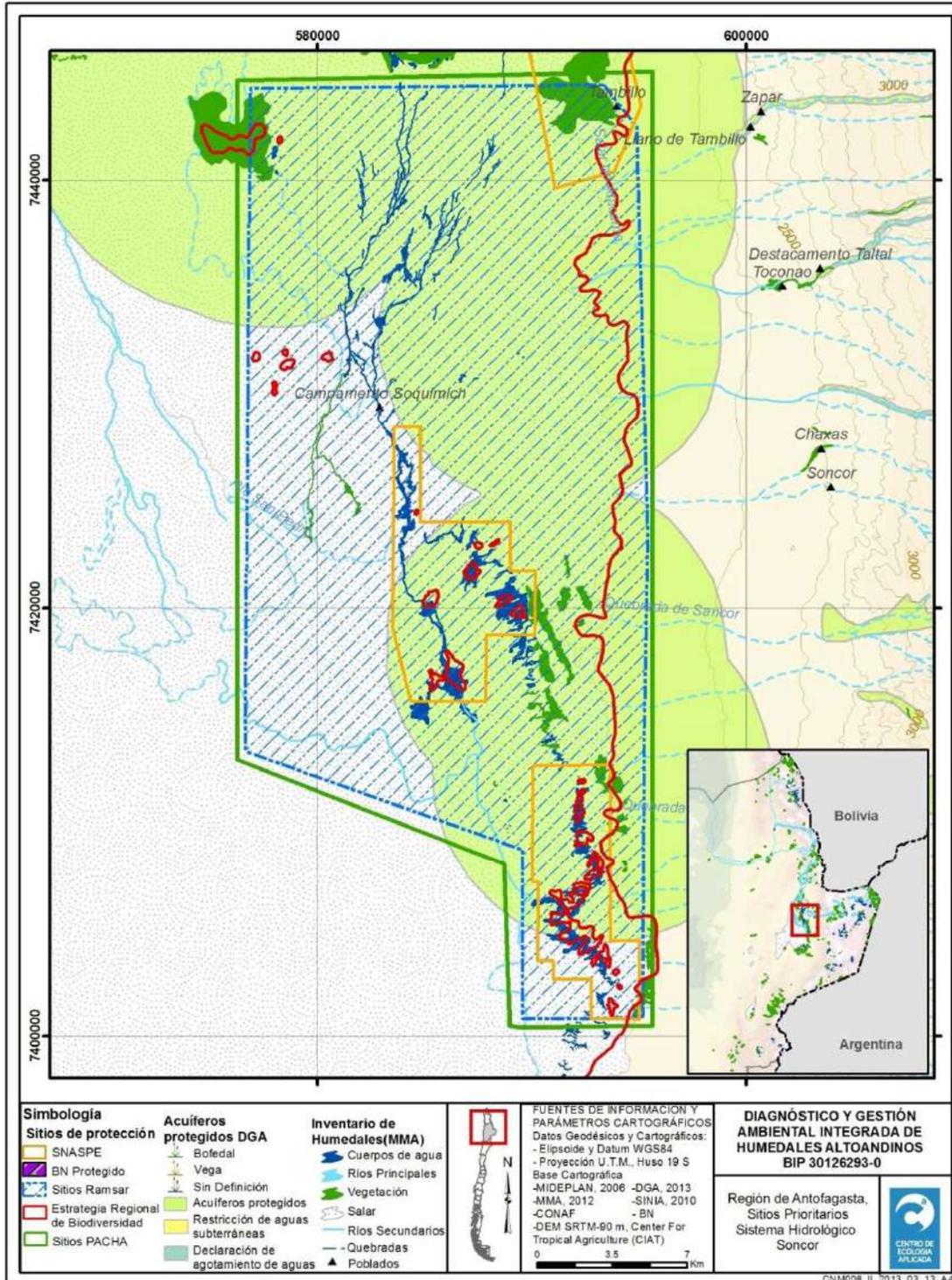


Figura 3.18. Ubicación del humedal prioritario Sistema Hidrológico Soncor.

**Tabla 3.16.** Ficha sitio prioritario Sistema Hidrológico Soncor.

HUMEDAL PRIORITARIO	Sistema Hidrológico de Soncor	
Altitud	Superficie Aprox.	Coordenadas WGS84
2300 m.s.n.m.	50,16 Km <sup>2</sup>	586603m E   7425694m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	-	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	RESERVA NACIONAL LOS FLAMENCOS	
<b>Sitio Ramsar</b> (Ramsar, 2013)	Sí (Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama). Fue ampliado a partir de 2010	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	No	
<b>Acuíferos Protegidos</b> (DGA, 2010c)	Sí (585807m E - 7435771m N)	
<b>Zona de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAF, 2008a)		
Fiscal dentro del sitio Ramsar		
<b>Características del sitio</b>		
<p>Este sitio se inserta en la cuenca endorreica del Salar de Atacama, declarado sitio Ramsar en 1995, además forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2003). Se caracteriza por presentar una costra conformada por distintos tipos de sales, principalmente de cloruros y de sulfatos. Existe además un sistema hidrológico conformado por una serie de canales superficiales y cuerpos lagunares que en conjunto constituyen un hábitat preferente de aves acuáticas, varias de las cuales se encuentran con problemas de conservación, como son las tres especies de flamenco altoandinos <i>Phoenicopterus chilensis</i>, <i>Phoenicoparrus jamesi</i> y <i>Phoenicoparrus andinus</i>, siendo esta última especie la que encuentra en las lagunas Barros Negros, Chaxas y Puilar de este sitio, su centro reproductivo más importante a nivel mundial. Además, dichos cuerpos lacustres representan puntos de alimentación y descanso para algunas especies de aves acuáticas migratorias interhemisféricas, como son el playero de Baird (<i>Calidris bairdii</i>) y el pollito de mar tricolor o pollito de Wilson (<i>Steganopus tricolor</i>), entre otros (CONAF, 2003 y 2008a).</p>		
<u>Clima</u>		
<p>El clima de esta zona se ha definido como "Desértico-Normal" y "Desértico-Marginal de Altura". El factor climático regional se debe a la presencia del Anticiclón de América del Sur sobre la cuenca del salar de Atacama, la cual se extiende hasta la Cordillera Andina. Las</p>		

escasas precipitaciones que afectan la cuenca del Salar, y que ocurren entre Diciembre y Marzo, se originan a partir de la humedad transportada desde la cuenca amazónica generándose un período de lluvias estivales (Invierno Altiplánico). También ocurren precipitaciones de menor importancia entre Abril y Agosto por el desplazamiento de frentes fríos desde la Antártica, reflejando un debilitamiento estacional del anticiclón.

Este sistema hidrológico constituye un sitio de desarrollo turístico controlado bajo responsabilidad de la Comunidad Indígena Atacameña de Toconao. Forma parte de la Reserva Nacional Los Flamencos (CONAF, 2003)

### Hidrología

El Sistema Hidrológico de Soncor se caracteriza por sus diversos tipos de costras salinas que, dependiendo de sus componentes químicos, ofrecen superficies de formas variables: estructuras de polígonos, lisas y pulvulentas. Se presentan lagunas someras, comúnmente de una profundidad inferior a un metro (CONAF, 2008a).

La red hídrica del Sistema Hidrológico de Soncor se conforma por un conjunto de lagunas someras, generalmente unidas entre sí por canales superficiales. Ejemplo de esto es el Río Burro Muerto que escurre de Norte a Sur, uniendo las lagunas Burro Muerto (1 ha), Chaxas (37 ha) y Barros Negros (103 ha). Conectada sub-superficialmente con este sistema se encuentra Laguna Puilar conformada por espejos lacustres someros, sinuosos y desmembrados (CONAF, 2008a).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013)

<b>Fauna</b>	<p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA: <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Chloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex Culpaeus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>
--------------	--

### 3.3.15 Salar de Aguas Calientes IV

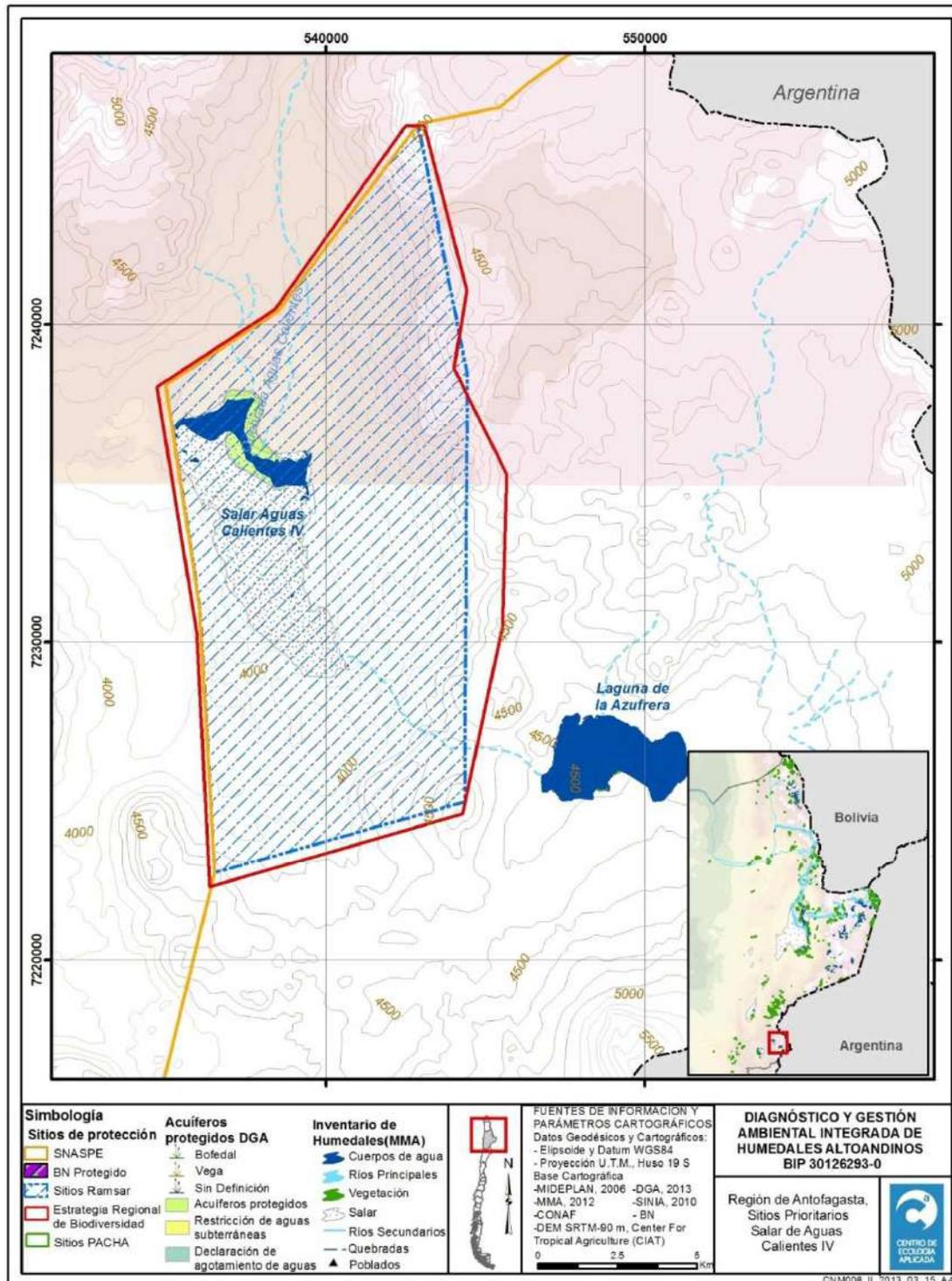


Figura 3.19. Ubicación del sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV.

**Tabla 3.17.** Ficha sitio prioritario Salar de Aguas Calientes IV.

SITIO PRIORITARIO	Aguas Calientes IV	
Altitud	Superficie Aprox.	Coordenadas WGS84
3665 m.s.n.m.	19,5 km <sup>2</sup>	540483m E   7233192m N
<b>Grado de Endemismo</b> (CONAMA, 2002)	Bajo	
<b>Pertenencia a SNASPE</b> (CONAMA, 2002)	No	
<b>Sitio Ramsar</b> (CONAF, 2008c; Ramsar, 2013)	Si, (Salar de Aguas Calientes IV)	
<b>Vegas o Bofedales alimentados por acuífero Protegido por Res. DGA N°87/2006</b>	No	
<b>Acuíferos protegidos</b> (DGA, 2010c)	Si (537657m E - 7236359m N)	
<b>Área de Restricción de aguas subterráneas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Declaración de agotamiento de aguas</b> (DGA, 2013b)	No	
<b>Bien Nacional Protegido</b> (MBN, 2010)	No	
<b>Propiedad</b> (CONAMA, 2002)		
La mayor parte es fiscal con una pequeña destinación (casi 10 ha) para el Ministerio de Defensa.		
<b>Características del sitio</b>		
<u>Ubicación</u>		
<p>El sistema Salar de Aguas Calientes IV está situado en el Altiplano al sur de la II región de Antofagasta, en el norte de Chile. Es colindante con el Salar de Punta Negra y Pajonales. Al norte el volcán Lullaillaco cierra su cuenca.</p>		
<u>Geomorfología</u>		
<p>La geomorfología del Salar se asocia puntualmente a dos tipos de procesos, tectónicos y volcánicos. Su origen es el resultado de la desecación del lago formado por consecuencia del derretimiento de glaciares. El Salar está formado por una fracción líquida salmuera y otra sólida o costra salina (CONAF, 2010).</p> <p>La ubicación en altura (por sobre los 3000 metros) de este de Salar, le da por característica un clima de tipo frío. Con relación a las precipitaciones, estas son más frecuentes durante los meses de verano, con montos anuales que fluctúan entre los 25 a los 150 mm, que unido a las bajas temperaturas causadas por la altitud del lugar, le otorgan al paisaje una fisonomía esteparia. La temperatura media anual registrada está en el orden de los 8°C, con un valor máximo de 32°C y mínimo de -20°C (CONAF, 2010).</p>		

Respecto a las características hidrológicas, la laguna aporta con un volumen superficial de 2.960.000 m<sup>3</sup>/año (94 l/s) y con un volumen de infiltraciones de 56.000 m<sup>3</sup>/año (21 l/s). Respecto a las precipitaciones, se descuenta la pérdida de humedad de superficie por medio de la evaporación potencial que es aproximadamente de 1.630 mm/año. La salinidad varía desde concentraciones muy bajas en los sitios de surgencia, hasta valores máximos al interior de la laguna o riberas alejadas de dichas surgencia (CONAF, 2010). Respecto a otras fuentes de aporte al salar, se han encontrado 3 vertientes difusas y 2 fluyentes de tipo termal (Risacher et al., 1999b).

#### Calidad química de las aguas

En este tipo de sector, existe una estrecha dependencia entre los depósitos salinos y el clima, por lo que le da un carácter variable a la calidad de sus aguas. Por ejemplo, al este del Salar se ha encontrado que las aguas tienen una composición iónica de carácter sódico-sulfatado con aportes secundarios de calcio y cloruro (Na-Ca / SO<sub>4</sub>-Cl). El posible origen de estas aguas se ha atribuido a la lixiviación de rocas volcánicas por aguas ácidas neutralizadas por la alteración de silicatos. En el sector norte, por otra parte, se presenta una composición iónica sódico-clorurado con aportes secundarios de calcio y sulfato (Na-Ca / Cl-SO<sub>4</sub>). Estas vertientes podrían ser originadas por la redisolución de las evaporitas o salmueras de tipo Na-Mg/Cl. En general, el salar presenta un mayor contenido de aniones sulfato respecto al calcio (Risacher, et al., 1999b).

#### Biodiversidad

Las aguas del Salar aportan nutrientes y sedimentos al humedal, lo que se traduce en su alto valor ecológico, presentando entonces una alta concentración de especies de animales y vegetales que dependen del ecosistema acuático. Por lo que dicho Salar es de gran importancia para la conservación de las aves migratorias interhemisféricas que usan el lugar como sitio de paso (descanso y alimentación), tales como playeros, pitotoyes, falaropos además de especies locales como flamencos altoandinos, suri, piuquén, perdiz de la puna y pato juarjual, entre otros. La flora de su periferia permite la alimentación de algunos mamíferos como chinchilla andina y vicuña (CONAF, 2010).

**Especies en Estado de Conservación** (CONAMA, 2002; DS N° 29/2011, actualizado 2013) **\*\* Citado en MMA, 2013; pero no descrito para la región según Listado Oficial.**

<p><b>Fauna</b></p>	<p><u>Peces:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KARACHI; <i>Orestias agassi</i> (En Peligro)</li> </ul> <p><u>Anfibios:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ** SAPO; <i>Telmatobius halli</i> (En Peligro Crítico)</li> </ul> <p><u>Reptiles:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- DRAGÓN DE STOLZMANN; <i>Liolaemus stolzmanni</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE SCHMIDT; <i>Liolaemus schmidtii</i> (Rara)</li> <li>- LAGARTIJA DE WALKER; <i>Liolaemus walkeri</i> (Rara)</li> </ul>
---------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LAGARTIJA PANTERA; <i>Liolaemus pantherinus</i> (Rara)</li> </ul> <p><u>Aves:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONDOR; <i>Vultur griphus</i> (Vulnerable)</li> <li>- HALCÓN PEREGRINO; <i>Falco peregrinus cassini</i> (Vulnerable)</li> <li>- FLAMENCO CHILENO; <i>Phoenicopterus chilensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- GAVIOTA ANDINA; <i>Larus serranus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA CHICA, FLAMENCO DE JAMES; <i>Phoenicoparrus jamesi</i> (Vulnerable)</li> <li>- PARINA GRANDE, FLAMENCO ANDINO; <i>Phoenicoparrus andinus</i> (Vulnerable)</li> <li>- PERDICITA CORDILLERANA; <i>Attais gayi</i> (Rara)</li> <li>- PERDIZ DE LA PUNA; <i>Tinamotis pentlandii</i> (Vulnerable)</li> <li>- PIUQUÉN; <i>Cloephaga melanoptera</i> (Vulnerable)</li> <li>- SURI; <i>Rhea pennata tarapacensis</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA CORNUDA; <i>Fulica cornuta</i> (Vulnerable)</li> <li>- TAGUA GIGANTE; <i>Fulica gigantea</i> (Vulnerable)</li> </ul> <p><u>Mamíferos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CHINCHILLA CORDILLERANA; <i>Chinchilla chinchilla</i> (En Peligro Crítico)</li> <li>- COLOCOLO; <i>Leopardus colocolo</i> (Casi Amenazada)</li> <li>- RATÓN CHINCHILLA DE COLA CORTA; <i>Abrocoma cinérea</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- RATÓN DE PIE SEDOSO; <i>Eligmodontia puerulus</i> (Preocupación Menor)</li> <li>- VICUÑA; <i>Vicugna vicugna</i> (En Peligro)</li> <li>- TUCO – TUCO DE ATACAMA; <i>Ctenomys fulvus</i> (Vulnerable)</li> <li>- VIZCACHA; <i>Lagidium viscacia</i> (En peligro)</li> <li>- ZORRO CHILLA; <i>Pseudalopex griseus</i> (Preocupación Menor)</li> </ul>
--	---

	- ZORRO CULPEO; <i>Pseudalopex culpaeus</i> (Preocupación Menor)
--	--

### 3.4 ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD AMBIENTAL DE LOS HUMEDALES

En esta sección se cuantifican los cambios que presentan los humedales como una estimación de la variación de la cobertura de vegetación y del tamaño de los cuerpos de agua en el tiempo, a partir del uso de técnicas y herramientas propias de la teledetección (interpretación de imágenes satelitales multiespectrales). Para la caracterización histórica de los diferentes sistemas vegetacionales y cuerpos de aguas de la zona de estudio, se desarrolló una metodología para la automatización del análisis de imágenes satelitales (imágenes multiespectrales Landsat). En particular, se desarrollaron programas computacionales para el análisis automatizado de imágenes, para lo cual se realizó un completo proceso de calibración de la técnica.

A continuación, se detallan cada una de las etapas y partes desarrolladas para lo antes descrito.

#### 3.4.1 Metodología de análisis de las imágenes Landsat

##### 3.4.1.1 Descarga

La primera etapa corresponde al proceso de selección y descarga de las imágenes multiespectrales Landsat, para lo cual se creó un plan de descarga. Las imágenes a utilizar están contenidas en 8 cuadrantes básicos de descarga (o Path/Row) y que en conjunto cubren de forma completa el área de estudio. En la Figura 3.20 se presenta la distribución de estos cuadrantes de descarga sobre el área de estudio.

Para definir la base de imágenes a utilizar, se definió como marco de referencia, analizar la evolución de las estaciones de verano, primavera e invierno para cada año. Con ello, se cubren tanto las estaciones en las cuales se concentra la precipitación y también las fechas donde la cobertura de nubes y/o nieve no interfieren en la estimación de vegetación y cuerpos de agua. Así, se descargó el mayor número de imágenes multiespectrales disponibles entre diciembre de 1984 a noviembre del año 2010, considerando como criterios de descarga que las imágenes contaran con cobertura de nubes menor al 30%, y a su vez intentando descargar a lo menos una imagen y como máximo 3 por estación del año. Cabe señalar que se descargaron algunas imágenes multiespectrales con una cobertura de nubes mayor al 30% en los periodos donde existía poca cobertura temporal, las que posteriormente fueron analizadas en forma individual revisando la buena calidad de la imagen en las zonas de interés. El registro final de descargas de imágenes correspondió a un total de 1479 imágenes para los 8 cuadrantes considerados.

La descarga de las imágenes multiespectrales Landsat se realizó desde la página <http://glovis.usgs.gov/> (también disponibles en <http://earthexplorer.usgs.gov/>), y en su mayoría pertenecen al sensor Landsat 5 TM. Ello se debe a que este sensor estuvo en funcionamiento desde marzo del 1985 hasta noviembre del 2011. Además, se descargaron imágenes Landsat 7, las que fueron descartadas del análisis como se indicará más adelante en el informe.

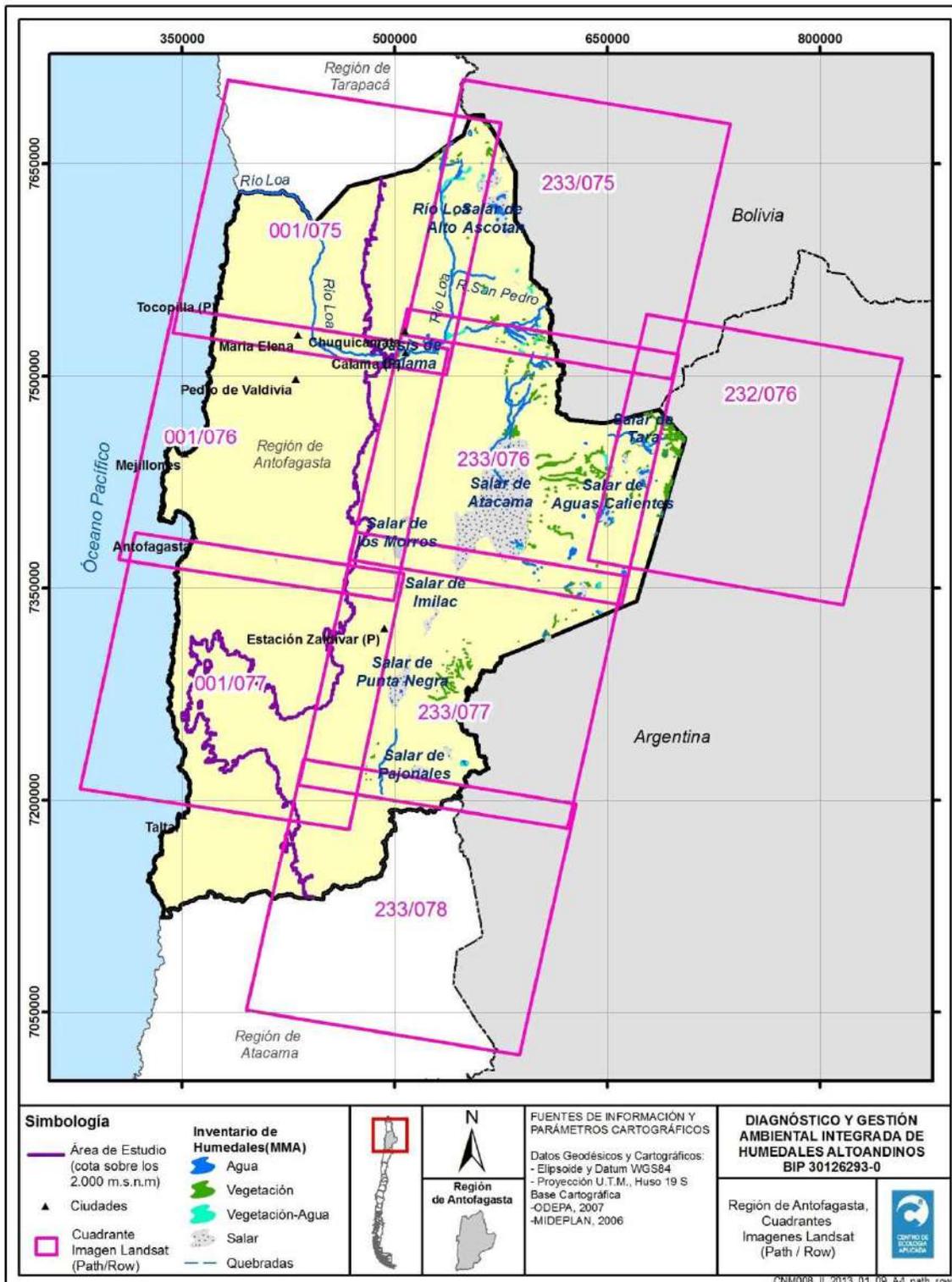


Figura 3.20. Distribución de los cuadrantes de descarga imágenes Landsat

De las 1479 imágenes descargadas desde la web y para los 8 cuadrantes anteriormente señalados, se realizó un descarte de imágenes por problemas como: problemas de georeferenciación, presentar múltiples gaps, bandas completamente fuera de rango. Por lo anterior, finalmente se procesaron 1381 imágenes de las descargadas inicialmente. La Tabla 3.18 presenta el desglose de las imágenes utilizadas por cuadrante de descarga.

**Tabla 3.18.** Resumen de imágenes Landsat procesadas por cuadrante de descarga (Path/Row)

Path/Row Imágenes Procesadas	Nº imágenes procesadas
LS_233_076	153
LS_233_077	167
LS_233_075	170
LS_232_076	179
LS_001_075	197
LS_001_076	180
LS_001_077	165
LS_233_078	170
<b>Total Imágenes Descargadas:</b>	<b>1479</b>
<b>Total Imágenes Procesadas:</b>	<b>1381</b>
<b>% imágenes Procesadas</b>	<b>93,4%</b>

La ventaja del trabajo con imágenes Landsat es la extensa y completa serie de datos (imágenes) que provee el satélite Landsat 5 TM (TM: Thematic Mapper). Este satélite orbita la tierra desde mediados de los años ochenta, y tiene disponible 7 bandas espectrales con resolución (tamaño del pixel) de 30x30 metros para todas las bandas, a excepción de la banda 6 (banda termal) que posee un tamaño de pixel de 120x120 metros. Otra de las ventajas de estas imágenes satélites, es que se encuentran liberadas al público, sin costo y descargables vía internet desde la página del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Para mayores detalles de los sensores anteriormente descritos, se sugiere visitar la página <http://landsat.usgs.gov/>, la que contiene toda la información técnica del satélite, los sensores y las características de las imágenes (productos).

### 3.4.1.2 Preprocesamiento

El pre-procesamiento corresponde a un análisis básico de la posición de las imágenes, esto debido a que algunas de ellas presentan corrimientos por una mala georeferenciación. Este análisis se realiza determinando el desplazamiento del centroide de las imágenes, respecto de la posición media de ellas. Con ello, se pudo eliminar todas imágenes que presentaban corrimiento excesivo tanto en la dirección Norte como Este.

El hecho del desplazamiento del área cubierta por las imágenes para diferentes fechas, conlleva a la posibilidad de la pérdida de detección de los sistemas que se encuentran cercanos a los bordes de las imágenes. Esto es posible de ver en la Figura 3.21, en donde se muestra el área común que comparte toda la serie de imágenes del cuadrante 233/076.

Es por lo anterior, que en pasos posteriores del análisis, se incorporaron filtros que permitieron desechar la información parcial obtenida en los sistemas ubicados en los límites de las imágenes.

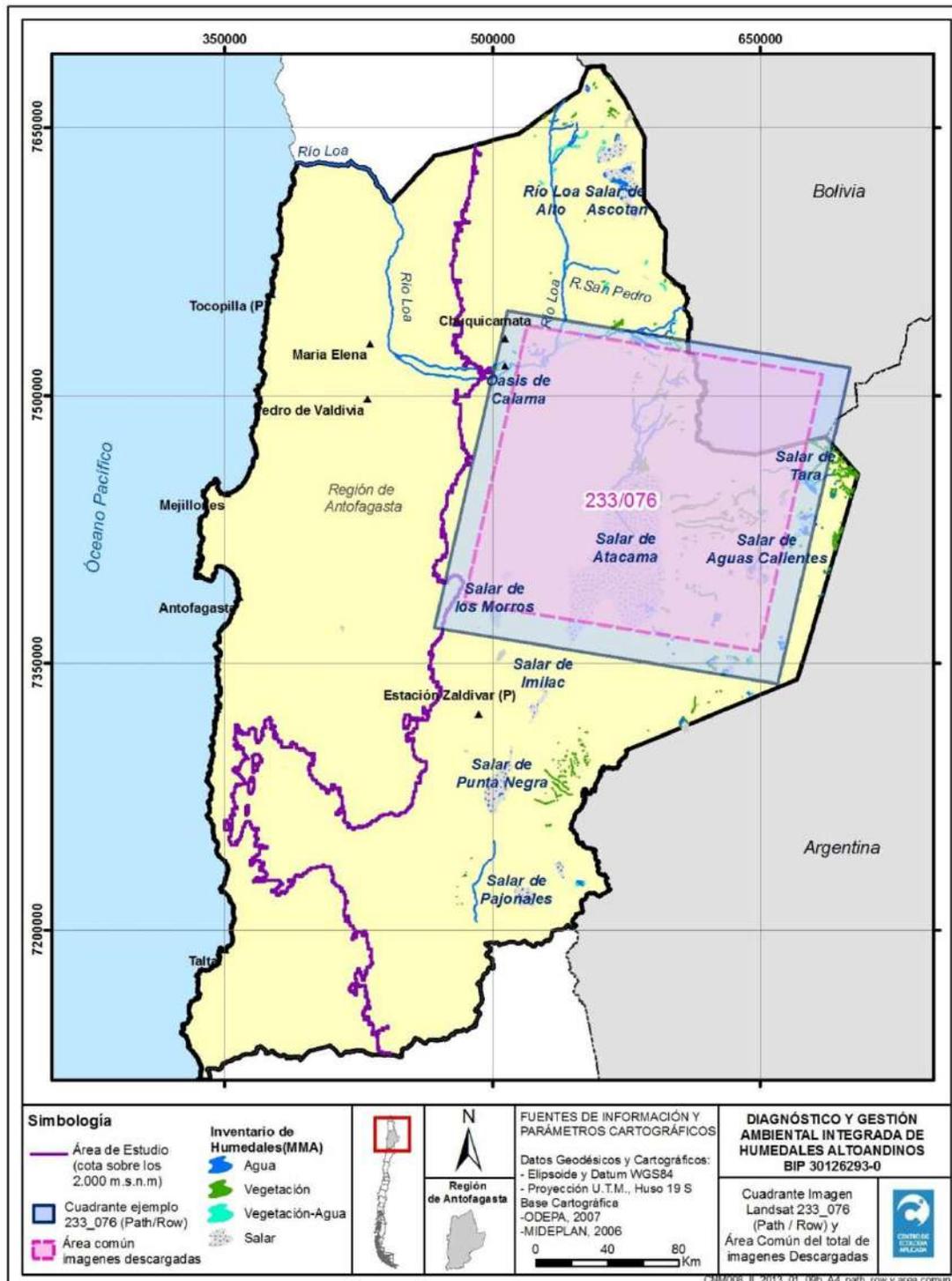
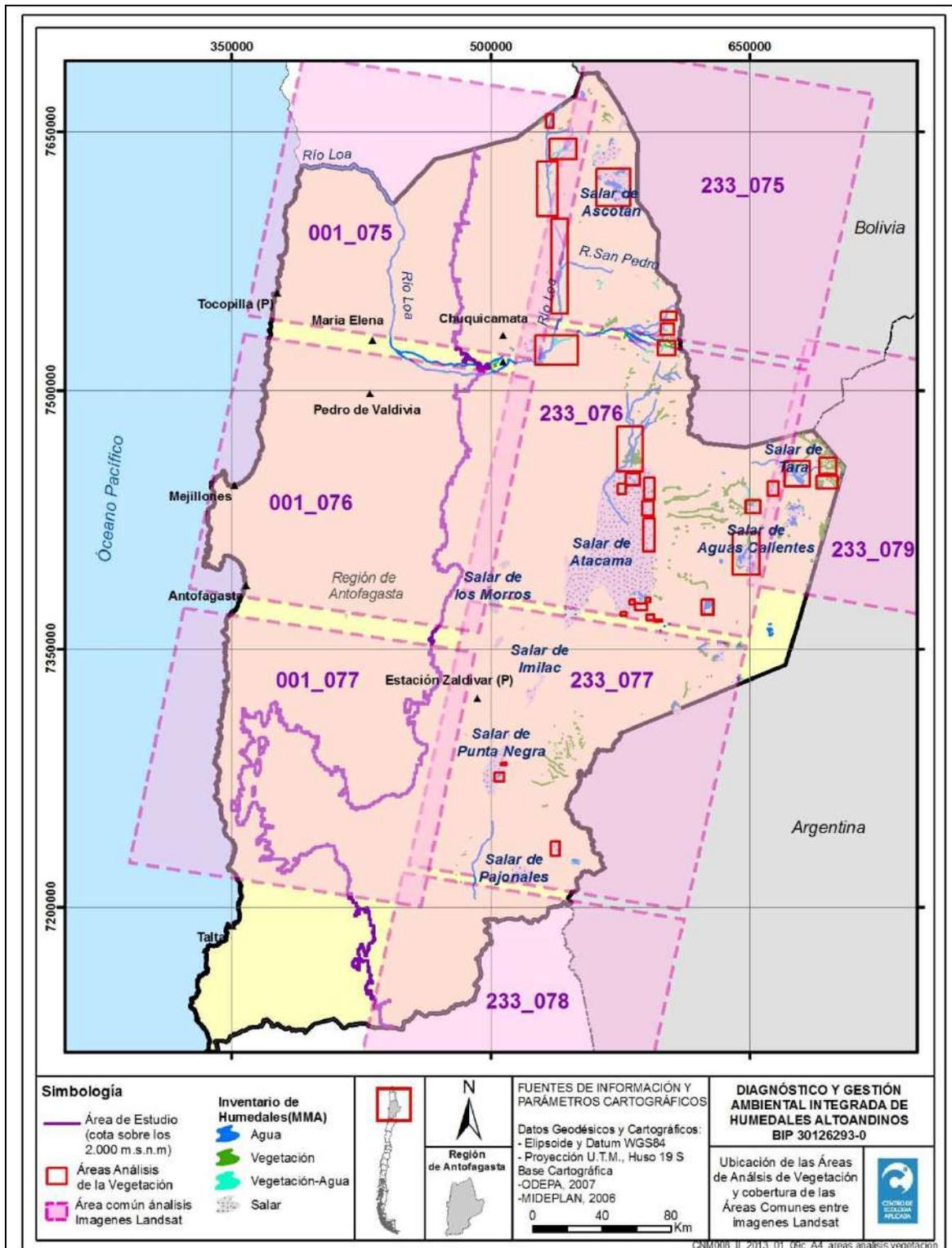


Figura 3.21. Área Común dentro de una imagen Landsat, ejemplo cuadrante 233\_076 (Path/Row)

Para el caso del tratamiento de imágenes para la fotointerpretación, que correspondieron a la información base para la calibración de la metodología automatizada, con el fin de lograr áreas comparables en la estimación de la vegetación a una escala regional dentro de cada imagen, se delimitó un área de trabajo general denominada *Área de Contacto Roca-Relleno* la que se define como el área de depositación de los cursos fluviales y las laderas adyacentes (conos de deyección y/o áreas de depositación, ya sean áreas de depositación fluvial o zonas activas de depositación en laderas) donde se asume un desarrollo teórico de la vegetación. Con ello, se descartan las áreas que puedan entregar valores con falsos positivos en relación a la respuesta del índice NDVI como comúnmente lo son las laderas cubiertas por sombras, roca desnuda en tonos oscuros u otros. Para la delimitación del área de contacto roca-relleno, se utiliza el mosaico de un modelo digital de terreno ASTER GDEM (METI/NASA, 2009), descargado desde la página <http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/search.jsp>. Alguna de las características de este modelo de elevación del terreno es que posee un pixel de 30x30 metros, que en general tiene una buena correspondencia con el tamaño del pixel de las imágenes Landsat utilizadas, con un error estándar de entre 7 a 14 metros en la vertical los que también son aceptables pues la escala de trabajo (regional) permiten este margen de error. Utilizando este modelo digital se procede a generar curvas de nivel cada 25 metros ayudados por el software ArcGis 9.3, donde posteriormente se trazarán perfiles topográficos que ayudan a analizar la morfología y las pendientes del sector delimitando así las áreas de laderas rocosas, con las zonas de depositación y fondo de valle; complementando esta información se utilizan los datos vectoriales de las cartas geológicas superficiales disponibles en la región. Una vez delimitada el área de contacto roca-relleno, se procede subdividir esta área de trabajo en polígonos de análisis de acuerdo al catastro de vegas y bofedales que Ciren posee y mantiene a libre disposición en la página: <http://sitha.ciren.cl/cartografia-antofagasta>; cabe señalar que la estimación de la vegetación se efectuará en los sectores donde se observe una cobertura mínima de 0.9 ha (10 pixeles de una imagen Landsat) puesto que por el tamaño del pixel de las imágenes Landsat, las superficies menores a la anteriormente expuesta presentan una menor confiabilidad de análisis al momento de estimar vegetación. Así mismo, se definen polígonos de estudio para la estimación de cuerpos de agua, los que permitan comparar los datos históricos.

En La Figura 3.22 se presentan la ubicación de las 30 sitios/áreas de análisis de vegetación, las cuales fueron elaboradas a partir de la distribución de las áreas prioritarias de la región, y de la ubicación de vegas y bofedales provenientes del catastro de elaborado por Ciren, referenciado anteriormente. En la Tabla 3.19 se detallan las características de esas áreas (número de subsistemas que la componen y nombre de los sistemas). Para el caso del análisis de cuerpos de agua, se definen 28 sitios/áreas de interés de analizar, las cuales son mostradas en la Figura 3.23 y caracterizadas en la Tabla 3.20.



**Figura 3.22.** Ubicación de las áreas de análisis de vegetación (SV) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas.

**Tabla 3.19.** Sistemas que componen las áreas de análisis de vegetación.

Código	N° de sistemas vegetacionales contenidos	Nombre y descripción otorgada en estudio	Nombre Vegas y/o Bofedales (Sitha, Ciren)
SV_01	4	Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río	Sistemas Coyahuasito, Mino 1 , Mino 2 y Paco Paco
SV_02	3	Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuiri	Sistemas Chela, Chaihuiri y Quenuales
SV_03	1	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio primera sección	Sistema Alto Loa
SV_04	2	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de rio segunda sección	Sistemas de la sección alta del Río Loa: Taira y Santa Barbara
SV_05	4	Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas	Sistemas Palpana, Cebollar, Cebollar Viejo y Polapi
SV_06	2	Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa	Sistemas Chiu-Chiu y Río Loa Salar de Rudolf
SV_07	3	Sitio Prioritario Geysers del Tatio, río Toconce y quebradas	Sistemas Linzor Alto, Linzor Bajo y Chillahuita
SV_08	2	Sitio Prioritario Geysers del Tatio, río Hojalar	Sistemas del Cerro Plomo y Aguas Calientes 1
SV_09	1	Sitio Prioritario Geysers del Tatio, río Salado	Sistema El Tatio
SV_10	3	Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama	Sistemas Calar, Oyape y Baltinache
SV_11	2	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua	Sistemas Cejar y Yona Grande
SV_12	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquinche	Sistema Tebinquinche
SV_13	4	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A	Sistemas Los Pantanos, Tujilireta, Tambillo y Olar
SV_14	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B	Sistema Tapar
SV_15	2	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C	Sistemas Carvajal y Quelana
SV_16	2	Sitio Prioritario Salar de Pujsa	Sistemas Pujsa Norponiente y Pujsa Sur

Código	N° de sistemas vegetacionales contenidos	Nombre y descripción otorgada en estudio	Nombre Vegas y/o Bofedales (Sitha, Ciren)
SV_17	2	Sitio Prioritario Aguas Calientes I	Sistemas Aguas Calientes y Aguas Calientes 6
SV_18	9	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara	Sistemas Tara, Salar de Tara 1, 2, 3, 4 y 5, Huallitas, Cueva Pintada y Tara Oriente
SV_19	8	Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente	Sistemas quebrada Blanca, Laguna Colarada, Chojfias, Poquis, Piedra Delfín, Colorada, Ciénaga Grande y Hoyitos
SV_20	3	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas	Sistemas quebrada Delgada, Laguna Helada y Guachalajte
SV_21	1	Sitios Prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques	Miscanti
SV_22	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan	Sistema Tulan
SV_23	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte	Sistema Tarajne y Tilomonte (Oasis de Tilomonte, cultivos)
SV_24	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A	Sistema Pelao
SV_25	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B	Sistema Silolao
SV_26	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C	Sistema La Punta
SV_27	1	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo	Sistema Tilopozo
SV_28	1	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-2	Sistema Salar de Punta Negra-VCL 2
SV_29	1	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-3	Sistema Salar de Punta Negra-VCL 3
SV_30	1	Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV	Aguas Calientes 6

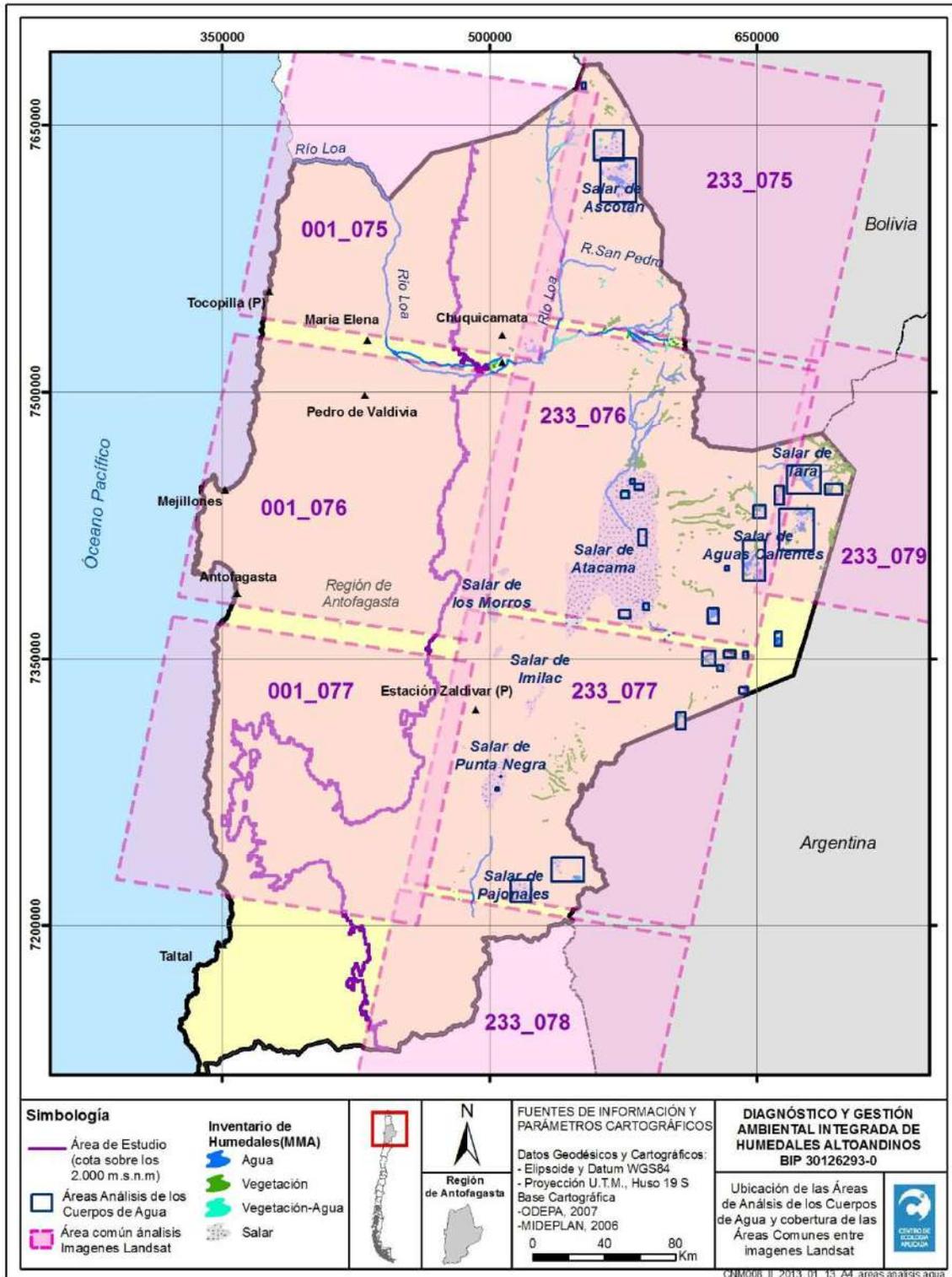


Figura 3.23. Ubicación de las áreas de análisis de cuerpos de agua (SCA) y cobertura espacial de las áreas comunes de las imágenes Landsat utilizadas.

**Tabla 3.20.** Definición de los sistemas que componen las áreas de análisis de cuerpos de agua.

<b>Código</b>	<b>Nombre y descripción otorgada en estudio</b>
SCA_01	Lagunas Salar de Alconcha
SCA_02	Lagunas Salar de San Martín o Carcote
SCA_03	Lagunas Salar de Ascotán
SCA_04	Lagunas de Cejas Salar de Atacama
SCA_05	Laguna Tebinquiche Salar de Atacama
SCA_06	Laguna Yona Grande Salar de Atacama
SCA_07	Lagunas Chaxa y Barros Negros Salar de Atacama
SCA_08	Laguna Lejía
SCA_09	Laguna Salar de Aguas Calientes, cercana Laguna Lejía
SCA_10	Laguna Salar de Pujsa
SCA_11	Laguna Salar de Aguas Calientes I
SCA_12	Lagunas Salar de Loyoques o Quisquiro
SCA_13	Laguna Salar de Tara
SCA_14	Laguna Helada
SCA_15	Lagunas Miscanti y Miñiques
SCA_16	Laguna Salada Salar de Atacama
SCA_17	Lagunas La Punta y La Brava Salar de Atacama
SCA_18	Laguna Salar de Pular
SCA_19	Lagunas Salar de Capur
SCA_20	Laguna Salar de Talar
SCA_21	Laguna Salar de Aguas Calientes
SCA_22	Laguna Tuyajto
SCA_23	Laguna Salar El Laco
SCA_24	Laguna Salar de Incahuasi
SCA_25	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-2
SCA_26	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-3
SCA_27	Laguna Salar de Aguas Calientes VI y Laguna de la Azufrera
SCA_28	Laguna Salar de Pajonales

### 3.4.1.3 Corrección

Las imágenes Landsat descargadas no cuentan con tratamientos o correcciones radiométricas, es decir, desde origen la información contenida en los píxeles de trabajo se presentan en un sistema de Valores Digitales (“DN”, Digital Numbers) que corresponden a valores entre 0-255. Por ello, para poder utilizar estas imágenes es necesario primero corregir o transformar los DN de las imágenes a valores de Reflectancia. Para ellos se utiliza la metodología denominada “Corrección Radiométrica Parcial”, de la cual se obtiene la reflectancia media fuera de la atmósfera (“top-of-atmosphere reflectance”). En la actualidad se han desarrollado varios métodos para corregir el error que implica la interacción con la atmósfera (corrección radiométrica total), aunque en algunos casos estos métodos generan mayores errores si no se considera el contexto en el que se desarrollan (Schroeder et al., 2006). Es por ello que, considerando las características climáticas del área de estudio, se recomienda una corrección radiométrica parcial (Washington-allen et al., 2008).

Para ejecutar las correcciones señaladas, se ejecutó una corrección radiométrica parcial (convertir de DN a reflectancia) basada en las siguientes ecuaciones (Chander *et al.*, 2009):

$$L_{\lambda} = (gain_{\lambda} * DN7) + bias_{\lambda}$$

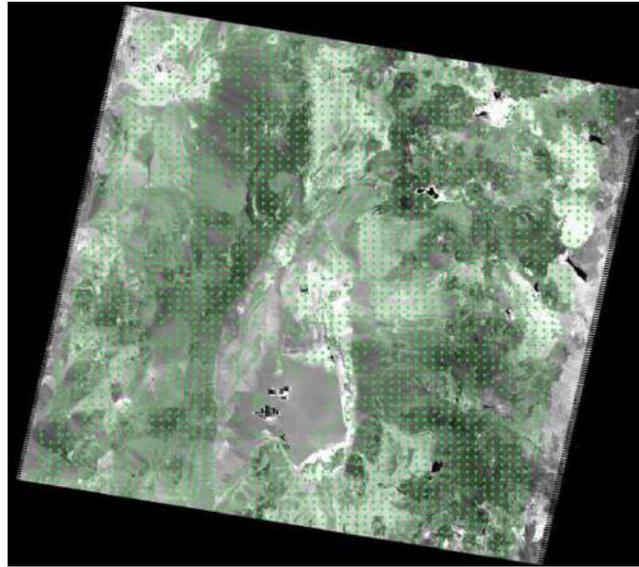
En donde  $L_{\lambda}$  es la *radiancia espectral* en la banda  $\lambda$ , gain y bias son constantes específicas para cada banda.

$$R_{\lambda} = \left( \frac{\pi * L_{\lambda} * d^2}{E_{sol,\lambda} * \sin(\theta_{SE})} \right)$$

Donde  $R_{\lambda}$  es la reflectancia de la banda  $\lambda$ ,  $E_{sol,\lambda}$  es la radiancia emitida por el sol, y  $\theta_{SE}$  es el ángulo de elevación del sol para la fecha de la toma.

### 3.4.1.4 Procesamiento y calibración del método

La etapa de procesamiento de las imágenes Landsat (Figura 3.24) se compone del análisis y estimación de las áreas cubiertas por vegetación y la ocupada por los cuerpos de agua en un área de control. Primeramente, se escogió como área de control y representativa al Salar de Atacama, debido a su diversidad florística y características particulares. En esta área de control se efectuó una estimación de la vegetación mediante una fotointerpretación, complementando tal información con índices de detección de agua (NDWI - Normalized Difference Water Index o Índice Diferencial de Agua Normalizado) y de vegetación (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index o Índice de Vegetación Diferencial Normalizado). Las características y composición de ambos índices serán explicadas más adelante. La idea de considerar un área de control, es contar con comparaciones entre la fotointerpretación y el análisis de los índices normalizados, para un área bien descrita y conocida por el consultor.

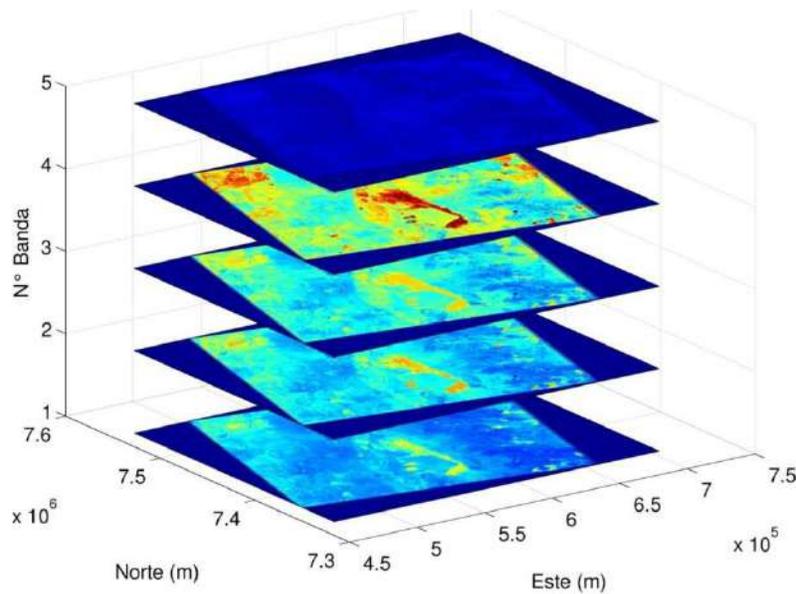


**Figura 3.24. Ejemplo de Imagen LandSat utilizadas. La imagen corresponde al cuadrante que incluye el Salar de Atacama.**

Las imágenes LandSat utilizadas como base del análisis (LandSat 5), se componen de 5 bandas espectrales (Figura 3.25), cada una de ellas dedicada a la detección la radiación emitida en un rango espectral. Las bandas existentes en el sensor, y el uso principal de cada una de ellas, se detalla a continuación:

1. **Banda 1 - Azul:** Especialización en el rango del azul, utilizada principalmente en trabajos para resalta la presencia de agua y realizar la separación existente entre el suelo y el agua.
2. **Banda 2 - Verde:** Especialización en el rango del verde, utilizada principalmente en trabajos para resalta la presencia de vegetación.
3. **Banda 3 - Rojo:** Especialización en el rango del rojo, utilizada principalmente en trabajos para estimar/medir la absorción de clorofila y en la discriminación de coberturas vegetacionales.
4. **Banda 4 – Infrarrojo cercano:** Especialización en el rango del infrarrojo cercano (NIR), utilizada principalmente en trabajos para la detección de biomasa.
5. **Banda 5 – Infrarrojo medio:** Especialización en el rango del infrarrojo medio (MIR), utilizada principalmente en trabajos para determinar el contenido de agua en la vegetación y de los suelos.

Cabe señalar que el análisis de vegetación posible de realizar mediante el uso de la estimación del índice NDVI, corresponde a la detección de la presencia de vegetación que cuenta con actividad fotosintética activa. Es por ello que la técnica no permite (de forma directa o mediante alguna metodología bien descrita y validada) realizar una segmentación entre el tipo de vegetación que compone una zona, o respecto del origen de la vegetación. Con lo anterior, cualquier zona con vegetación de origen antrópica será reconocida por la técnica como una zona con vegetación con actividad fotosintética. Es por lo anterior que, para el análisis de los sitios se establecieron máscaras para la zona de interés, con lo cual fue posible descartar zonas que presentan vegetación con origen antrópico y otras de tipo zonal-estacional (p.ej. vegetación de laderas con presencia estacional).



**Figura 3.25. Ejemplo de la composición de bandas de las Imágenes Landsat utilizadas.**

A continuación se detallan la metodología utilizada para ambos índices.

#### 3.4.1.4.1 Análisis de NDWI

El índice NDWI se utiliza para determinar los límites superficiales de los cuerpos de agua (Gao, 1995; McFeeters, 1996), mediante la determinación de los píxeles de la imagen que cuentan con presencia abundante de agua (someras y profundas). Así, la utilización de este índice se debe al aprovechamiento de las características espectrales del agua, la cual presenta una alta reflectividad en el rango espectral del verde (Banda 2) y una baja reflectividad en el infrarrojo cercano (Banda 4) del espectro electromagnético. Las imágenes generadas con este índice tienden a destacar los cuerpos de agua, diferenciándose de las áreas de suelos secos o con vegetación. Los valores del índice varían entre -1 y 1, asociando los valores positivos a las superficies con agua superficial o suelos húmedos y cero o negativo para las superficies que comprenden el suelo y/o a vegetación terrestre. En el caso de zonas áridas, el contraste de las coberturas del suelo tiende a mostrar delimitaciones marcadas, en relación a los bordes de los cuerpos de agua superficiales.

Para el cálculo de los índice se realizar la operación de la imágenes, realizando la aplicación de una fórmula matemática a cada uno de los píxeles que las componen, y entre 2 o más banda de la imagen. Así, la fórmula aplicada para obtener el índice asociado a la presencia de agua (NDWI) es la siguiente (McFeeters, 1996):

$$NDWI = \frac{Banda\ 2 - Banda\ 4}{Banda\ 2 + Banda\ 4}$$

Para realizar la calibración del modelo automatizado de determinación de superficies de cuerpos de agua, se realizó un proceso iterativo de fointerpretación, el cual permite definir un valor umbral mínimo del índice NDWI que permita delimitar las superficies de agua. Este

valor corresponderá al valor mínimo para el cual se considera la presencia de agua en cada uno de los píxeles de la imagen.

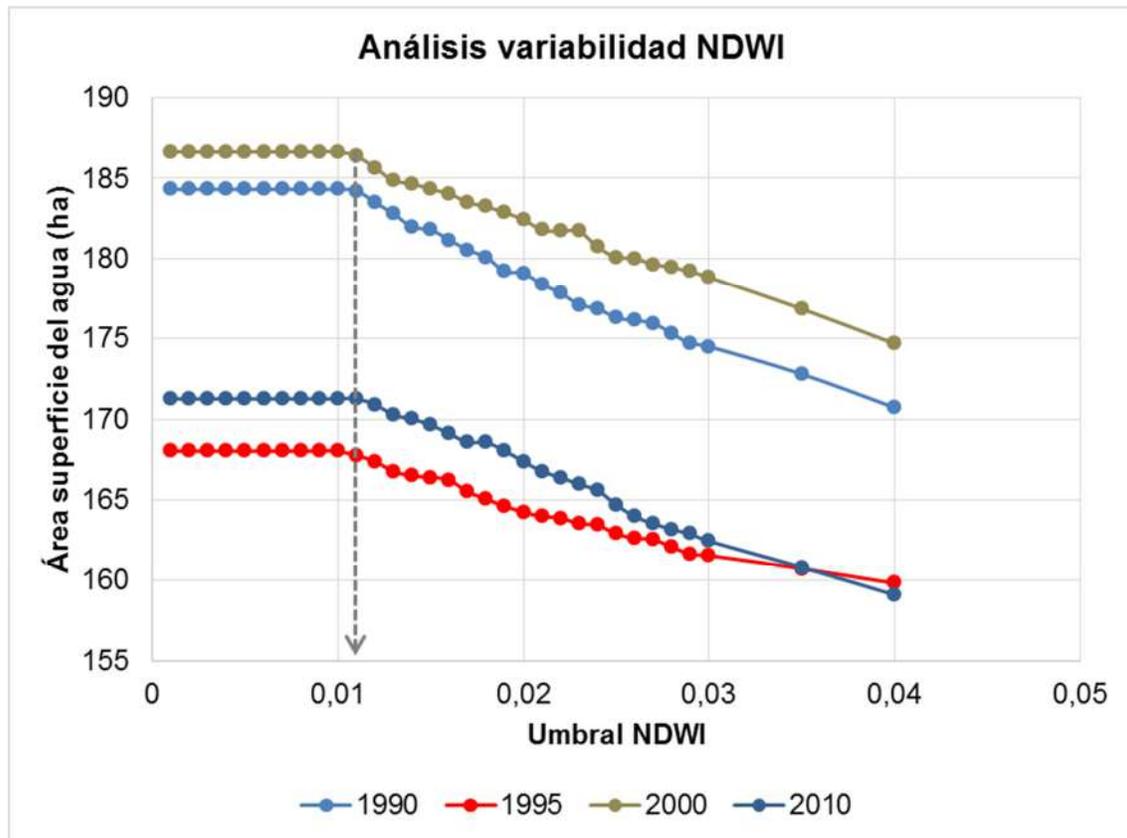
Cabe señalar que para fotointerpretar los cuerpos de agua, se utilizó el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG), utilizando una composición de la imagen de falso color (bandas en orden 4-3-2). Esta composición tienden a resaltar los cuerpos de agua en tonos azules a negro y la vegetación en tonos rojizos (Fernandez y Herrero, 2003). Así, para fechas representativas de los años 1990, 1995, 2000 y 2010, se realizó un proceso iterativo de fotointerpretación. Este proceso considera la utilización de varios de los sitios en estudio, en los cuales se realiza la fotointerpretación, determinando el área a considerar como superficie de aguas. Con esa área, el índice de corte preliminar del NDWI es definido. Este índice luego es utilizado en otro sitio y ajustado, según sea requerido para obtener una delimitación correcta del área del cuerpo de agua. Este proceso es realizado forma sistemática sobre al menos 4 sitios diferentes, dentro de los cuales se consideran sistemas de gran tamaño, pequeños y con geometrías regulares e irregulares. Así, de forma preliminar se estimó un valor umbral aproximado del NDWI de 0,011, como valor de corte en la detección de superficie de agua.

Una vez definido el umbral anterior, se realizó un análisis de la variabilidad del área versus el cambio del umbral para el “Sitio 7 – Salar de Atacama, Lagunas Chaxa y Barros Negros”. Este sitio fue escogido debido a que presentaba una mezcla de características comunes a los otros sitios, además de poseer un área media en relación a los otros cuerpos de agua. Los valores del área obtenida para diferentes fechas y para un rango de los valores de NDWI, se muestran en la Tabla 3.21. Los valores obtenidos muestran un comportamiento común para las series de cada año (ver Figura 3.26), junto con presentar al umbral del NDWI de 0,011 como el valor de cambio de comportamiento en la detección. Esto refuerza la elección del valor de 0,011 como valor umbral del quiebre en la detección de agua. Así, este valor permite discriminar de buena forma el inicio (borde) del cuerpo de agua.

Cabe señalar que los valores umbrales registrados en la fotointerpretación, no mostraron diferencias con los determinados en el modelo automatizado, es decir, existe una completa equivalencia entre los valores de NDWI estimados en el SIG y los estimados en modelo desarrollado.

**Tabla 3.21.** Áreas fotointerpretadas en Sitio 7 - Sistemas Linzor Alto, Linzor Bajo y Chillahuita para los años 1990, 1995, 2000 y 2010.

Año	1990	1995	2000	2010
Valor NDWI	Área fotointerpretada (ha)			
0,001	184,32	168,03	186,66	171,27
0,002	184,32	168,03	186,66	171,27
0,003	184,32	168,03	186,66	171,27
0,004	184,32	168,03	186,66	171,27
0,005	184,32	168,03	186,66	171,27
0,006	184,32	168,03	186,66	171,27
0,007	184,32	168,03	186,66	171,27
0,008	184,32	168,03	186,66	171,27
0,009	184,32	168,03	186,66	171,27
0,01	184,32	168,03	186,66	171,27
<b>0,011</b>	<b>184,23</b>	<b>167,76</b>	<b>186,39</b>	<b>171,27</b>
0,012	183,51	167,4	185,67	170,91
0,013	182,79	166,77	184,86	170,28
0,014	181,98	166,5	184,68	170,01
0,015	181,8	166,41	184,32	169,65
0,016	181,17	166,23	184,05	169,11
0,017	180,54	165,51	183,51	168,57
0,018	180,09	165,06	183,24	168,57
0,019	179,19	164,61	182,88	168,03
0,02	179,1	164,25	182,43	167,4
0,021	178,38	163,98	181,8	166,77
0,022	177,84	163,89	181,71	166,41
0,023	177,12	163,53	181,71	165,96
0,024	176,85	163,44	180,72	165,6
0,025	176,31	162,9	180,09	164,7
0,026	176,13	162,63	180	163,98
0,027	175,95	162,54	179,64	163,53
0,028	175,32	162,09	179,46	163,17
0,029	174,69	161,64	179,19	162,9
0,03	174,51	161,55	178,83	162,45
0,035	172,8	160,75	176,85	160,83
0,04	170,73	159,84	174,69	159,12



**Figura 3.26.** Determinación del valor umbral del NDWI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDWI: 0,011).

#### 3.4.1.4.2 Análisis de NDVI

El índice NDVI es típicamente utilizado para estimar (1) la cobertura de la vegetación, (2) crecimiento de las plantas (vigor) y (3) producción de biomasa, es decir, estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación. Por ello, este índice expresa la actividad fotosintética de la vegetación, donde al combinar las bandas del infrarrojo cercano (Banda 4) y la banda del rojo (Banda 3) del espectro electromagnético, se establece una relación que varía entre valores -1 y 1, donde típicamente los valores negativos expresan una actividad fotosintética mínima (nula captura de energía luminosa) y los valores positivos una actividad fotosintética máxima (total utilización de la energía luminosa disponible) en la vegetación. La fórmula que sintetiza lo anterior es:

$$NDVI = \frac{Banda\ 4 - Banda\ 3}{Banda\ 4 + Banda\ 3}$$

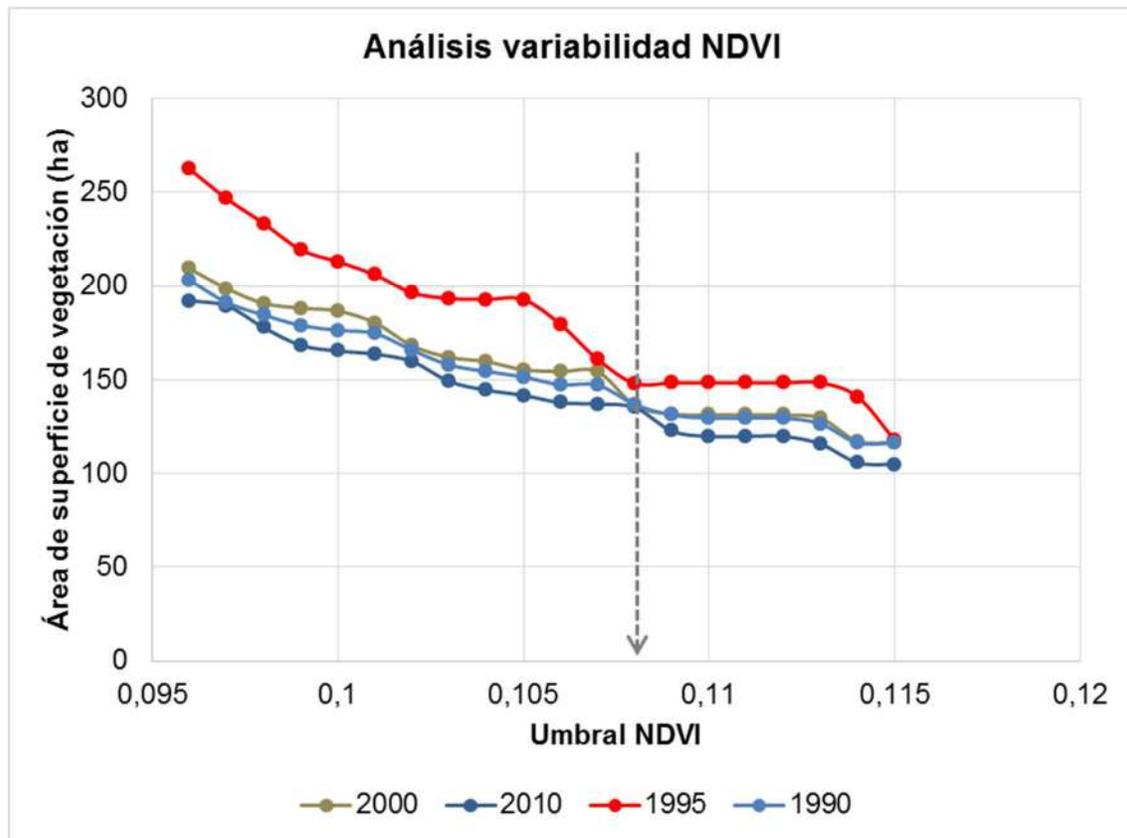
En cuanto al proceso de calibración del modelo, se utiliza la misma metodología que para el índice NDWI, realizándose una calibración previa en base a un método iterativo sobre los diferentes sitios. El resultado del método iterativo es un valor de 0,11 para el umbral de detección de vegetación. Tras determinar el umbral preliminar, se realizó el análisis de variabilidad del área detectada en relación al NDVI para los años 1990, 1995, 2000 y 2010,

en el “Sitio 27 - Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo”. Los valores del área obtenida para diferentes fechas y para un rango de los valores de NDVI, se muestran en la Tabla 3.22. Los valores obtenidos muestran un comportamiento común para las series de cada año (ver Figura 3.27), a excepción del año 1995. Respecto de lo anterior, se observó que el año 1995 mostró un comportamiento levemente diferente a los otros, incluso en cuanto a la coloración de las imágenes. Es por ello que las variaciones en el comportamiento de los índices para ese año, no fueron posible de ser atribuidas a alguna variable o condición particular. Aún así, muestran un comportamiento similar al alejarse del punto de cambio de comportamiento encontrado, para el cual se determinó un umbral del NDVI de 0,108, como el valor de cambio de comportamiento en la detección. Esto es concordante con la elección del valor de 0,11 como valor umbral preliminar para la detección de vegetación.

En cuanto a los valores umbrales registrados en la fotointerpretación, ellos mostraron una pequeña diferencia respecto de los determinados en el modelo automatizado, obteniéndose que los valores de NDVI estimados en el SIG fueran mayores en 0,005 que los estimados en el modelo desarrollado. Esto se debe a las diferencias existentes en el procesamiento y tratamiento de decimales, y no se considera un error en la metodología.

**Tabla 3.22.** Áreas fotointerpretadas en Sitio 27 - Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo para los años 1990, 1995, 2000 y 2010.

Año	1990	1995	2000	2010
Valor NDVI	Área fotointerpretada (ha)			
0,096	203,130	262,440	209,340	192,150
0,097	191,250	246,690	198,720	189,450
0,098	184,500	233,460	190,800	177,840
0,099	179,010	219,420	188,280	168,390
0,100	176,400	213,030	186,660	165,420
0,101	174,690	206,010	180,360	163,710
0,102	165,780	196,380	168,120	159,750
0,103	157,950	193,410	162,000	149,130
0,104	154,530	192,870	159,750	144,540
0,105	151,560	192,780	155,430	141,750
0,106	147,420	179,460	154,440	137,880
0,107	147,240	160,920	154,350	137,070
<b>0,108</b>	<b>136,890</b>	<b>148,050</b>	<b>136,410</b>	<b>135,250</b>
0,109	131,310	148,410	131,760	122,760
0,110	129,600	148,410	131,310	119,880
0,111	129,600	148,410	131,310	119,880
0,112	129,600	148,410	131,310	119,880
0,113	126,630	148,410	129,600	115,920
0,114	116,460	141,030	117,360	105,930
0,115	116,370	117,990	116,640	104,850



**Figura 3.27.** Determinación del valor umbral del NDVI. La flecha indica el punto de cambio del comportamiento común (NDVI: 0,108).

### 3.4.1.4.3 Calibración

Una vez finalizado el procedimiento de calibración del umbral de corte para los índices NDWI y NDVI, se procede a ejecutar las rutinas del modelo automatizado (en el software MATLAB). El modelo realiza el procesamiento de cada pixel contenido dentro de los sitios de interés (Sitios Vegetacionales-SV), determinando si se encuentra o no por sobre el umbral de corte definido, y almacenando las coordenadas centrales (Este y Norte) de cada pixel. Con ello, cada pixel quedará identificado con un valor del índice y sus coordenadas georeferenciadas. Luego se almacenan estos registros en capas de información indexadas por fecha, Path/Row y número de sitio vegetacional o cuerpo de agua, generándose un registro trazable e histórico de la recurrencia temporal y espacial de las coberturas especiales. Lo anterior es denominado “Análisis de recurrencia vegetacional” o “Análisis de recurrencia de cuerpos de agua”, según corresponda.

El análisis de recurrencia es un procedimiento comparativo de coberturas en el tiempo, el cual tiene como finalidad contrastar solamente las superficies recurrentes en el tiempo de en un sistema dado. Esto se realiza para poder realizar análisis de la evolución temporal de las superficies ocupadas, pero sin considerar pequeñas áreas no estables temporalmente (p.ej. zonas con vegetación no vigorosa y esporádica, zonas de tierra con alta humedad cercanas a cuerpos de aguas, etc.). Finalmente, se define como zona a considerar en el análisis histórico, toda aquella que cuente con una recurrencia temporal superior o igual al 60%, considerándose así solamente las zonas que se presentan como parte estable (más del 60% de tiempo) de los sistemas.

### 3.4.2 Resultados

#### 3.4.2.1 Análisis de cuerpos de agua (NDWI)

La ubicación de cada uno de los sitios en análisis se muestra en las Figura 3.28 y Figura 3.29, dividiendo el área en dos subzonas para mejorar la visualización de los sistemas.

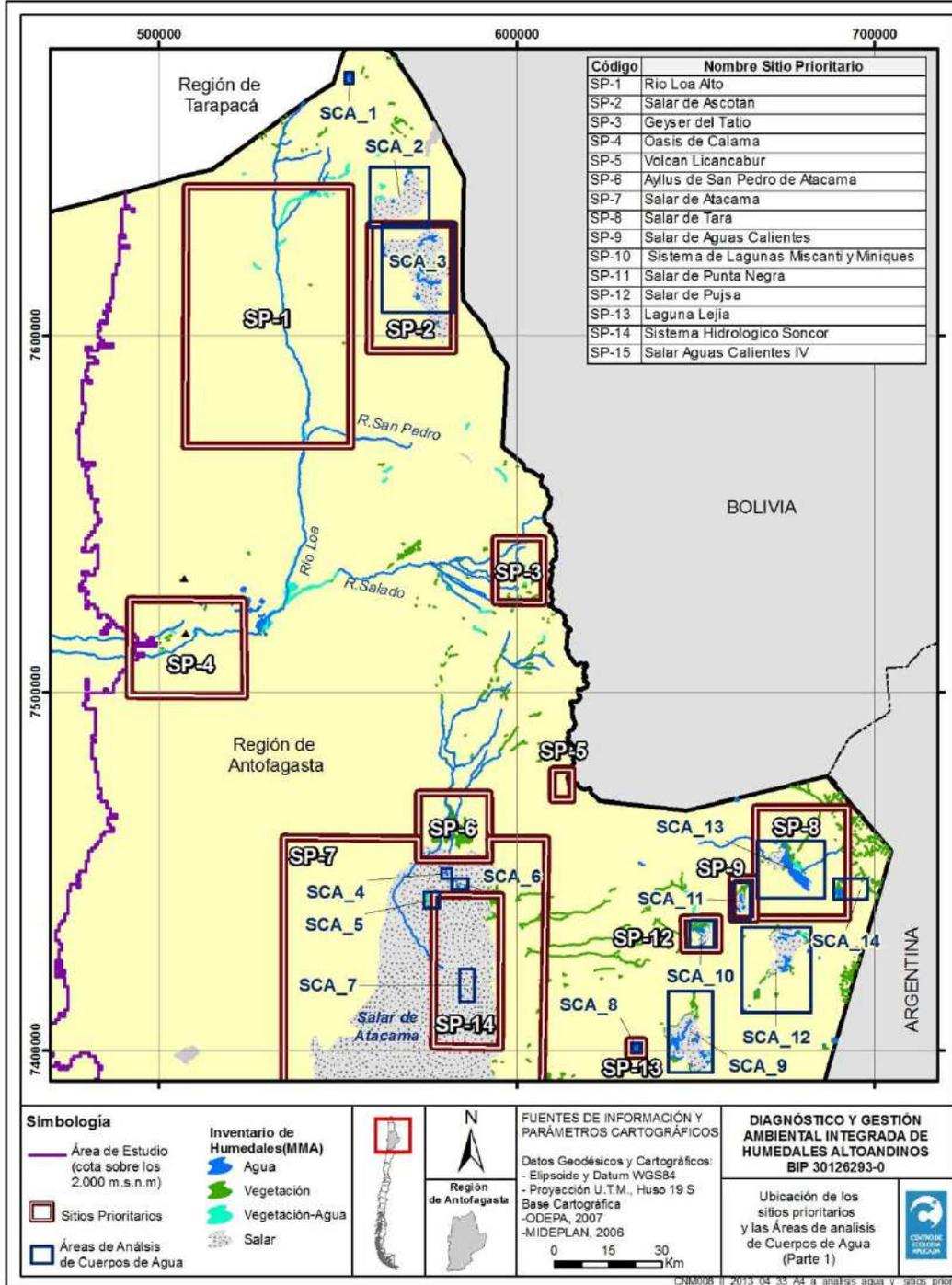


Figura 3.28 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona norte del área de estudio) .

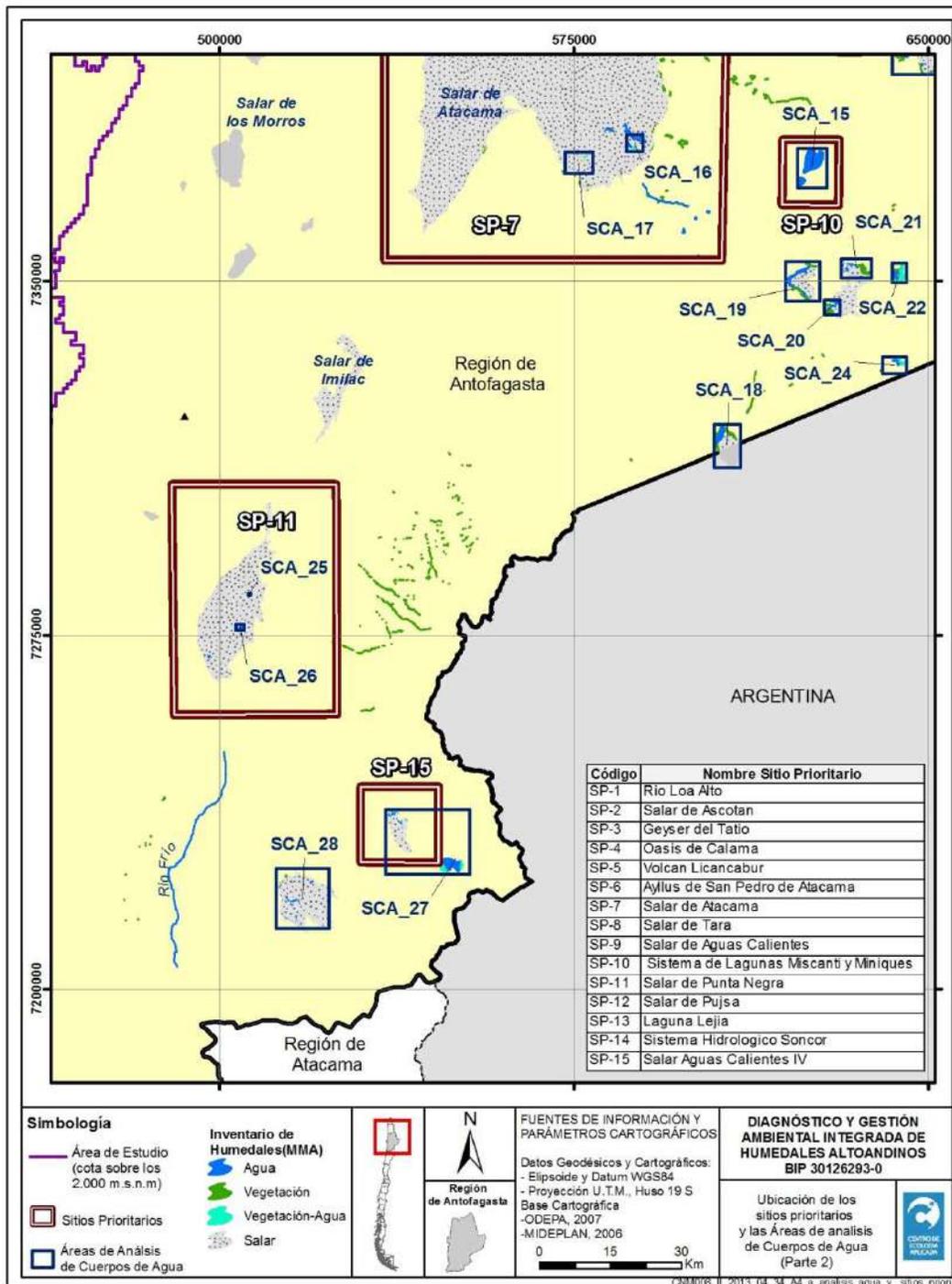


Figura 3.29 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de cuerpos de agua (zona sur del área de estudio) .

Primeramente, se realizó una estimación de las áreas medias de recurrencia histórica, definida como toda el área en la cual se detectó la presencia de agua un 10% o más del tiempo de la serie de tiempo histórica (desde 1985 a 2010). Estas áreas incluirían tanto al “núcleo” de cada sistema, el cual se presenta con una mayor estabilidad y presencia en el tiempo, como también el área de variación estacional. Las áreas determinadas ayudarán en la comprensión de la dinámica de los sistemas, en términos del reconocimiento de tendencias en las variaciones temporales.

Tras la identificación del área con recurrencia histórica igual o por sobre el 10%, se realizó el análisis de las recurrencias móviles de cada sitio. La recurrencia móvil es definida como la recurrencia que presenta cada subzona (pixel) para un período de 10 años contiguos. Así, se realiza el análisis para intervalos de 10 años, y se desplaza el rango en 1 año a la vez. De los resultados es posible ver el comportamiento del área durante ese rango, el cual se considera que cuenta con condiciones climáticas similares, o al menos, con una relación. Con la obtención de la recurrencia móvil es posible determinar las tendencias (si es que existen) de las áreas en estudio.

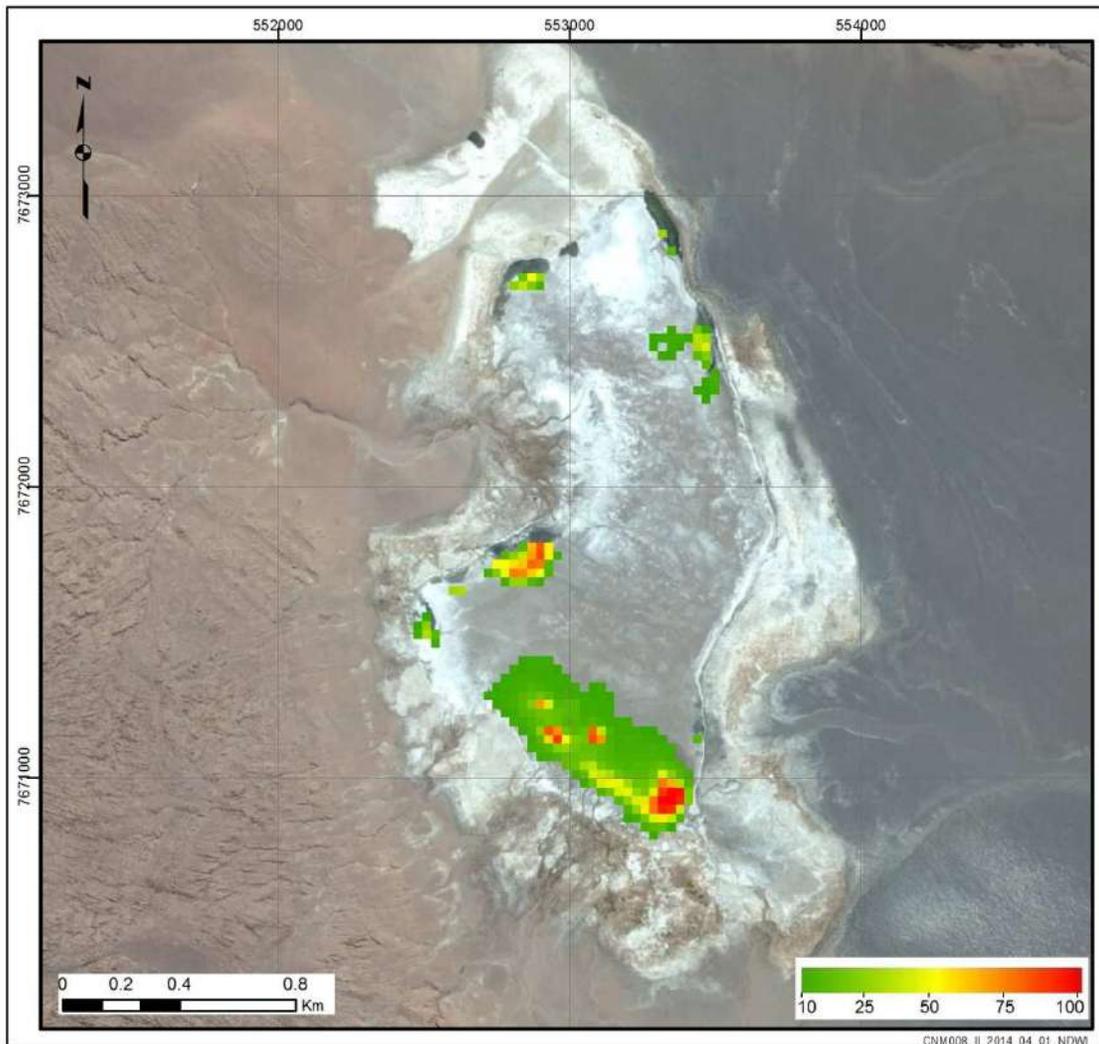
En la Figura 3.30 a Figura 3.57 se entrega una representación de la recurrencia histórica de cada uno de los sitios en análisis, entregándose la recurrencia local sólo para los valores iguales o mayores al 10% de recurrencia temporal. La inclusión de recurrencias de bajo valor, busca mostrar las áreas límites de los cuerpos de agua (bordes o halos), que presentan variaciones debido a estacionalidad o a otras causales. Junto con la representación, se entrega la recurrencia móvil de la serie histórica, de la cual es posible observar las tendencias de la cobertura de los cuerpos de agua. Cabe señalar que los valores de recurrencia mostrados en los resultados corresponden alcanzan el 100% de recurrencia, correspondiente a la detección de agua en toda la serie de imágenes utilizadas en el análisis.

Cabe señalar que, los resultados obtenidos para la variación de las áreas superficiales, serán interpretados de forma conjunta con la evaluación de presiones existentes en la zona más cercana y a distancia media de cada sistema. Lo anterior se justifica en que, no todos los sistemas mostraron comportamientos similares en la variación temporal, además de que existen grandes diferencias en los tamaños de los sistemas. Así, las tendencias y variaciones identificadas serán utilizadas como input en el diagnóstico de los sistemas.

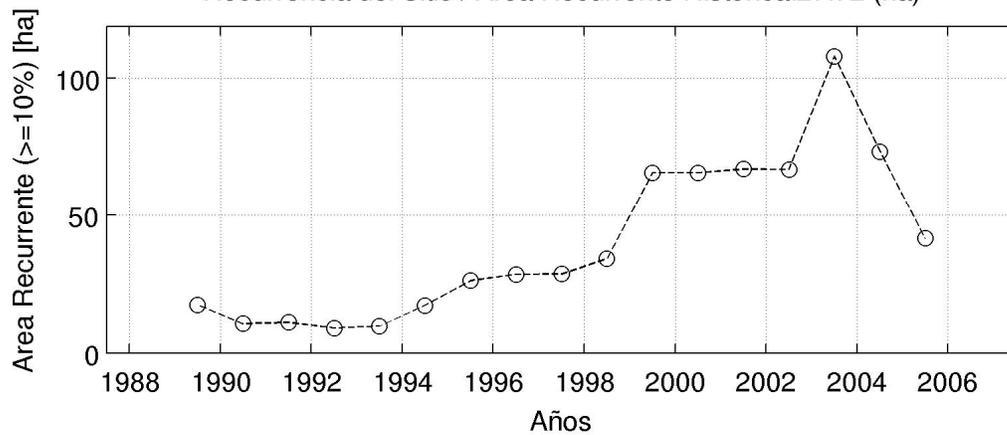
**Tabla 3.23.** Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área de cuerpo de agua en análisis.

<b>Sistema Cuerpos de Agua</b>				
<b>Código</b>	<b>Nombre y descripción otorgada en estudio</b>	<b>Área Recurrente Histórica (ha) (&gt;=10% del tiempo)</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
SCA_01	Lagunas Salar de Alconcha	27,72	553105,72	7671913,17
SCA_02	Lagunas Salar de San Martín o Carcote	185,58	567593,99	7637497,92
SCA_03	Lagunas Salar de Ascotán	1053,36	573800,69	7619904,99
SCA_04	Lagunas de Cejas Salar de Atacama	22,5	580467,75	7449115,49
SCA_05	Laguna Tebinquiche Salar de Atacama	216	576196,10	7441937,63
SCA_06	Laguna Yona Grande Salar de Atacama	24,93	583769,01	7446131,58
SCA_07	Lagunas Chaxa y Barros Negros Salar de Atacama	221,22	586181,78	7418316,43
SCA_08	Laguna Lejía	213,48	633404,54	7400793,36
SCA_09	Laguna Salar de Aguas Calientes, cercana Laguna Lejía	3875,04	648545,30	7402372,04
SCA_10	Laguna Salar de Pujsa	927,63	652200,22	7432558,15
SCA_11	Laguna Salar de Aguas Calientes I	565,74	663072,87	7441613,33
SCA_12	Lagunas Salar de Loyoques o Quisquiro	242,55	673752,37	7424963,52
SCA_13	Laguna Salar de Tara	3117,51	677987,04	7450730,81
SCA_14	Laguna Helada	193,86	692175,62	7444548,54
SCA_15	Lagunas Miscanti y Miñiques	1462,77	625291,71	7374718,35
SCA_16	Laguna Salada Salar de Atacama	18,36	587857,34	7379095,59
SCA_17	Lagunas La Punta y La Brava Salar de Atacama	55,08	575987,58	7374836,39
SCA_18	Laguna Salar de Pular	287,82	607522,95	7315008,46
SCA_19	Lagunas Salar de Capur	194,58	623811,74	7349962,90
SCA_20	Laguna Salar de Talar	62,91	629779,60	7344377,91
SCA_21	Laguna Salar de Aguas Calientes	180,18	634402,93	7352478,23
SCA_22	Laguna Tuyajto	264,42	643799,54	7351439,66
SCA_23	Laguna Salar El Laco	223,38	662157,68	7360998,48
SCA_24	Laguna Salar de Incahuasi	45,81	643352,71	7332197,21

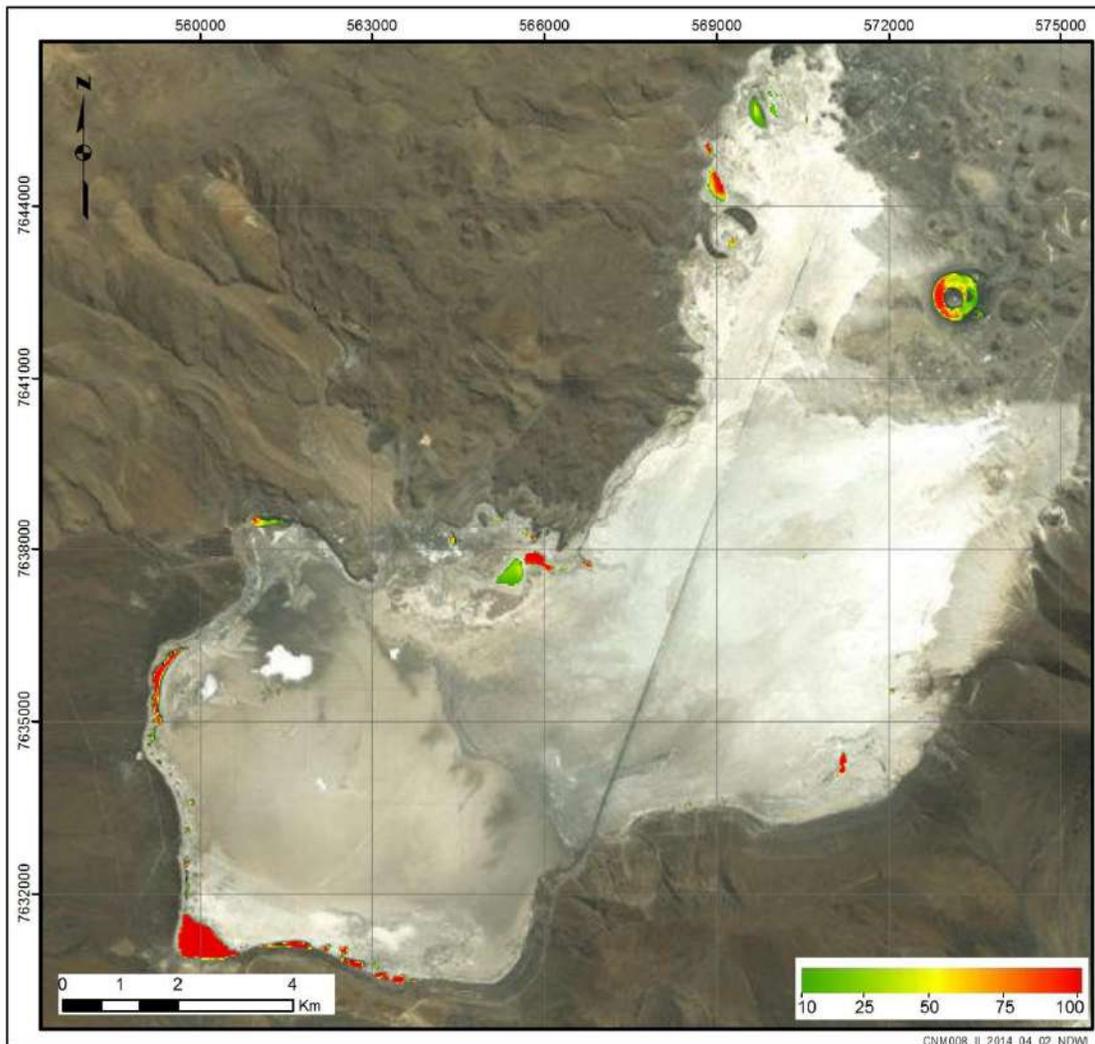
<b>Sistema Cuerpos de Agua</b>				
<b>Código</b>	<b>Nombre y descripción otorgada en estudio</b>	<b>Área Recurrente Histórica (ha) (&gt;=10% del tiempo)</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
SCA_25	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-2	2,97	506343,66	7283691,80
SCA_26	Salar de Punta Negra, Sistema VCL-3	21,51	504341,00	7276682,10
SCA_27	Laguna Salar de Aguas Calientes VI y Laguna de la Azufrera	1294,38	542014,99	7230201,02
SCA_28	Laguna Salar de Pajonales	228,87	517756,13	7218818,02



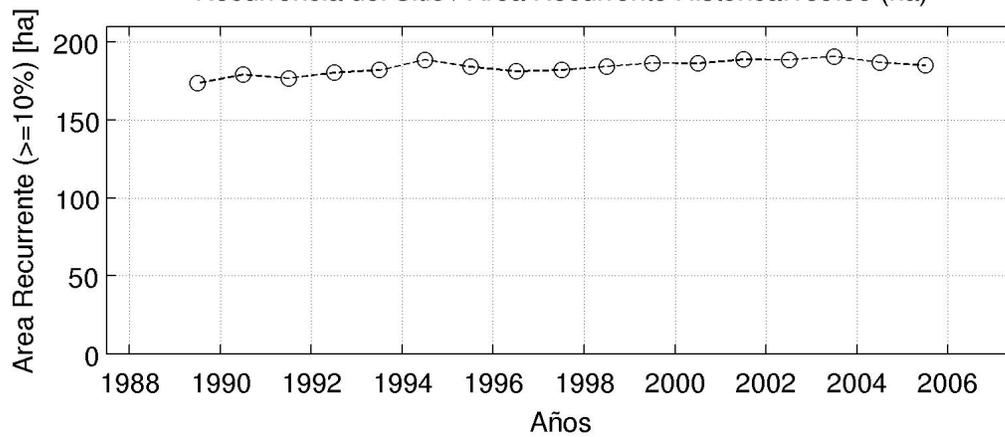
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 27.72 (ha)



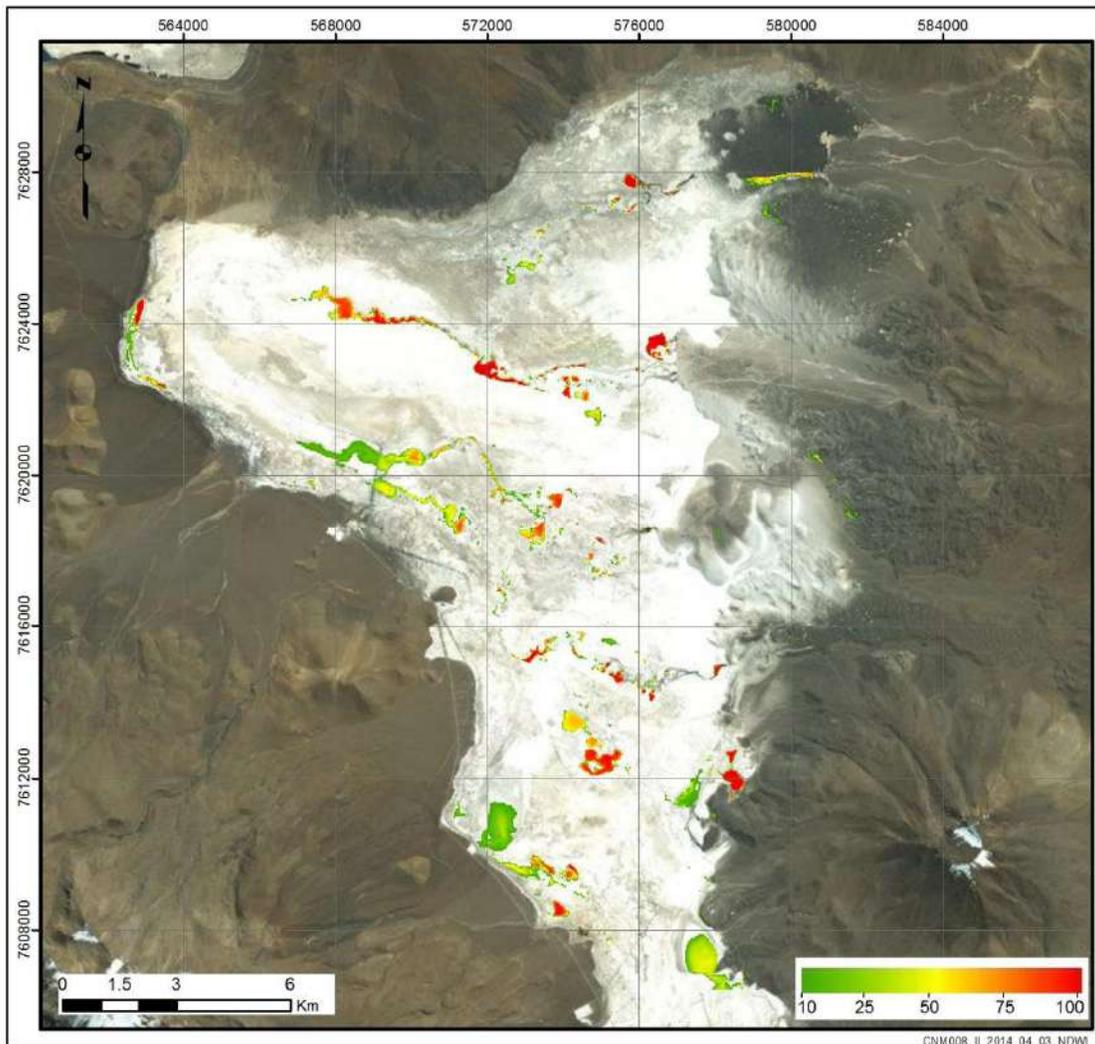
**Figura 3.30** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-1.



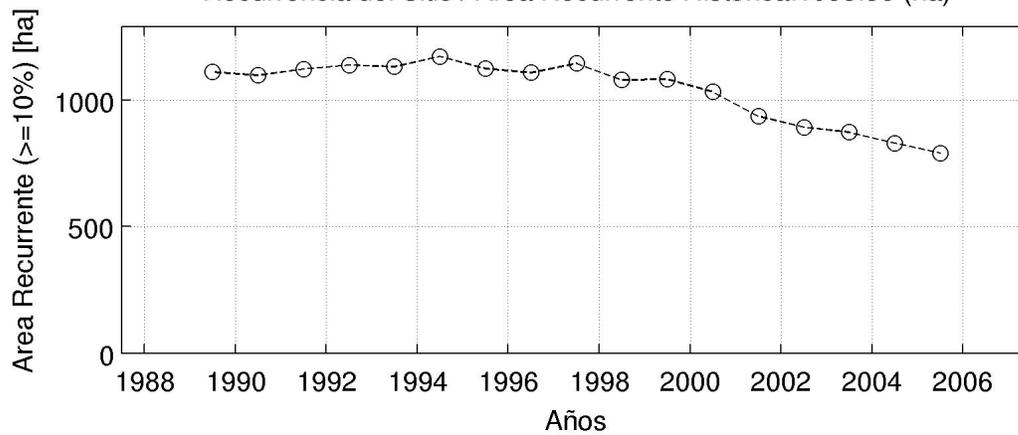
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 185.58 (ha)



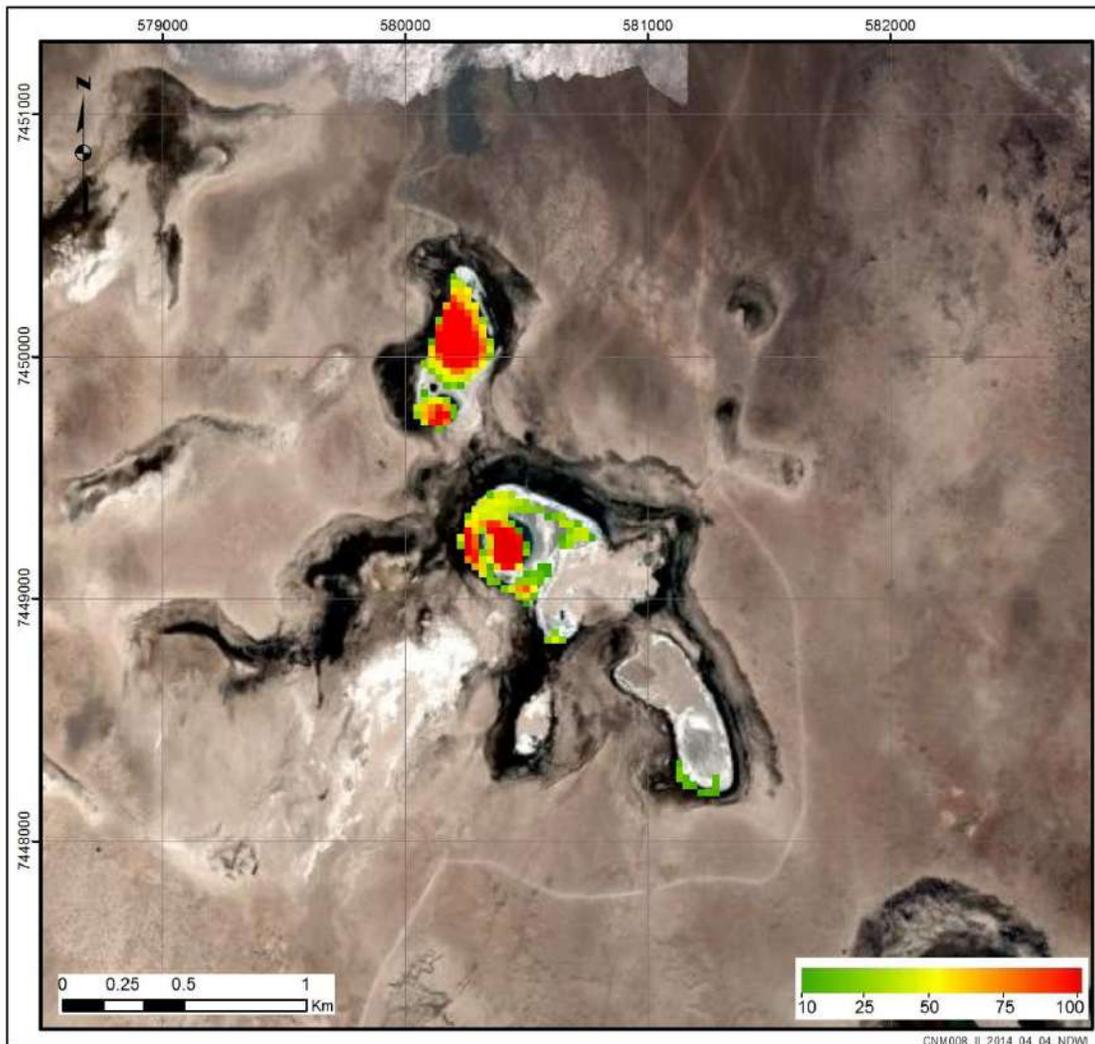
**Figura 3.31** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-2.



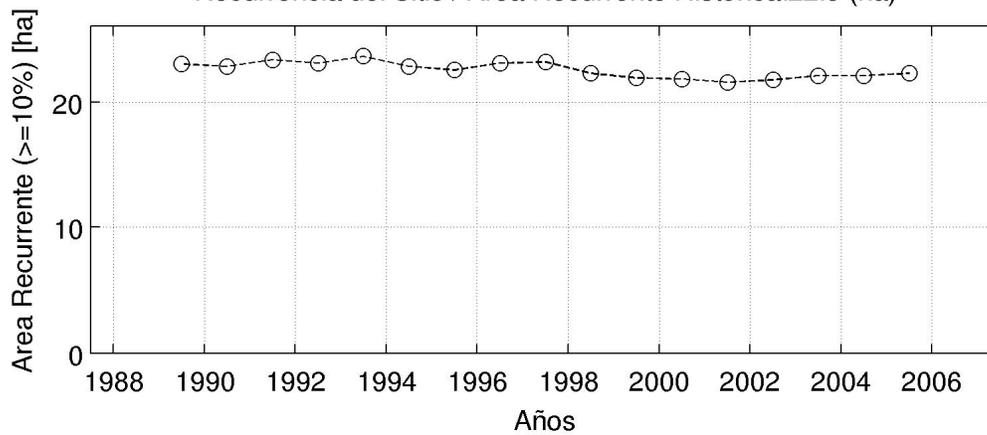
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 1053.36 (ha)



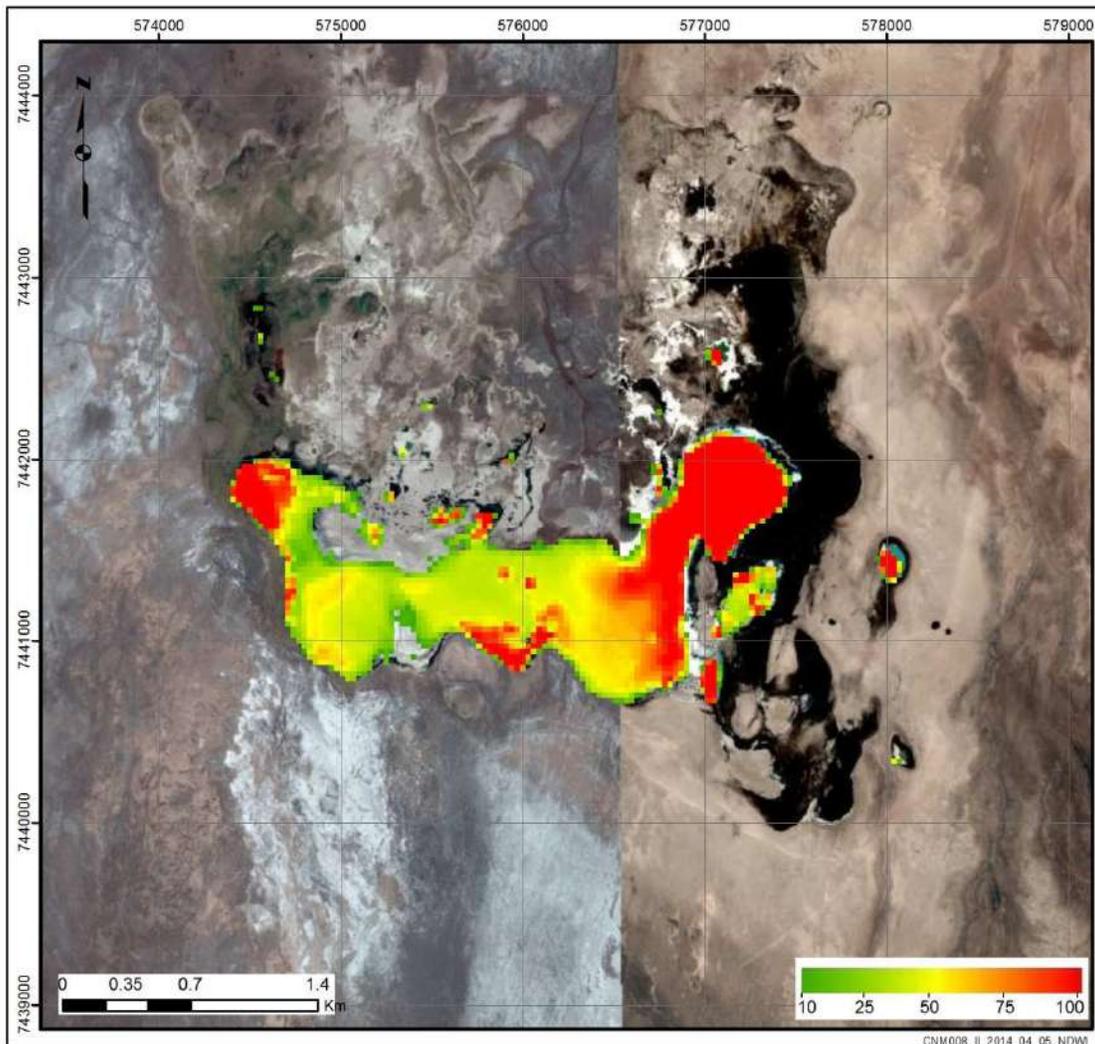
**Figura 3.32** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-3.



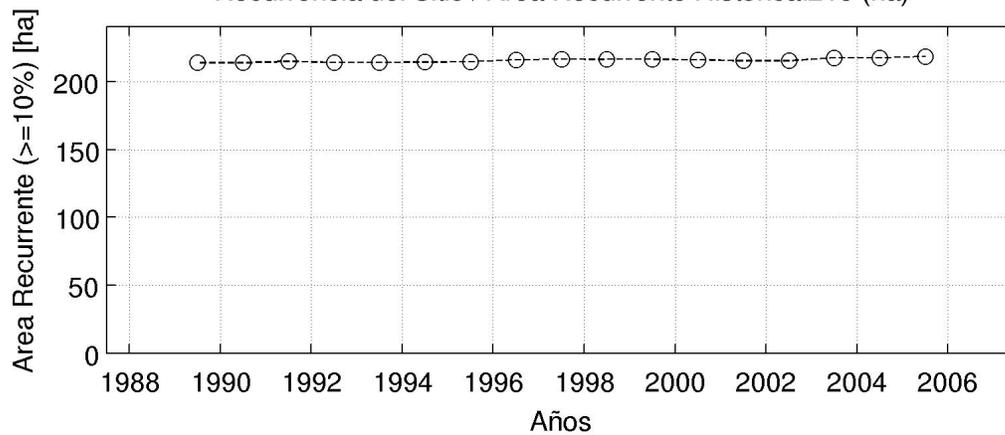
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:22.5 (ha)



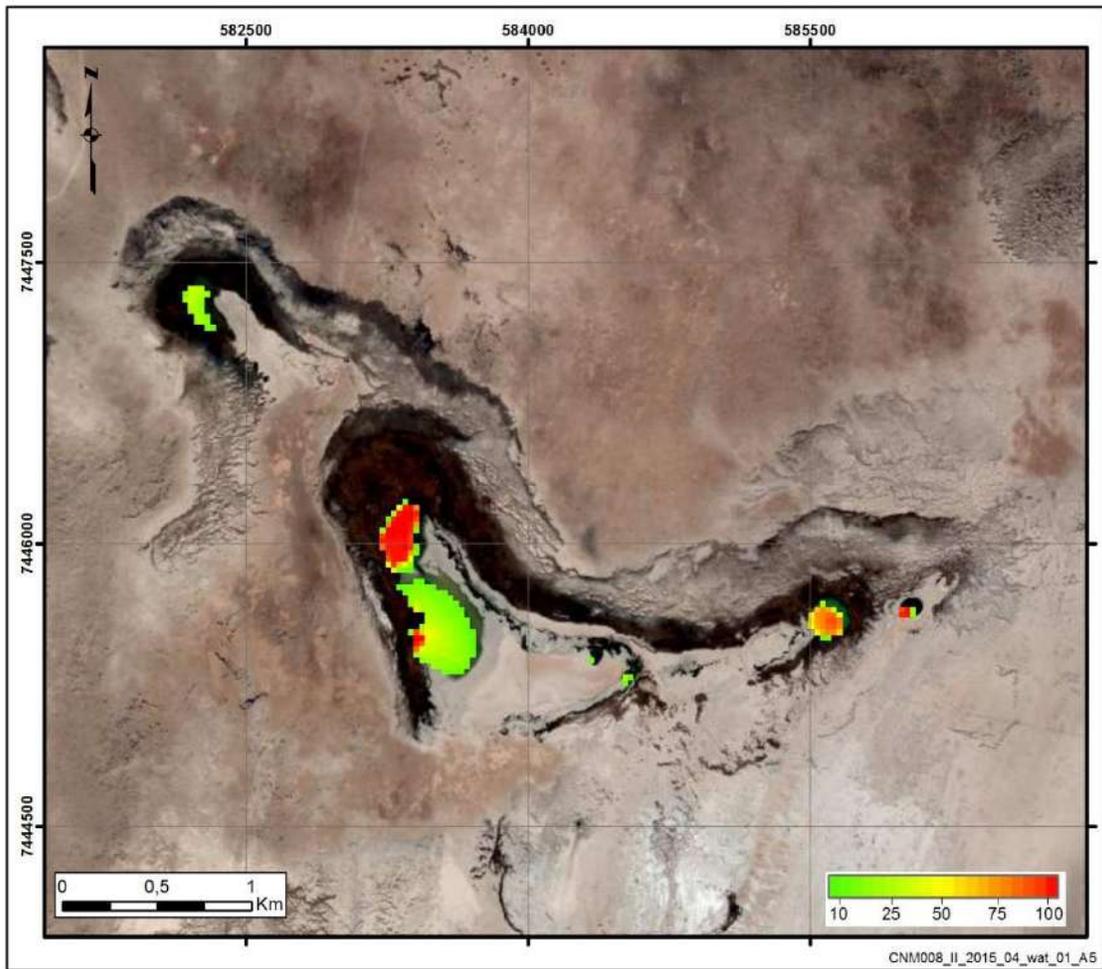
**Figura 3.33** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-4.



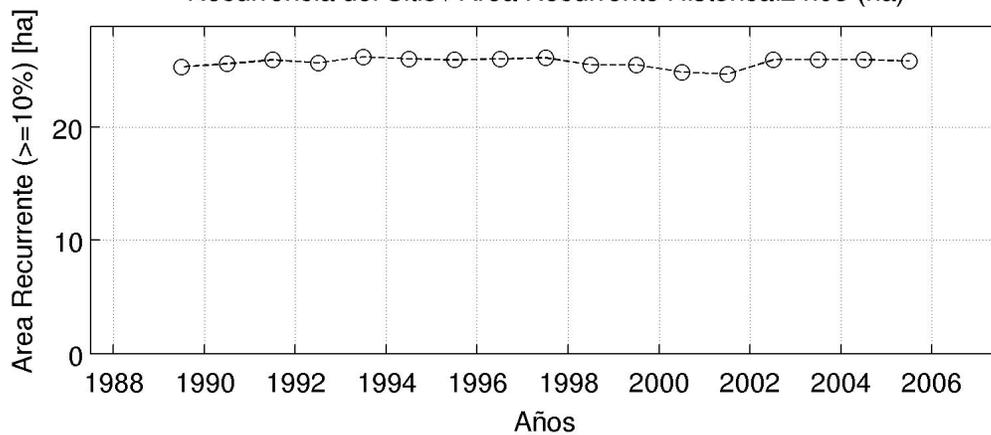
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:216 (ha)



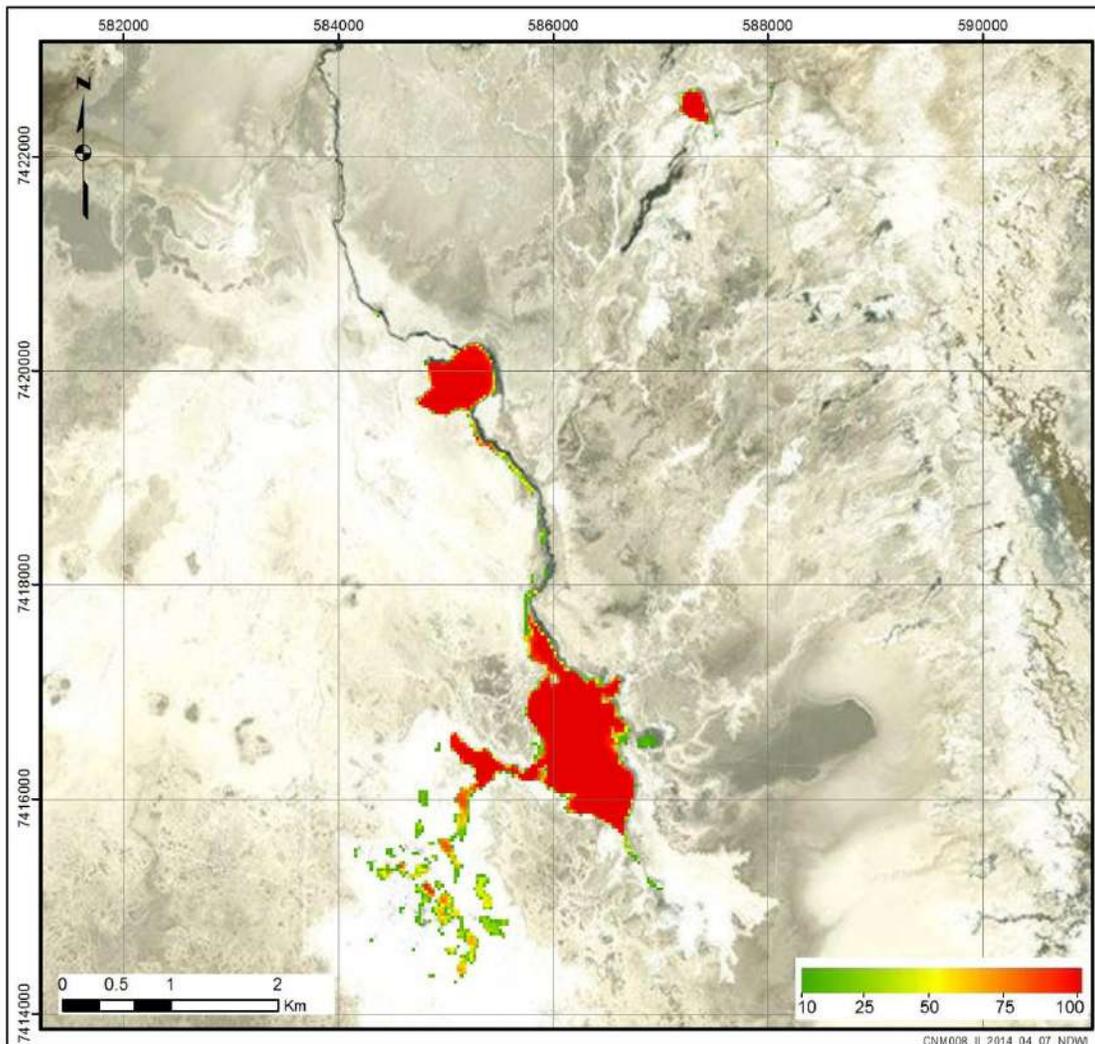
**Figura 3.34** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-5.



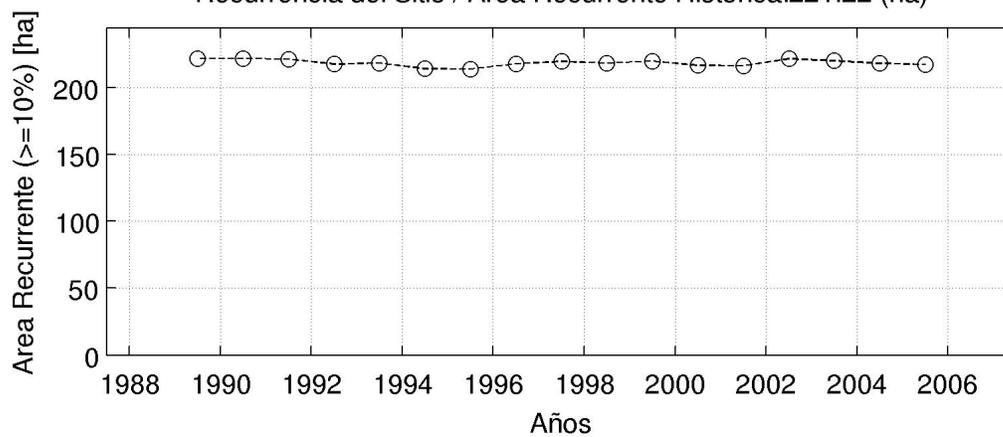
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 24.93 (ha)



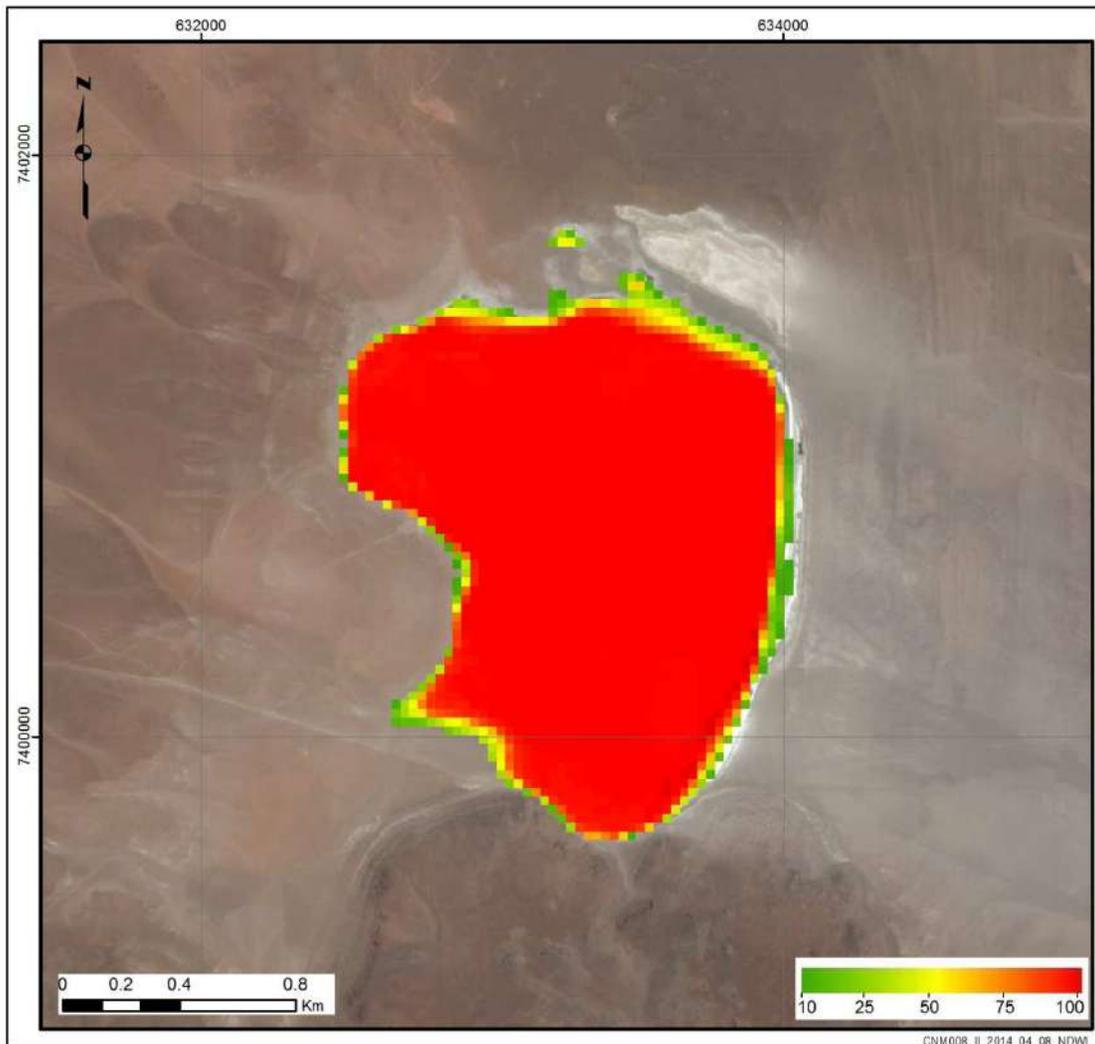
**Figura 3.35** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-6.



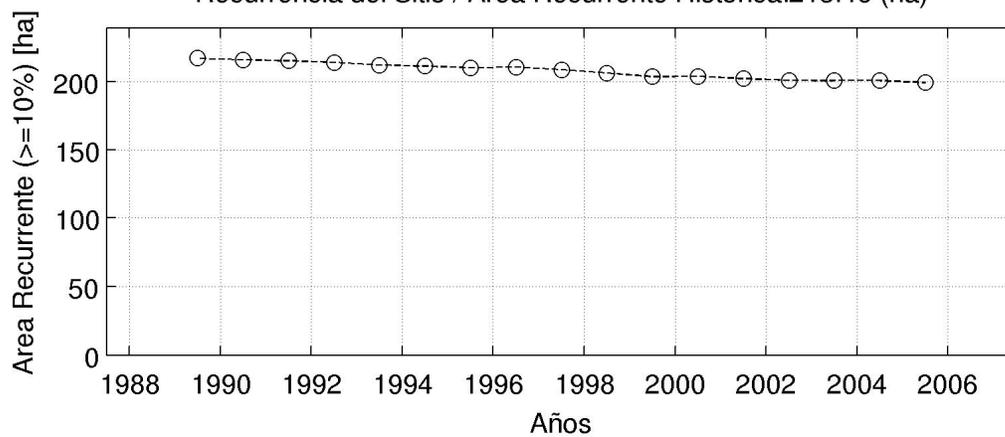
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 221.22 (ha)



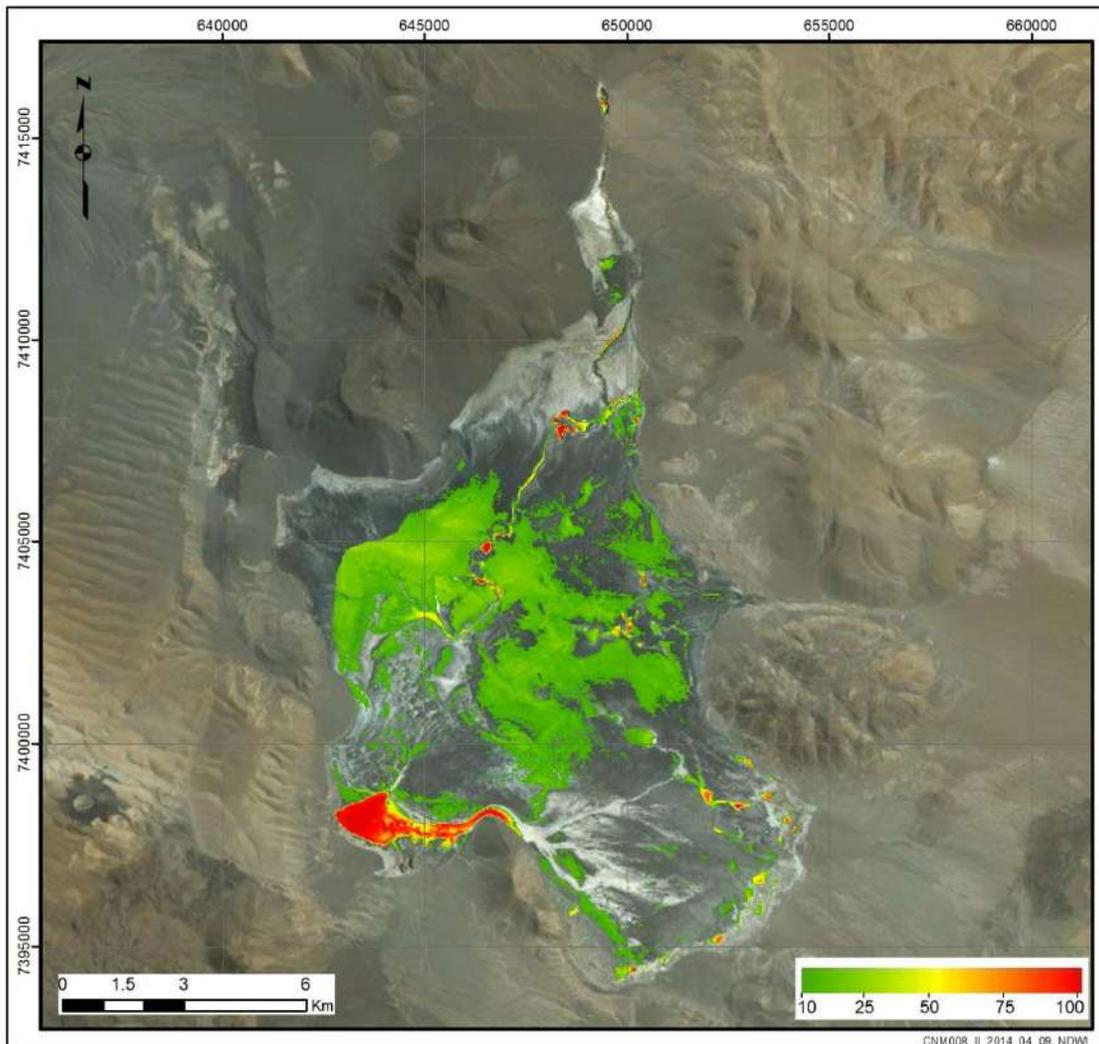
**Figura 3.36** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-7.



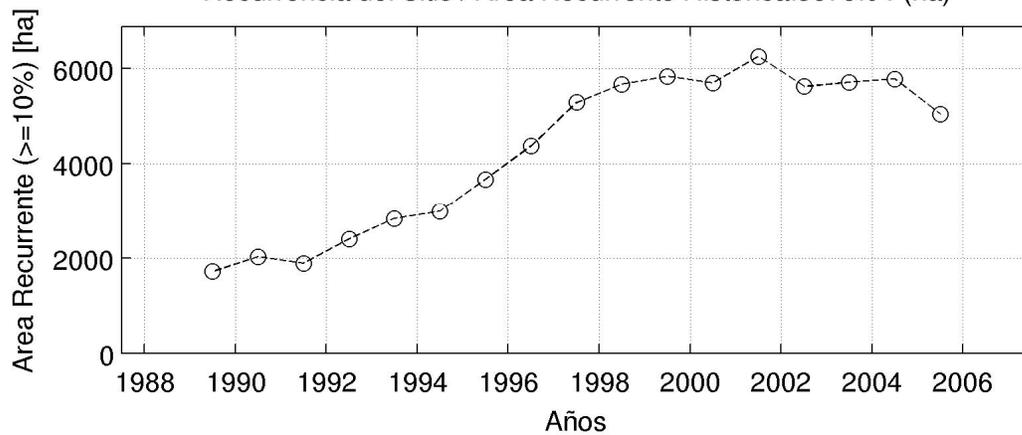
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 213.48 (ha)



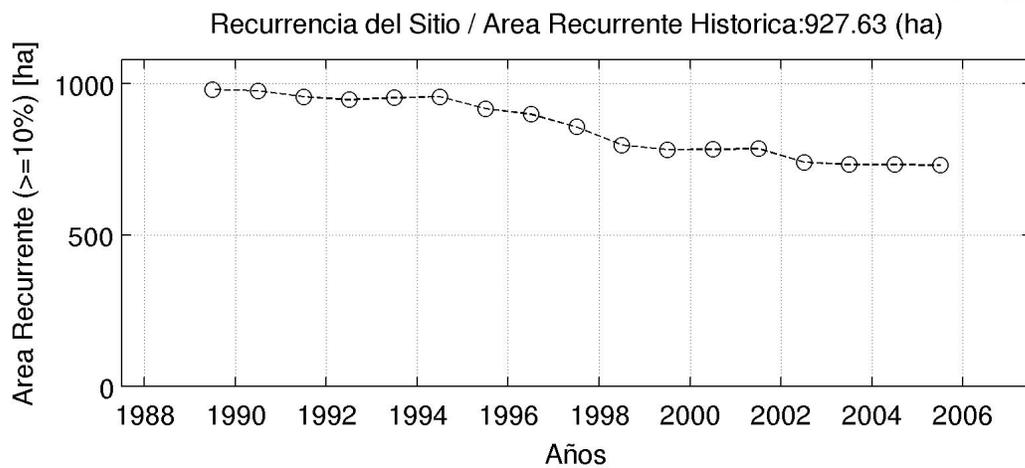
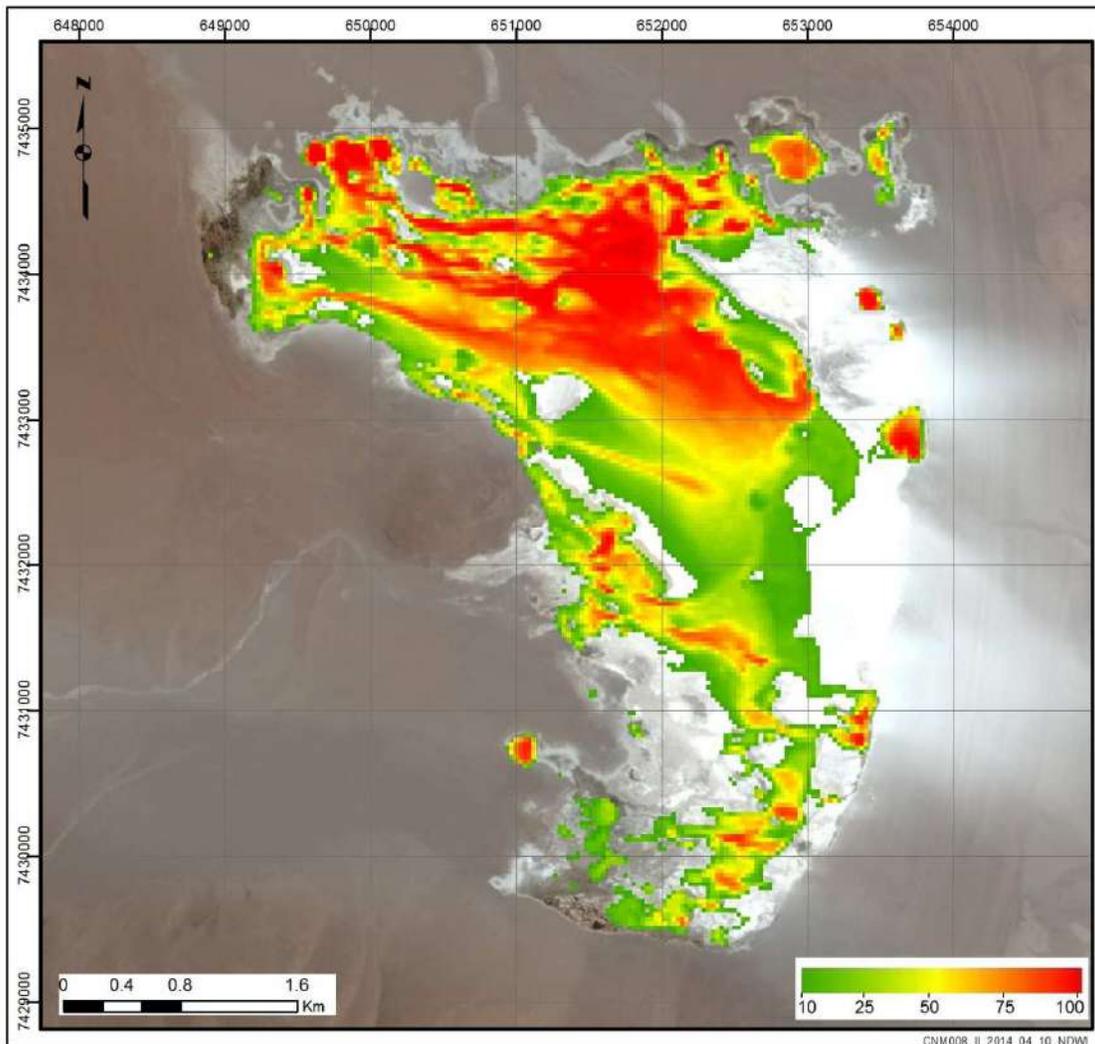
**Figura 3.37** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-8.



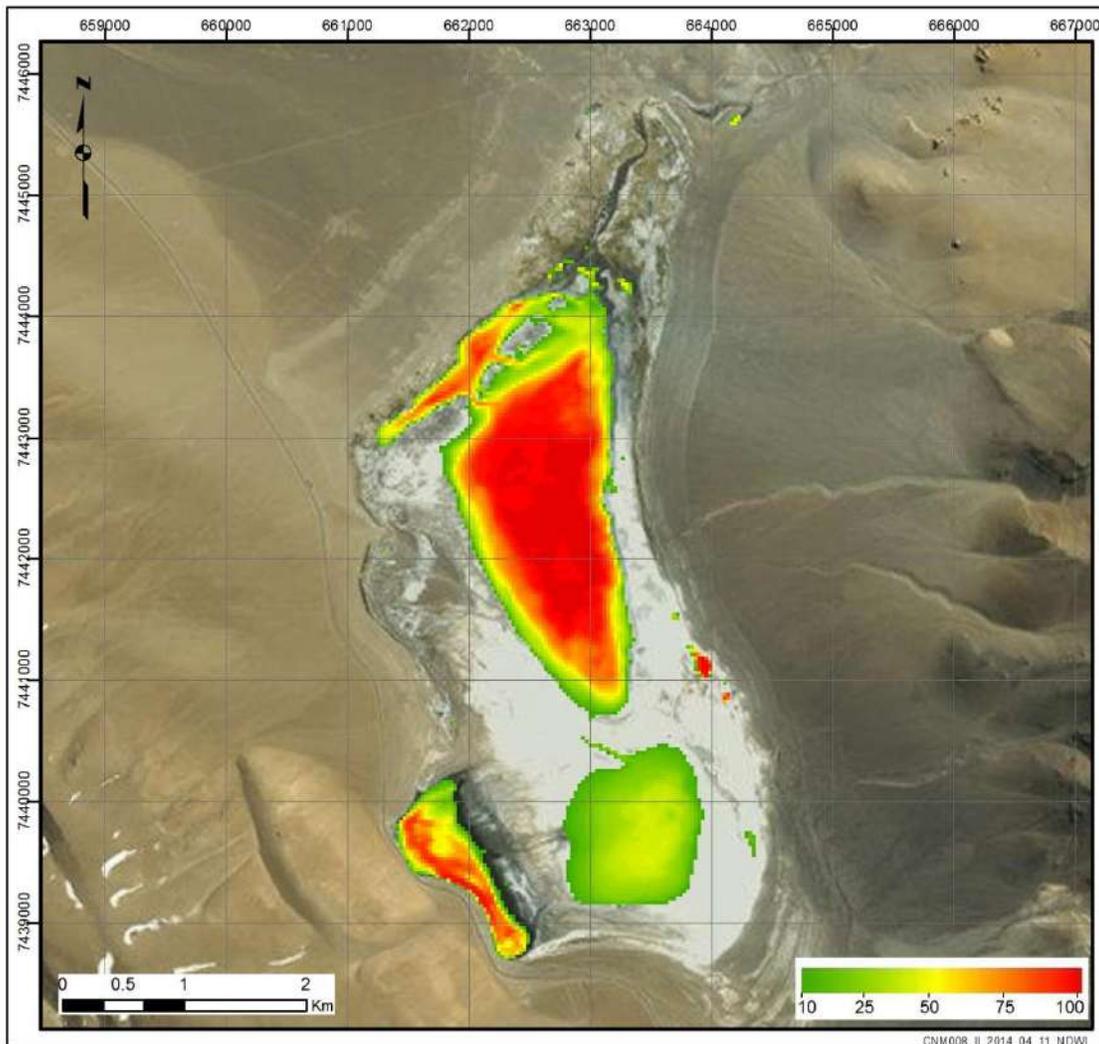
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 3875.04 (ha)



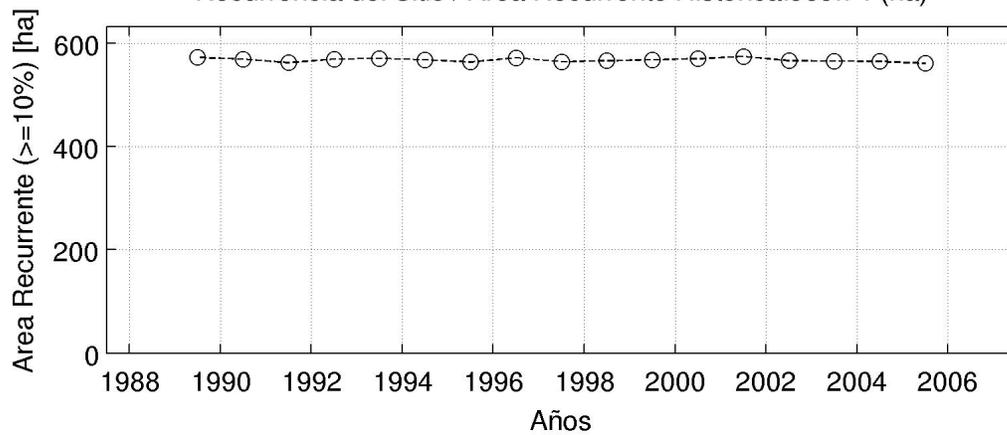
**Figura 3.38** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-9.



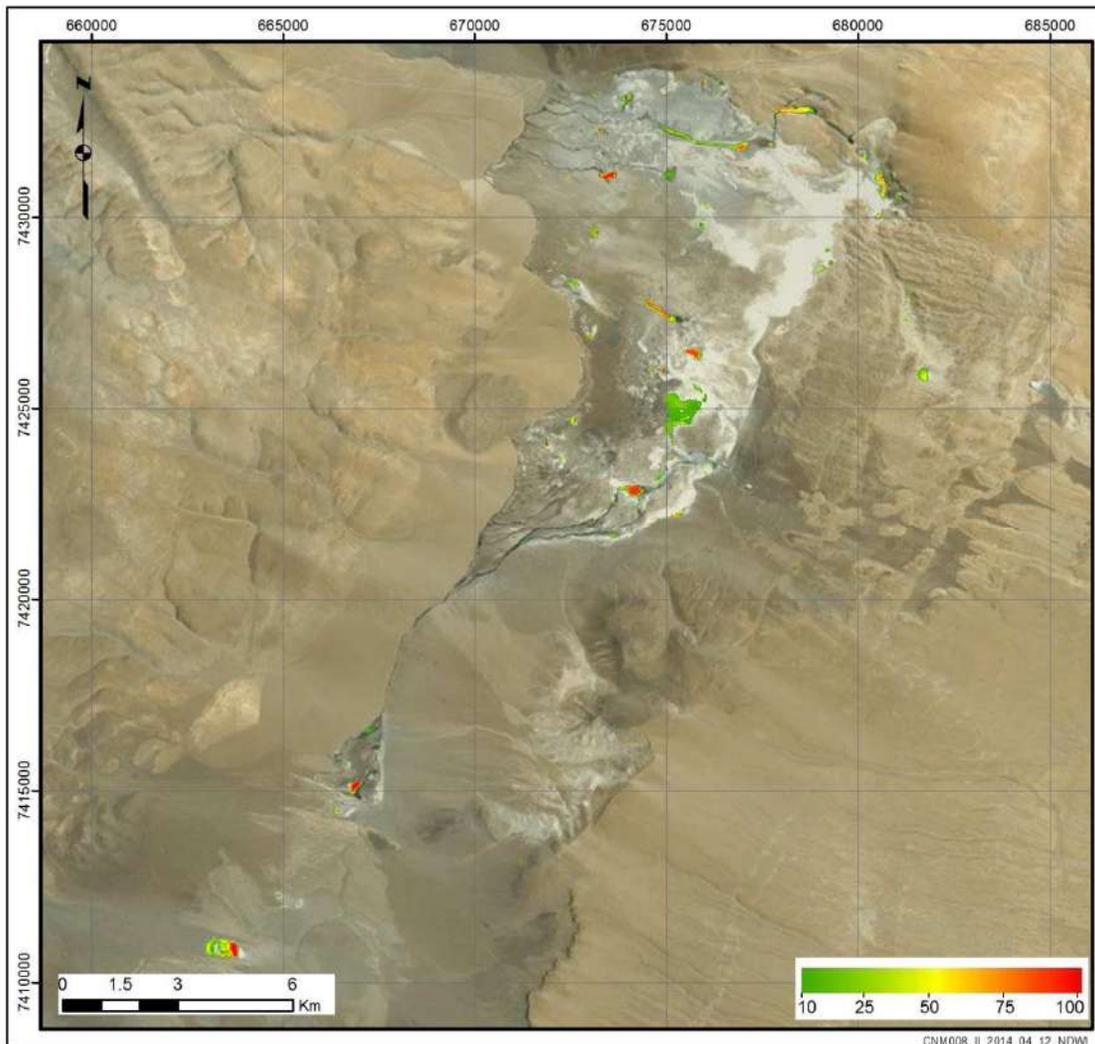
**Figura 3.39** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-10.



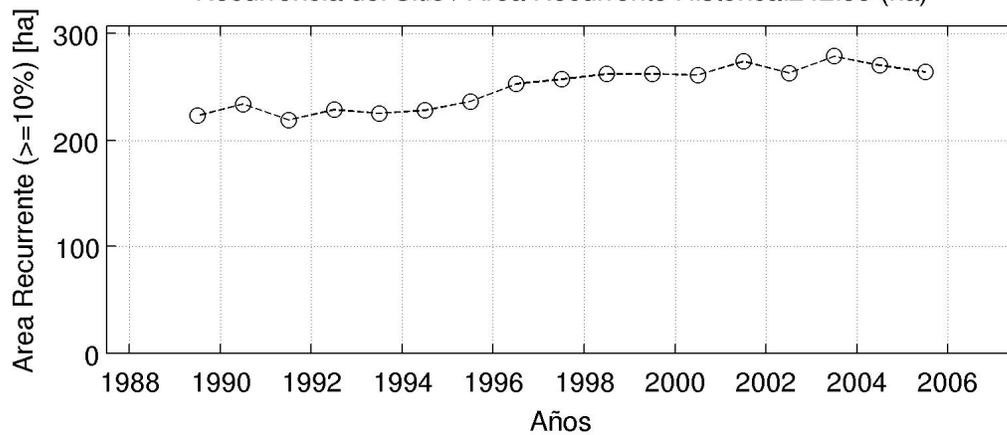
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:565.74 (ha)



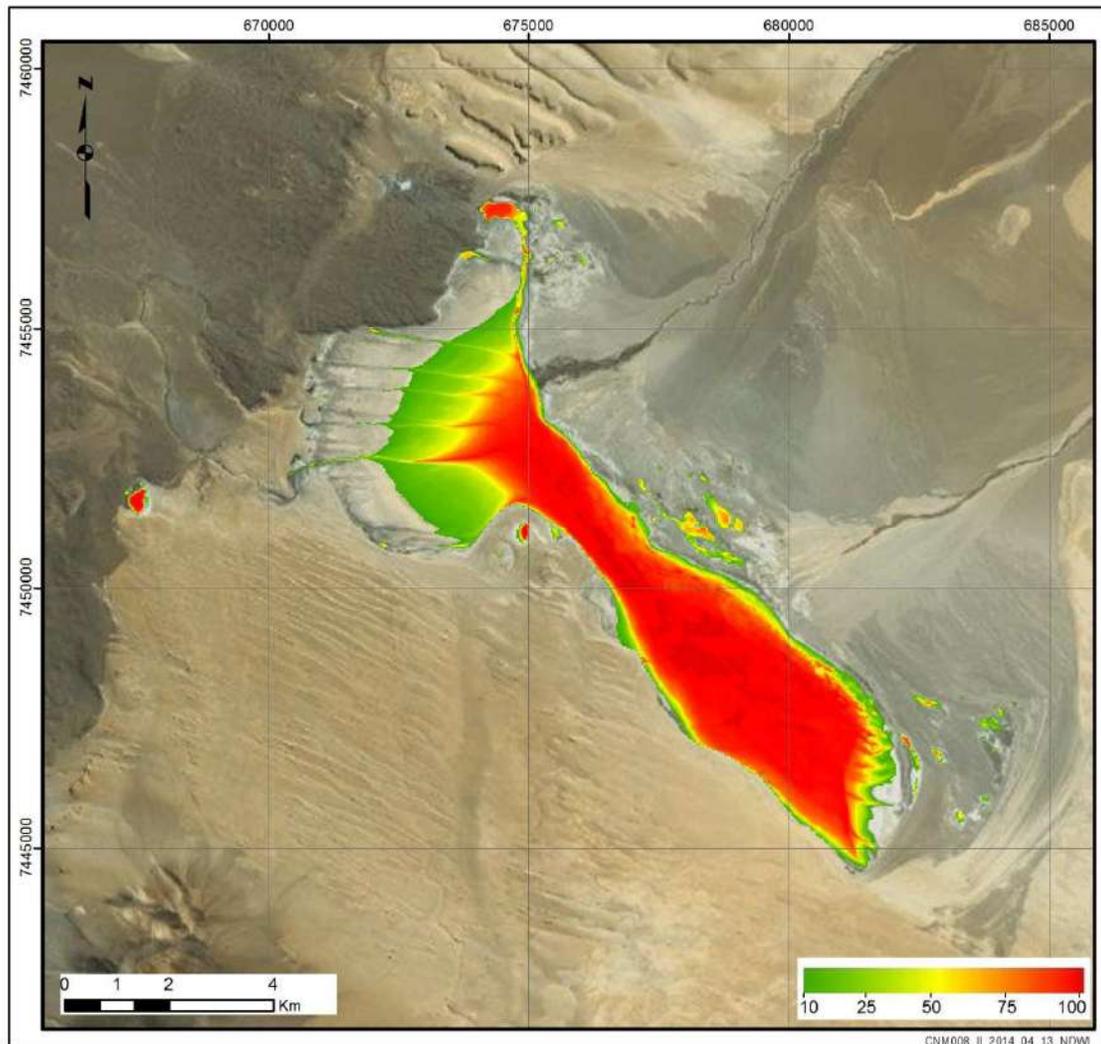
**Figura 3.40** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-11.



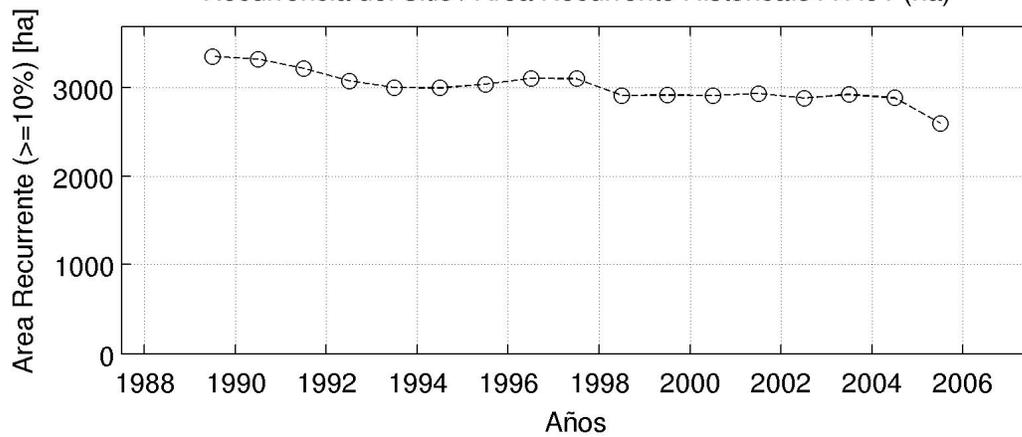
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 242.55 (ha)



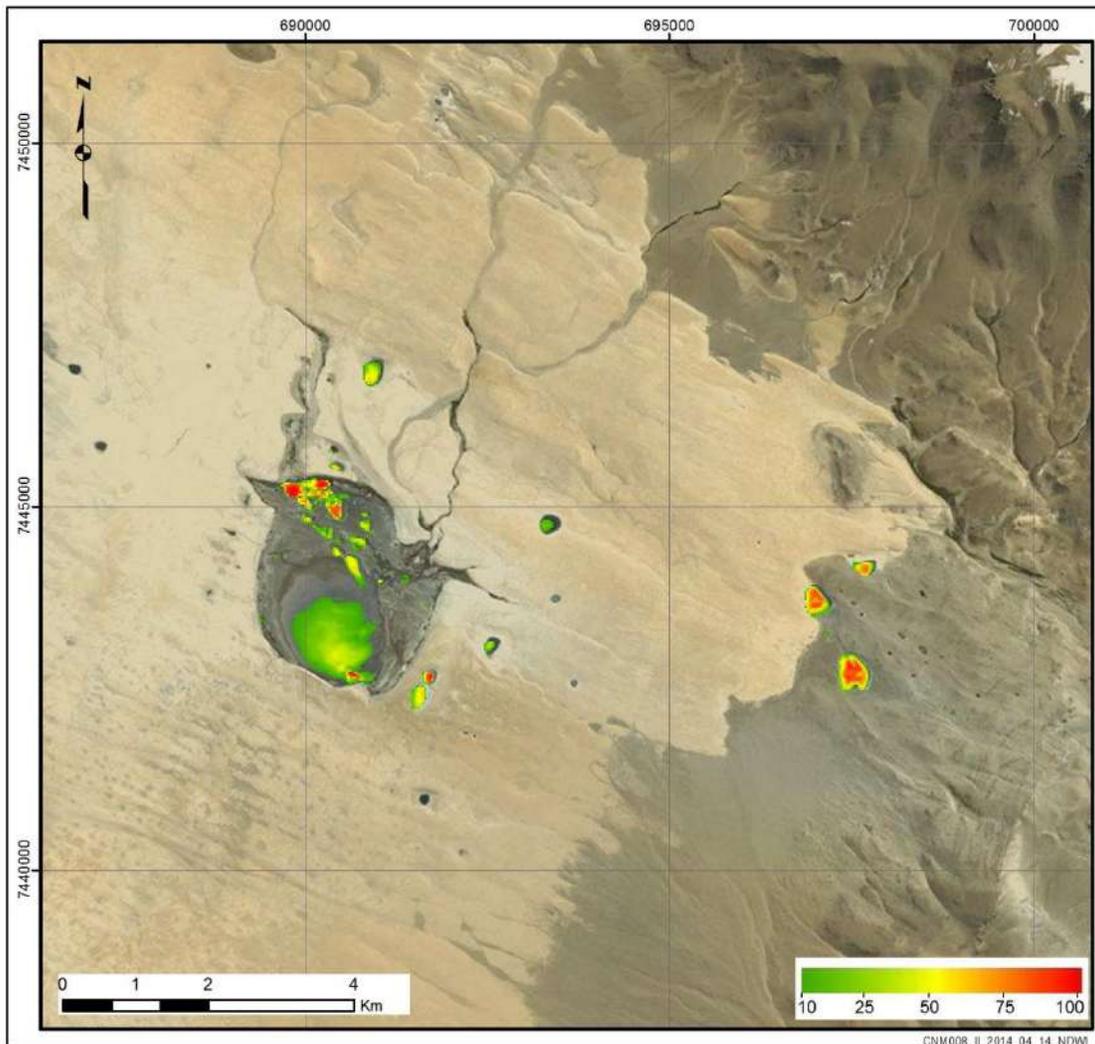
**Figura 3.41** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-12.



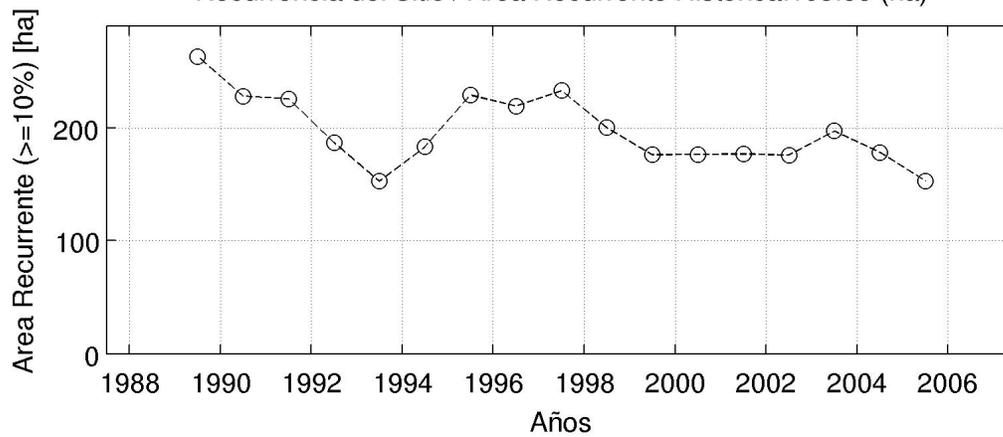
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Historica: 3117.51 (ha)



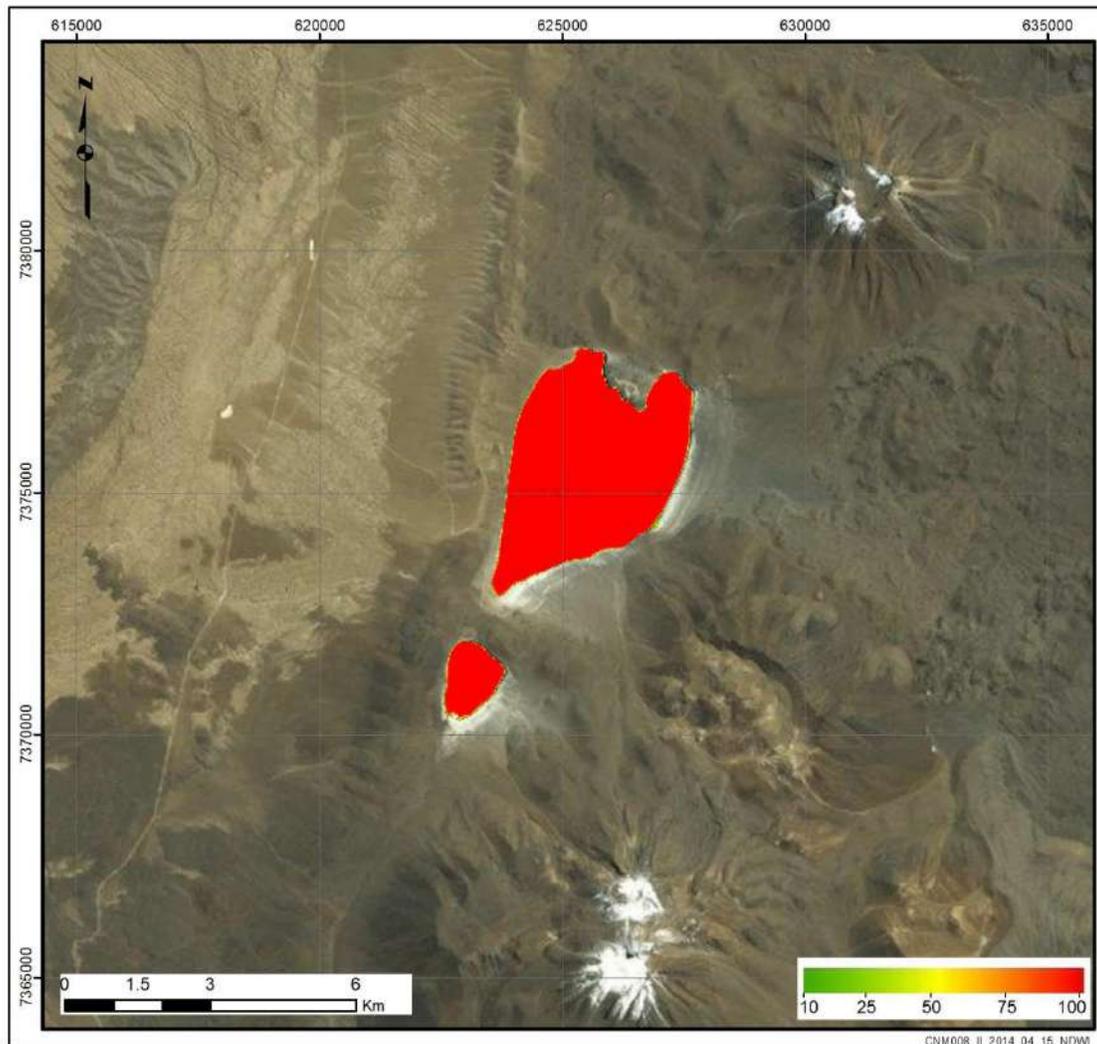
**Figura 3.42** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-13.



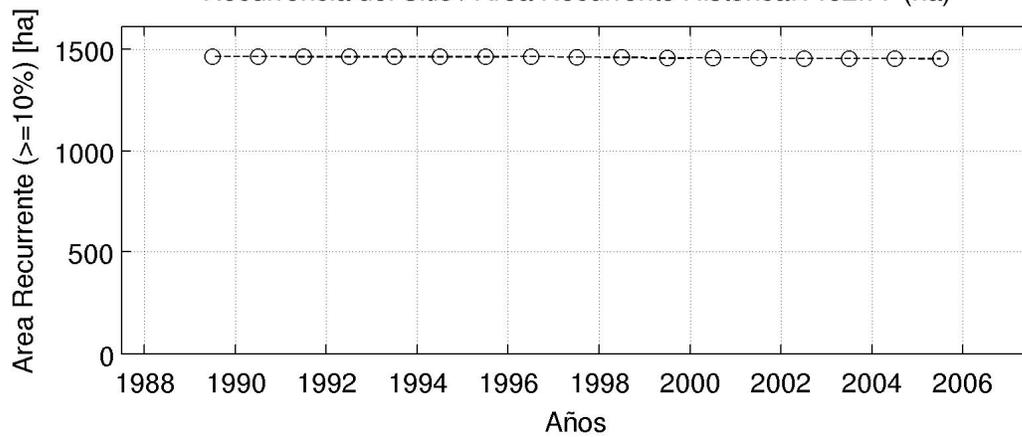
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 193.86 (ha)



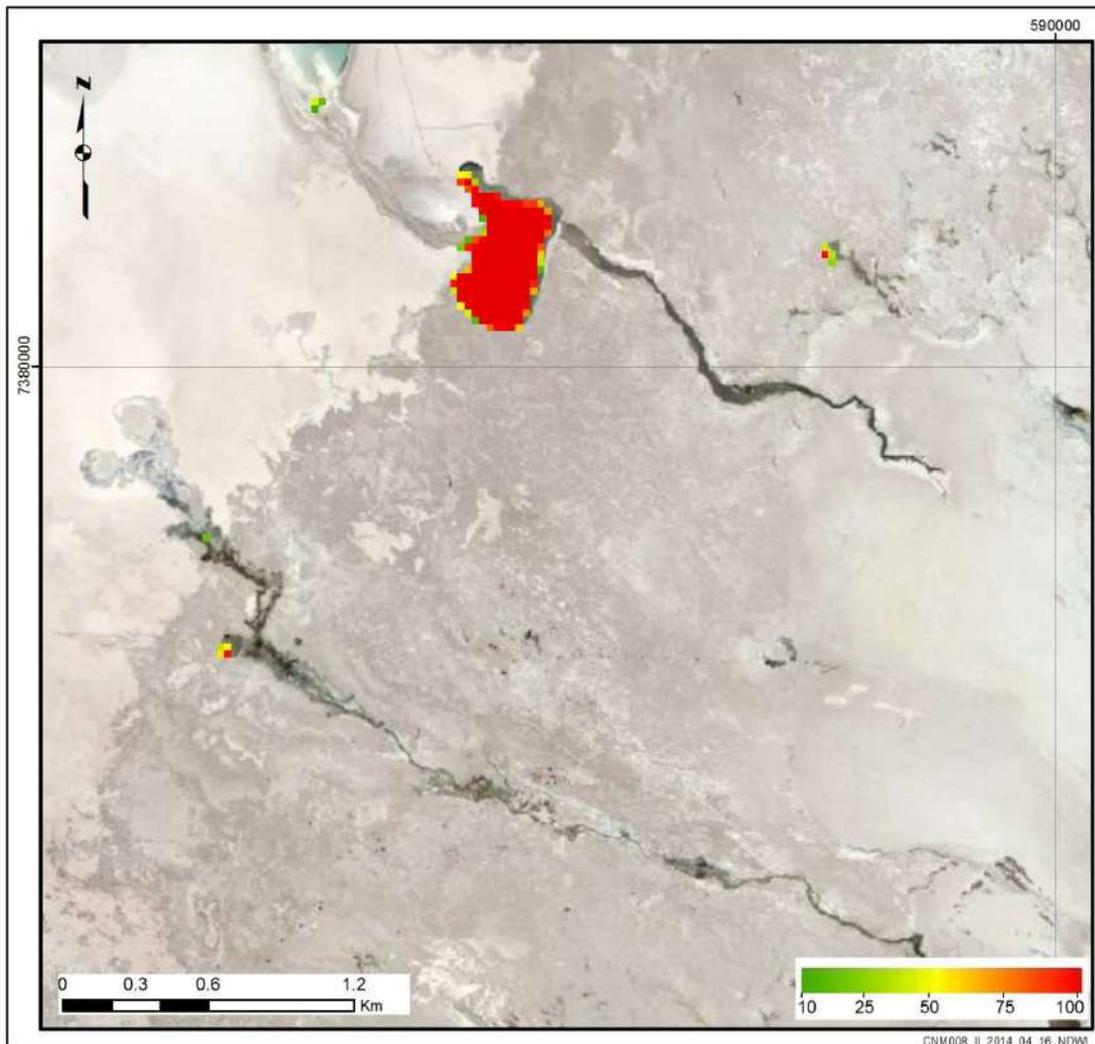
**Figura 3.43** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-14.



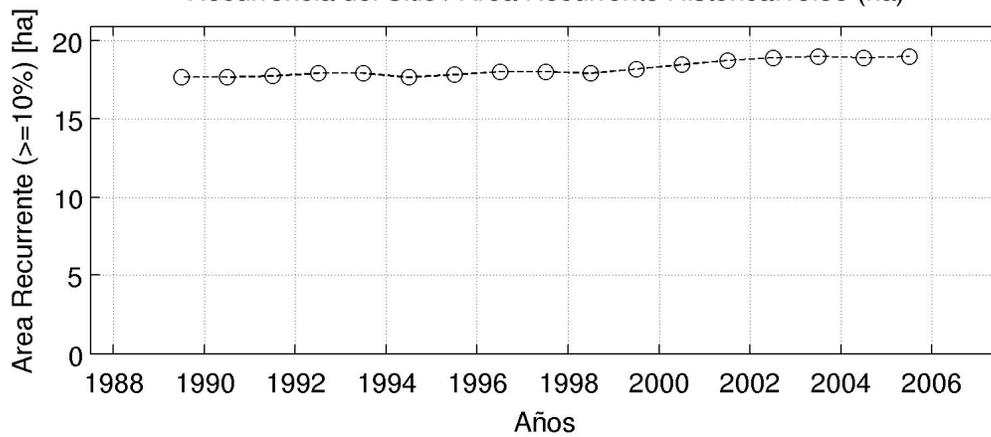
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:1462.77 (ha)



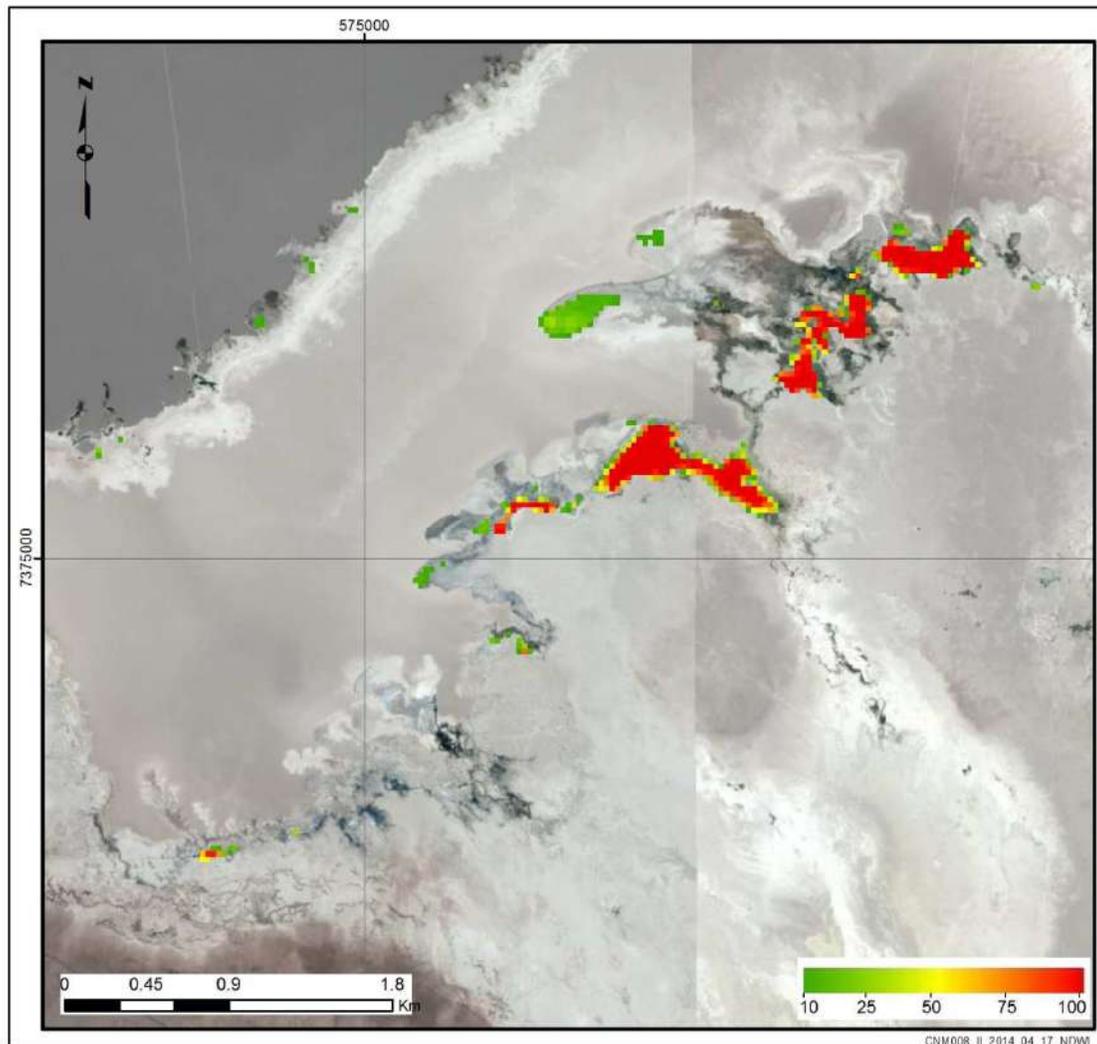
**Figura 3.44** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-15.



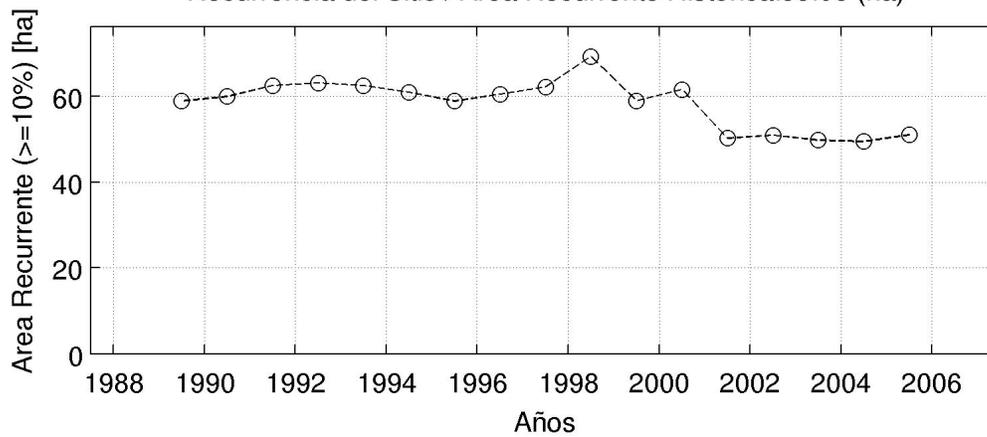
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 18.36 (ha)



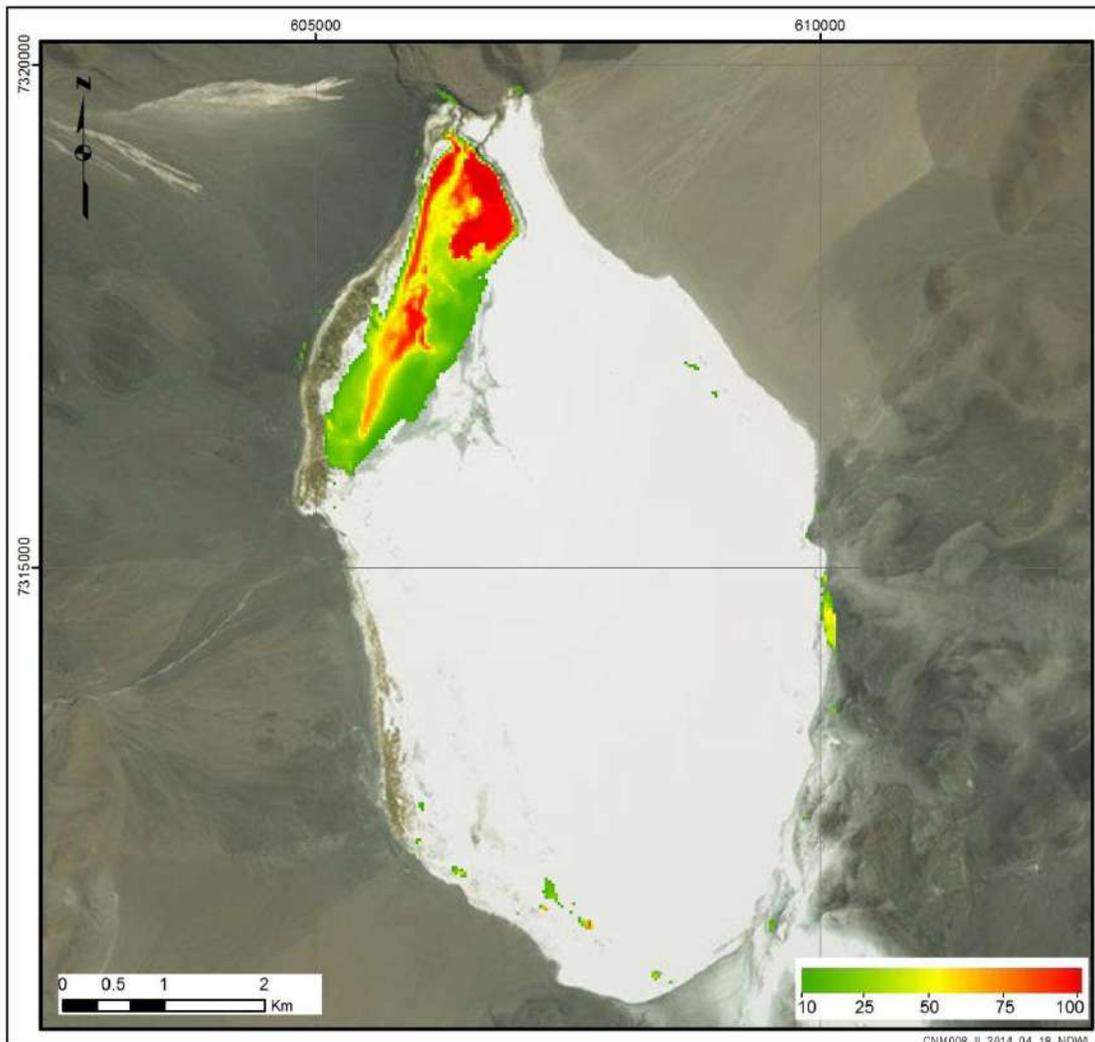
**Figura 3.45** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-16.



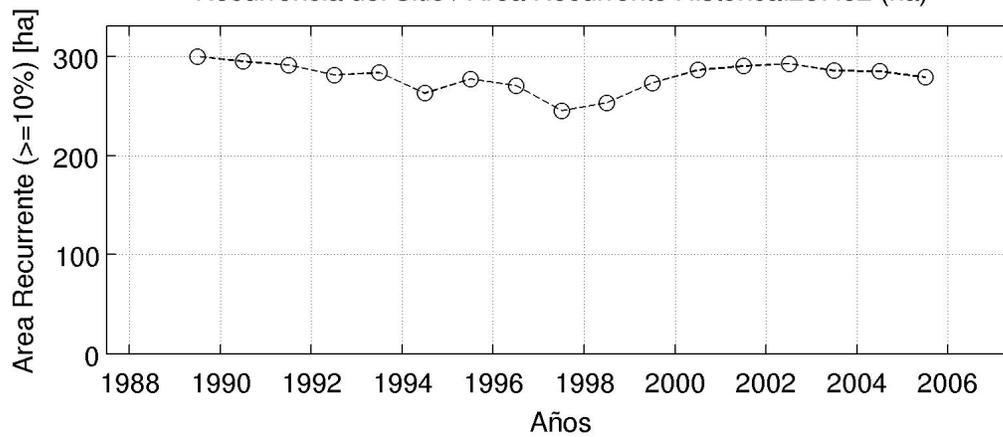
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:55.08 (ha)



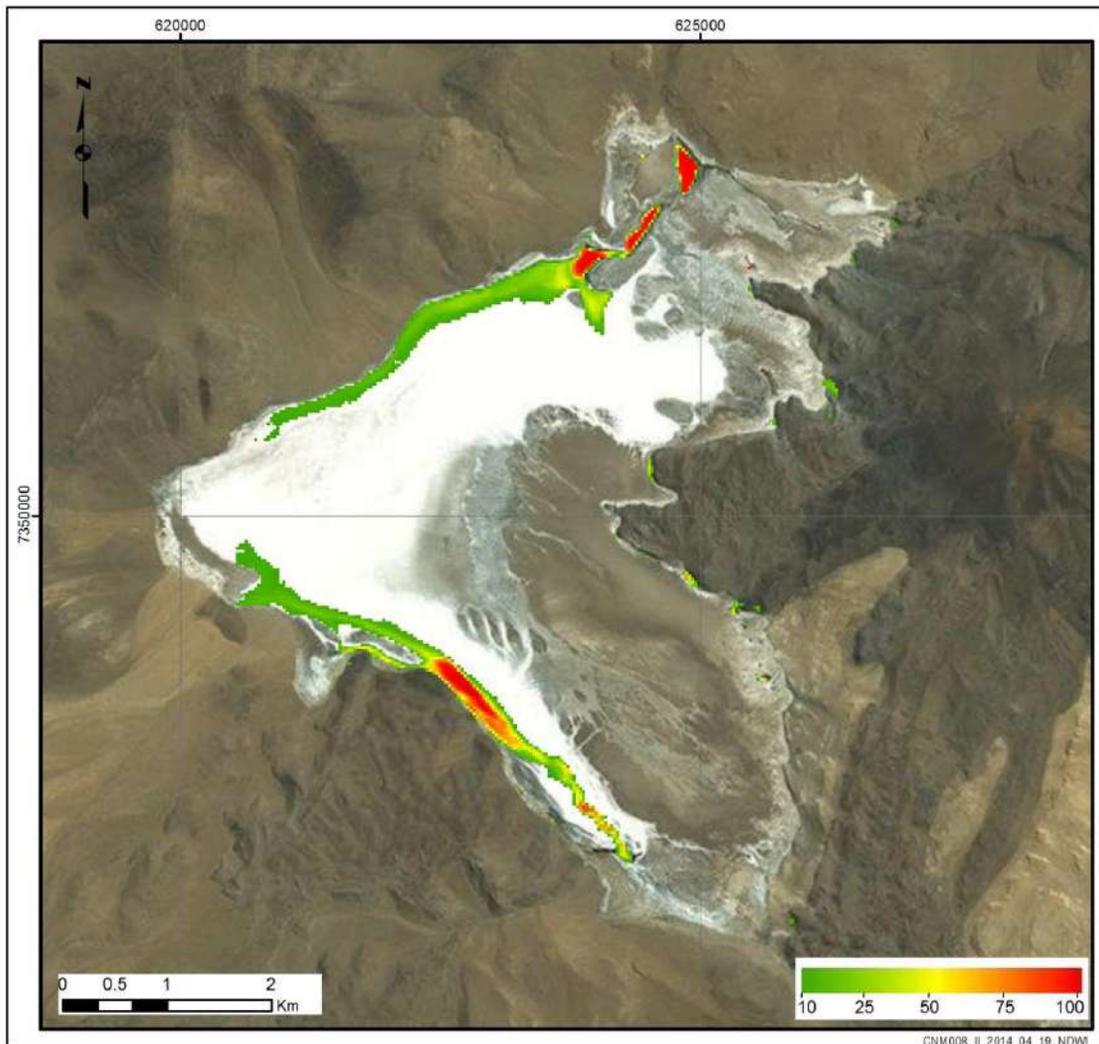
**Figura 3.46** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-17.



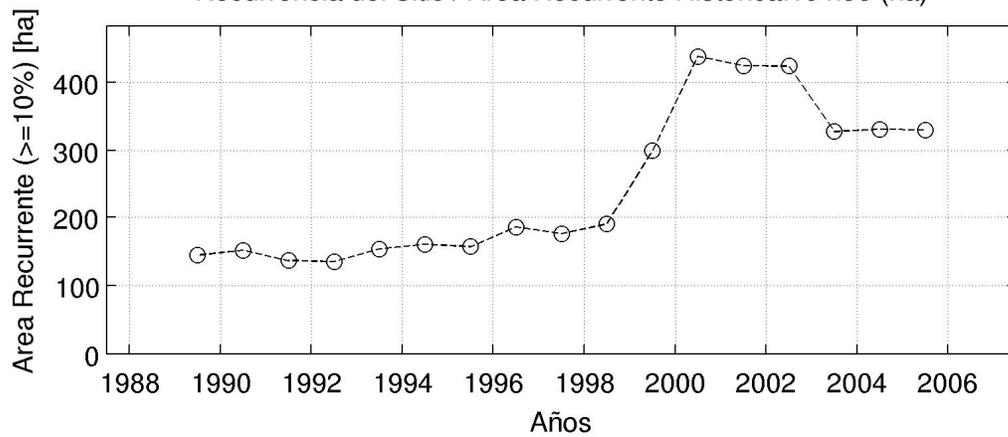
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 287.82 (ha)



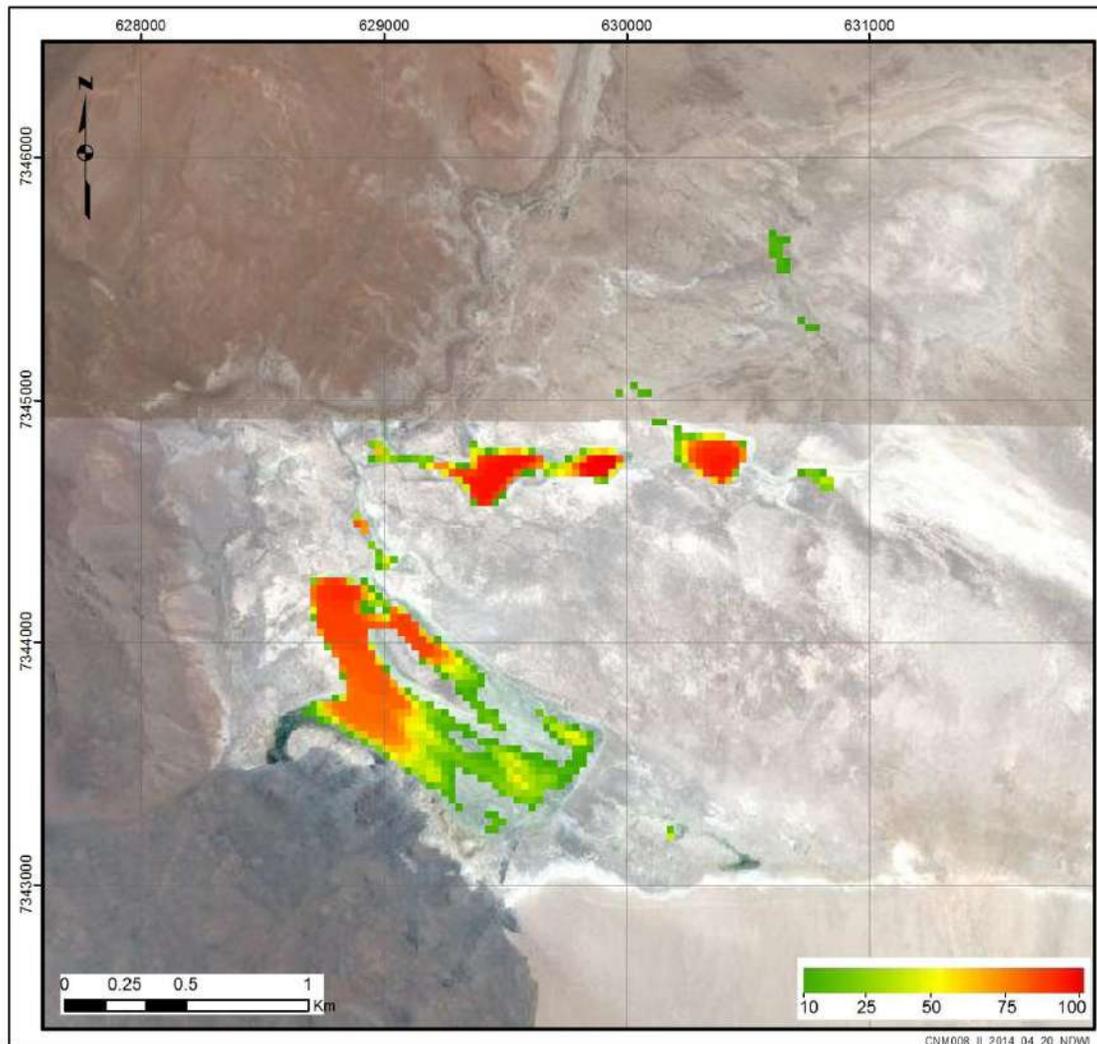
**Figura 3.47** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-18.



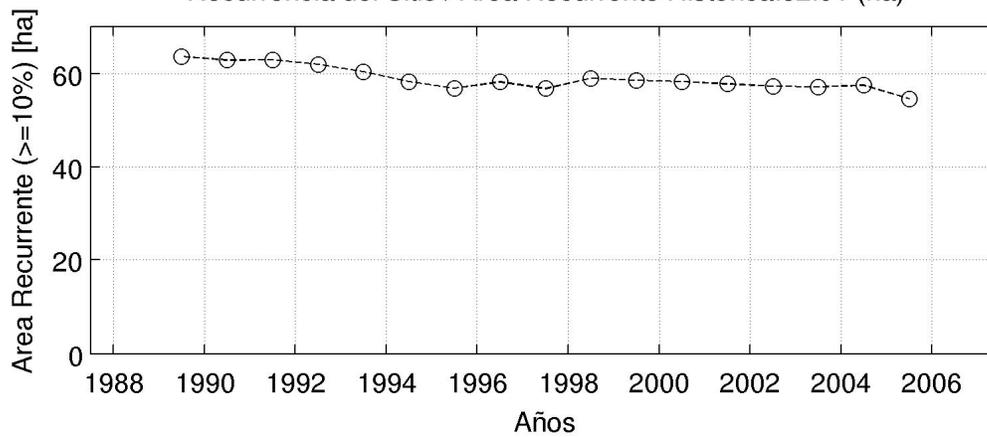
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 194.58 (ha)



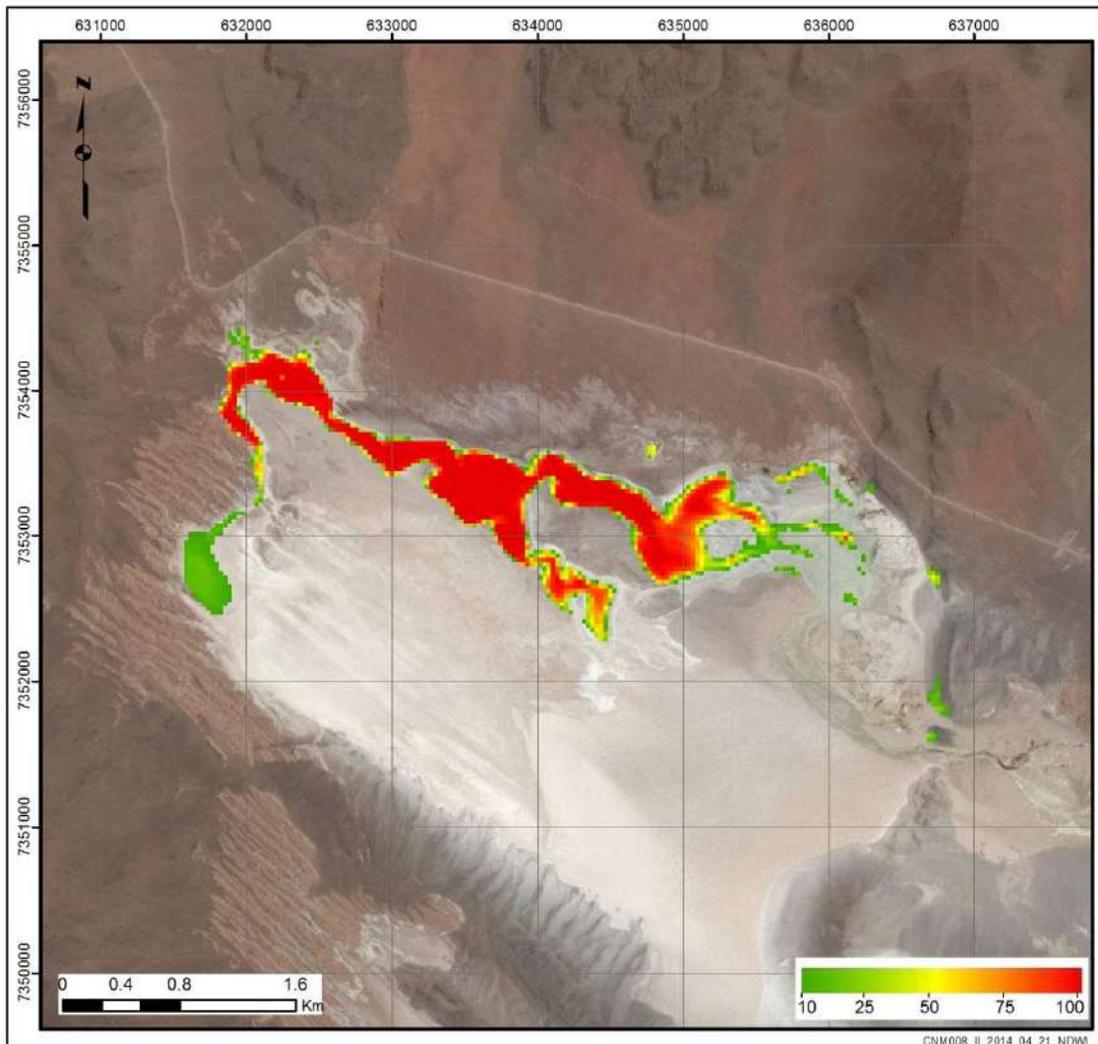
**Figura 3.48** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-19.



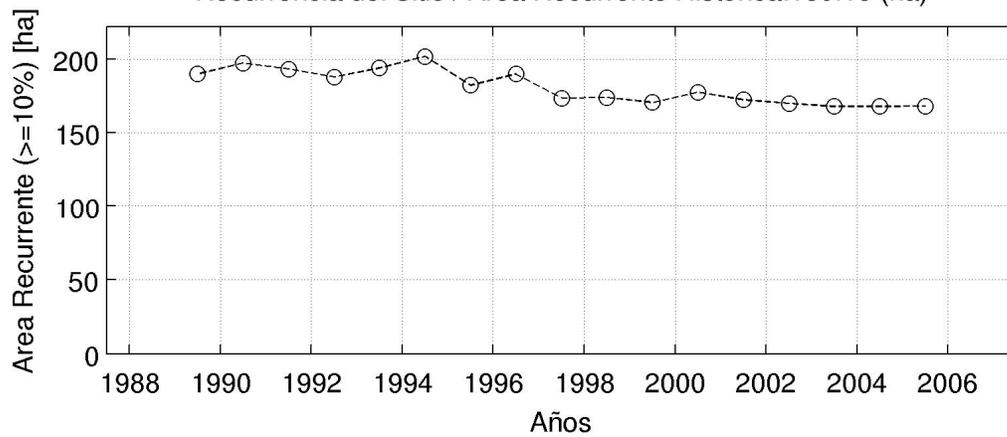
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:62.91 (ha)



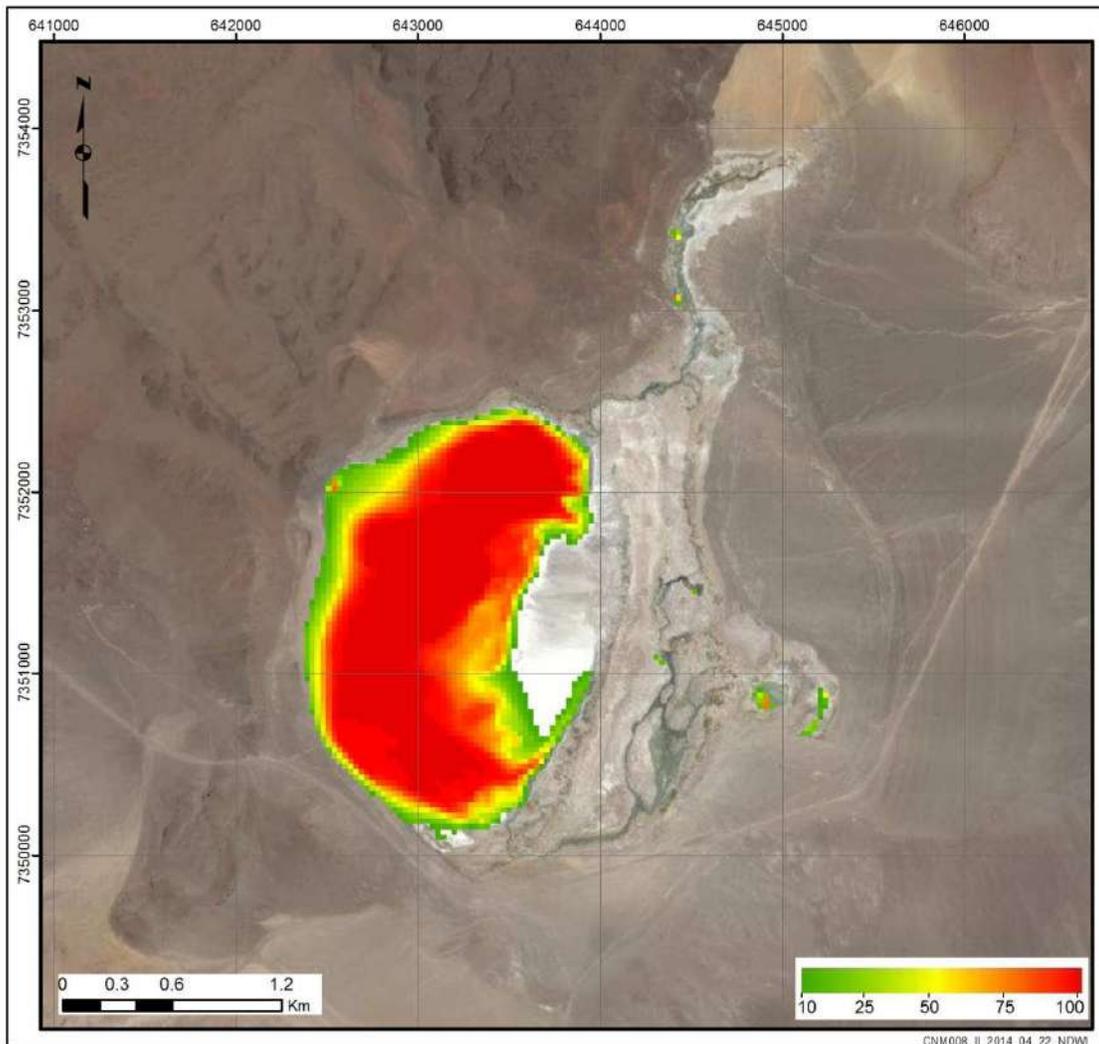
**Figura 3.49** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-20.



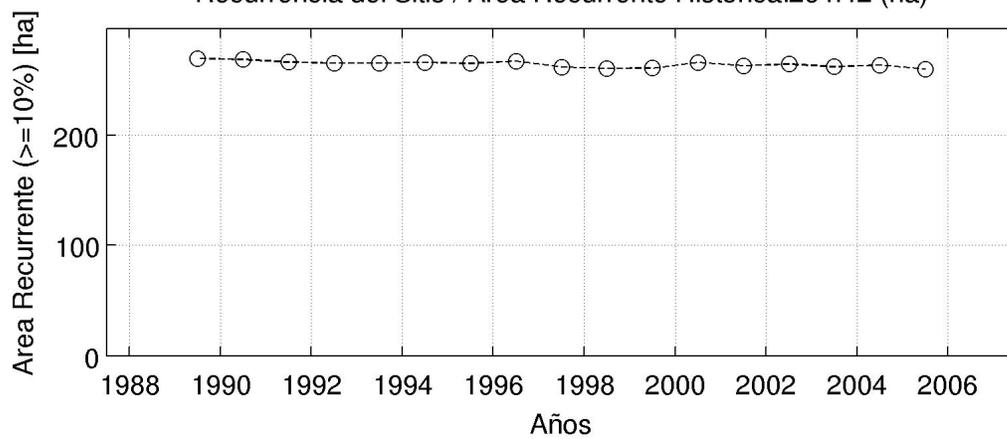
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 180.18 (ha)



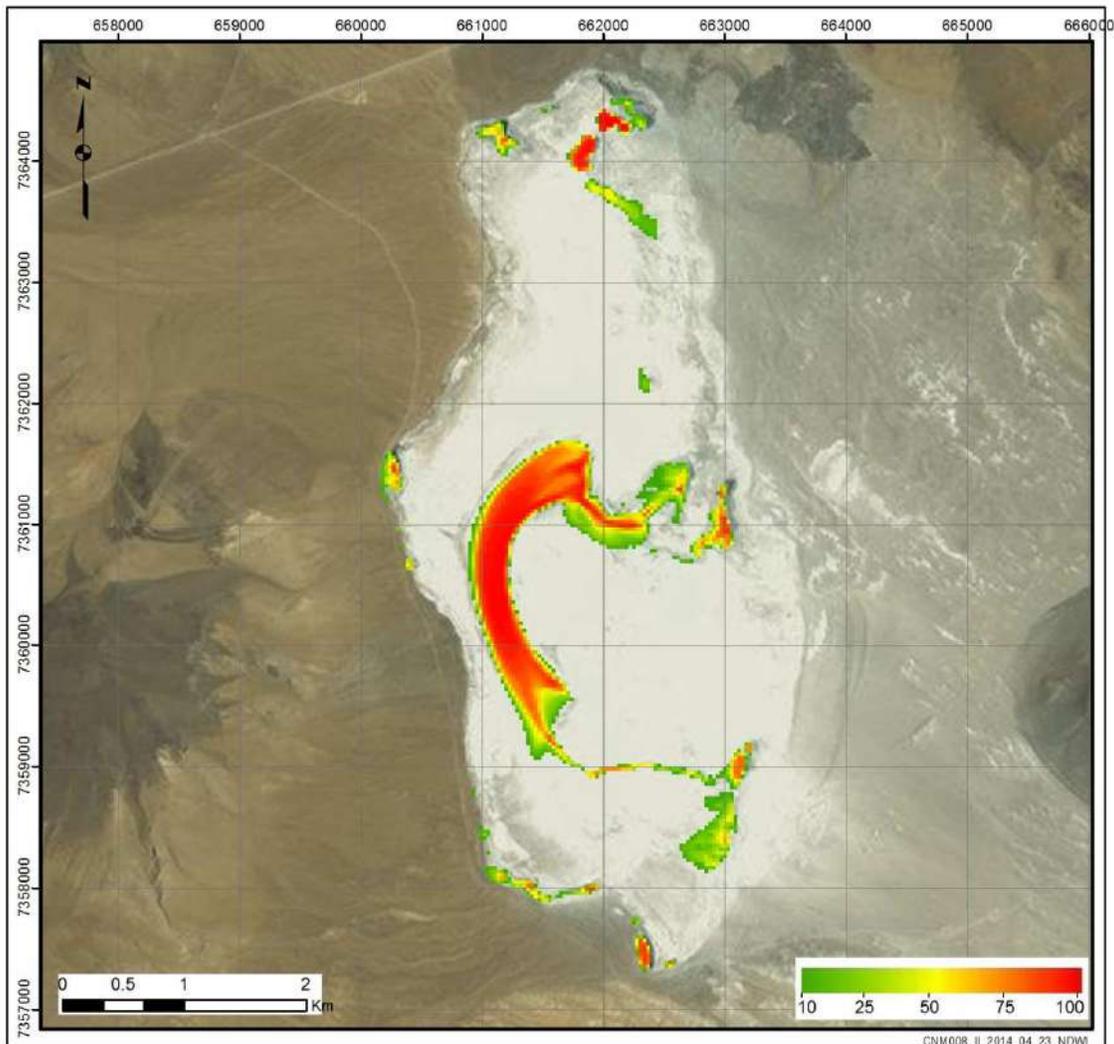
**Figura 3.50** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-21.



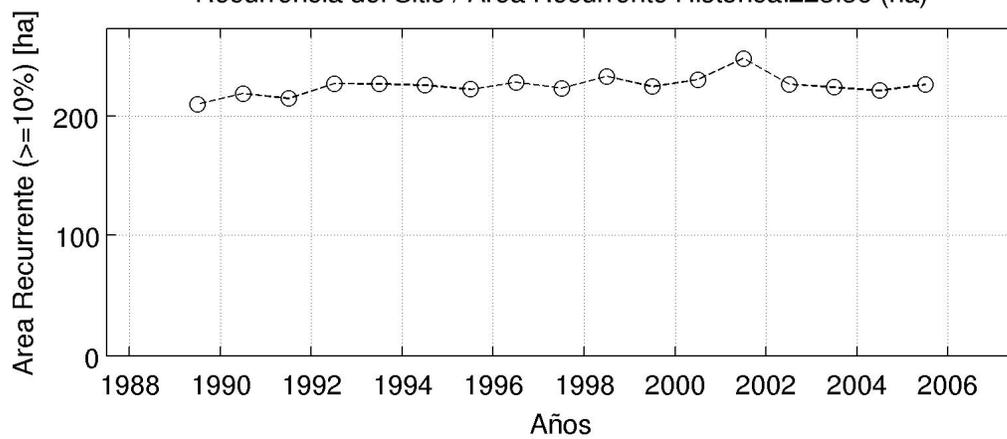
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 264.42 (ha)



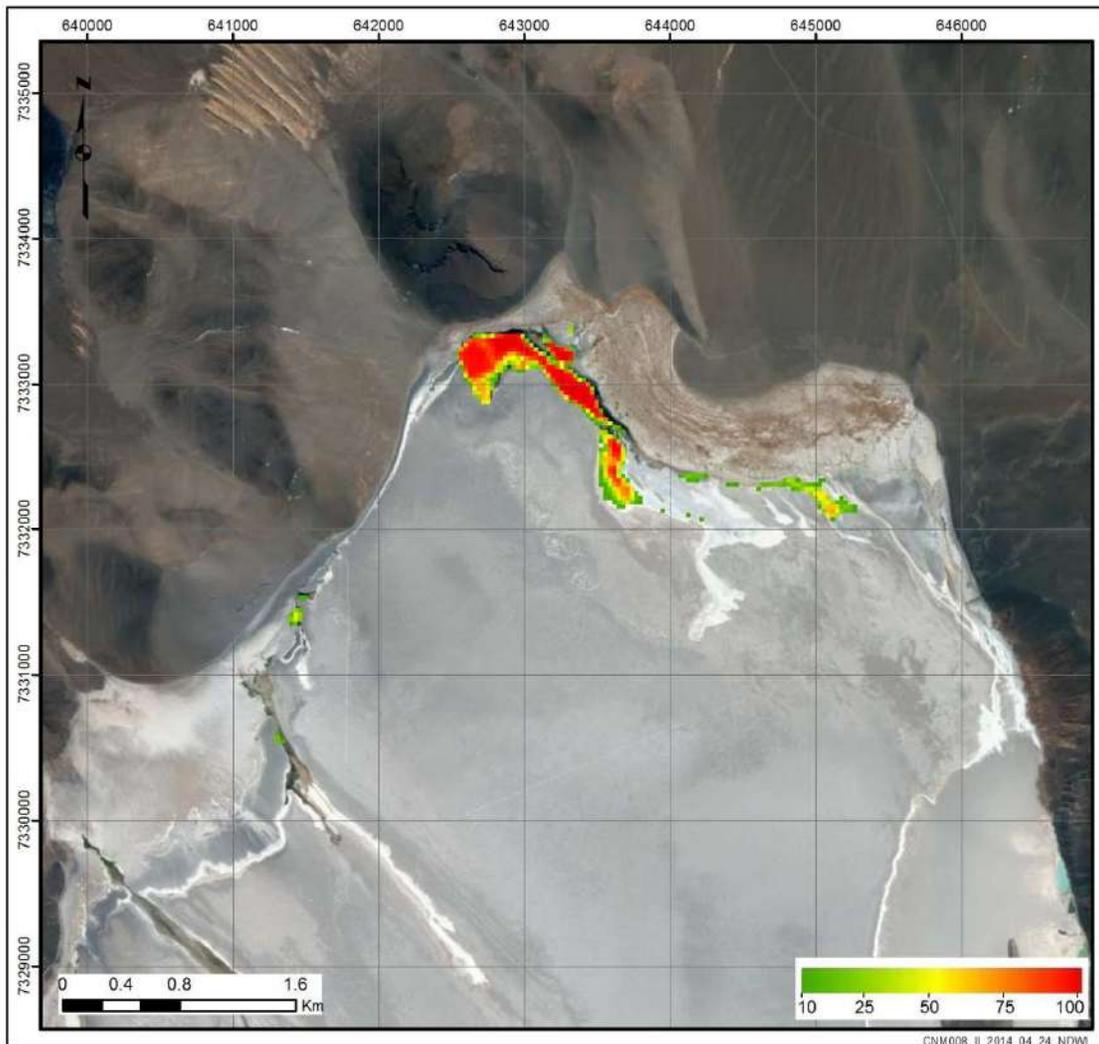
**Figura 3.51** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-22.



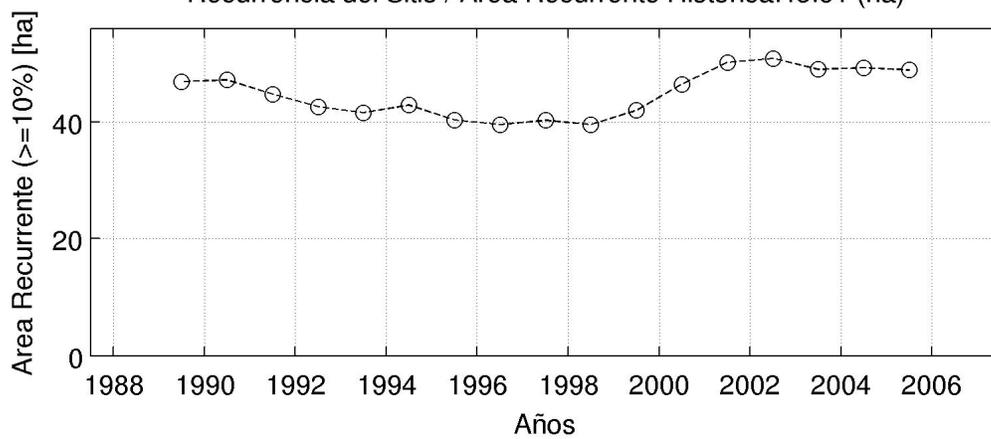
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 223.38 (ha)



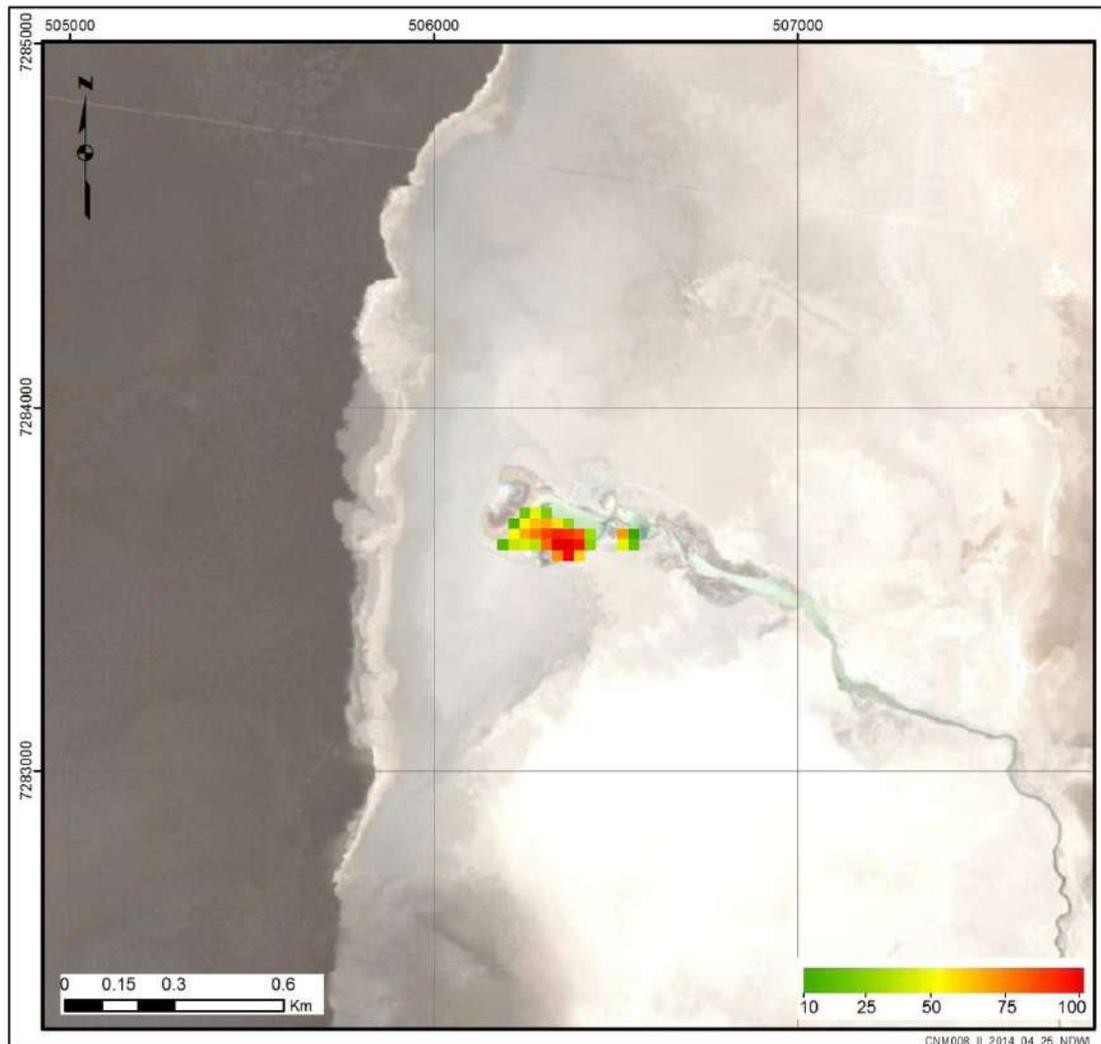
**Figura 3.52** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-23.



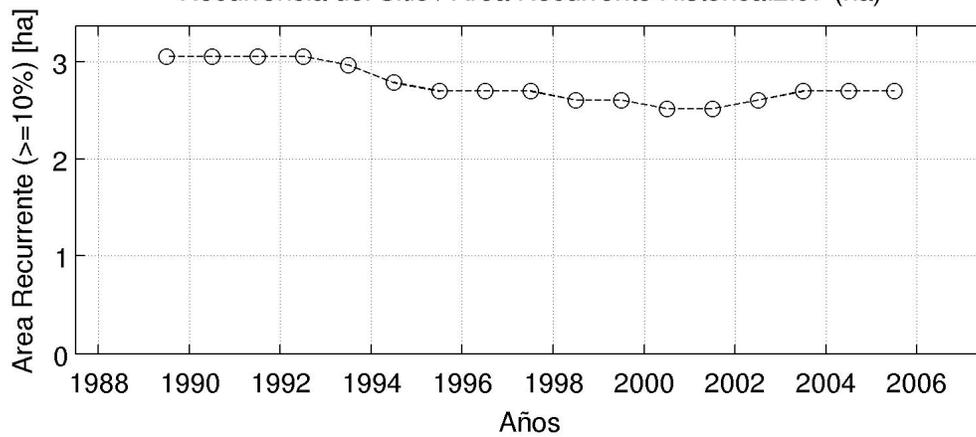
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 45.81 (ha)



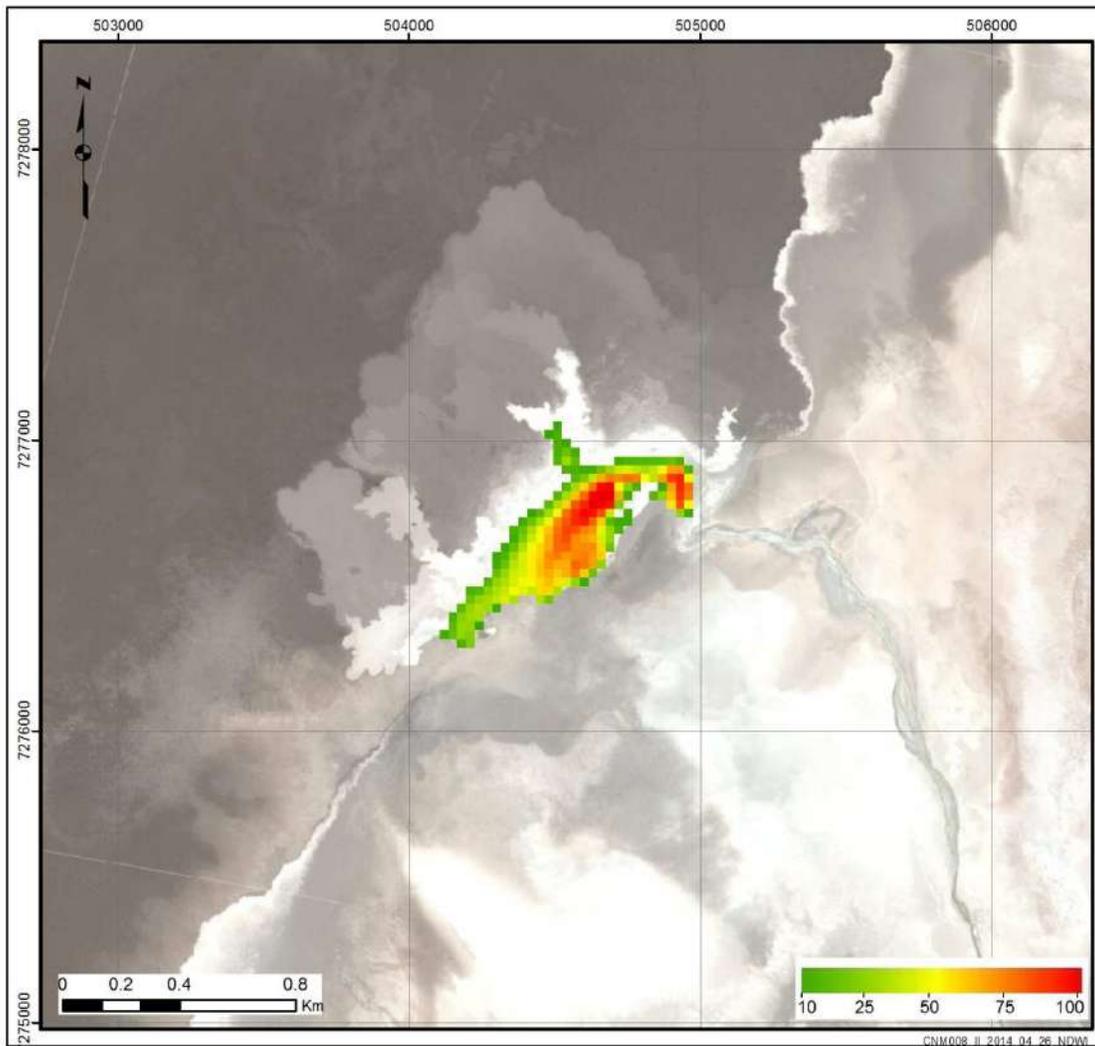
**Figura 3.53** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-24.



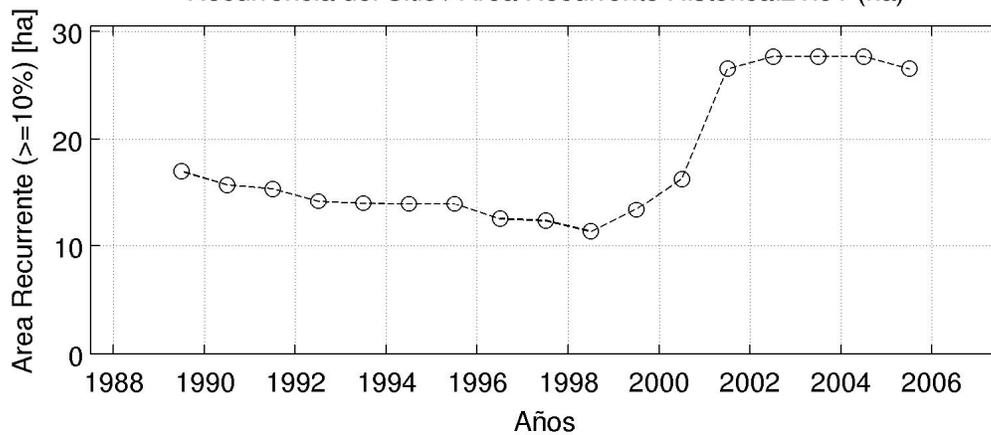
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:2.97 (ha)



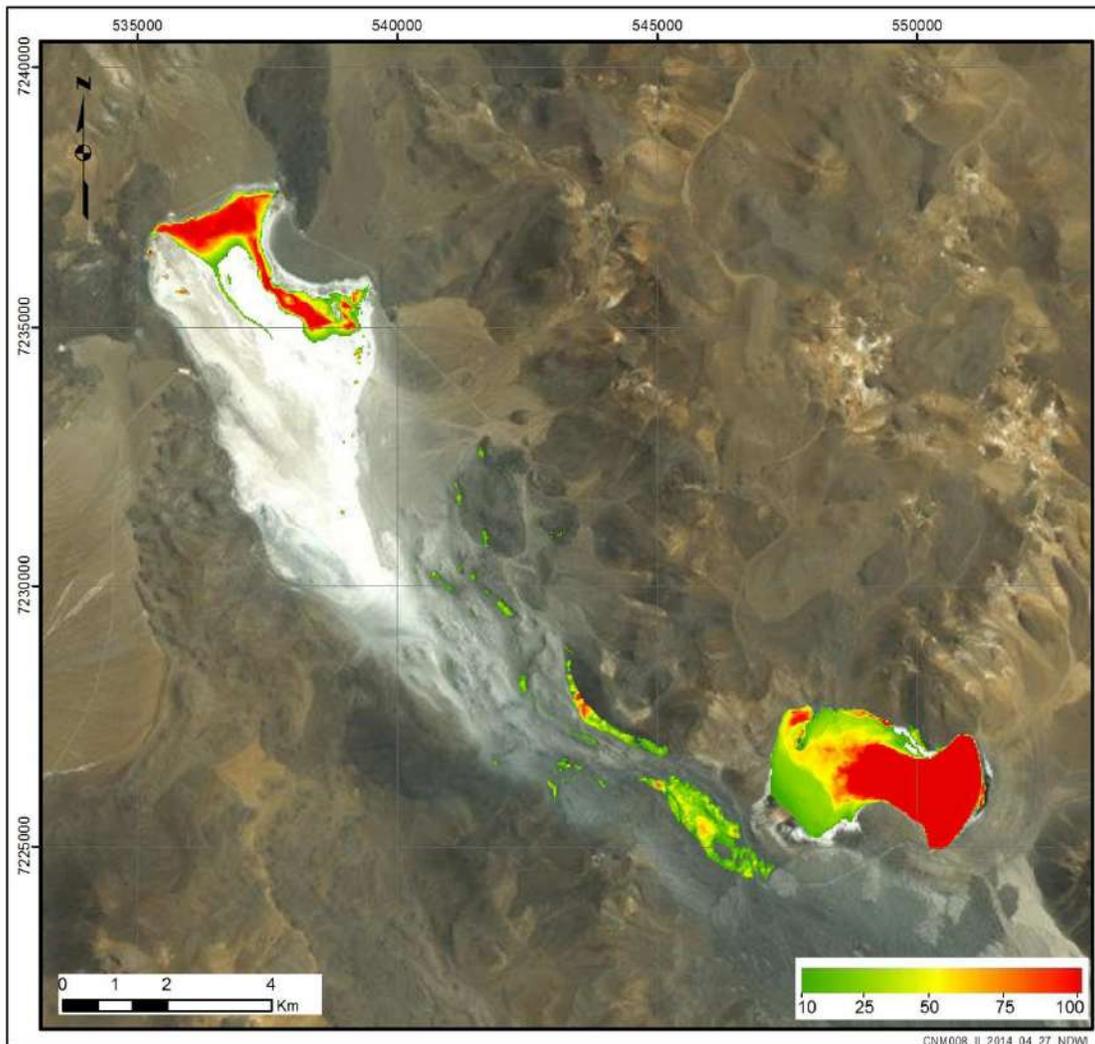
**Figura 3.54** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-25.



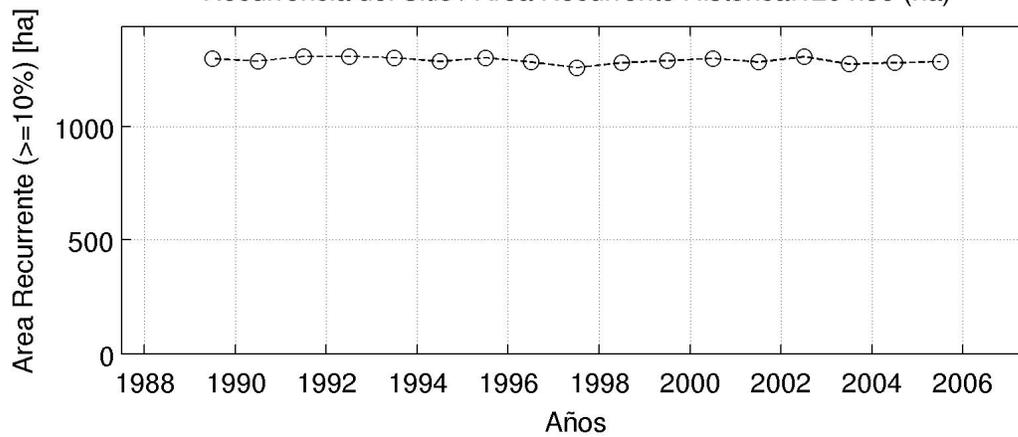
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:21.51 (ha)



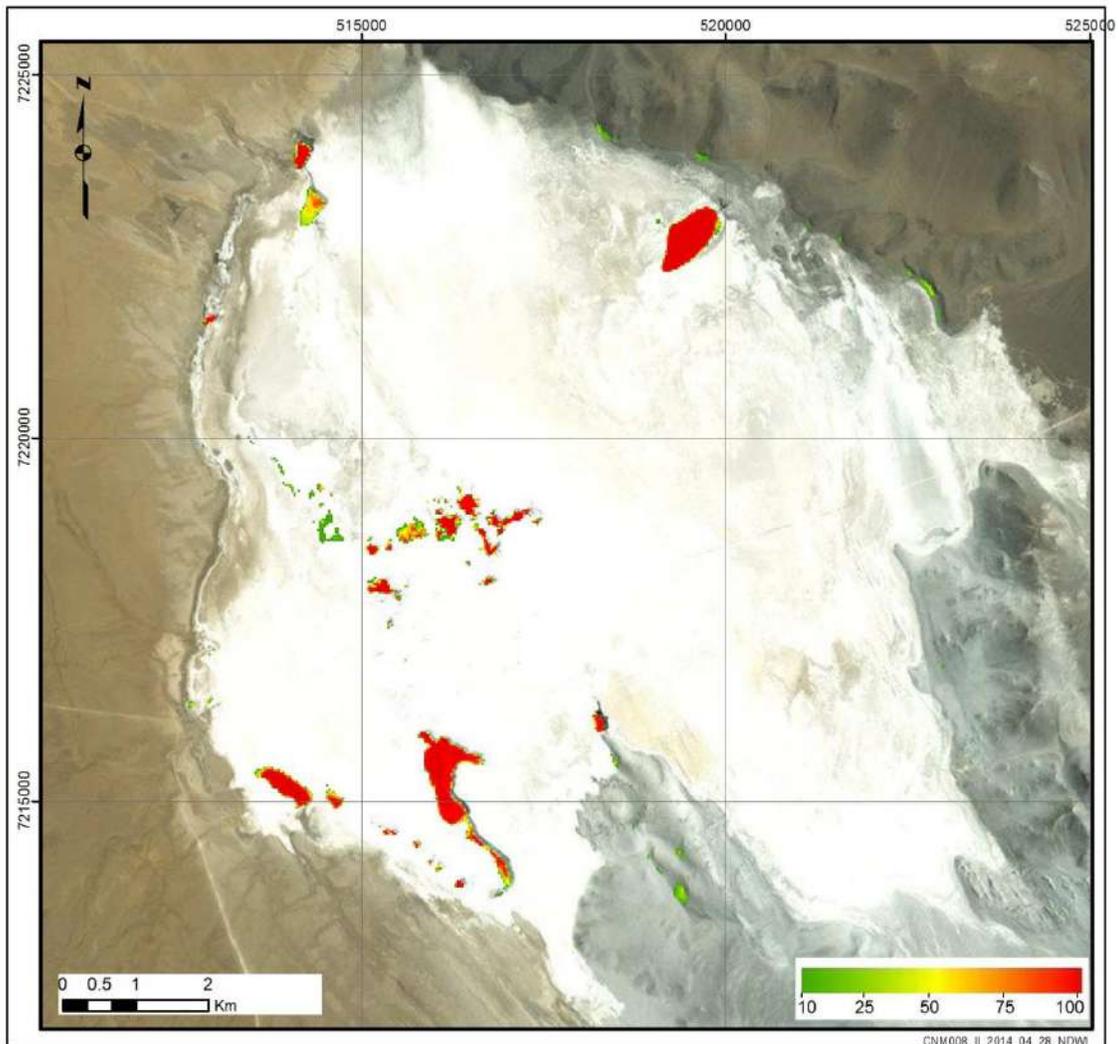
**Figura 3.55** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-26.



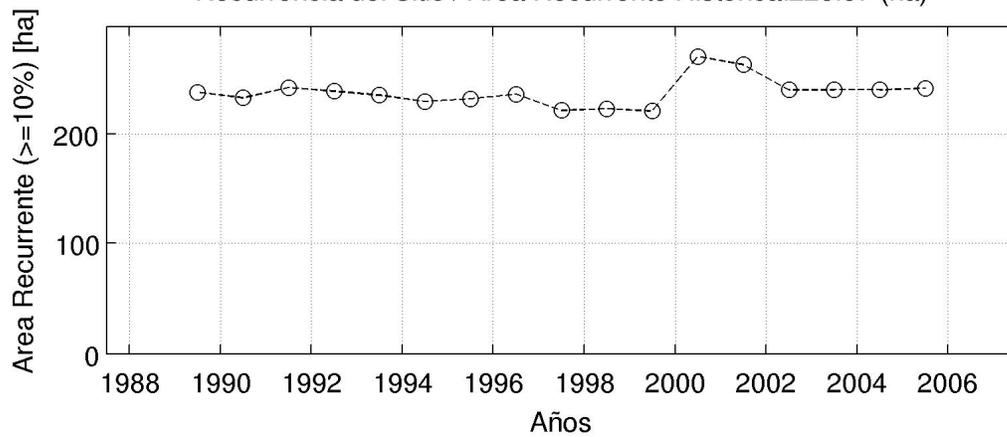
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 1294.38 (ha)



**Figura 3.56** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-27.



Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 228.87 (ha)



**Figura 3.57** Análisis de recurrencia de superficie de agua sobre el 10% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SCA-28.

### 3.4.2.2 Análisis de la vegetación (NDVI)

La ubicación de cada uno de los sitios en análisis se muestra en la Figura 3.58 y Figura 3.59, dividiendo el área en dos subzonas para mejorar la visualización de los sistemas.

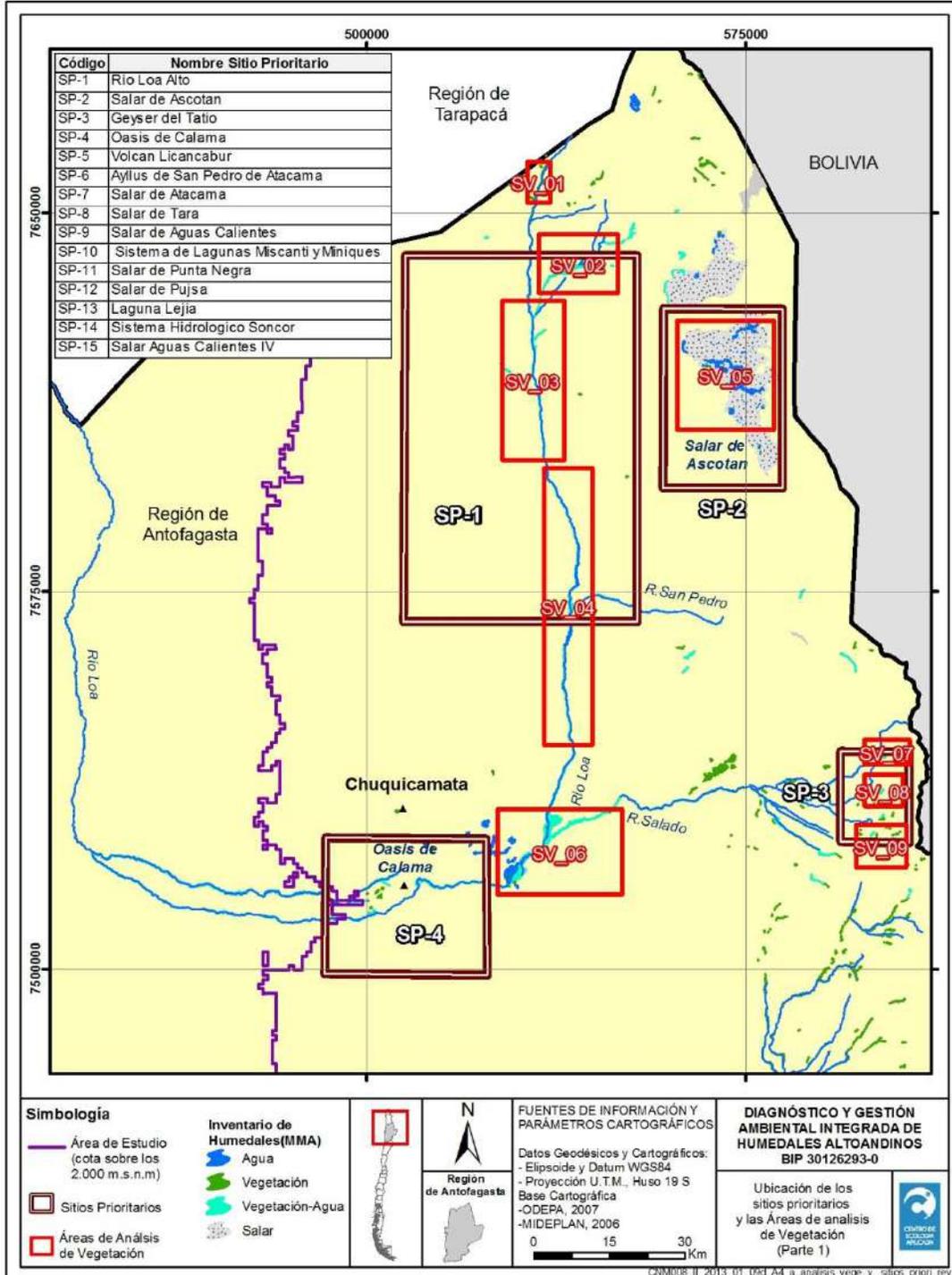


Figura 3.58 Ubicación general de los humedales prioritarios y las áreas de análisis de vegetación (zona norte del área de estudio).

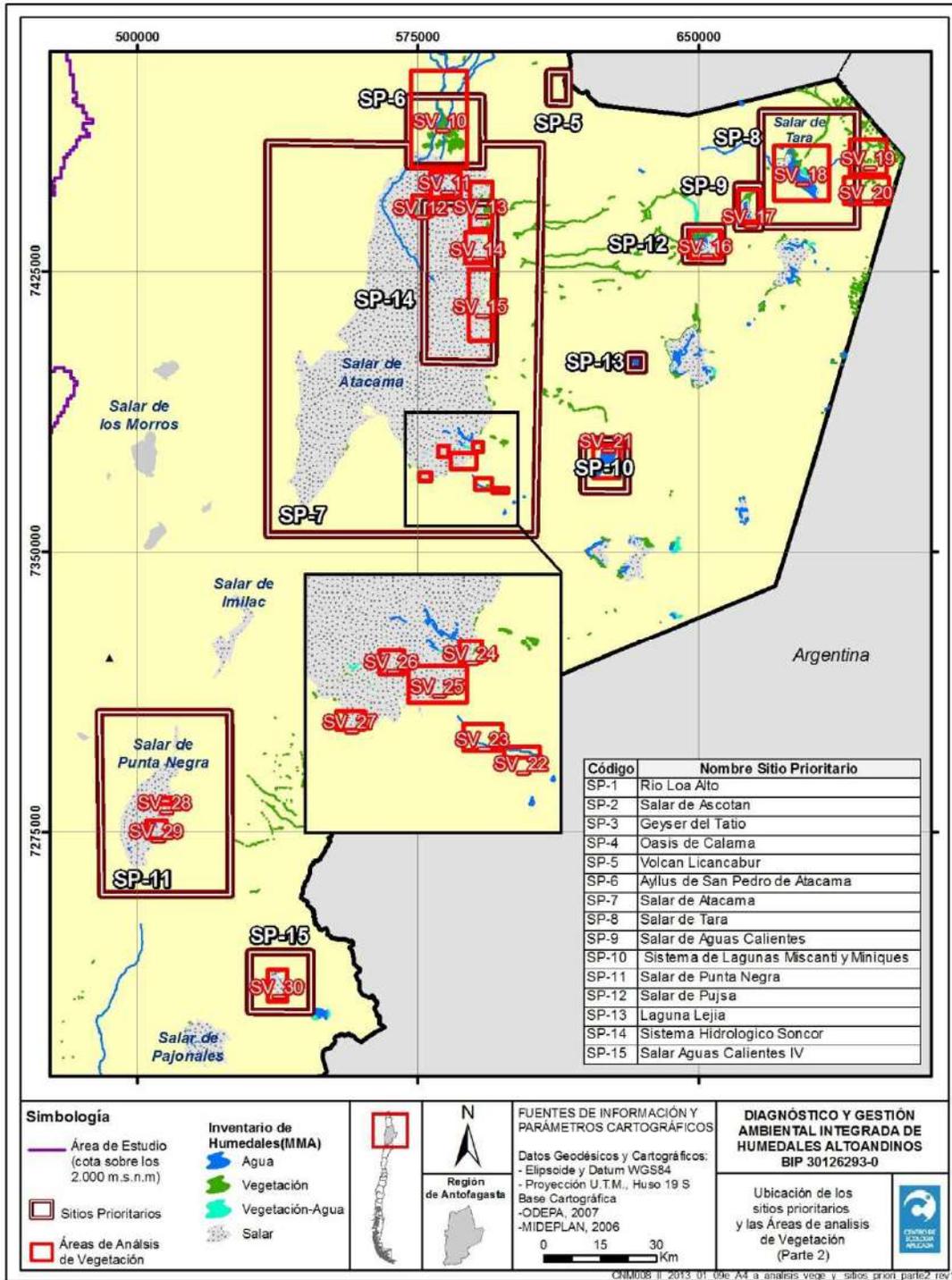


Figura 3.59. Ubicación general de las áreas prioritarias y las áreas de análisis de vegetación (zona centro del área de estudio).

Al igual que para el análisis de cuerpos de agua, se realizó la estimación de las áreas medias con recurrencia histórica, la cual para el caso de la vegetación se definió como toda el área en la cual se detectó la presencia de vegetación un 60% o más del tiempo que abarca la serie histórica (desde 1985 a 2010). El valor impuesto para el límite de la recurrencia considera la detección de zonas estables en el tiempo, las que típicamente se asocian a la zona con presencia de vegetación con mayor vigor, y que es la que se entiende como la base del sistema vegetacional. Las áreas determinadas ayudarán en la comprensión de la dinámica de los sistemas, en términos del reconocimiento de tendencias en las variaciones temporales.

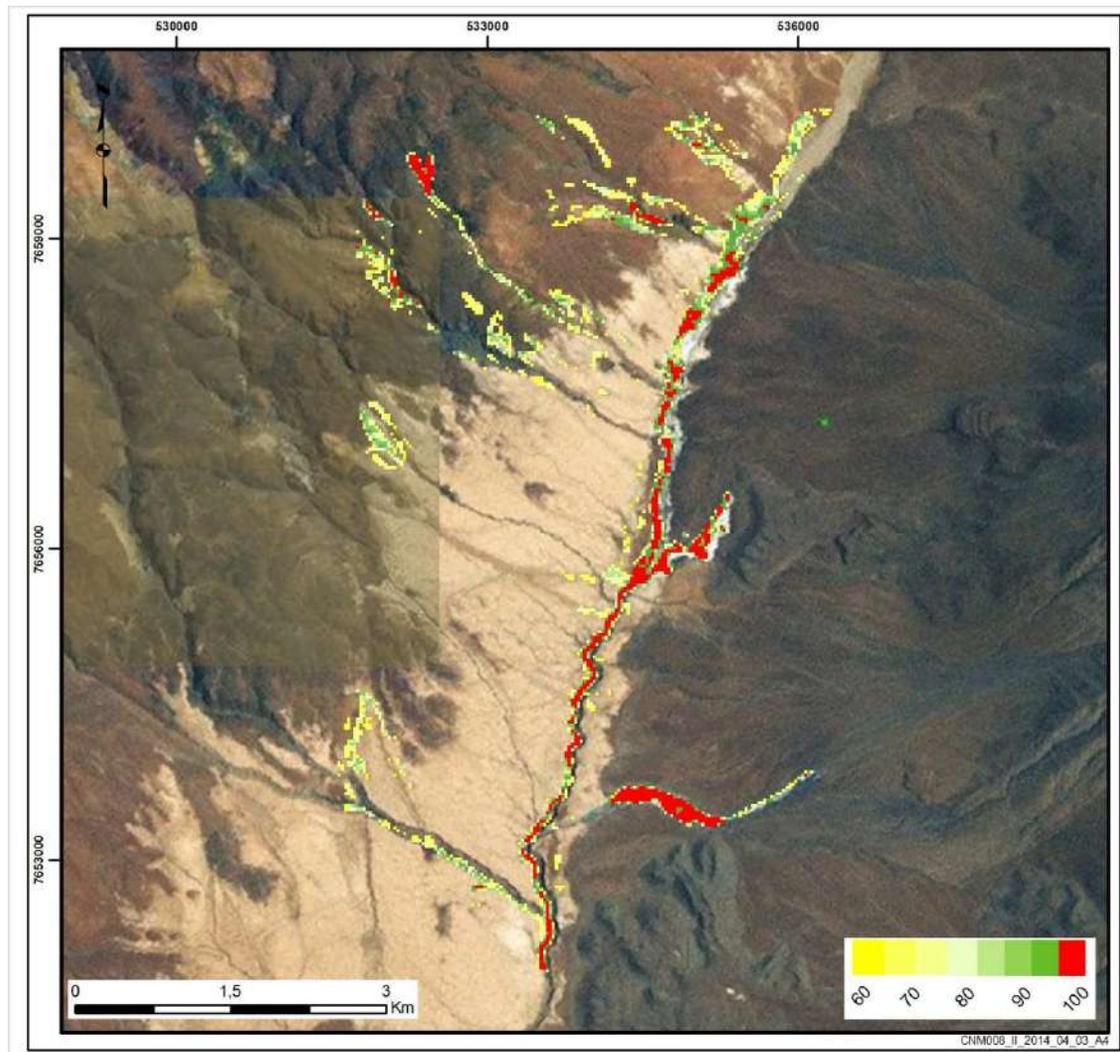
Tras la identificación del área con recurrencia histórica por sobre el 60%, se realizó el análisis de las recurrencias móviles de cada sitio. La recurrencia móvil es determinada como la recurrencia que presenta cada subzona (pixel) para un período de 10 años contiguos y bajo el mismo criterio del 60% o más de presencia. Así, se realiza el análisis para intervalos de 10 años junto con el desplazamiento del rango completo cada 1 año. Con ello, es posible ver el comportamiento del área durante ese período de tiempo, el cual consideraría condiciones climáticas con mayor similitud. Con la obtención de la recurrencia móvil es posible determinar las tendencias (si es que existen) de las áreas en estudio. En las Figura 3.60 a Figura 3.86, se entrega una representación de la recurrencia histórica de cada uno de los sitios en análisis, entregándose la recurrencia histórica local para valores iguales o mayores al 60% de recurrencia temporal. Junto con la representación, se entrega la recurrencia móvil de la serie histórica, de la cual es posible observar las tendencias de la cobertura de los sistemas vegetacionales.

En cuanto a los resultados obtenidos para la variación de las áreas de cobertura vegetacional, ellos serán interpretados de forma conjunta con la evaluación de presiones existentes en la zona más cercana, y a distancia media, de cada sistema en estudio. Lo anterior se justifica en que no todos los sistemas mostraron comportamientos similares para la variación temporal de sus áreas recurrentes, además de existir grandes diferencias en cuanto a los tamaños de los sistemas. Es por lo anterior que las tendencias y variaciones identificadas serán utilizadas como input en el diagnóstico de los sistemas.

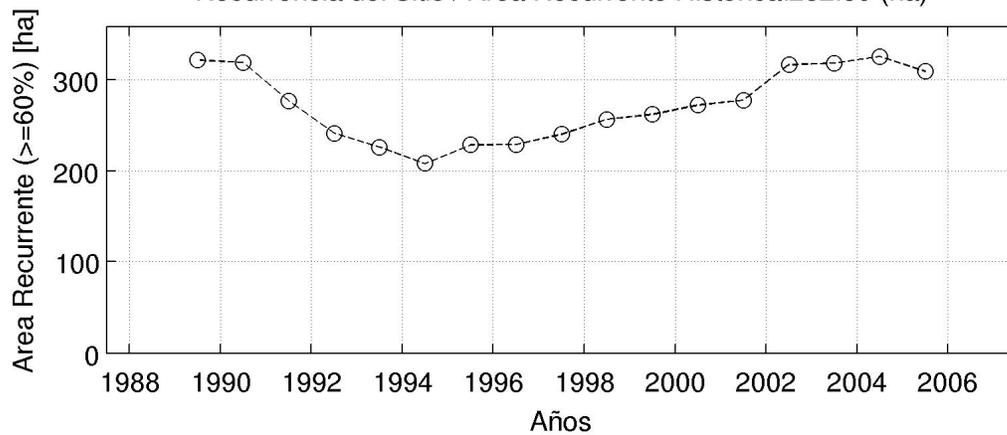
**Tabla 3.24.** Resumen de recurrencia histórica determinada para cada área vegetacional en análisis.

Código	Nombre y descripción otorgada en estudio	Área Recurrente Histórica (ha) (>=60% del tiempo)
SV_01	Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río	282,69
SV_02	Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuri	535,68
SV_03	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de río primera sección	241,47
SV_04	Sitio Prioritario Alto Loa, caja de río segunda sección	480,51
SV_05	Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas	177,48
SV_06	Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa	1250,28
SV_07	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Toconce y quebradas	82,80
SV_08	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar	556,11
SV_09	Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Salado	198,63
SV_10	Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama	3233,07
SV_11	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua	454,95
SV_12	Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche	437,49
SV_13	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_A	816,21
SV_14	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_B	326,34
SV_15	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar_C	435,33
SV_16	Sitio Prioritario Salar de Pujsa	51,57
SV_17	Sitio Prioritario Aguas Calientes I	231,48
SV_18	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara	374,76
SV_19	Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente	522,00
SV_20	Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas	211,59
SV_21	Sitios Prioritario Lagunas Miscanti y Miñiques	*
SV_22	Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan	47,70
SV_23	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte	83,61
SV_24	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_A	59,13
SV_25	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_B	177,21
SV_26	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar_C	21,15
SV_27	Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo	134,10
SV_28	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-2	*
SV_29	Sitio Prioritario Salar de Punta Negra, sistema VCL-3	*
SV_30	Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV	17,46

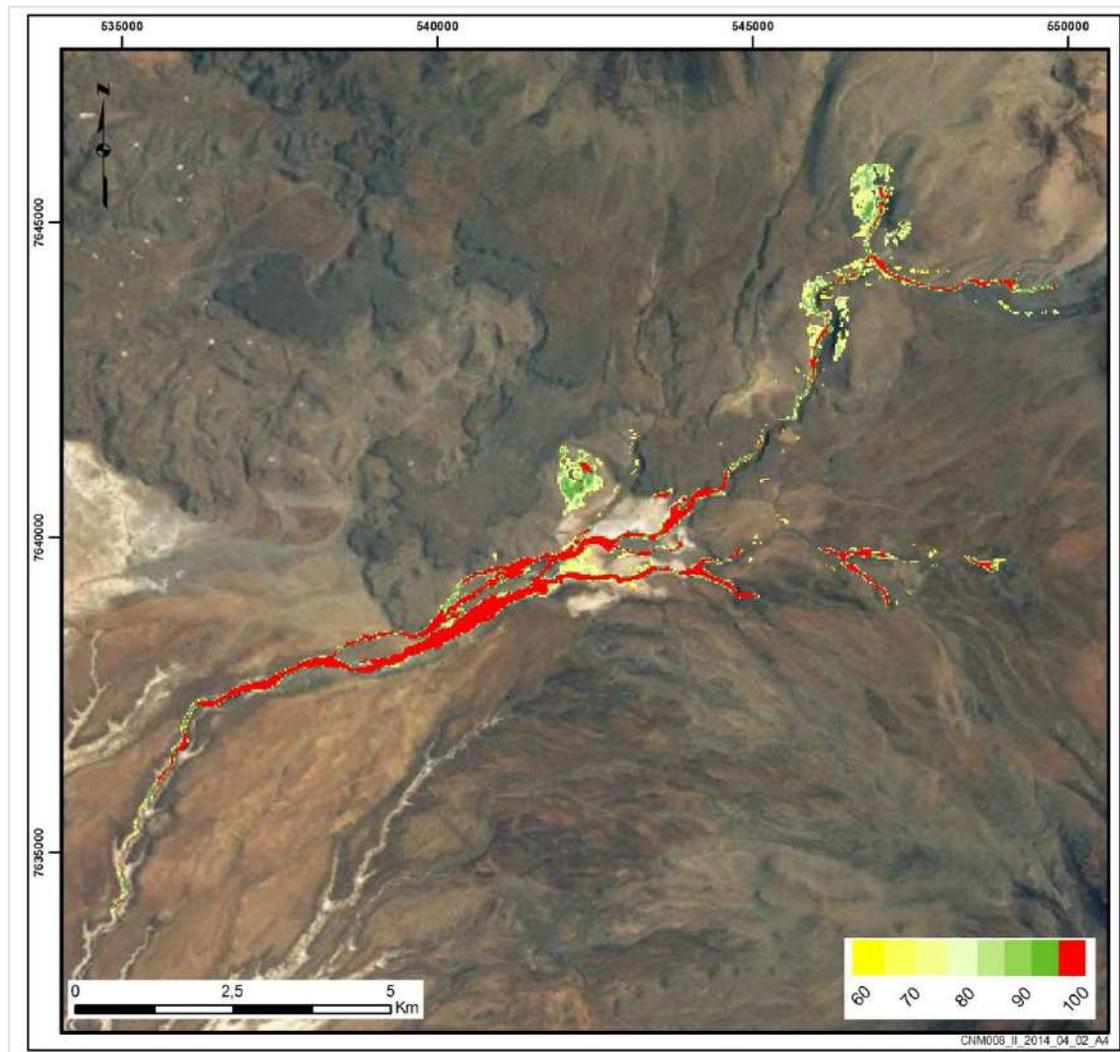
(\*): el área detectada es muy pequeña, no cumpliendo con la mínima área de cobertura requerida por la técnica. Estas zonas no serán analizadas a continuación.



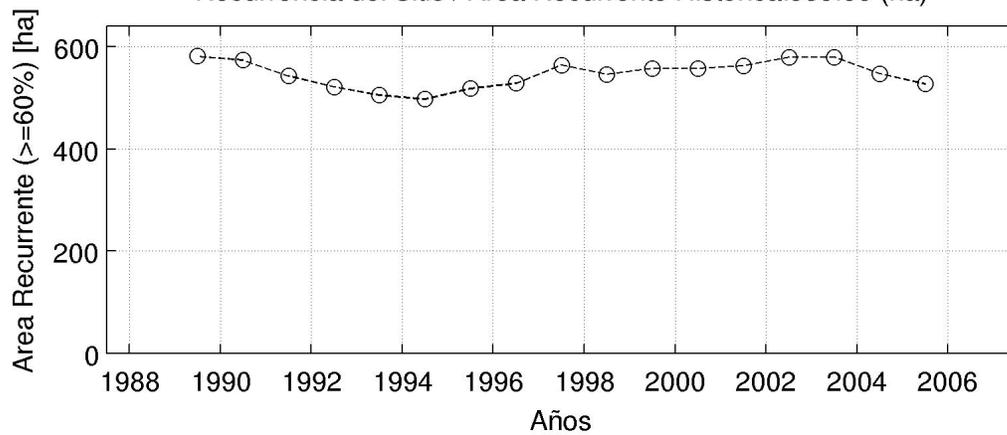
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 282.69 (ha)



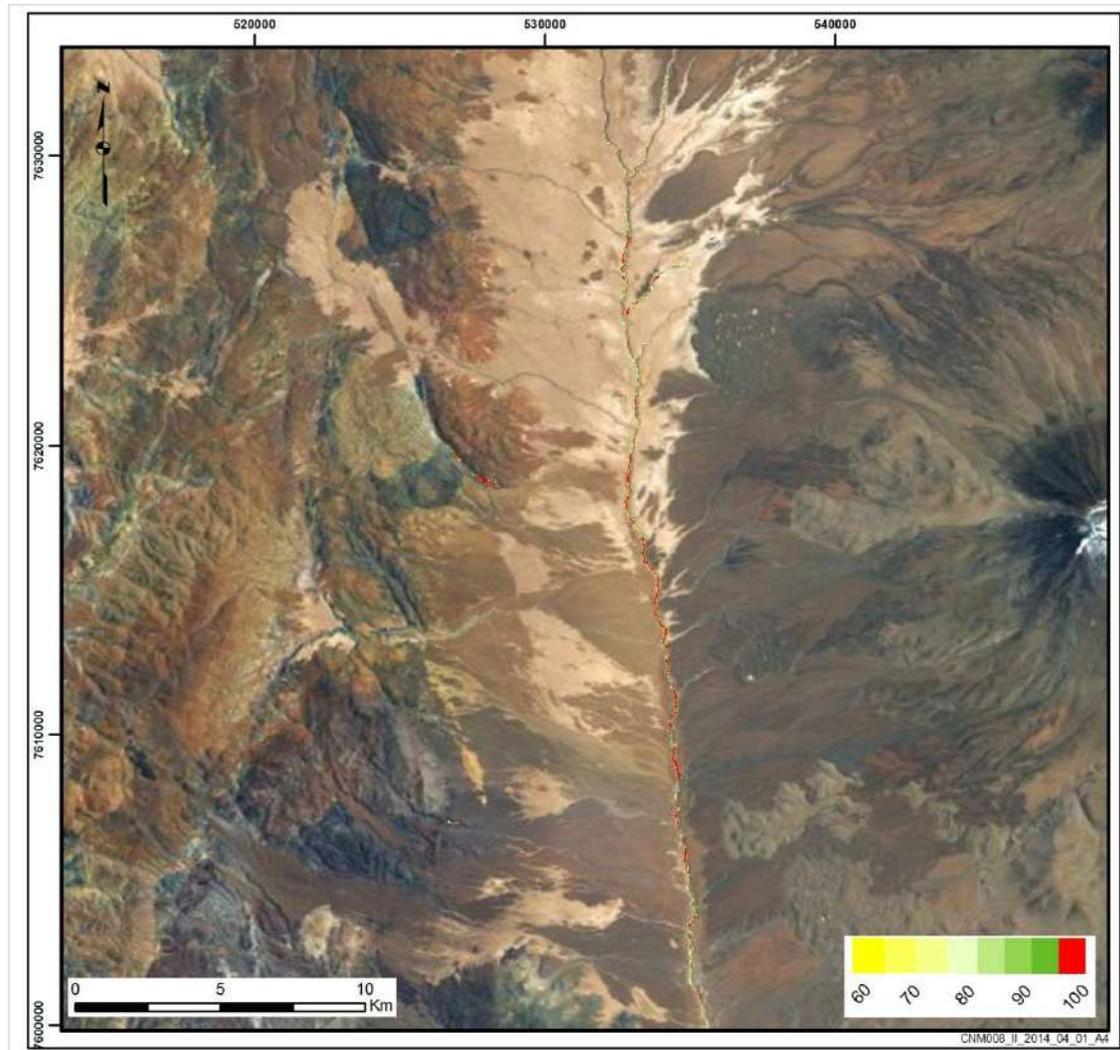
**Figura 3.60.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-1 / Sitio Prioritario Alto Loa, cabecera del río.



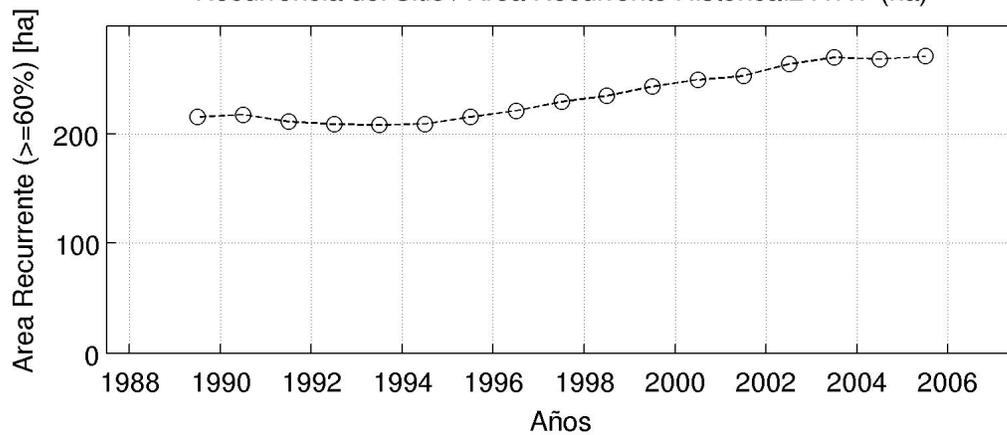
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:535.68 (ha)



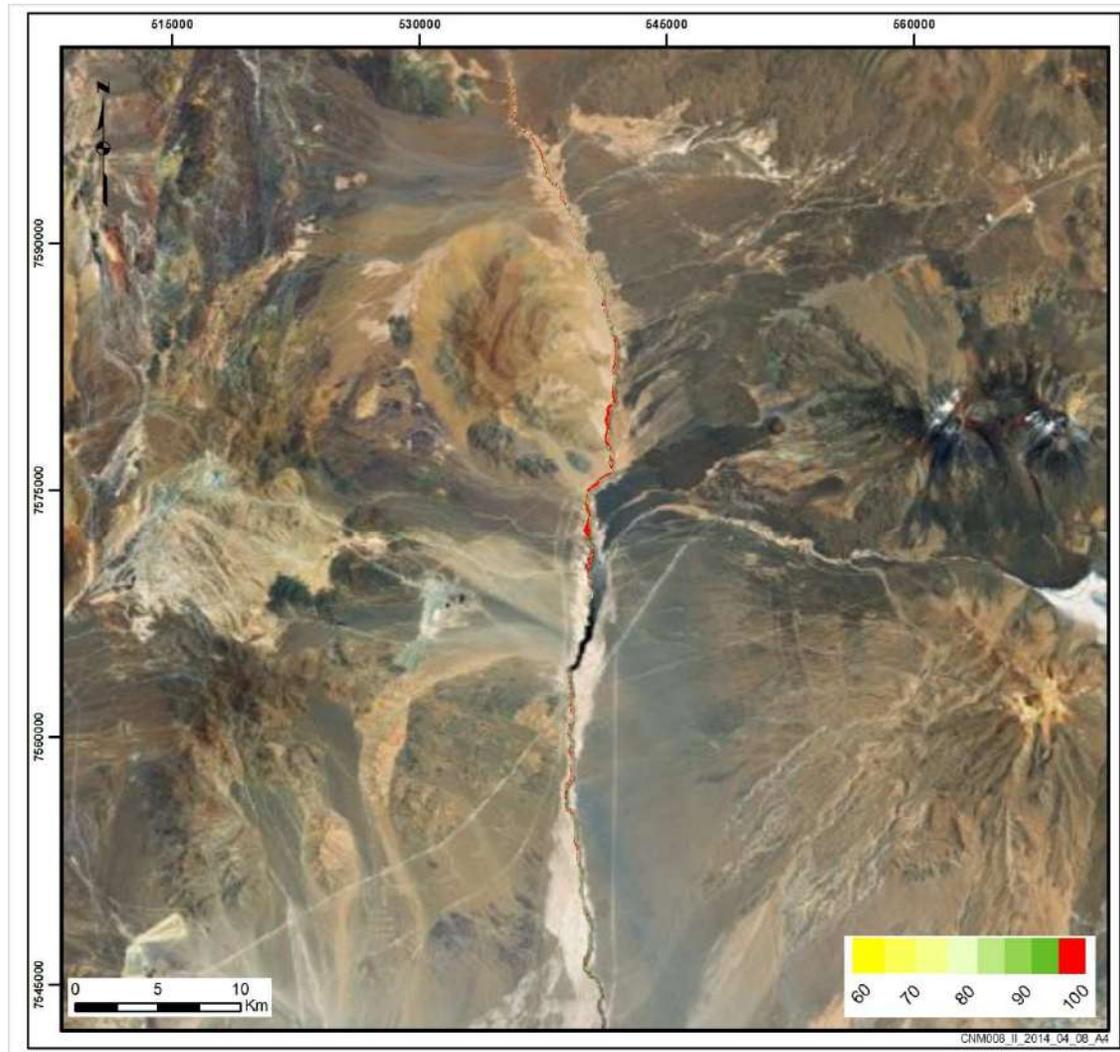
**Figura 3.61.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-2 / Sitio Prioritario Alto Loa, río Chaihuiri.



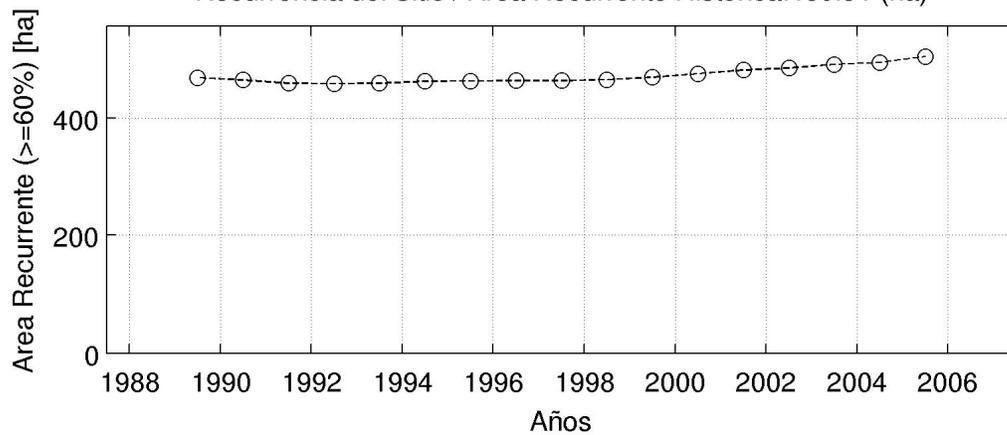
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 241.47 (ha)



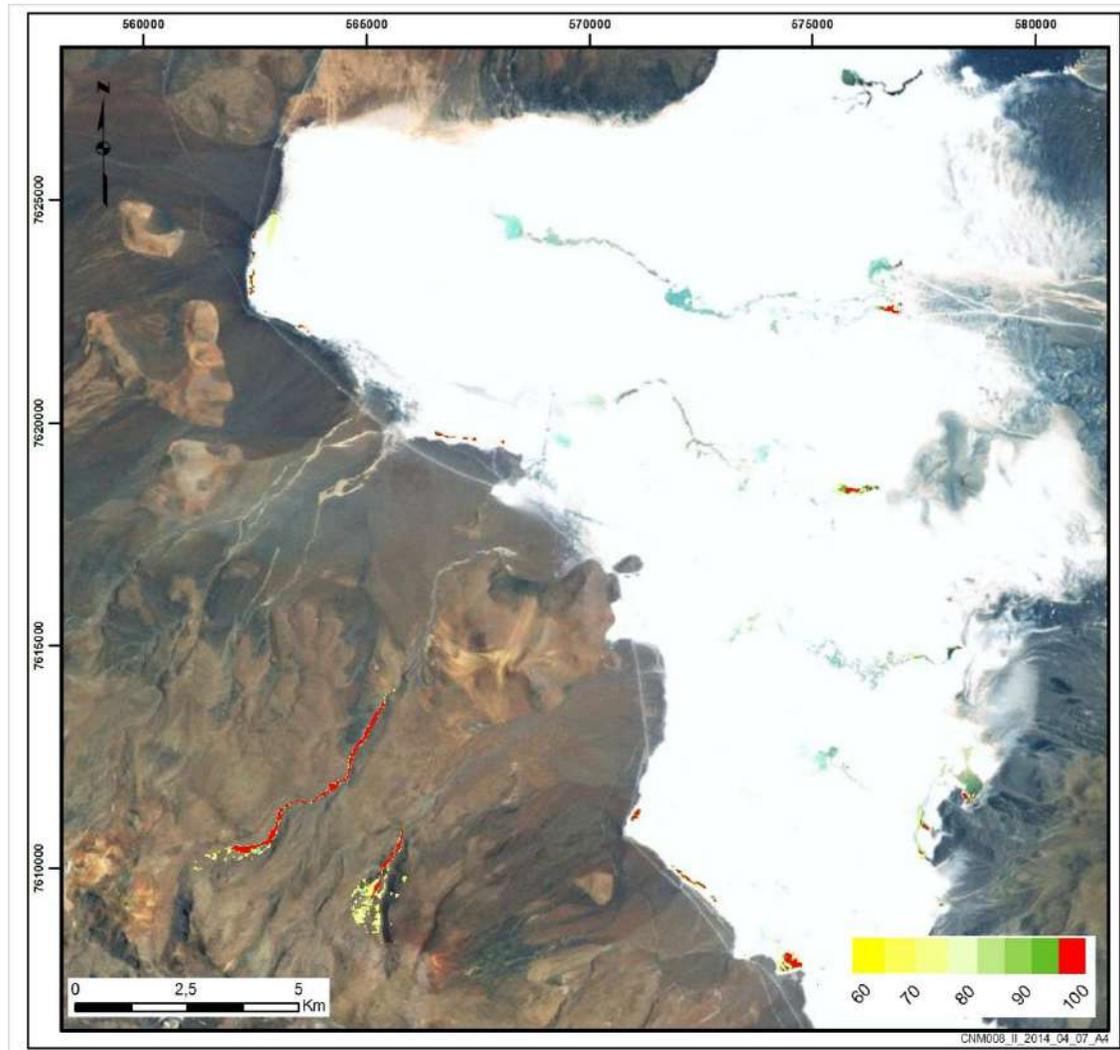
**Figura 3.62** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-3 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de río primera sección.



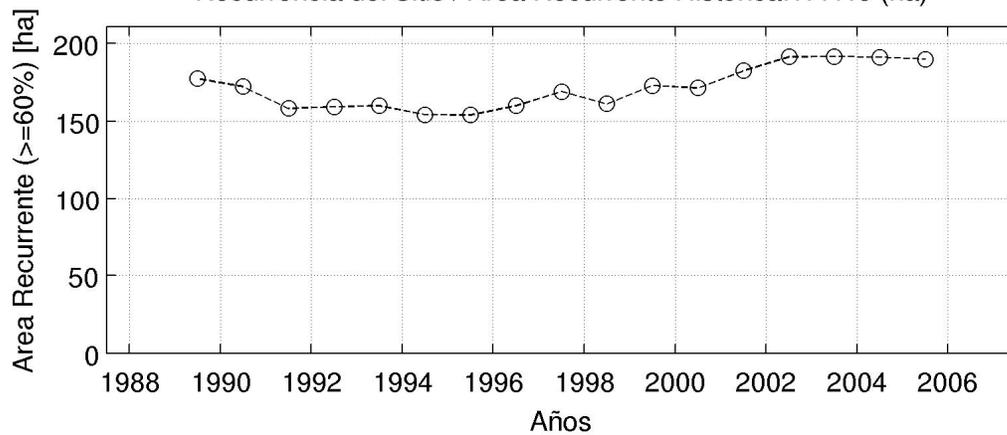
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:480.51 (ha)



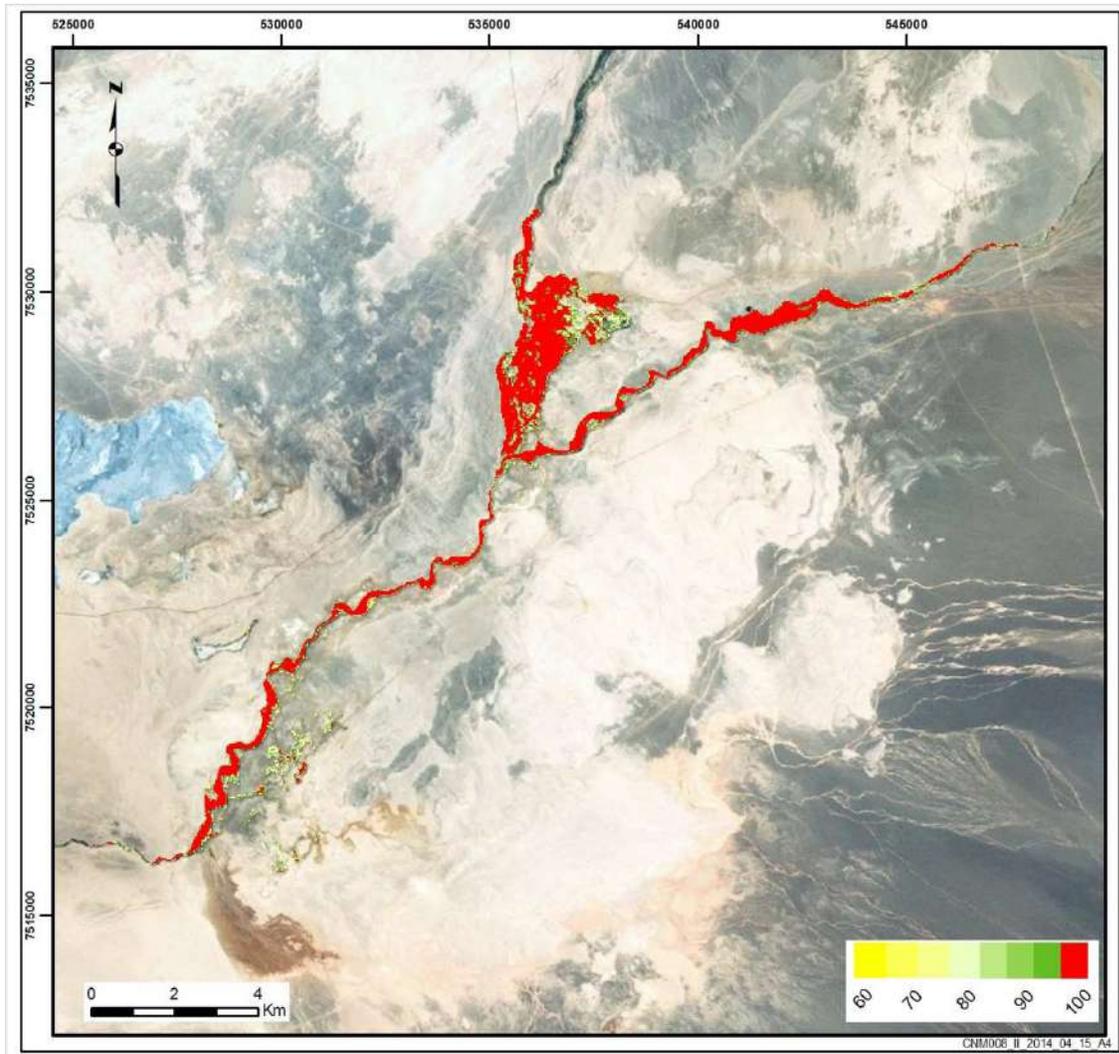
**Figura 3.63.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-4 / Sitio Prioritario Alto Loa, caja de río segunda sección.



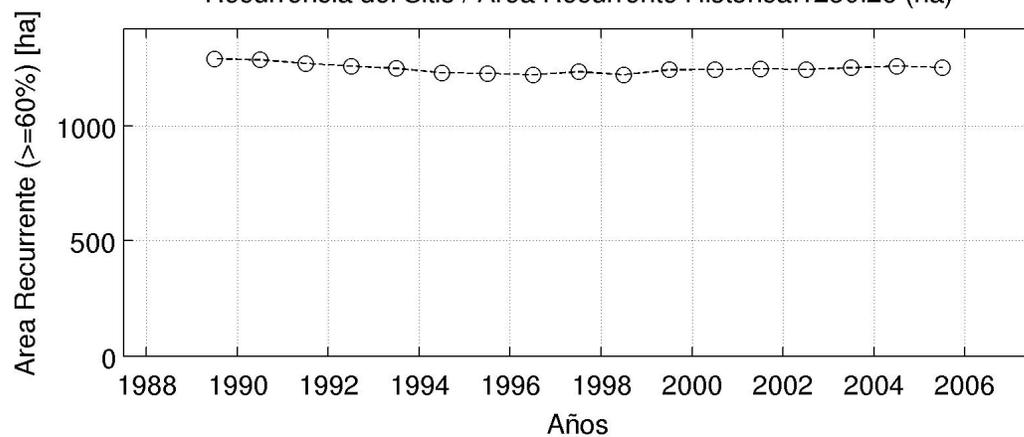
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 177.48 (ha)



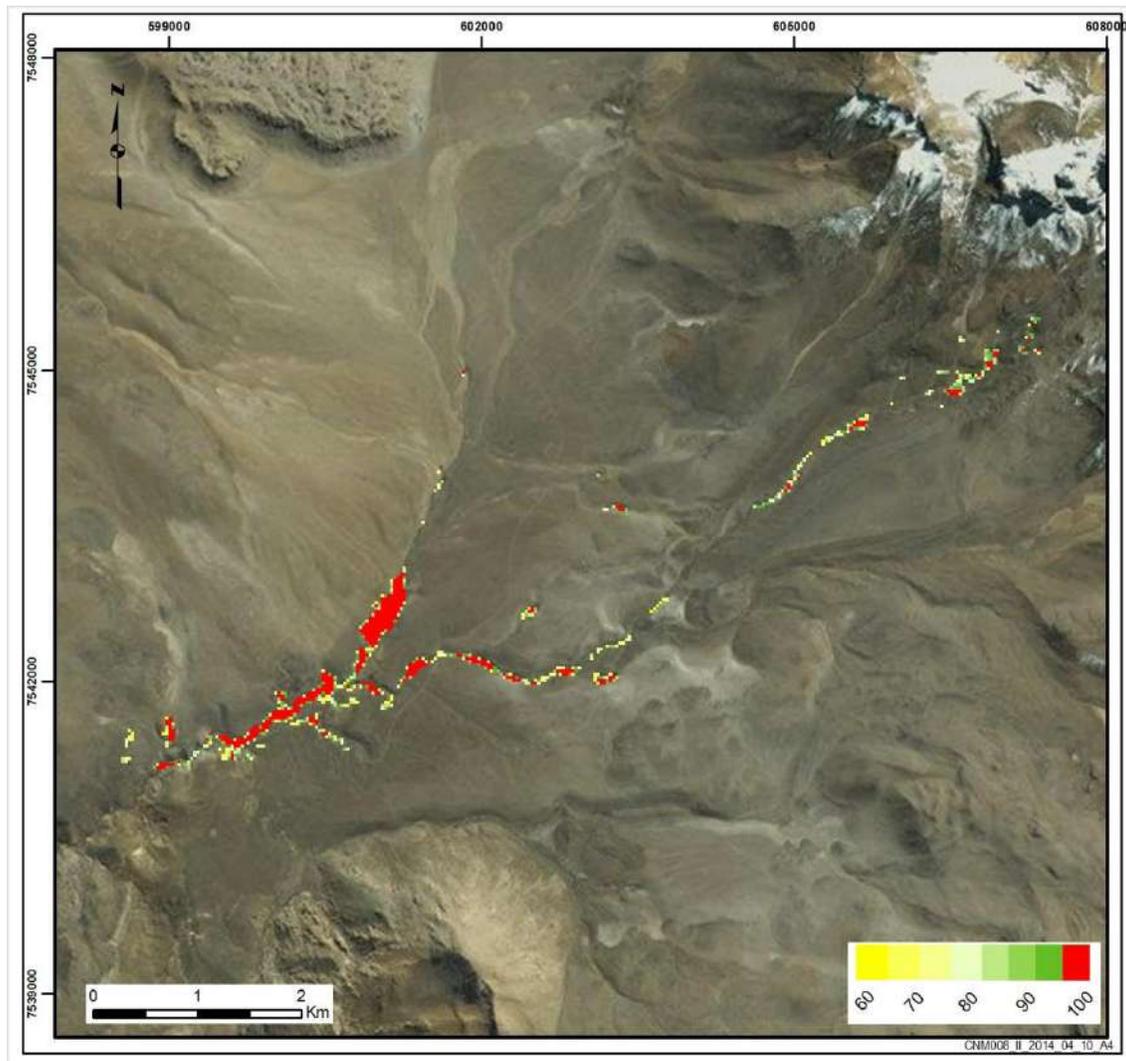
**Figura 3.64.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-5 / Sitio Prioritario Salar de Ascotán, Salar y quebradas.



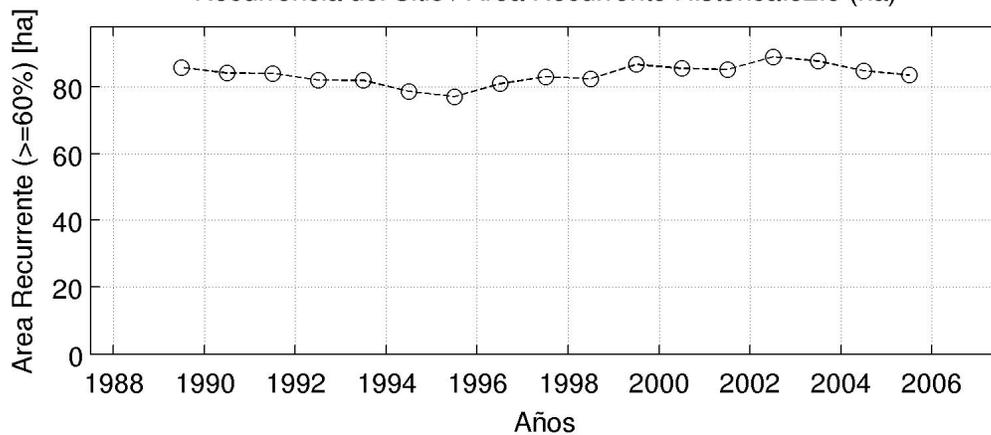
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica: 1250.28 (ha)



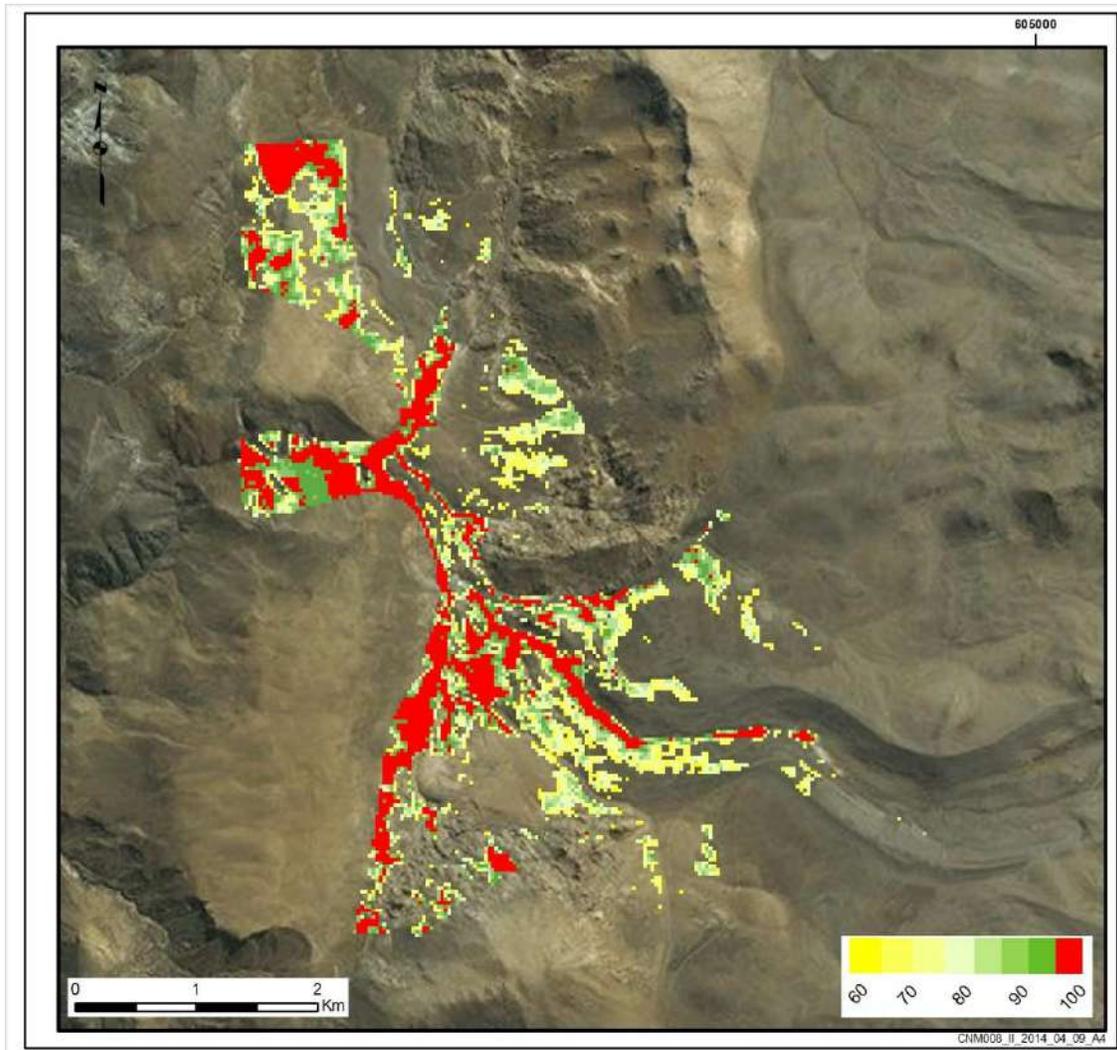
**Figura 3.65.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-6 / Sitio Prioritario Oasis de Calama, sector medio río Loa.



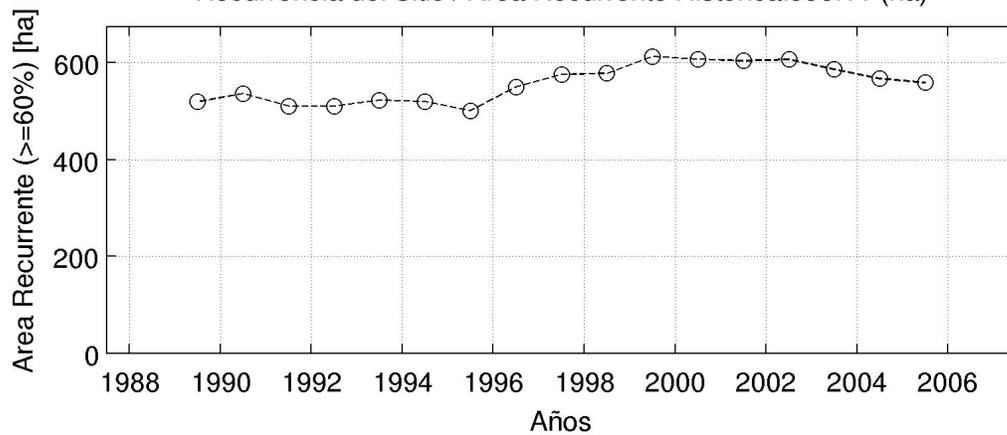
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:82.8 (ha)



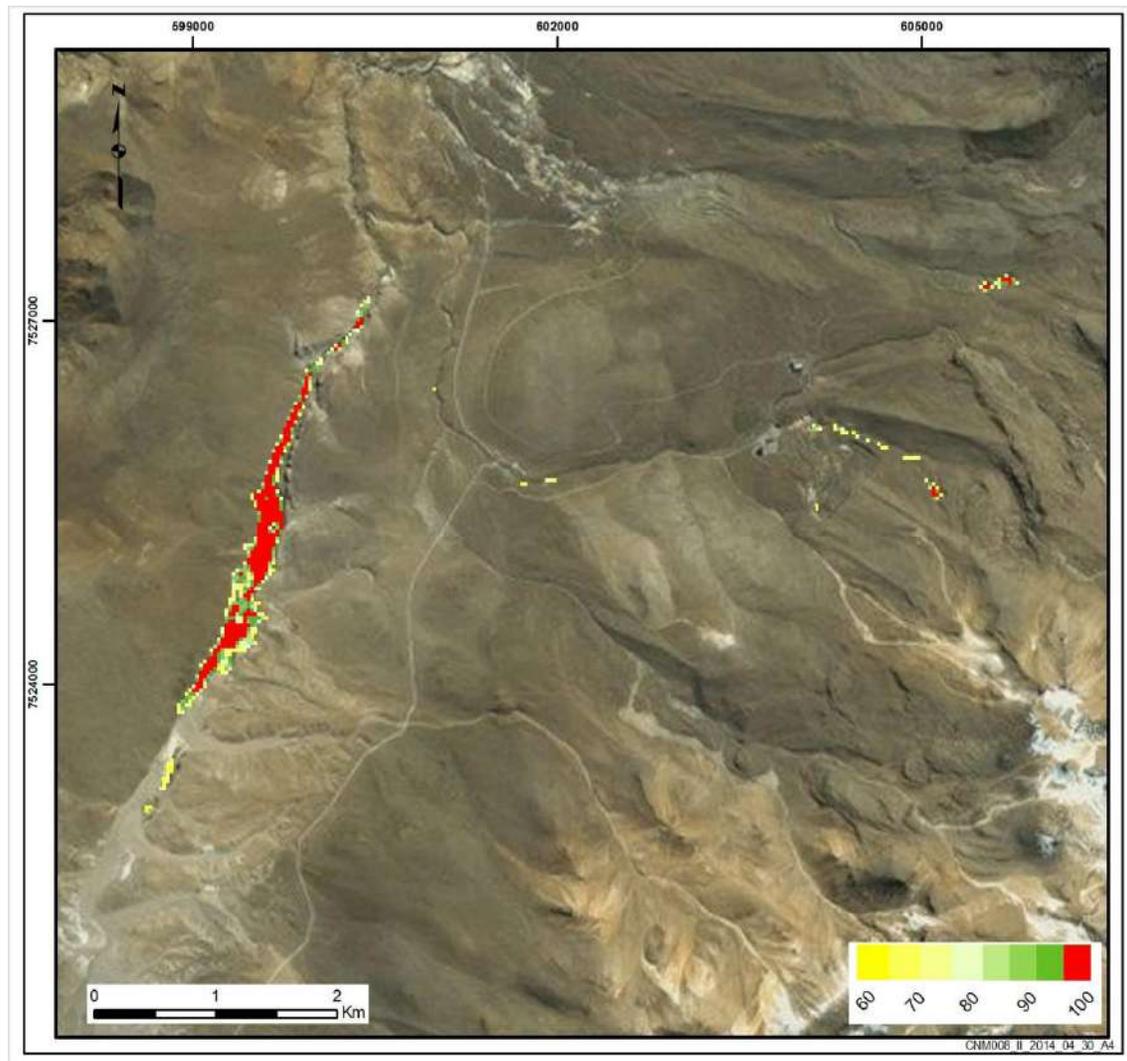
**Figura 3.66.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-7 / Sitio Prioritario Geysers del Tatio, río Toconce y quebradas.



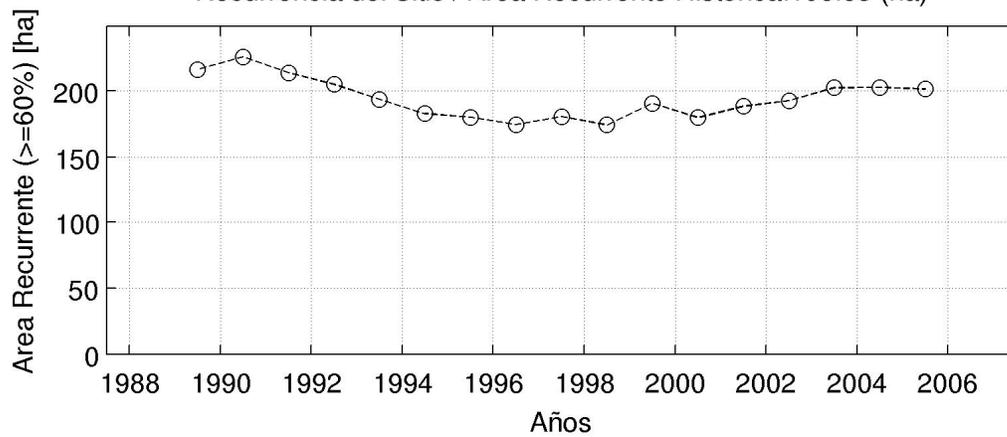
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 556.11 (ha)



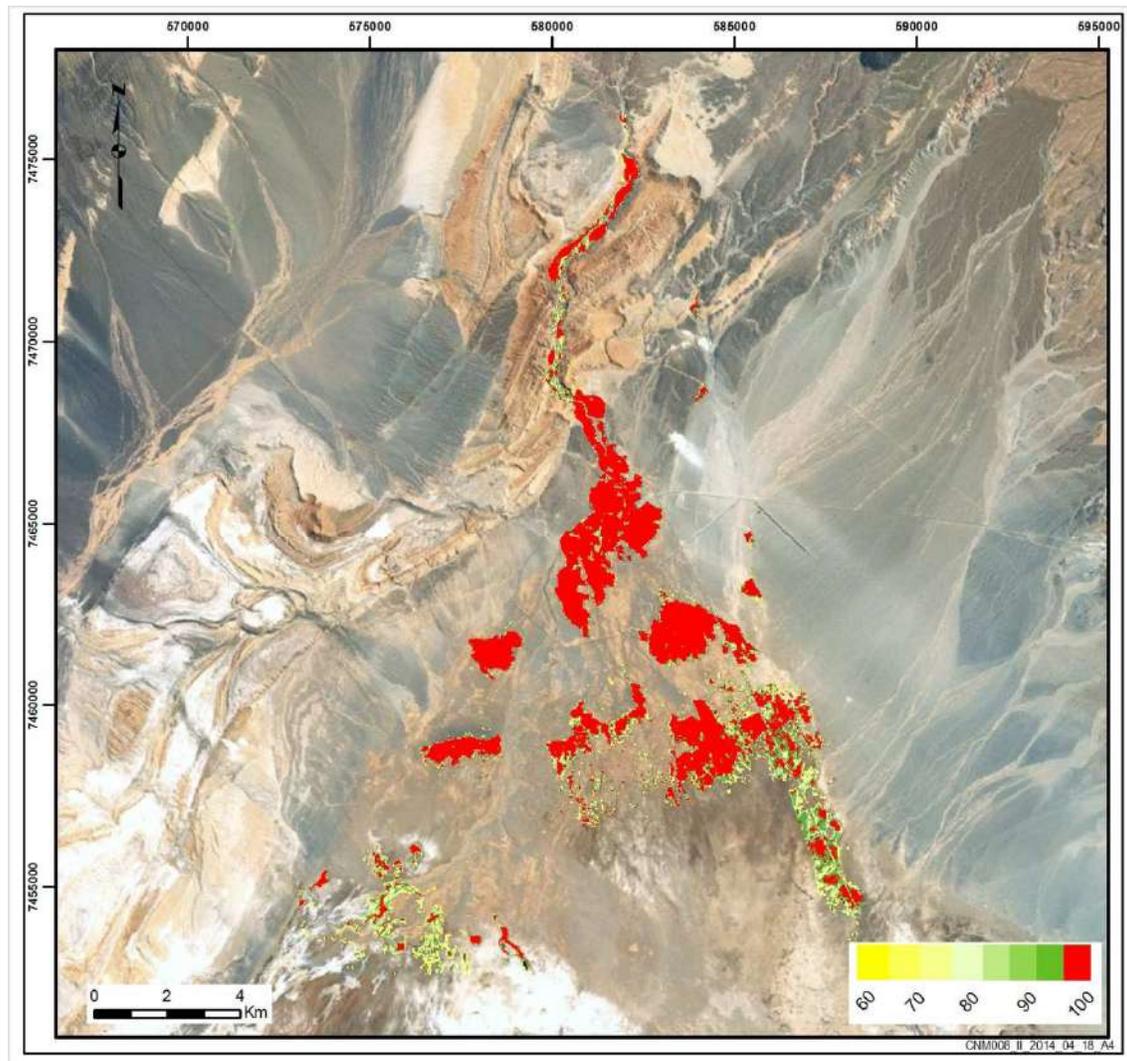
**Figura 3.67.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-8 / Sitio Prioritario Geyser del Tatio, río Hojalar 9.



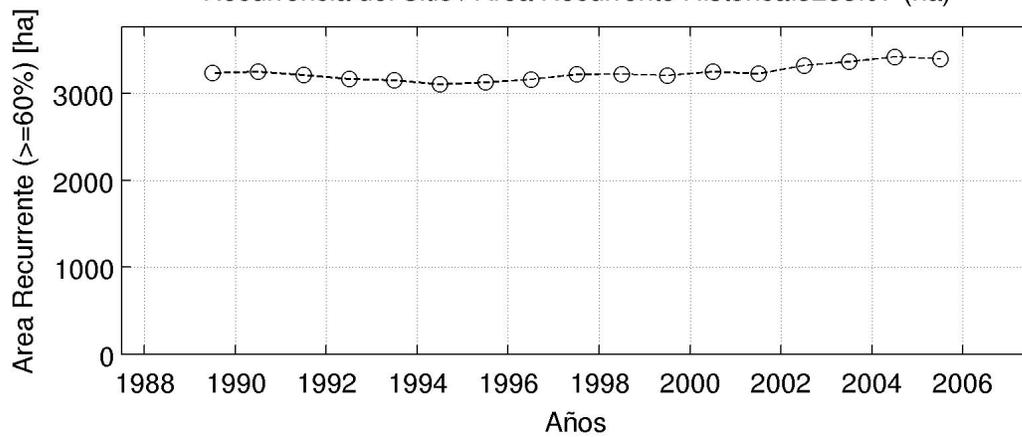
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 198.63 (ha)



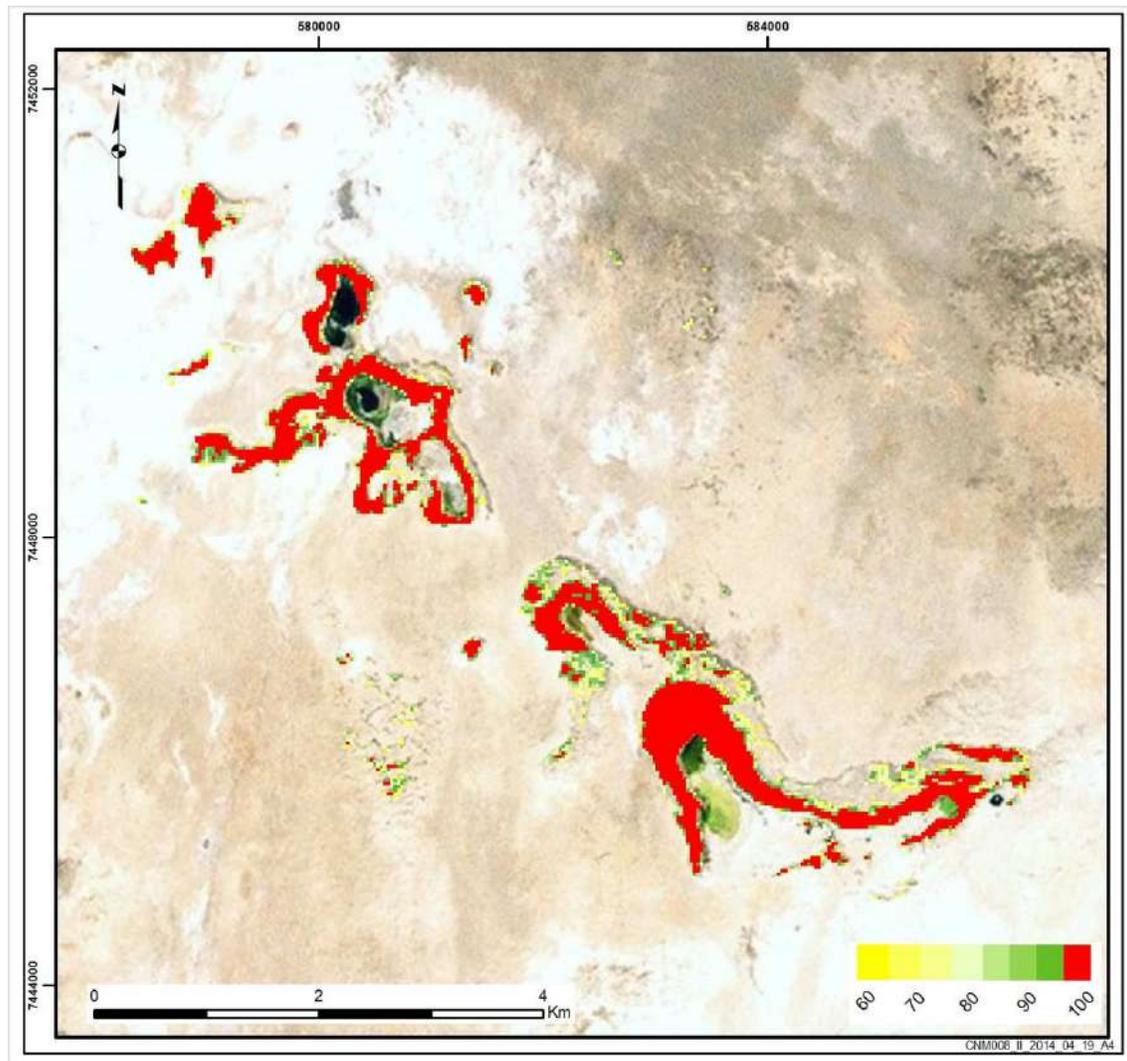
**Figura 3.68.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-9 / Sitio Prioritario Geysers del Tatio, río Salado.



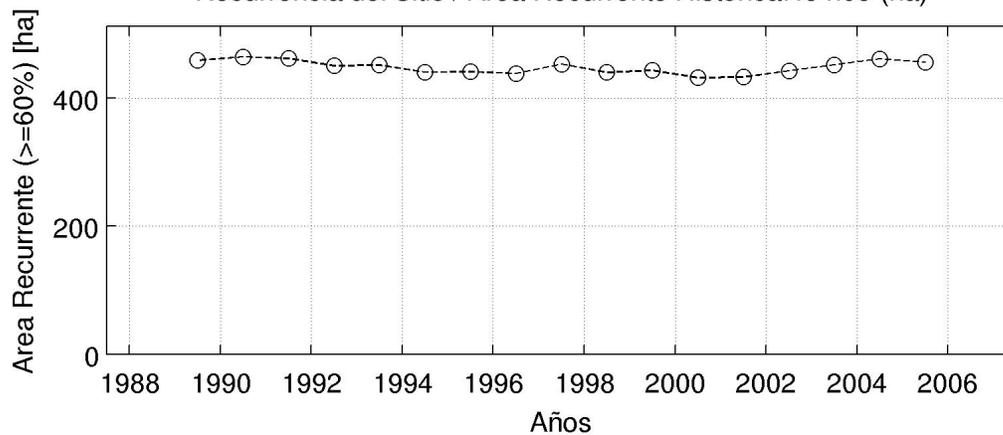
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:3233.07 (ha)



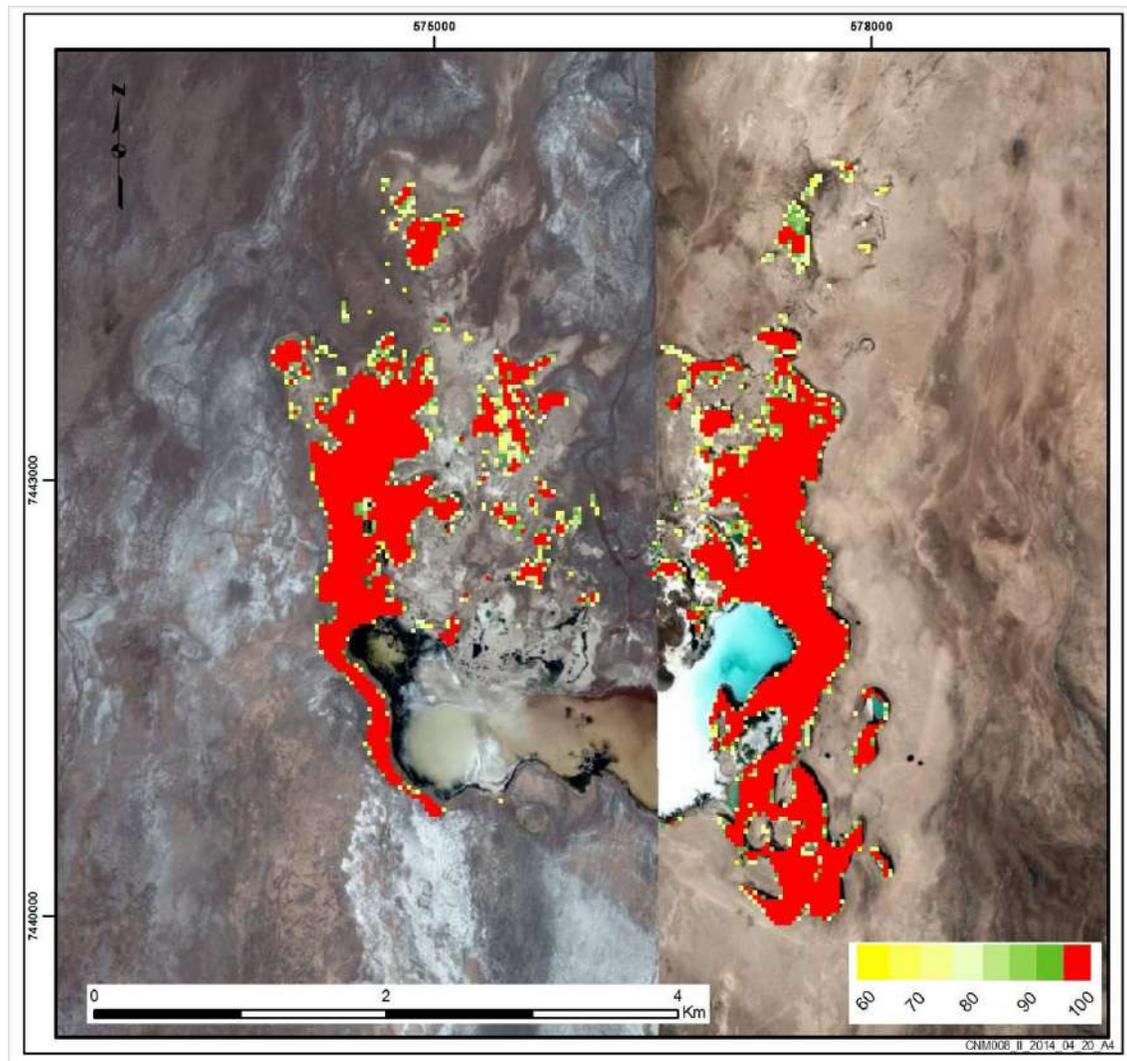
**Figura 3.69.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-10 / Sitio Prioritario Ayllus de San Pedro de Atacama.



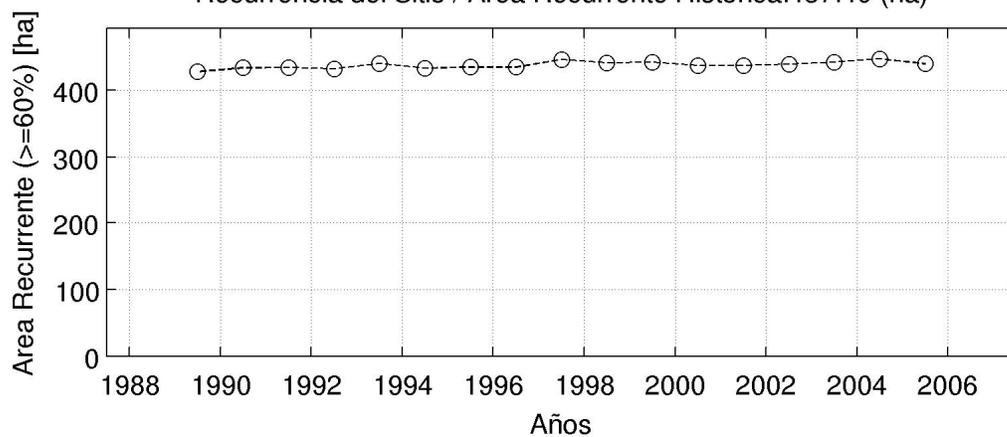
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 454.95 (ha)



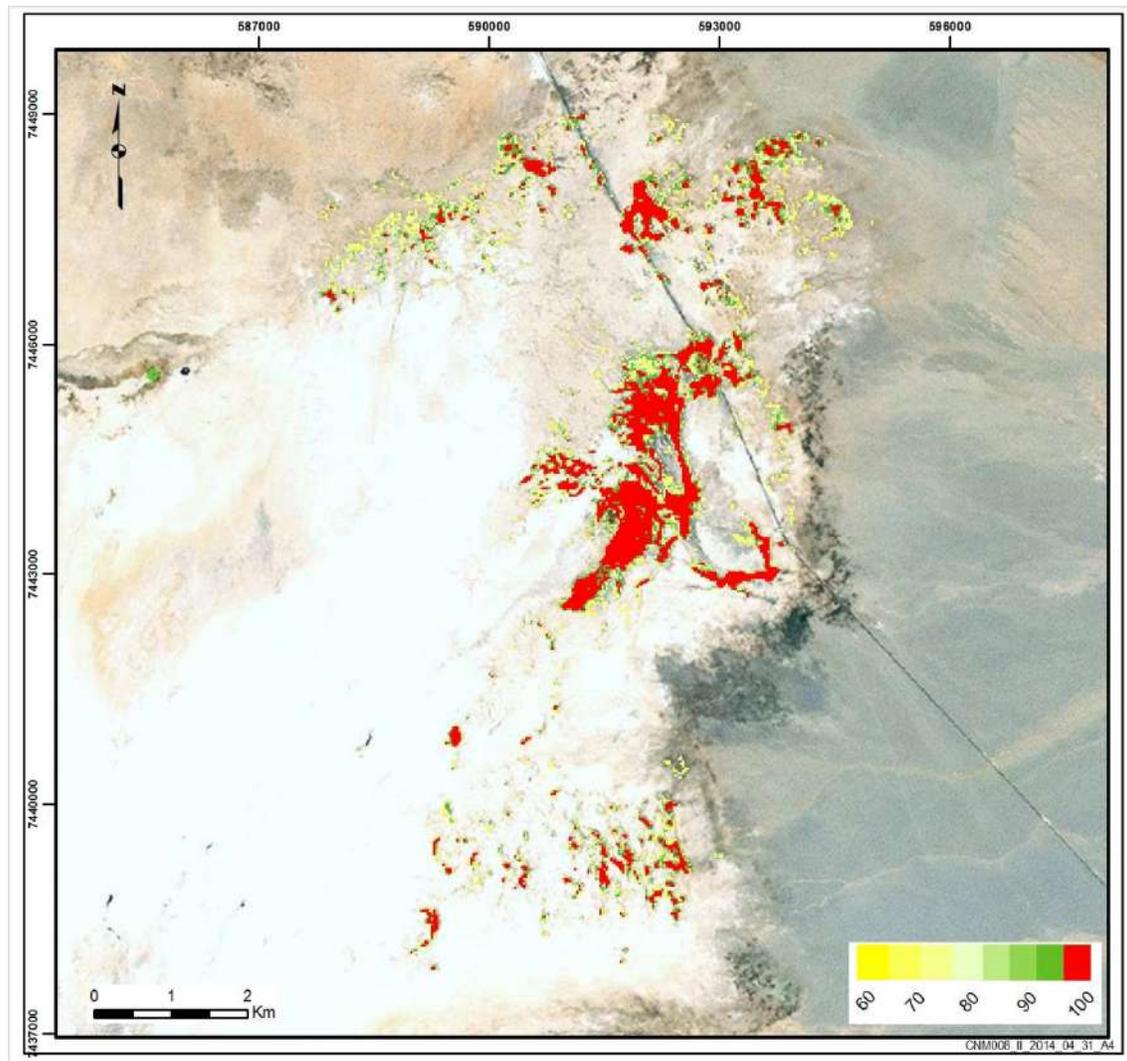
**Figura 3.70.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-11 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna de Cejas y otros cuerpos de agua.



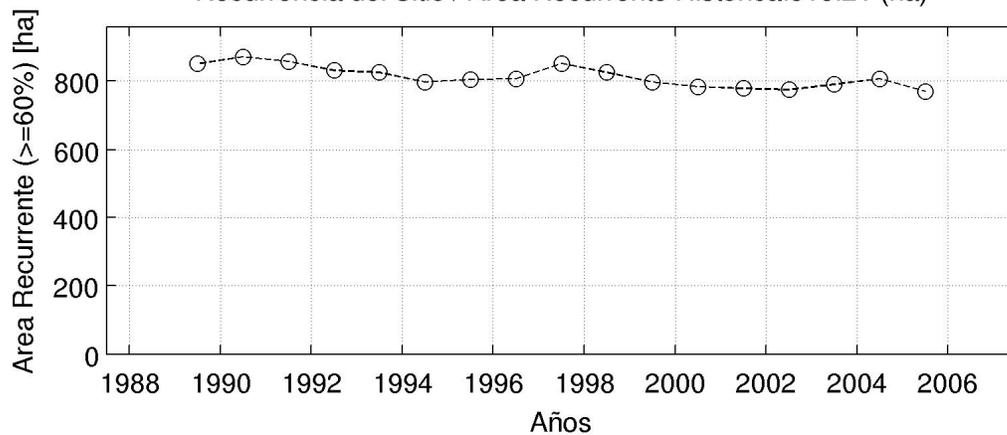
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:437.49 (ha)



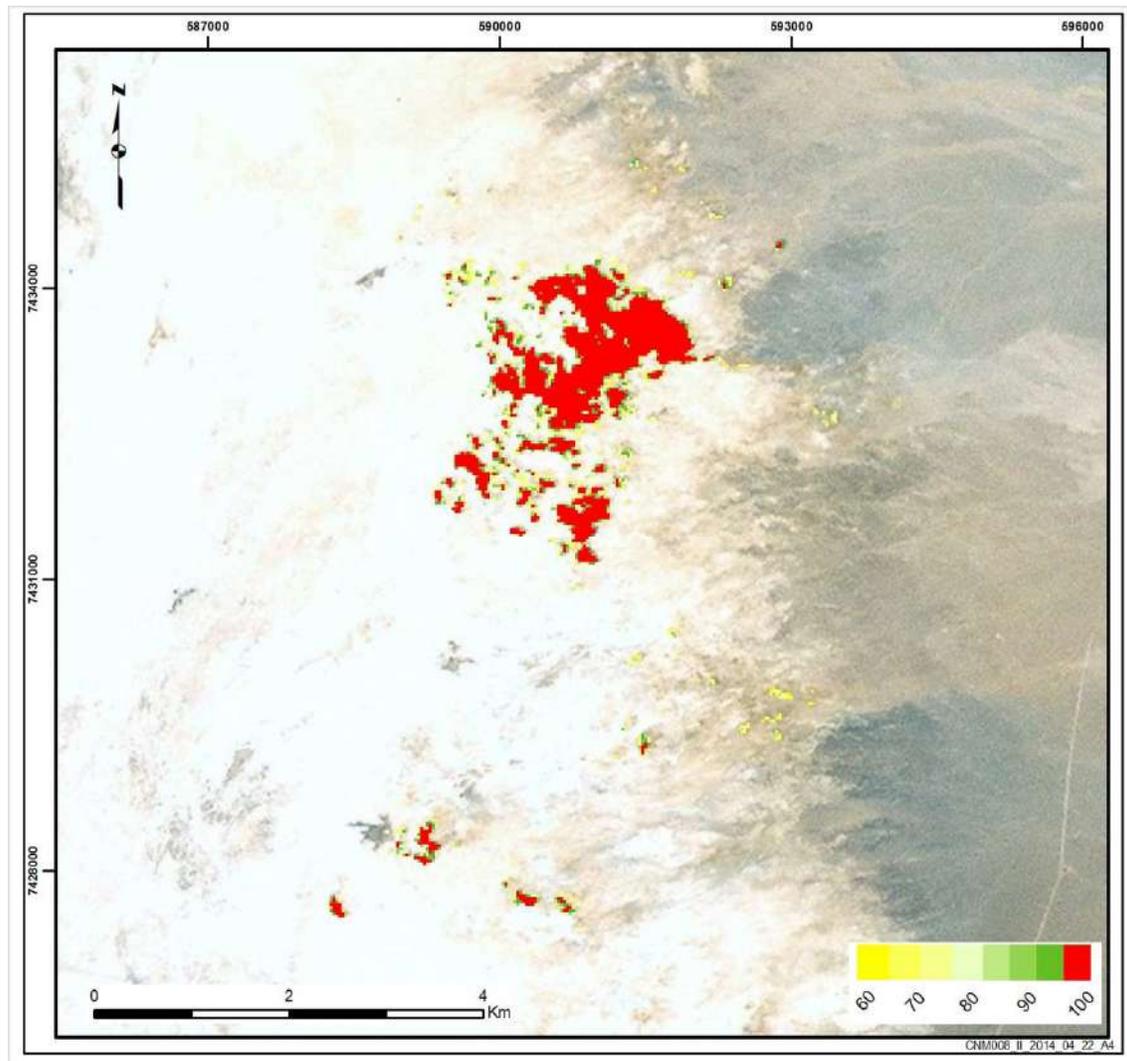
**Figura 3.71.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-12 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, laguna Tebinquiche.



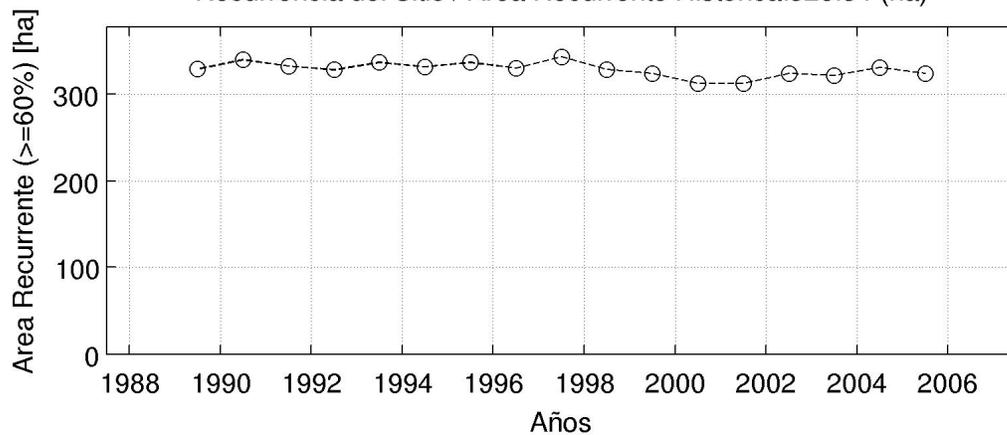
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 816.21 (ha)



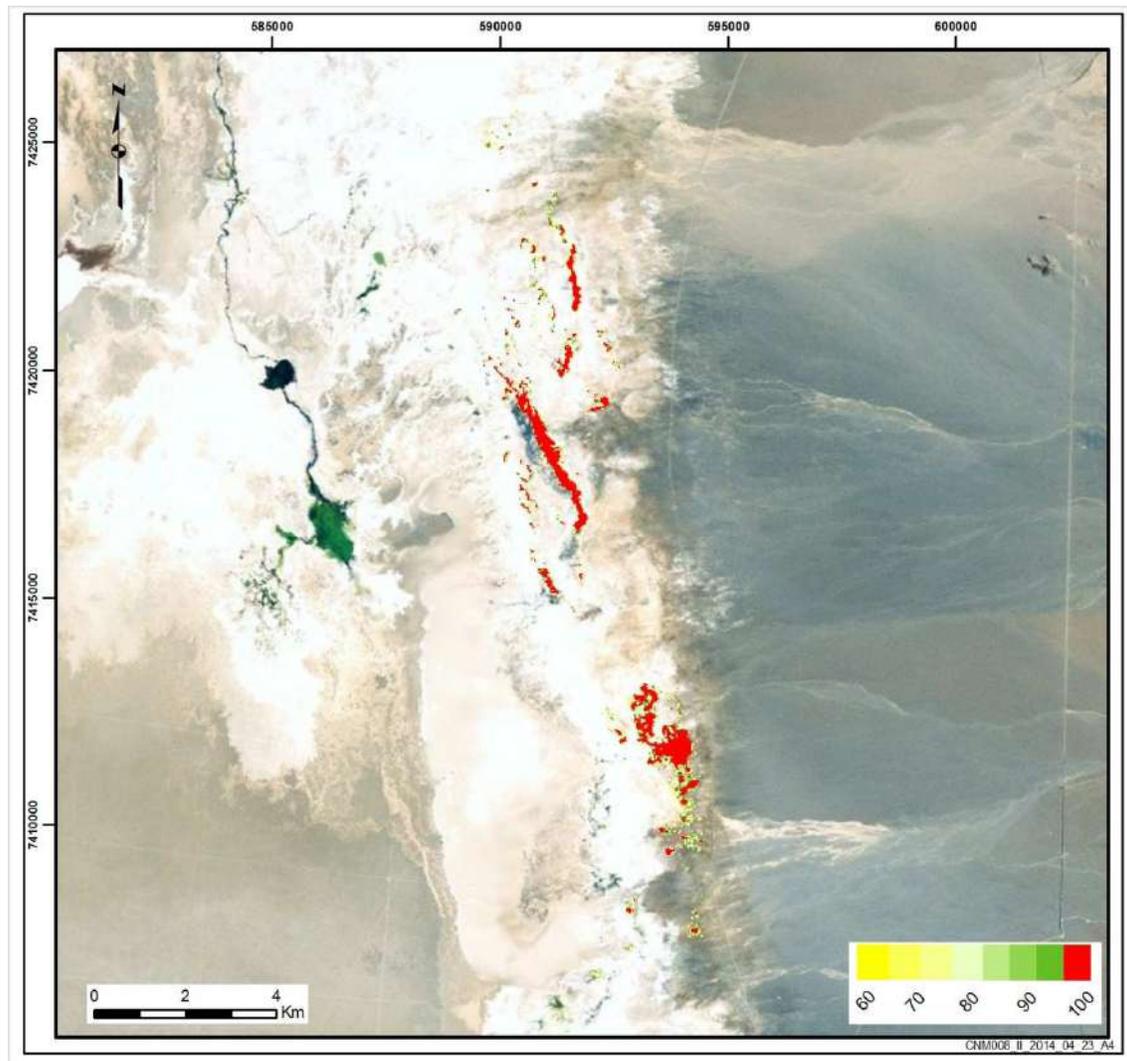
**Figura 3.72.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-13 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar\_A.



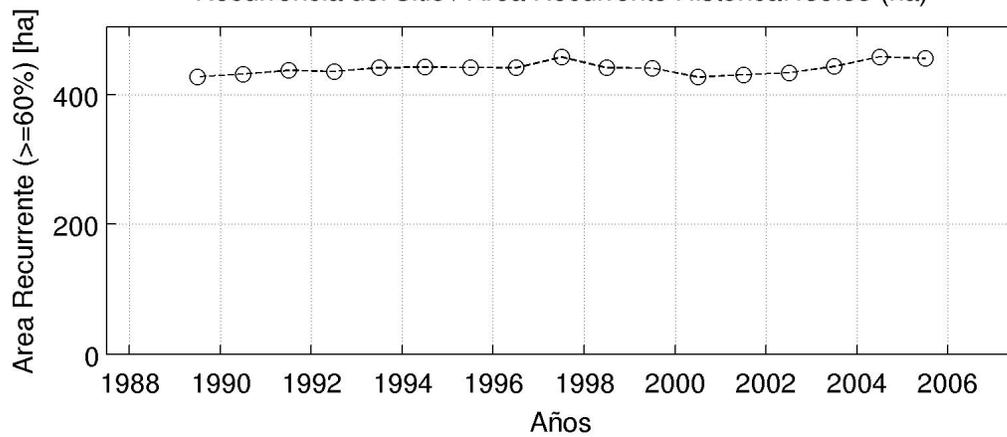
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:326.34 (ha)



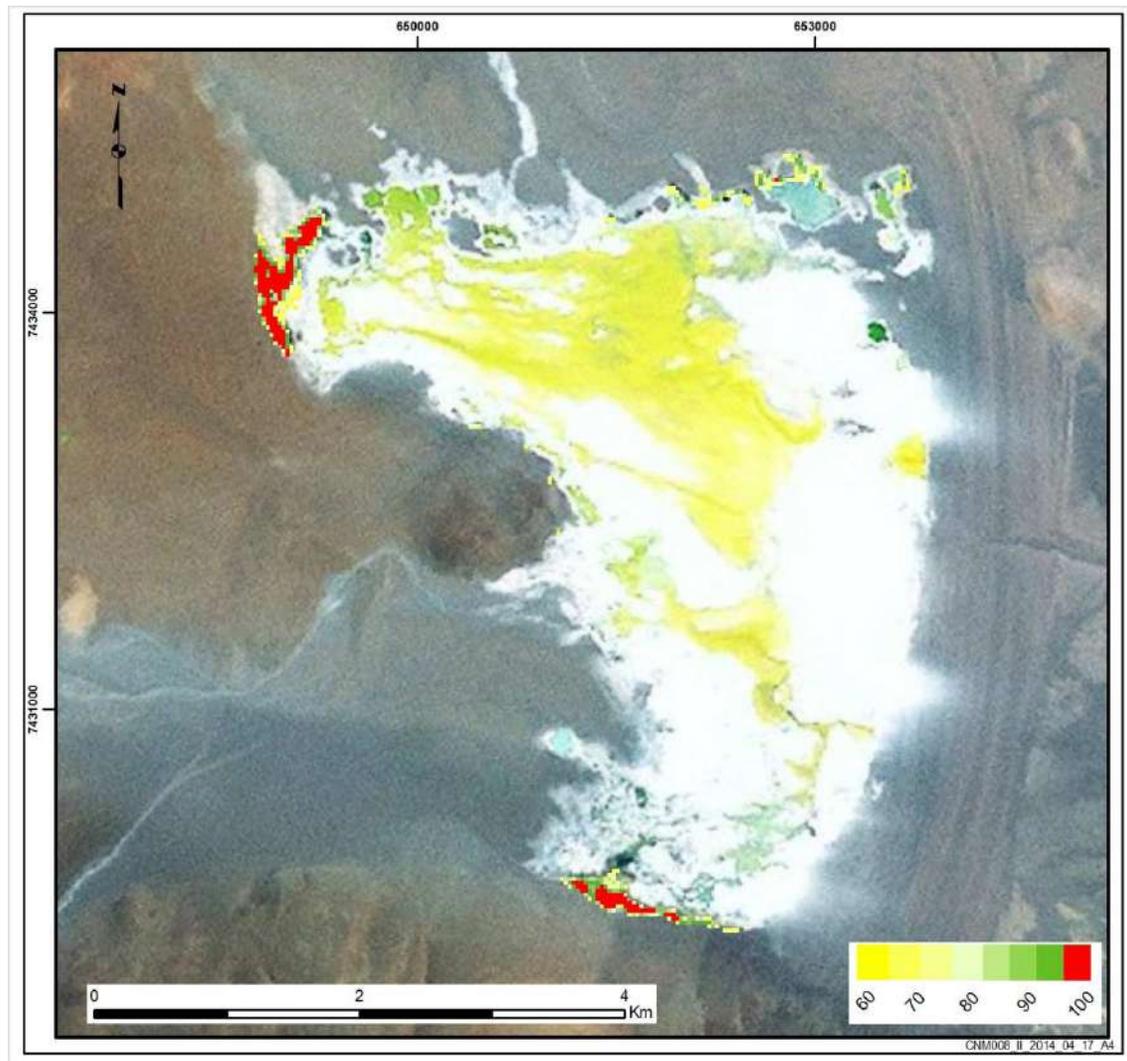
**Figura 3.73.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-14 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar\_B.



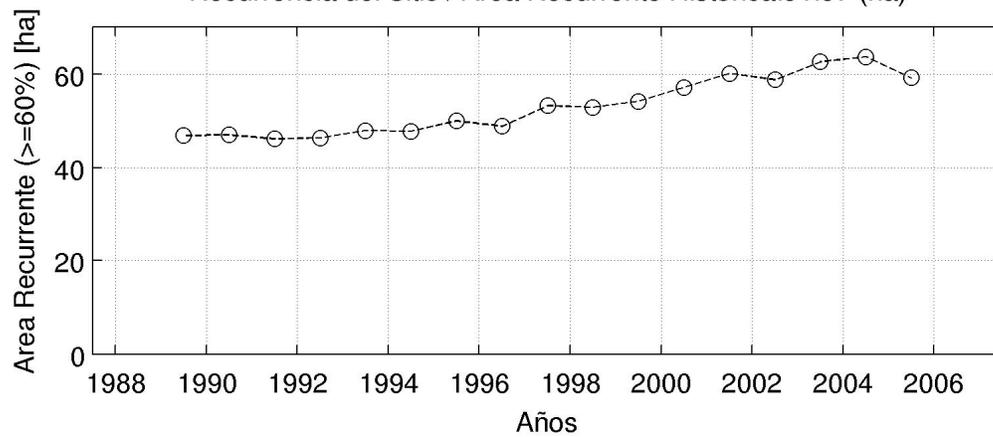
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:435.33 (ha)



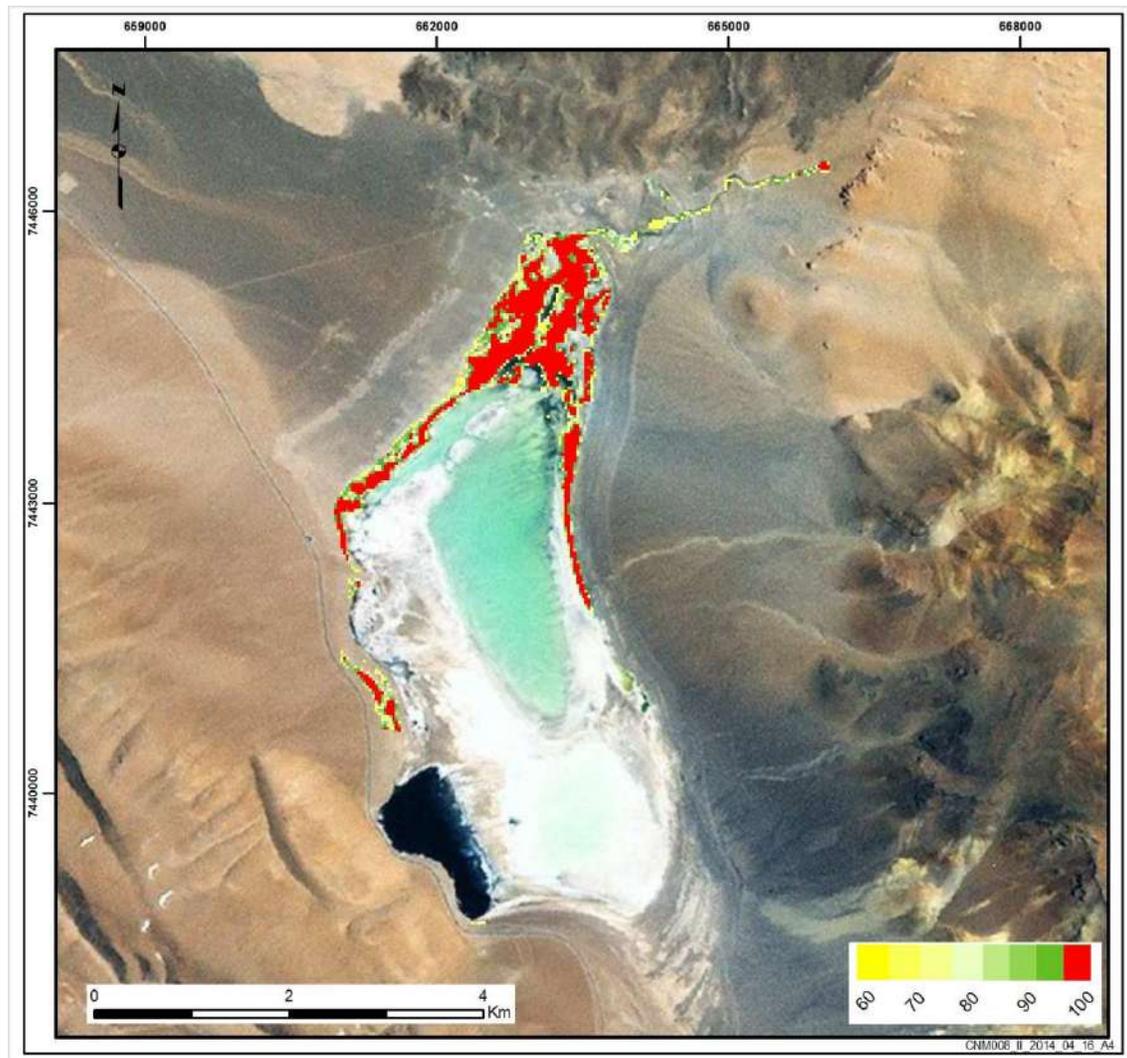
**Figura 3.74.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-15 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector oriental del salar\_C.



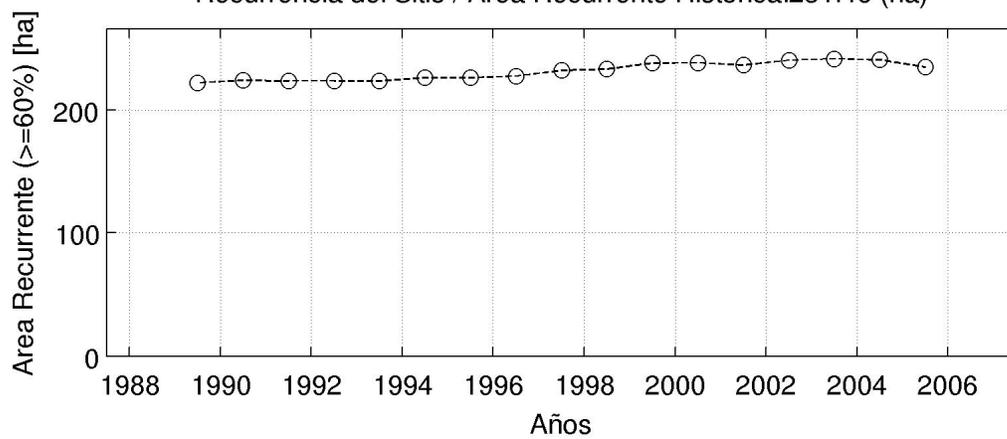
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:51.57 (ha)



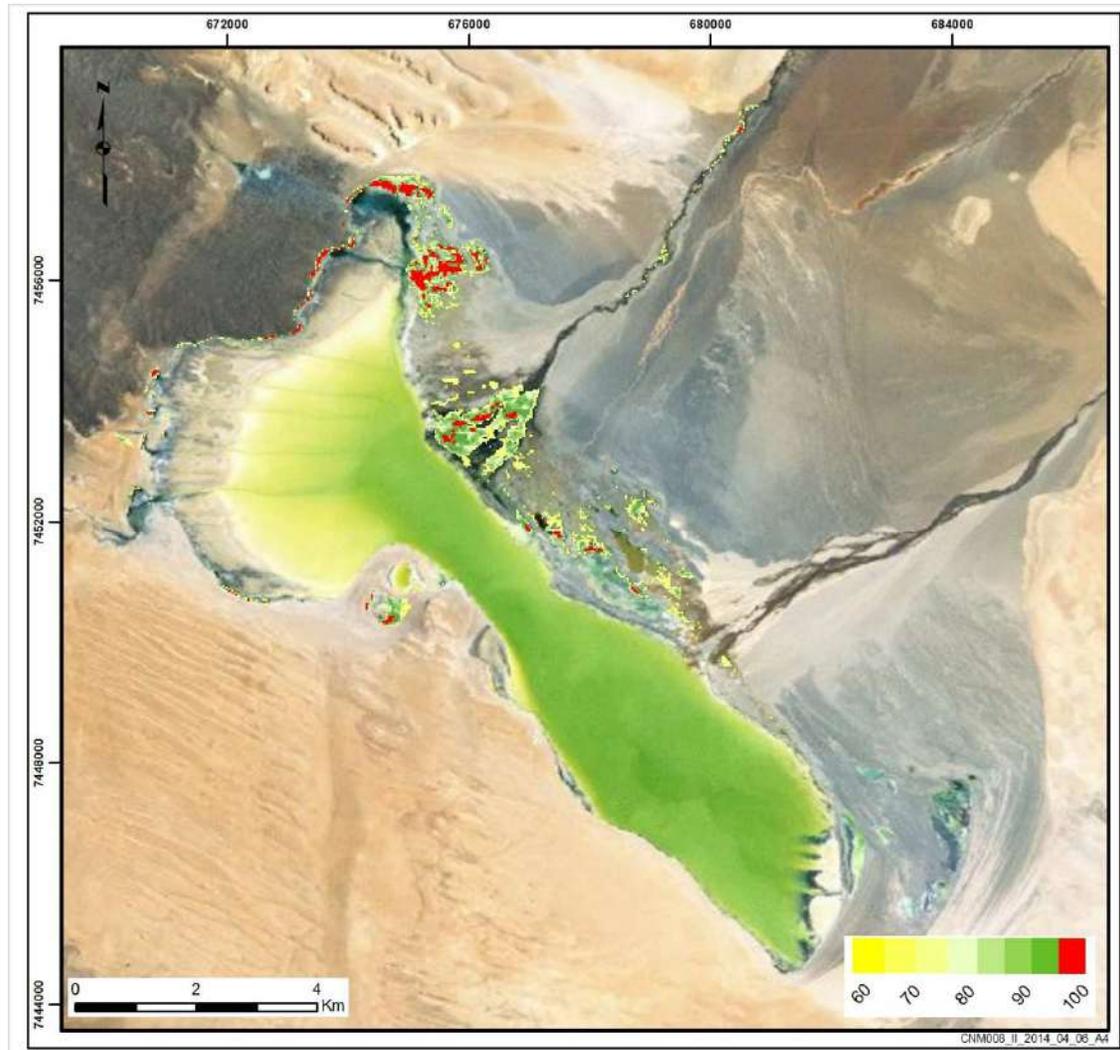
**Figura 3.75.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-16 / Sitio Prioritario Salar de Pujsa.



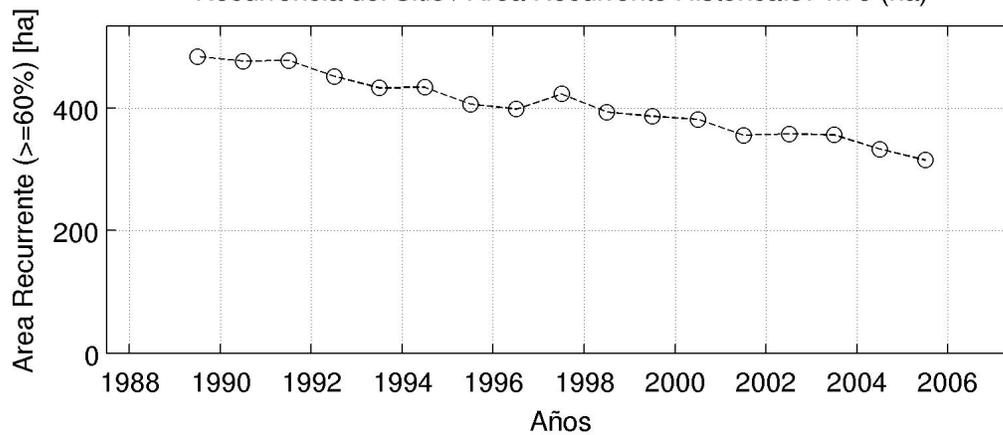
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 231.48 (ha)



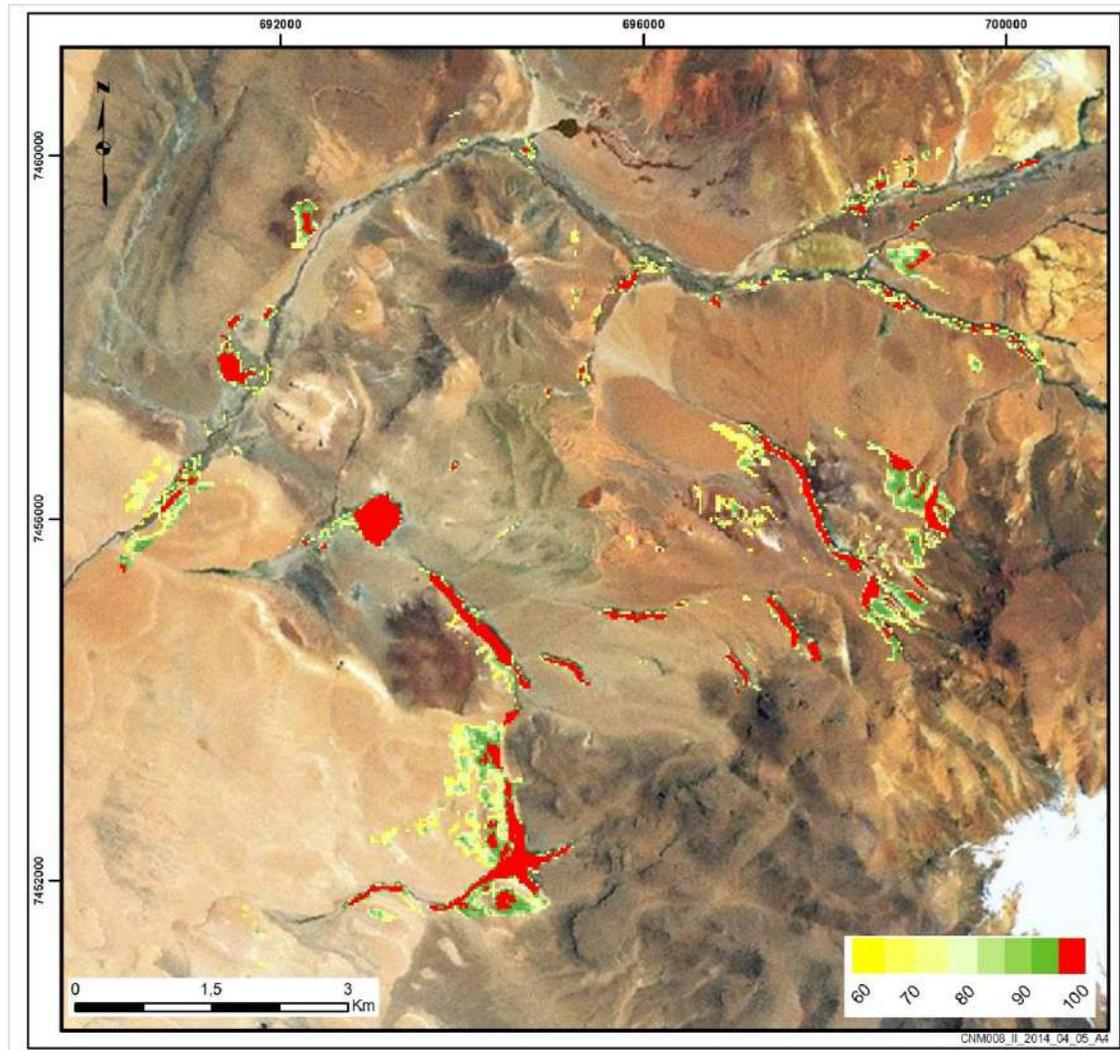
**Figura 3.76.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-17 / Sitio Prioritario Aguas Calientes I.



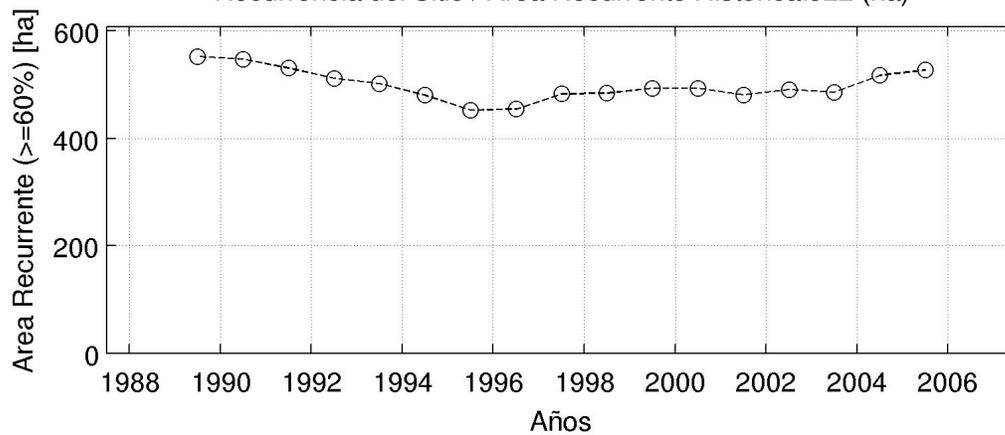
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:374.76 (ha)



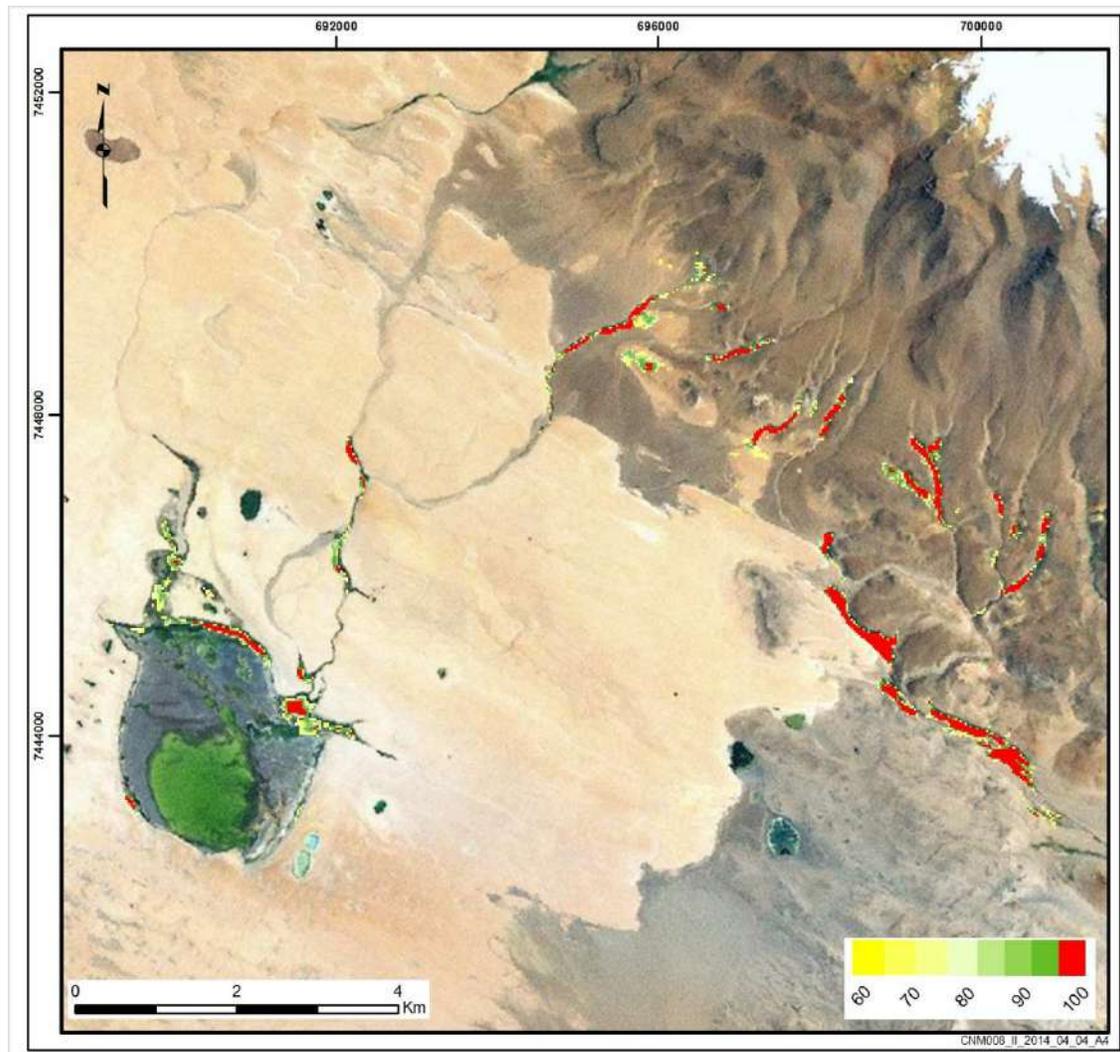
**Figura 3.77.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-18 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna salar de Tara.



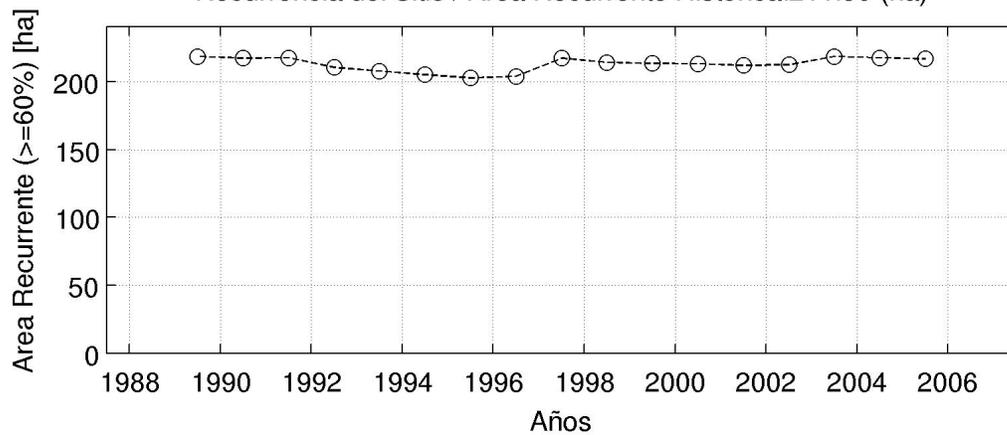
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:522 (ha)



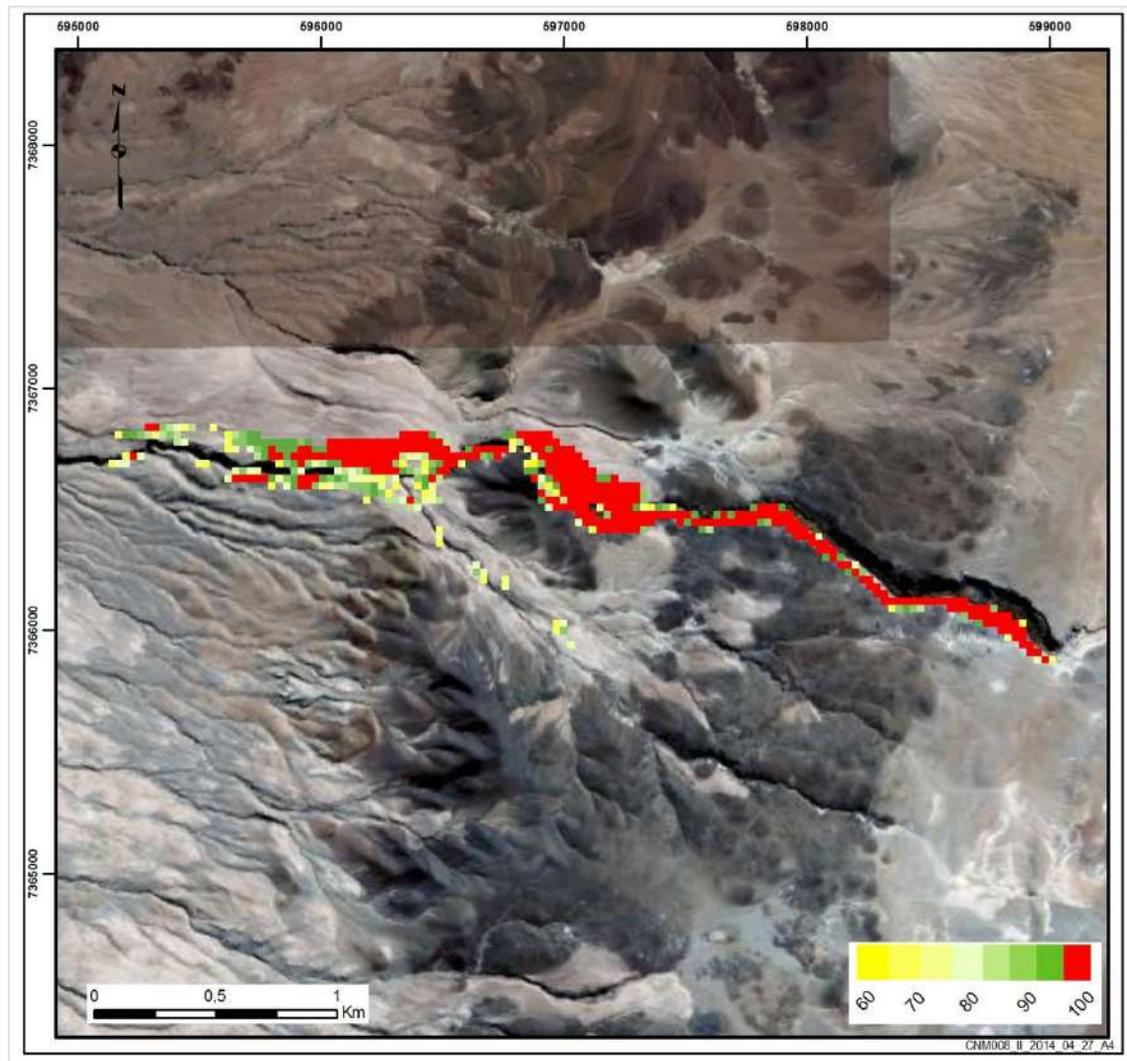
**Figura 3.78.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-19 / Sitio Prioritario Salar de Tara, quebradas sector oriente.



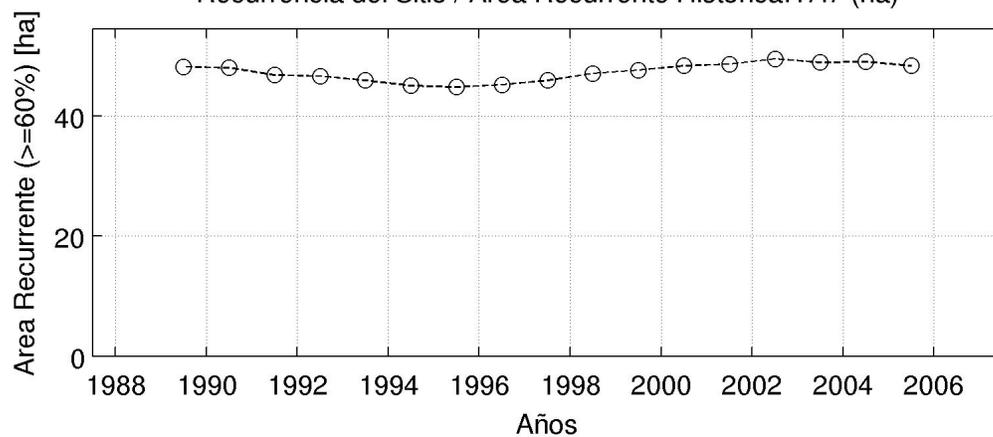
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:211.59 (ha)



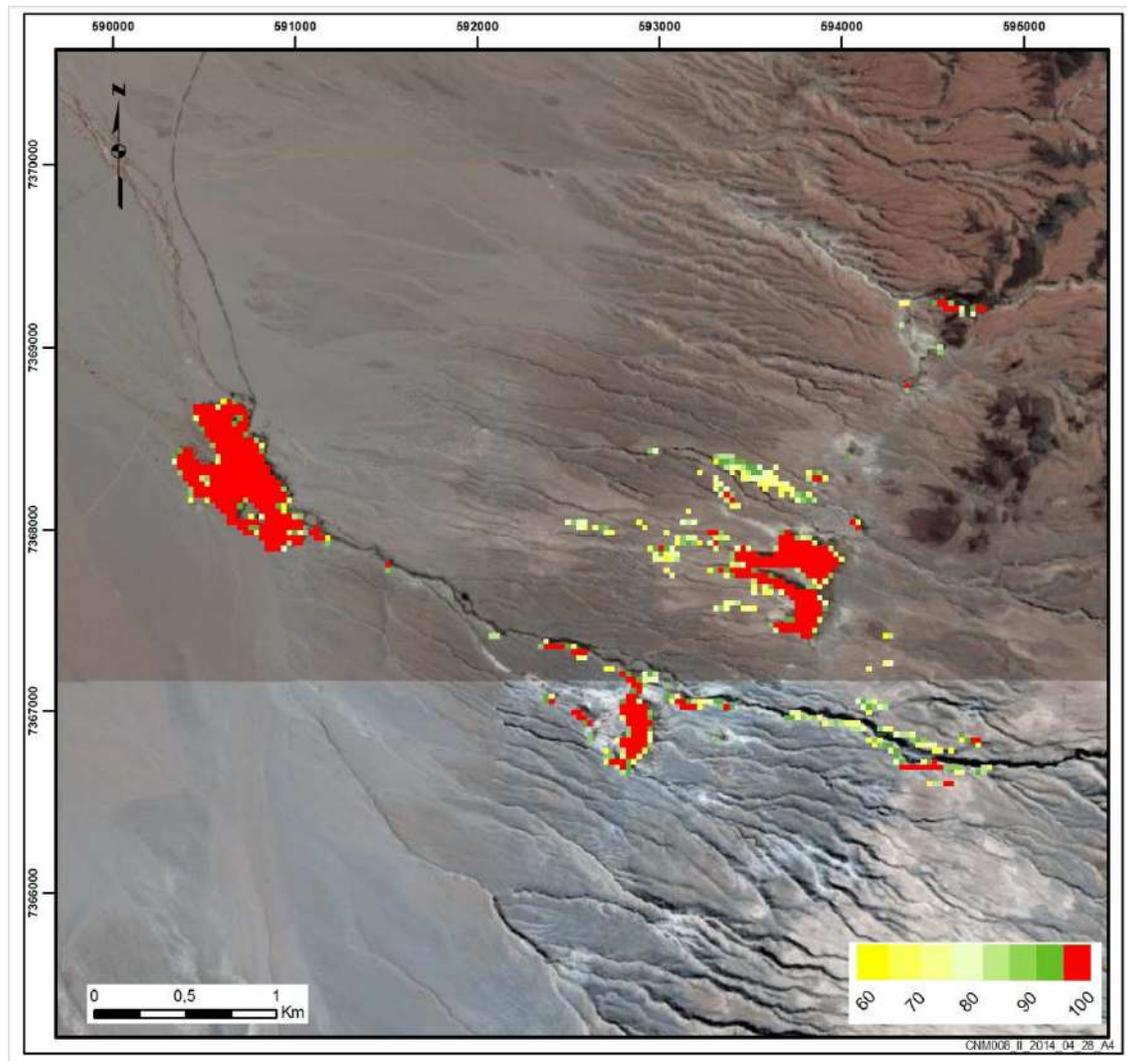
**Figura 3.79.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-20 / Sitio Prioritario Salar de Tara, Laguna Helada y quebradas.



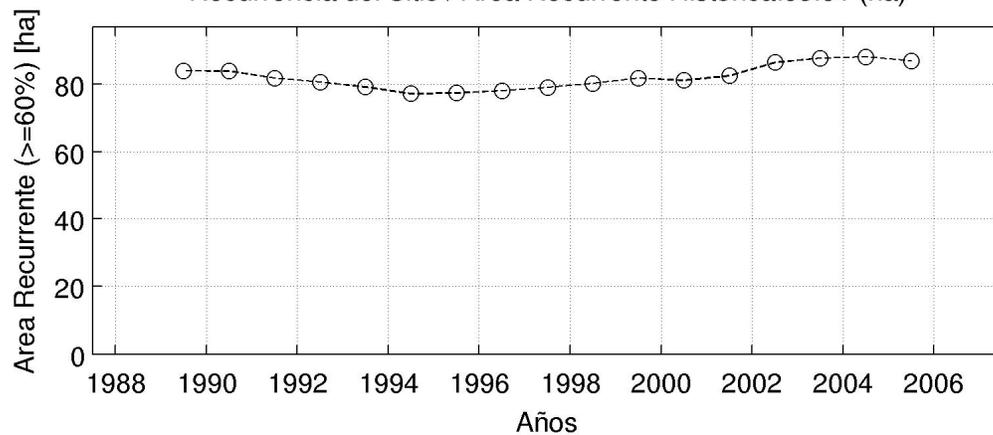
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:47.7 (ha)



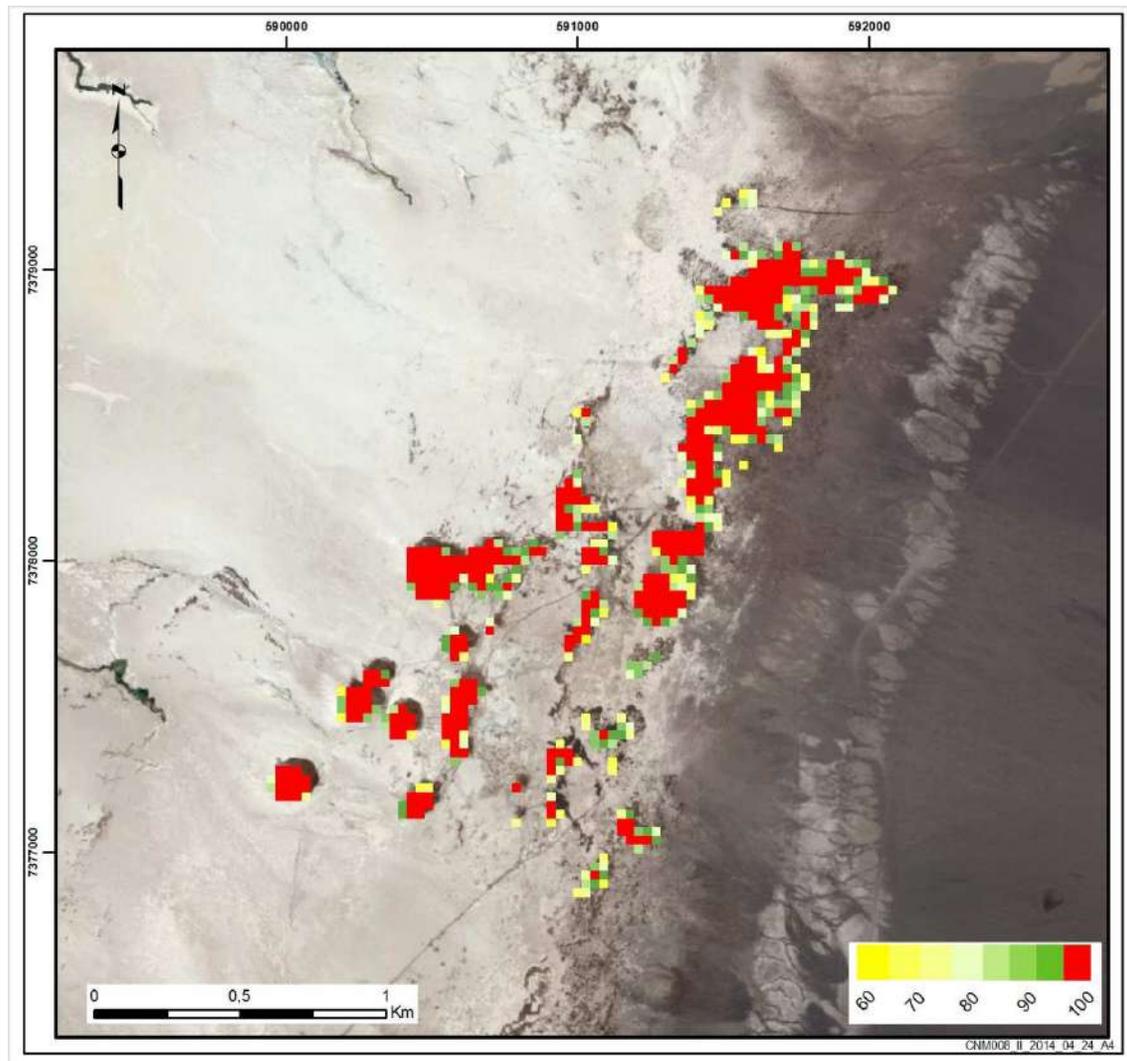
**Figura 3.80.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-22 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, cabecera río Tulan.



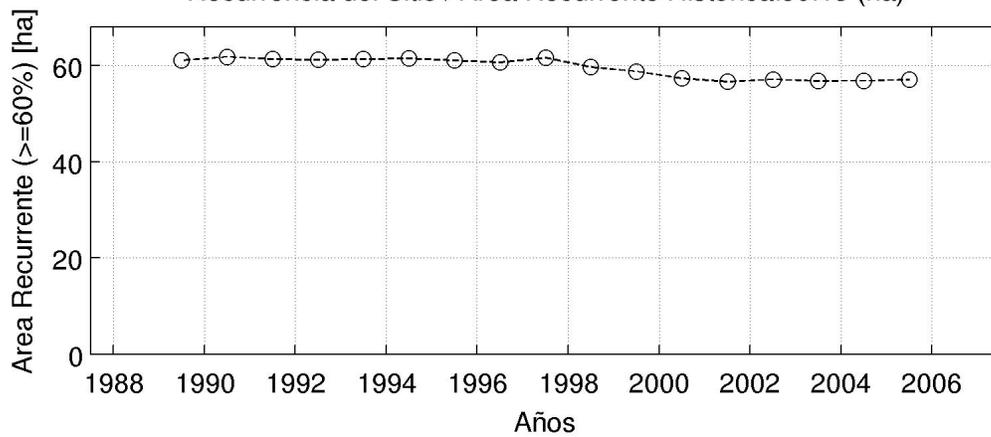
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:83.61 (ha)



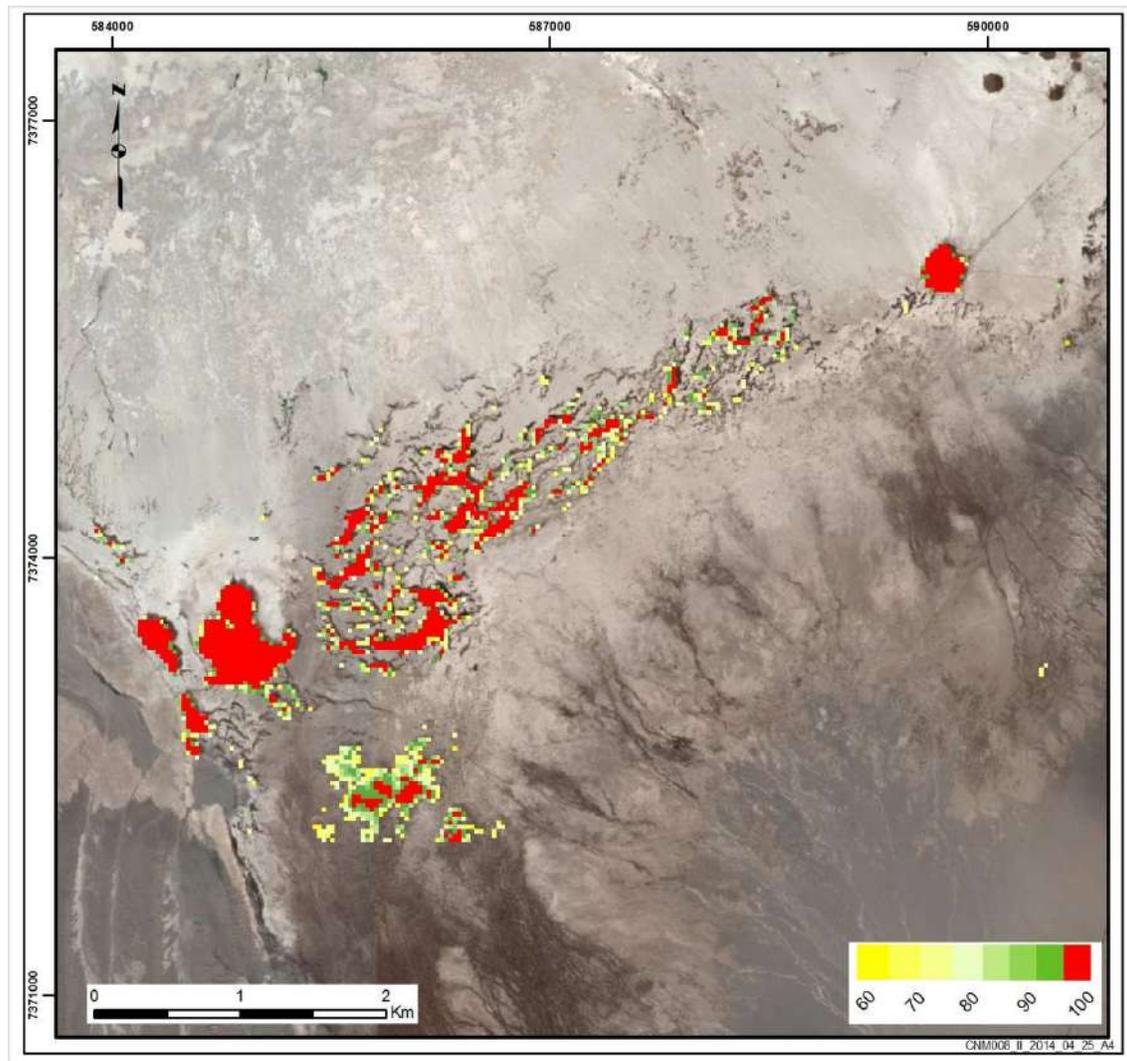
**Figura 3.81.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-23 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilomonte.



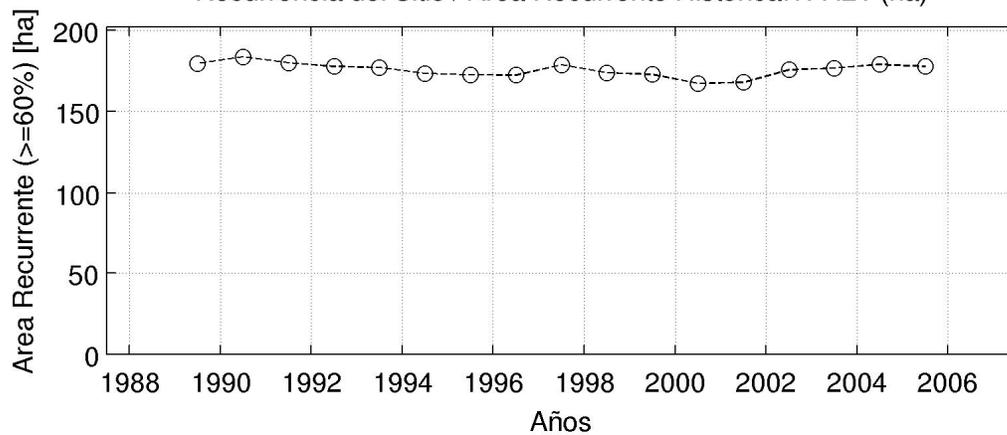
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 59.13 (ha)



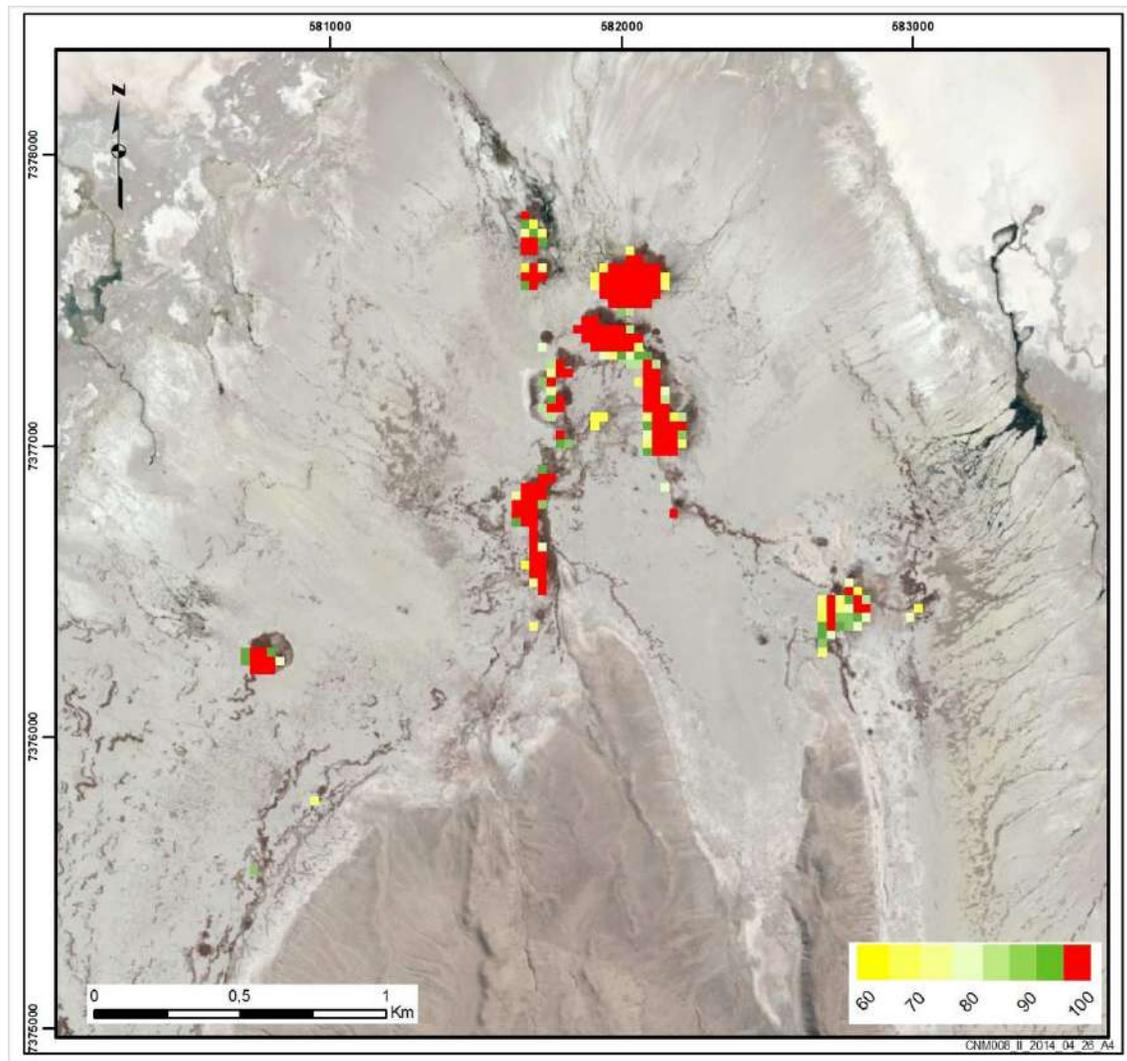
**Figura 3.82.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-24 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar\_A.



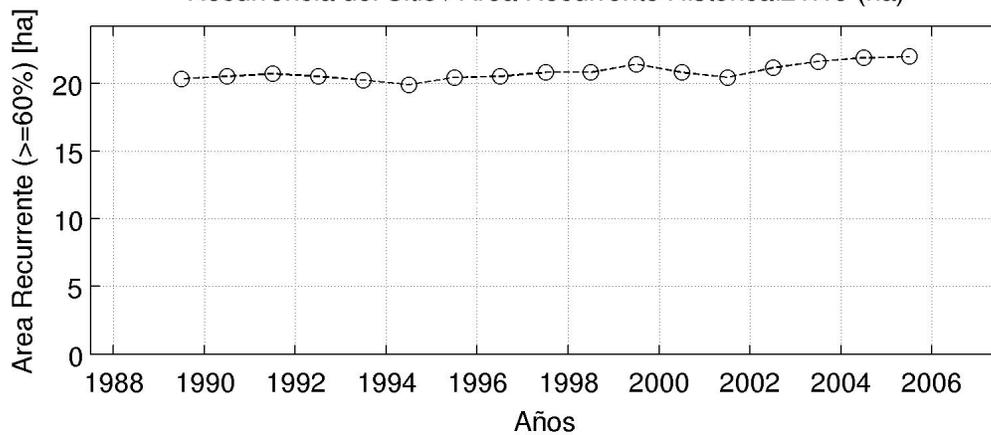
Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:177.21 (ha)



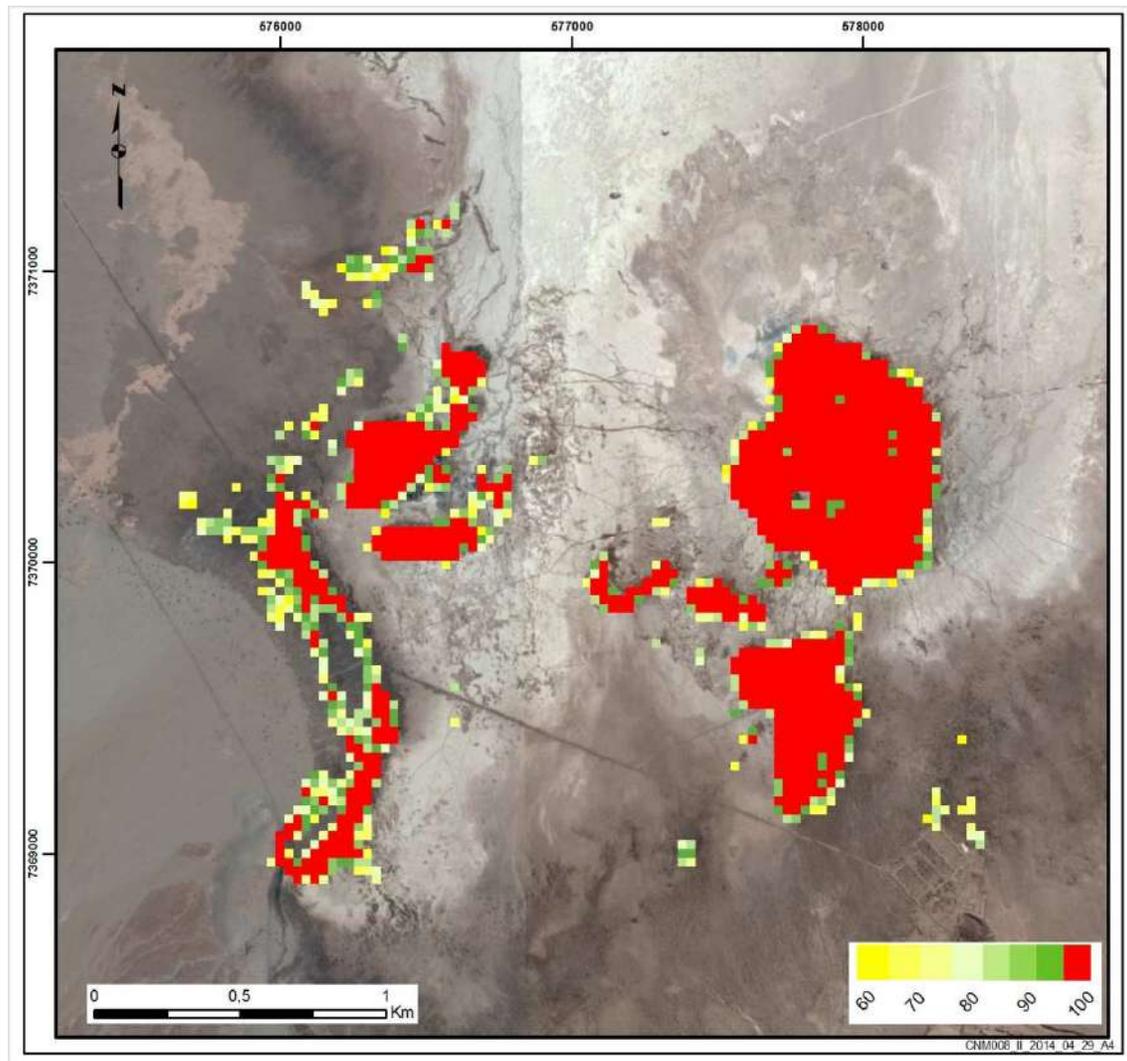
**Figura 3.83.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-25 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar\_B.



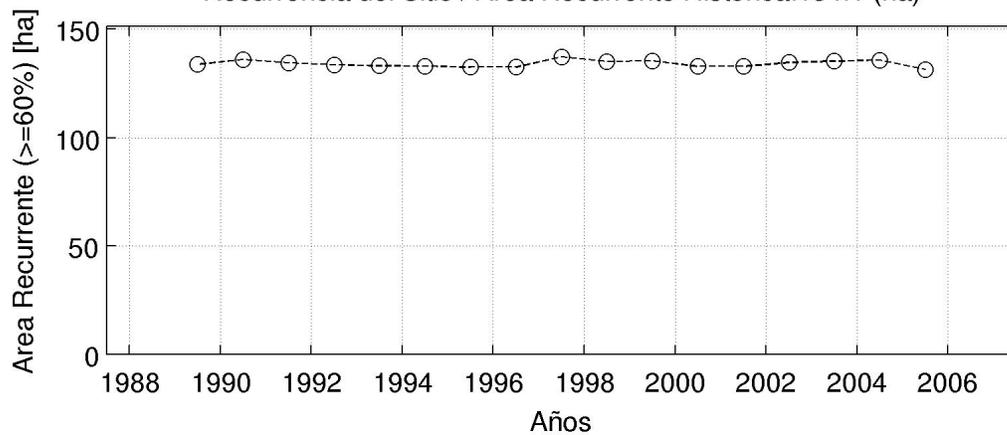
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 21.15 (ha)



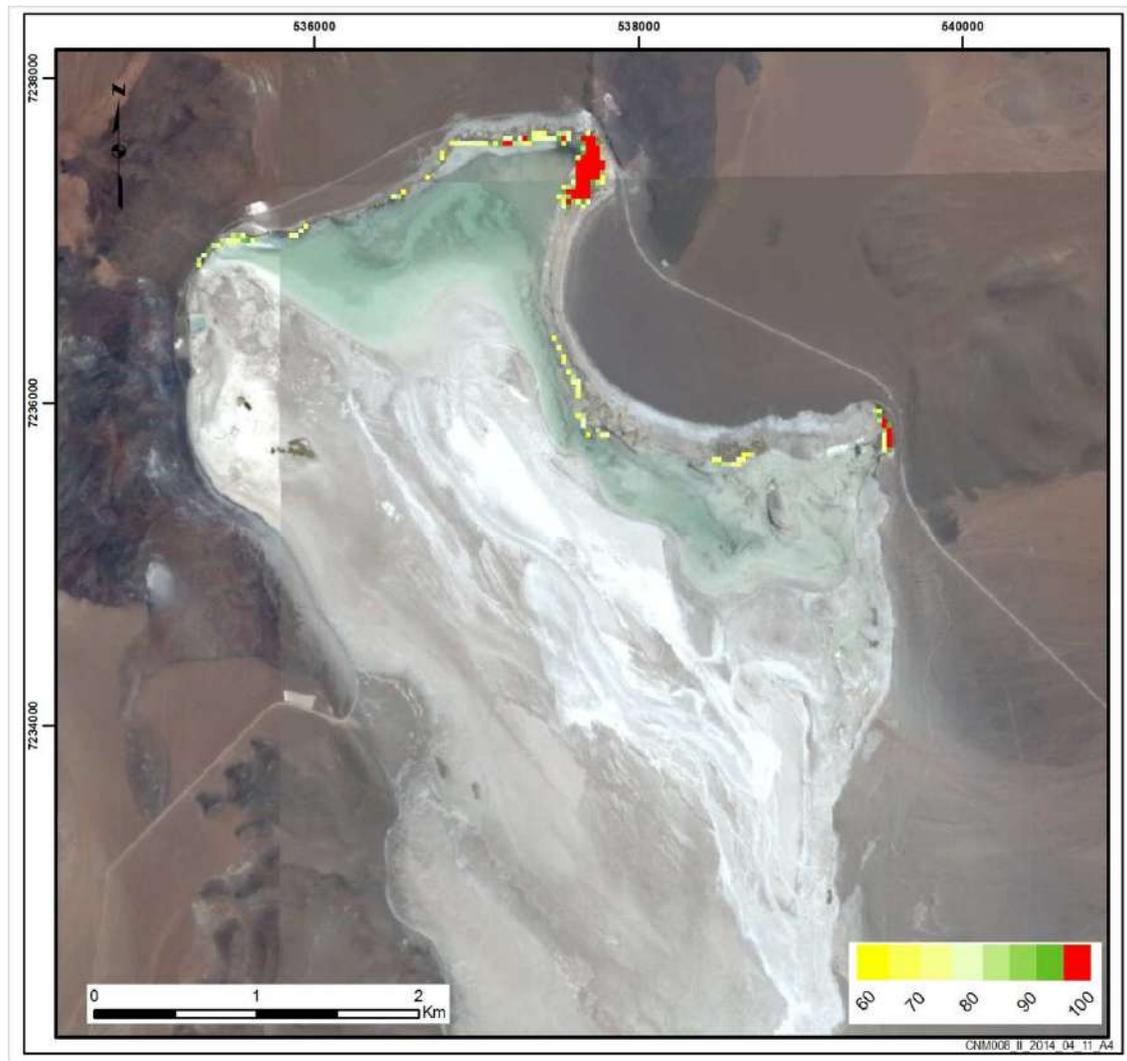
**Figura 3.84.** Análisis de recurrencia vegetacional sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-26 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector sur-oriental del salar\_C.



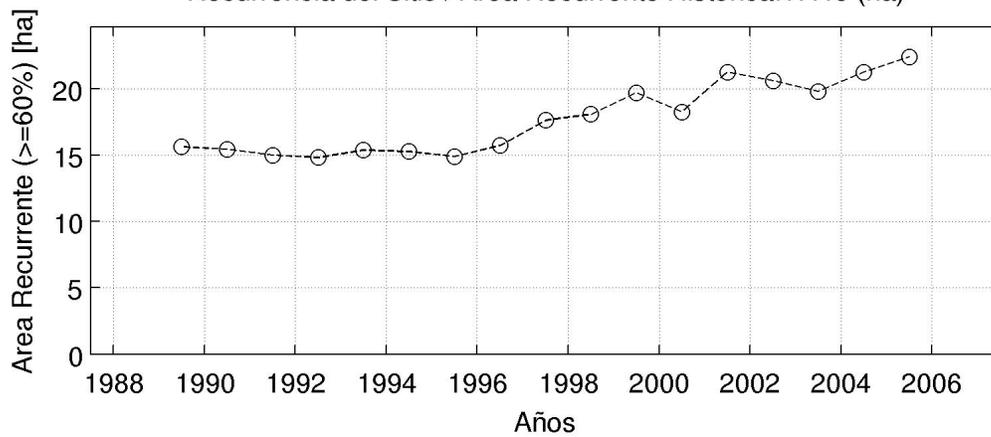
Recurrencia del Sitio / Área Recurrente Histórica: 134.1 (ha)



**Figura 3.85.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-27 / Sitio Prioritario Salar de Atacama, sector de Tilopozo.



Recurrencia del Sitio / Area Recurrente Historica:17.46 (ha)



**Figura 3.86.** Análisis de recurrencia vegetal sobre el 60% del tiempo, aplicado a medias móviles en intervalos de 10 años en el sitio prioritario SV-30 / Sitio Prioritario Salar de Aguas Calientes IV.



### **3.4.2.3 Análisis Vegetacional (NDVI) – Micro Sistemas Vegetacionales.**

El siguiente punto de análisis tuvo como objetivo estimar las áreas medias con recurrencia histórica que no fueron evaluadas en el análisis anterior, y que si son catastradas en el inventario de Humedales (Vegas y Bofedales) desarrollado por el SITHA-CIREN.

Estas áreas, que en un principio fueron descartadas por no tener una gran relevancia en superficie, fueron ingresadas al mismo análisis desarrollado, manteniendo los criterios anteriormente definidos, pero diferenciados en la puntualidad de las áreas de análisis. Se definieron microzonas de acuerdo a los datos puntuales entregados en el catastro, relacionándose directamente a estos sistemas, situación que se muestra en las Figura 3.87, Figura 3.88 y Figura 3.89.

Los resultados del análisis de recurrencia vegetacional por sobre el 60%, de estas áreas, se adjuntan en el Anexo B del presente informe, donde se detalla cada sistema analizado y se presenta un gráfico de medias móviles en los intervalos de 10 años.

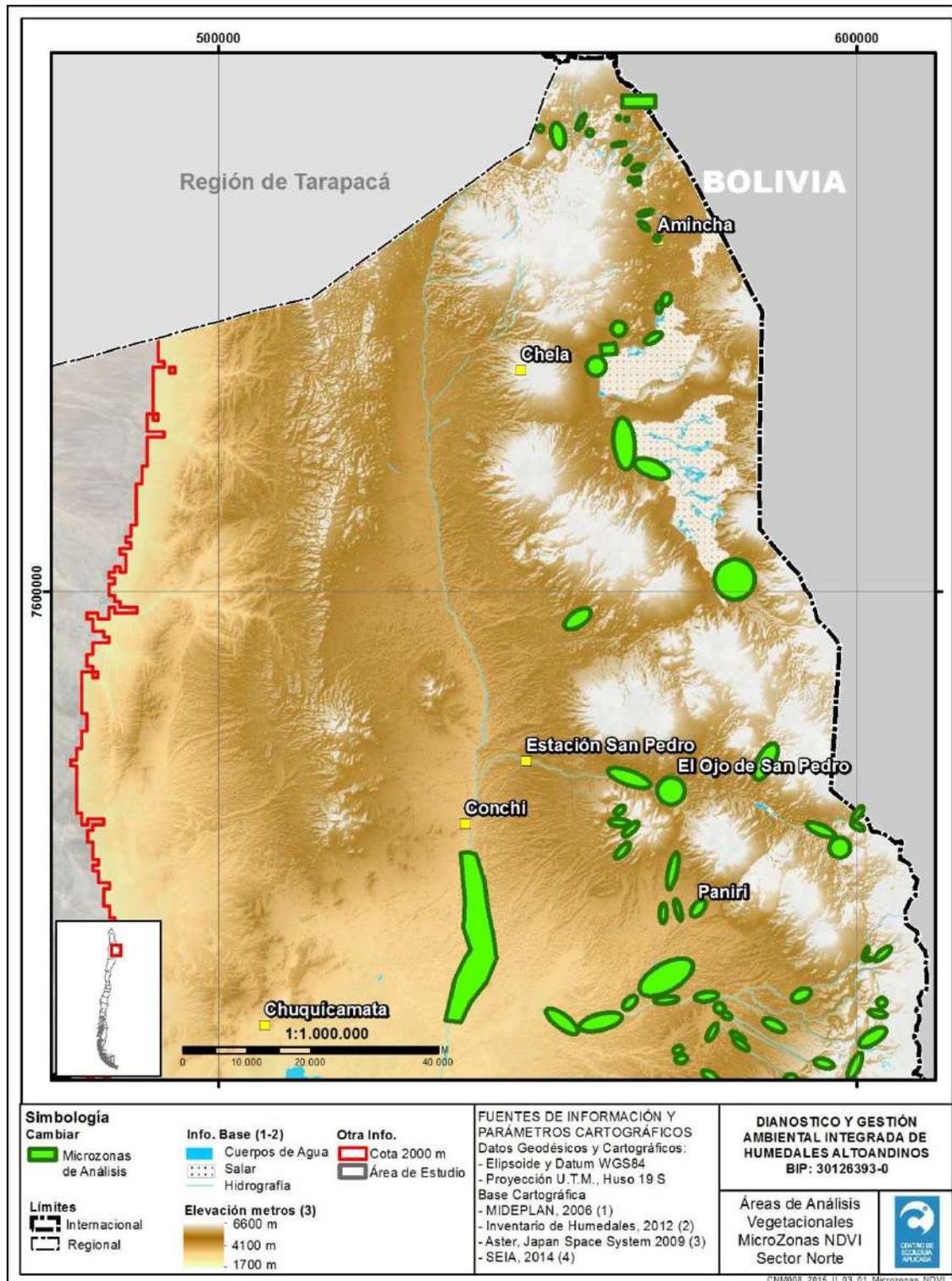


Figura 3.87. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Norte.

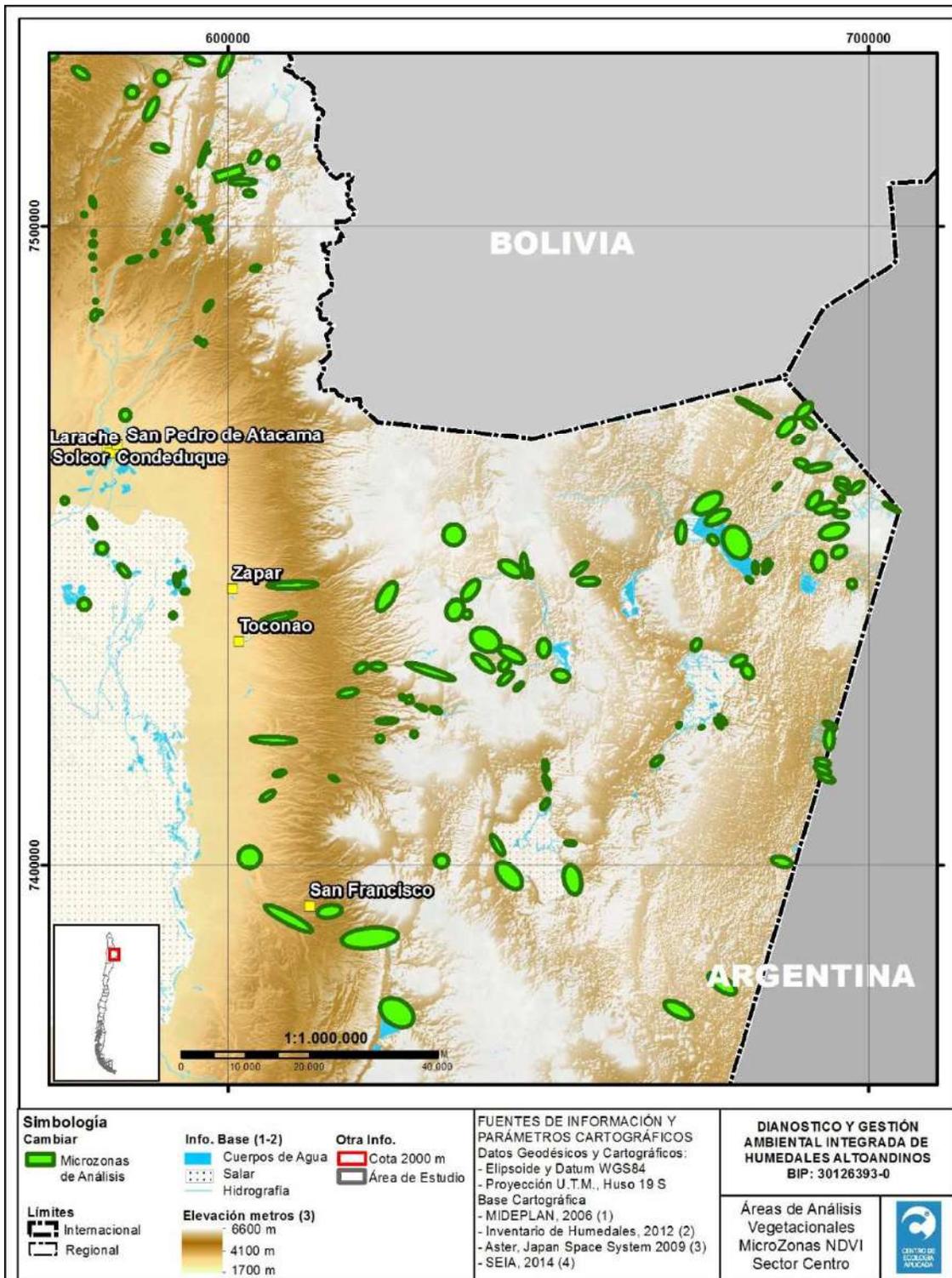


Figura 3.88. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Centro.

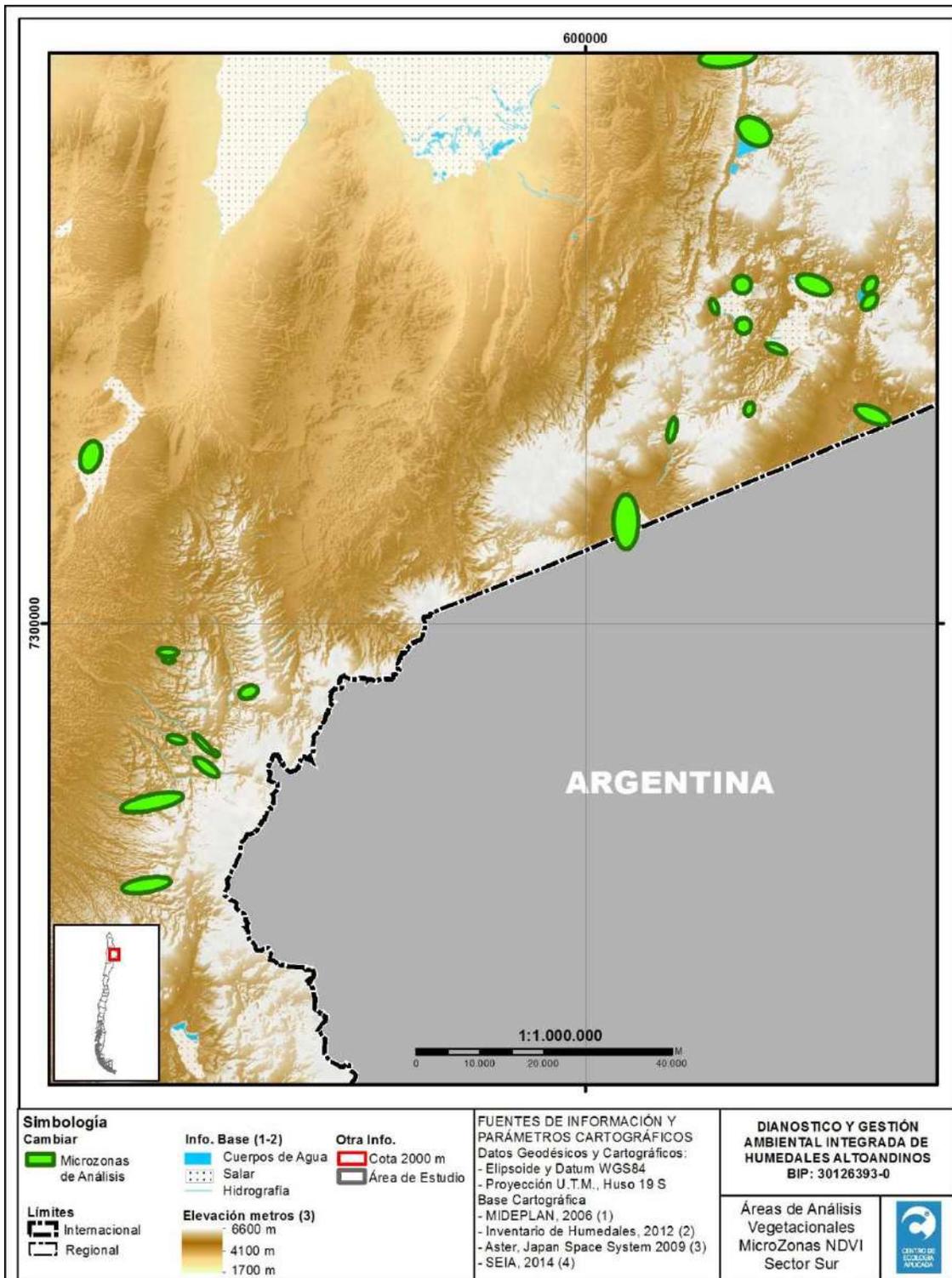


Figura 3.89. Distribución geográfica de Microzonas Vegetacionales analizadas, zona Sur.

### **3.5 CARACTERIZACIÓN DE HUMEDALES**

La caracterización de los humedales se realizó en base a dos estrategias, las cuales permitieron de forma separada, definir una priorización de cada uno de estos sistemas. Se definió como primera estrategia la recopilación de los resultados obtenidos del análisis de variabilidad ambiental desarrollado para sistemas vegetacionales como para cuerpos de agua, permitiendo definir de esta manera las tendencias históricas (pendiente del comportamiento) y el indicador porcentual de variabilidad en cada uno de estos sistemas. Finalmente la segunda metodología, se desarrolló en función de los datos obtenidos en el catastro y posterior sistematización de la información, enfocando el análisis en la estimación de las amenazas que pudiesen tener cada uno de los sistemas, a partir de la ponderación de variables y desarrollando un análisis multicriterio.

Es importante destacar que la totalidad de humedales presentes en la zona de estudio, contempla la unión de los catastros de Vegas-Bofedales (264) y el Inventario de Humedales (892), desarrollados por CIREN-SITHA y el MMA respectivamente. El inventario de humedales realiza la caracterización de cada cuerpo de agua existente en la zona de estudio, sin realizar la agrupación de las partes de sistemas mayores (p.ej. salares, sistemas de lagunas, etc), por lo cual se realizó una agrupación de los cuerpos del catastro en base a su cercanía y apoyándose en imágenes de la zona. Con ello, el número de sistemas acuáticos (cuerpos de agua) se redujo a un total de 46 sistemas, a incluir en los análisis.

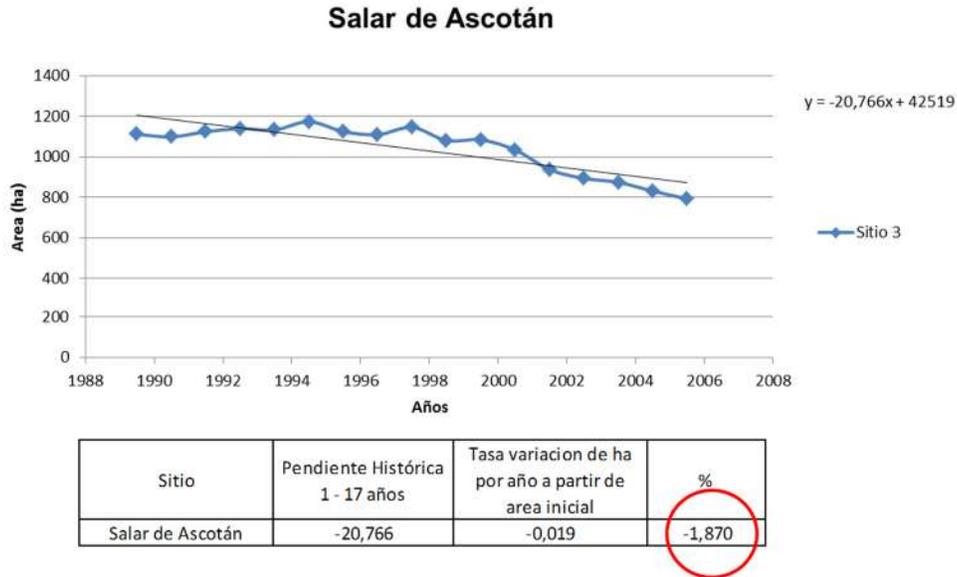
Cabe considerar que las dos estrategias apuntan a priorizar estos humedales, dándoles características de vulnerabilidad en pro de resguardar y monitorear aquellos que estén más propensos a sufrir mayores alteraciones.

#### **3.5.1 Caracterización de humedales a partir de los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad ambiental.**

La caracterización de humedales, a partir de los resultados obtenidos en el análisis de variabilidad ambiental, se enfoca en determinar un indicador general que permita caracterizar a los humedales según su condición de estabilidad (tipo Estable o Inestable). Para esto se desarrollaron tres pasos metodológicos, los cuales se enfocaron en resumir y relacionar el análisis multiespectral con los catastros de Vegas – Bofedales y Cuerpos de Agua.

##### **3.5.1.1 Indicador de tendencia de variabilidad histórica (ITVH) de los humedales.**

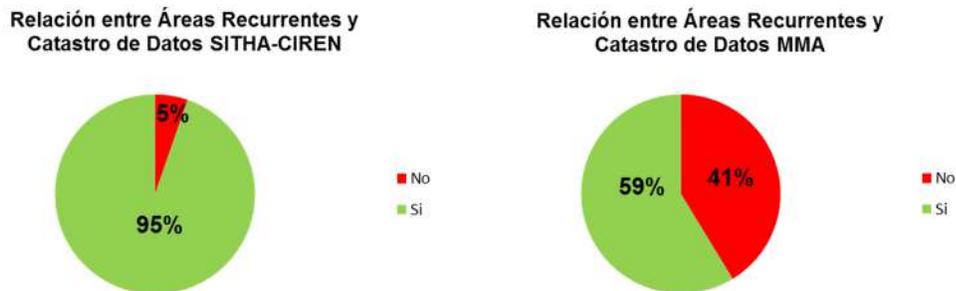
Como resultado del análisis de variabilidad se obtuvieron áreas recurrentes para cada sistema dentro de un período de tiempo de 17 años (1989 -2005). Se agruparon los resultados en periodos de un año y medio, asegurando con esto el traslape de los datos y la mantención de la frecuencia de la curva. Posteriormente se definió la pendiente de la línea de tendencia histórica, relacionándola con la superficie recurrente del año inicial (1989), dando como resultado el indicador porcentual de variación que presenta el sistema, en hectáreas por año. Este indicador permitió caracterizar los sistemas en Humedales Estables e Inestables. La Figura 3.90 muestra un ejemplo de dicho análisis.



**Figura 3.90.** Ejemplo de la estimación del indicador de tendencia de variabilidad histórica de los humedales (ITVH).

### 3.5.1.2 Relación del ITVH y los catastros de datos de Vegas\_Bofedales y Cuerpos de Agua.

Luego de la obtención de los Indicadores Porcentuales de Variabilidad (IPV), se relacionó geográficamente esta información con los catastros de datos desarrollados por CIREN y MMA para Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua. Se caracterizaron aquellos sistemas catastrados que coincidieran geográficamente a lo más en 100 metros con un área recurrente, situación que se presenta en la Figura 3.91.



**Figura 3.91.** Porcentaje de relación entre áreas recurrentes derivado del análisis de variabilidad ambiental y los catastros de datos.

### **3.5.1.3 Clasificación del estado de los sistemas por su Indicador Porcentual de Variabilidad (IPV).**

Una vez obtenida la caracterización del IPV de los sistemas catastrados, se procedió a clasificar el estado en el cual se encuentra el sistema, o bien la proyección anual que se espera de él a lo largo del tiempo en condiciones similares a las del estudio.

Se identificaron IPV negativos (-) y positivos (+), los cuales podrían dar a simple vista la tendencia en la que se encuentra el sistema. Se interpretó que una variación menor o mayor al 0,05 de IPV proyectado en 10 años, no influiría en más del 1% del área inicial del sistema, por lo que una condición de normalidad o equilibrio debería estar entre **-0.05 y 0.05** IPV, valores superiores o inferiores a estos deberían dar luces de un sistema a la baja o al alza.

A continuación se presenta de la Figura 3.92 a la Figura 3.94, la distribución geográfica de las clasificaciones por estado de IPV.

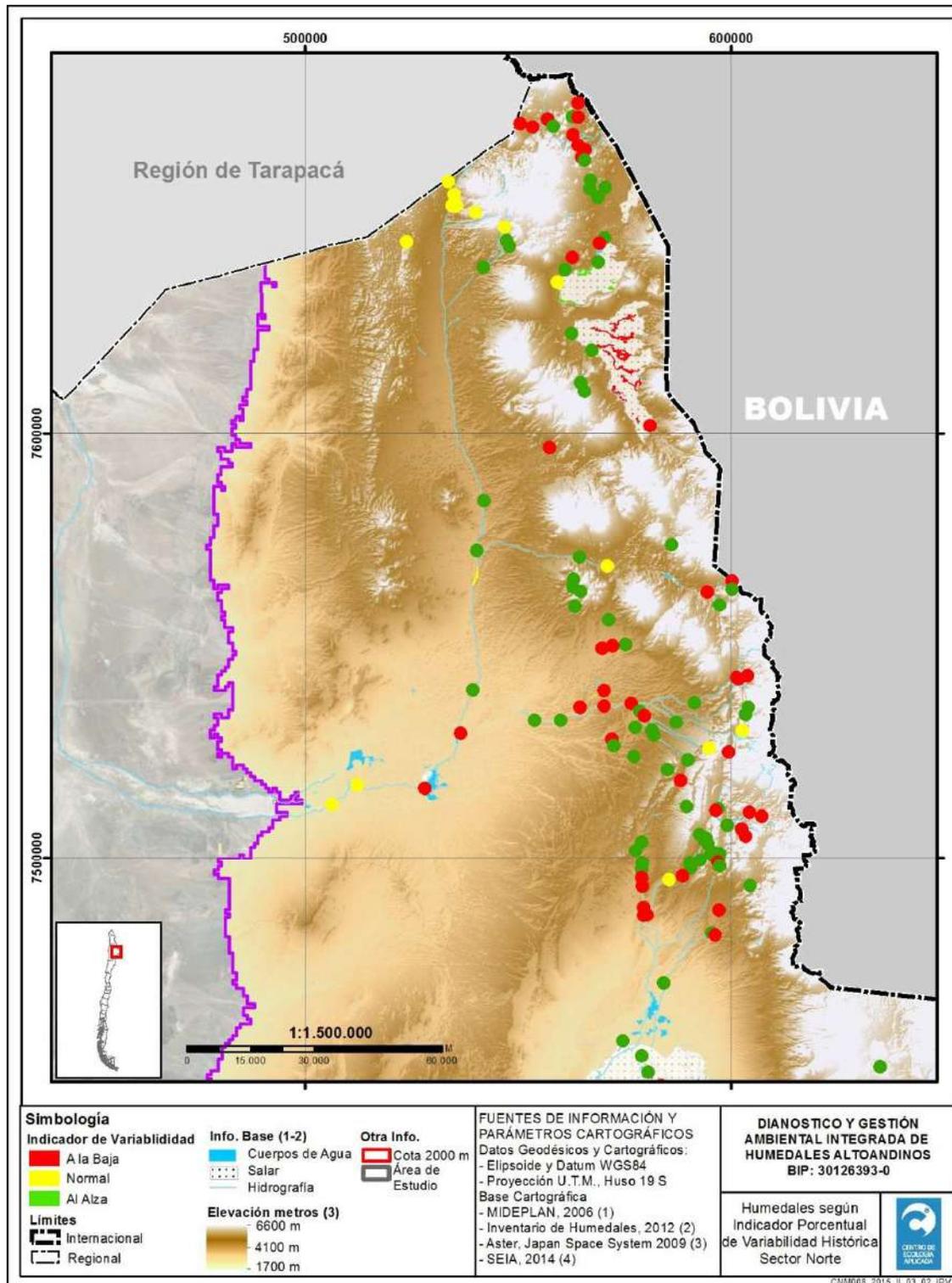


Figura 3.92. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Norte.

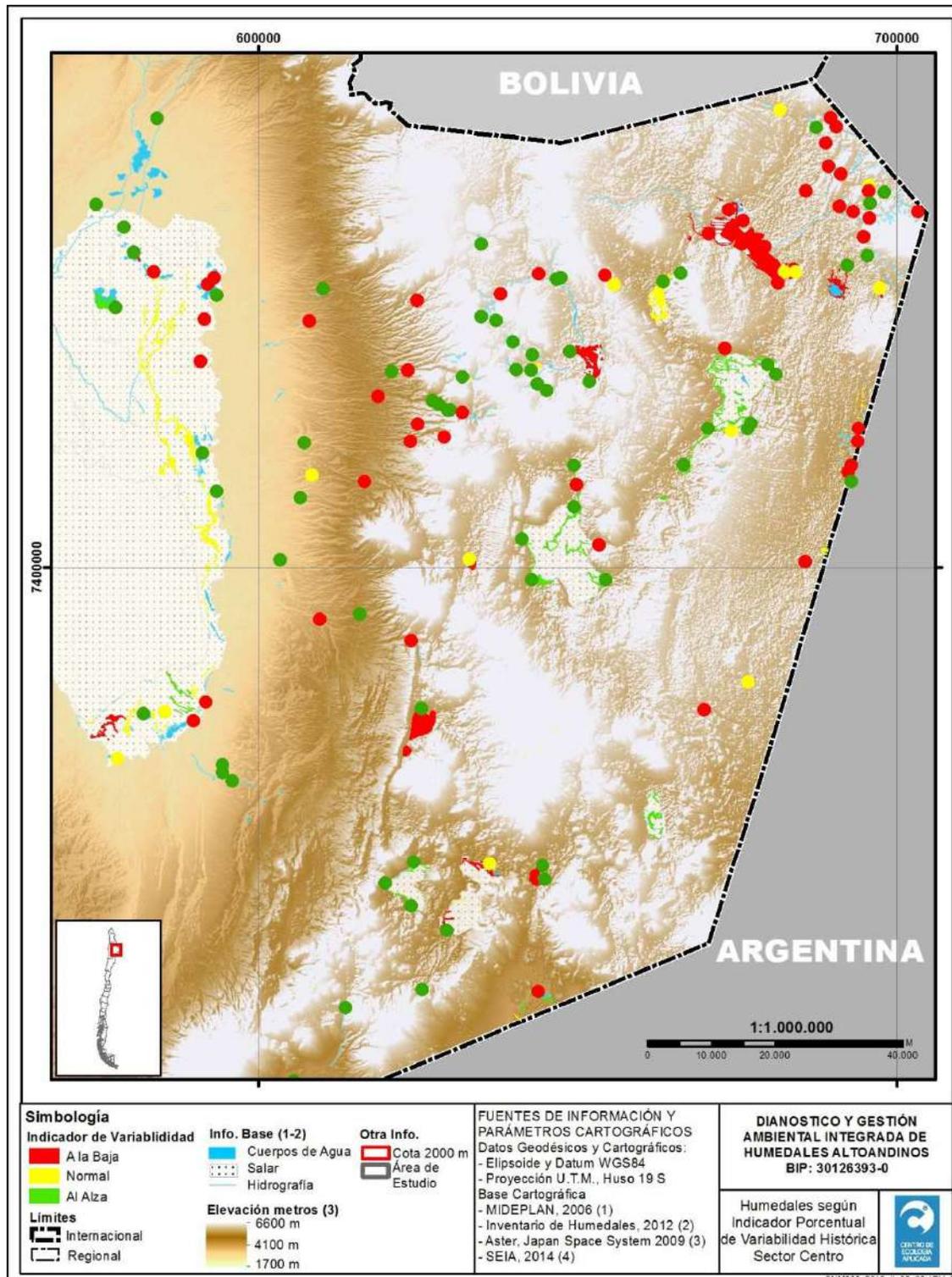


Figura 3.93. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Centro.

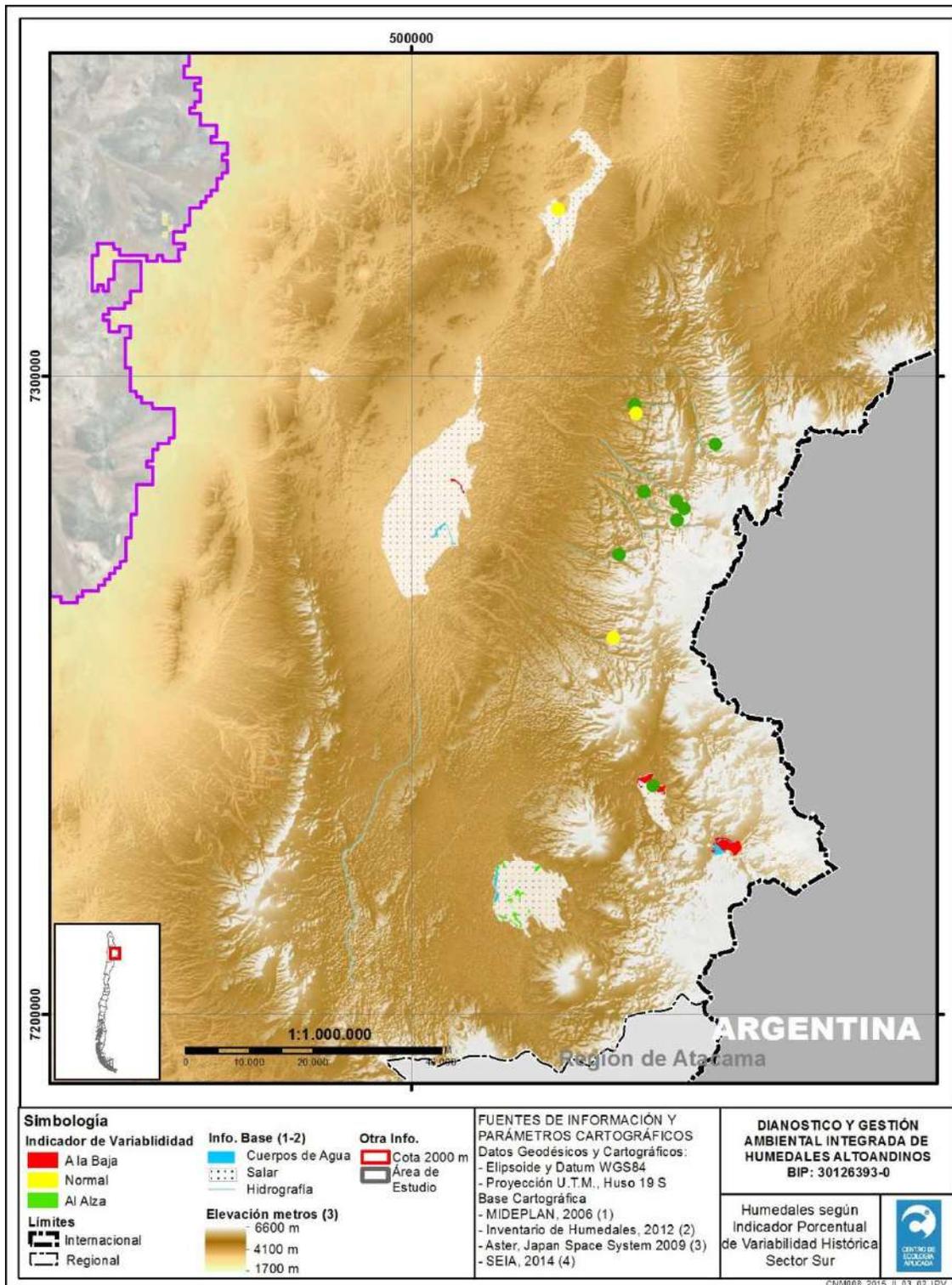


Figura 3.94. Distribución geográfica de Humedales según Indicador Porcentual de Variabilidad Histórica, sector Sur.

Cabe destacar que existen sistemas que no presentan caracterización IPV, ya que presentan limitaciones de recurrencia o tamaño, los cuales no permiten incluirlos dentro del análisis.

### **3.5.2 Caracterización de humedales a partir del análisis multicriterio y ponderación de sus amenazas.**

La caracterización de los humedales a partir del análisis multicriterio se desarrolló en base a la ponderación de sus amenazas identificadas en la sistematización de la información catastrada en el estudio. Su objetivo se centró en determinar un indicador general que pudiese ponderar las amenazas identificadas en pro de caracterizar los humedales según su estado de vulnerabilidad.

Cabe destacar que el análisis contempló la caracterización de los dos catastros SITHA-CIREN (Vegas y Bofedales) y MMA (Cuerpos de Agua) que conforman el concepto humedal, el cual en su totalidad suman 1.156 elementos geográficos.

Por otro lado se identificaron variables físicas como antrópicas, de las que se mencionan la altitud de los sistemas, las relaciones entre Vegas – Bofedales y Cuerpos de Agua, sus áreas, las relaciones de distancia entre sistemas y comunidades, derechos de extracción de agua superficial y subterránea, Zonas de pastoreo y bebederos, zonas de Conservación y/o Protección Ambiental (SNASPE, Areas Prioritarias de Conservación, RAMSAR) y el estado de monitoreo en el cual se encuentran. Este último se desarrolló en pro de entregar datos necesarios para el capítulo de Propuesta Programa de Seguimiento.

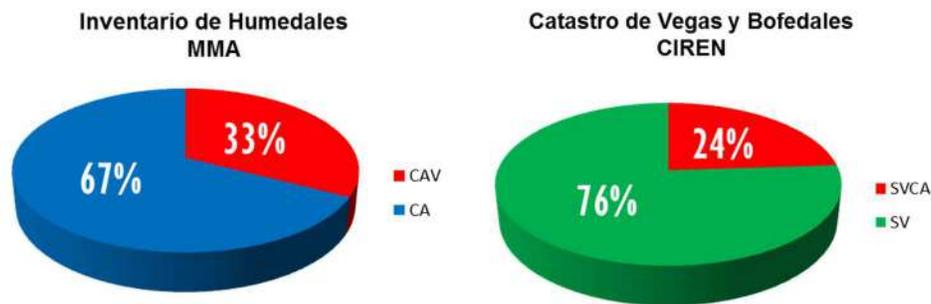
### 3.5.2.1 Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua.

La relación entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua tiene como objetivo la identificación de aquellos sistemas vegetacionales que están condicionados a partir de la cercanía directa a un cuerpo de agua. Tiene su fundamentación en categorizar los tipos de combinaciones encontradas en los catastros para así dar lugar a una interpretación más segmentada del estudio. La metodología utilizada estuvo determinada a partir del análisis de cercanía (*Near*) en la plataforma SIG de las máximas distancias de relación, para luego discriminar por cercanía y por fotointerpretación la veracidad de ésta. Se determinó que la distancia máxima de relación fue 570 metros, de lo que se desprendieron tres categorías:

**Sistemas Verdes (SV):** Sistemas vegetaciones que no tienen relación directa a un cuerpo de agua, sean estos alimentados por afloramientos, vertientes u otros mecanismos.

**Sistemas Azules (CA):** Cuerpos de Agua que no presentan relación directa con sistemas vegetacionales directos.

**Sistemas Verde-Azul (SVCA):** Sistemas Vegetacionales que tienen relación directa con un Cuerpo de Agua.



**Figura 3.95.** Relaciones entre Vegas-Bofedales y Cuerpos de Agua según estadística por catastro

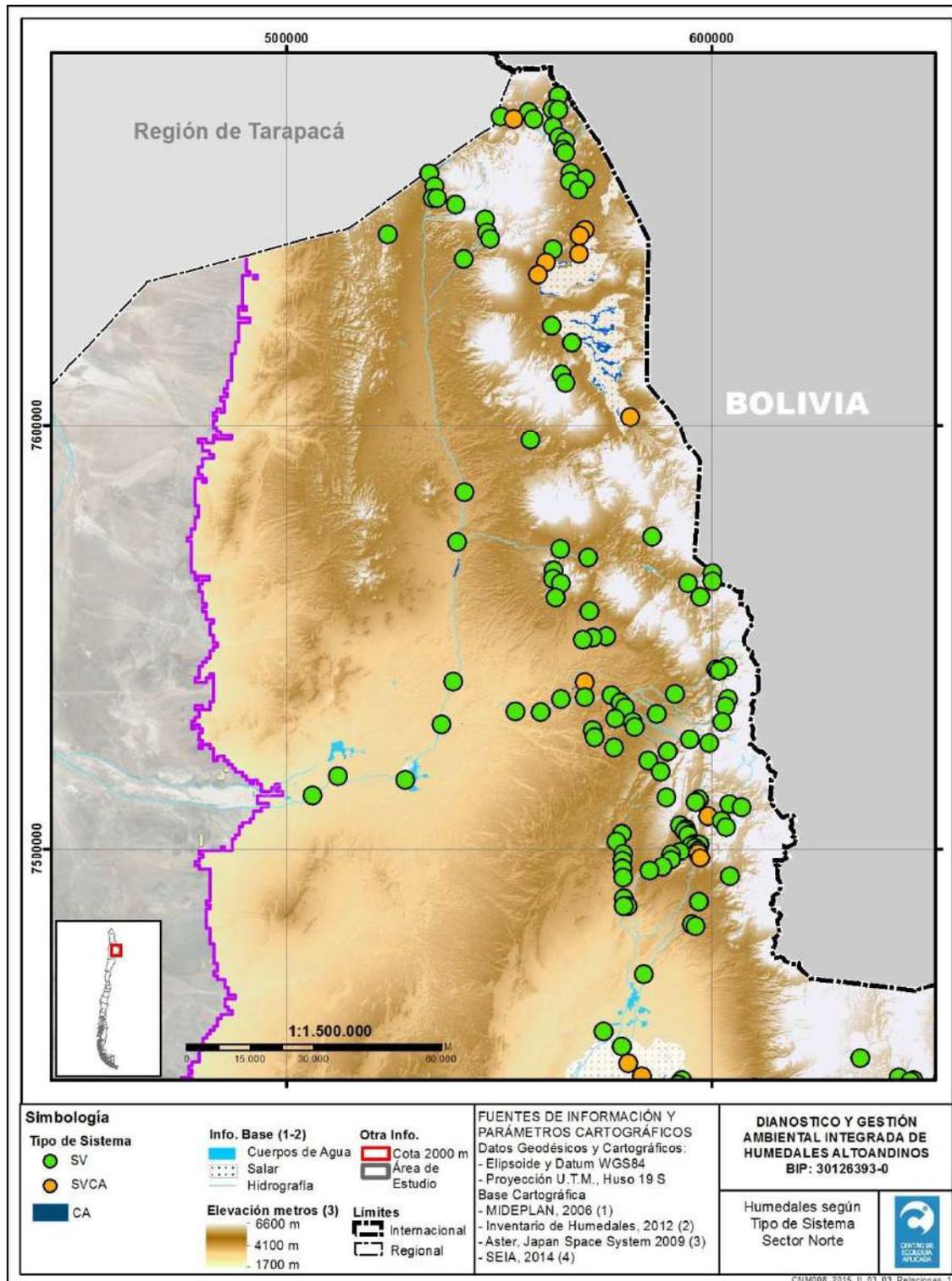


Figura 3.96. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro.

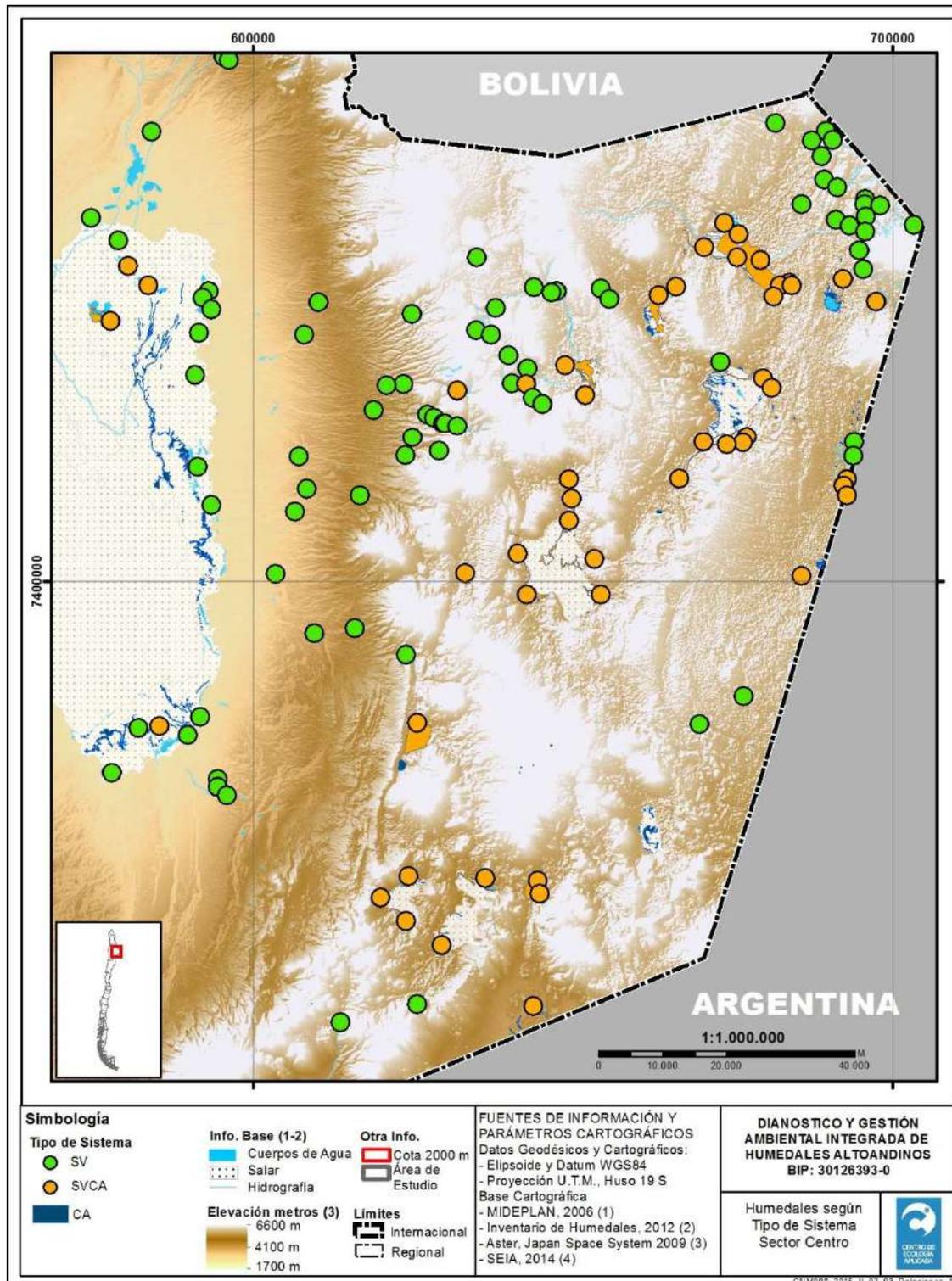


Figura 3.97. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Centro.

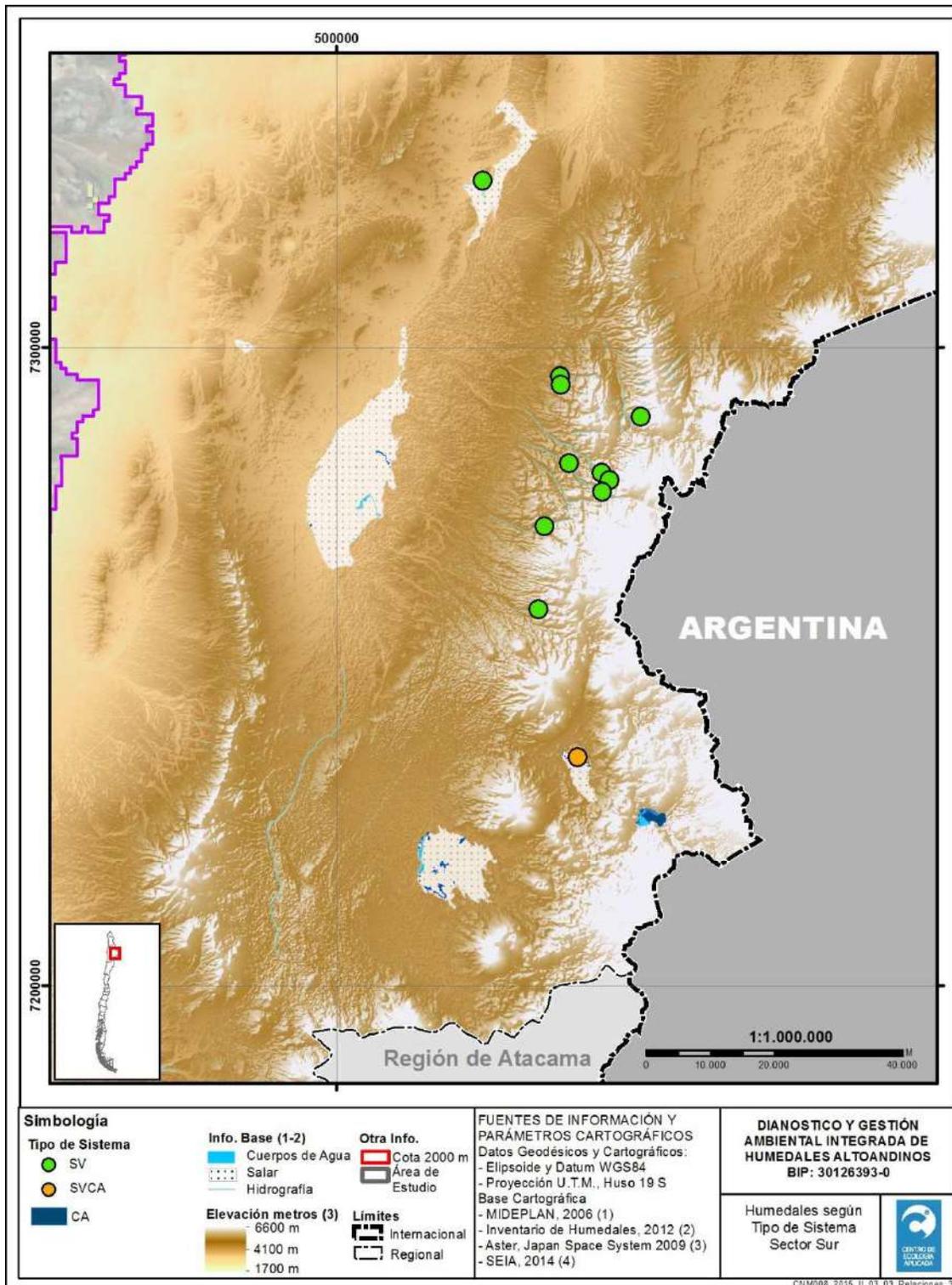
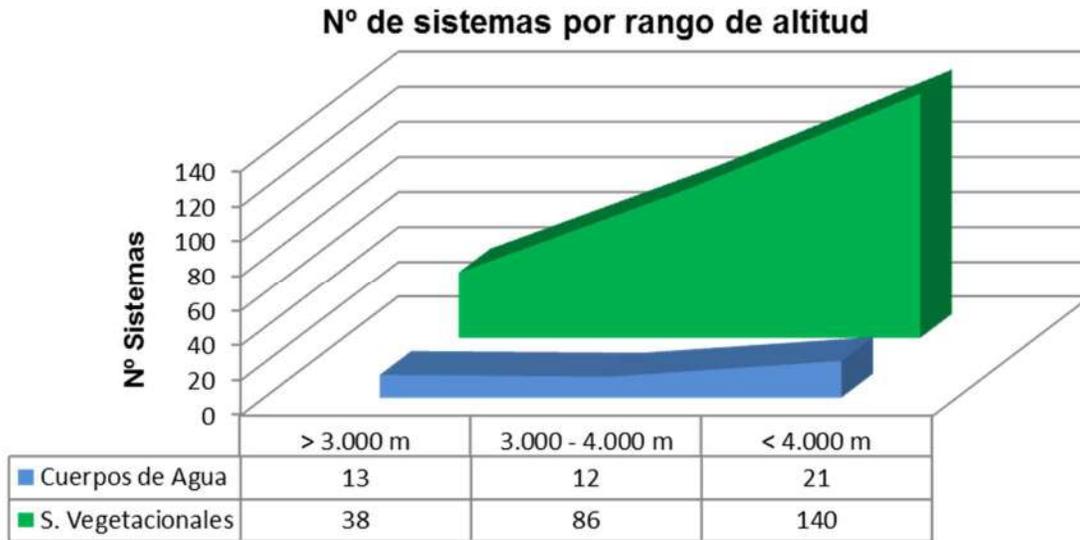


Figura 3.98. Distribución geográfica de Humedales según relación entre catastros, sector Sur.

### 3.5.2.2 Indicador de altitud de los humedales en estudio (IA)

La estimación de la altitud de los humedales, tuvo como fin el apoyo para las relaciones que se realizarán en capítulos posteriores. Además se definió aproximadamente su cota, en base al modelo Aster GDEM utilizado en la definición del área de estudio y la herramienta *Extract values To Points* de ArcGis. El resumen de esta información se muestra en la Figura 3.99



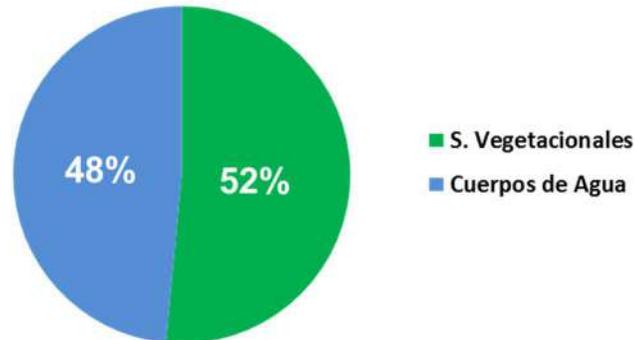
**Figura 3.99.** Clasificación de Humedales según catastro y rangos altitudinales.

### 3.5.2.3 Indicador de Superficie de los humedales en estudio (IS)

La estimación de las áreas de los humedales es un aspecto importante para el análisis multicriterio que se desarrollará, definirá la relevancia que tendrá un sistema ubicado a una baja altitud respecto a otro con una diferente posición altitudinal.

Esta estimación se realizó a partir de la información disponible en las bases de datos de los catastros entregados por CIREN – SITHA (vegas y Bofedales) y el MMA (Cuerpos de Agua). En estos, se pudo encontrar información referente al largo y ancho aproximado de las vegas y bofedales, a partir de los cual se calculó un área aproximada, en hectareas. Por otro lado en el caso de los cuerpos de agua, al encontrarse estos en formato Shape se procedió a calcular geoméricamente su superficie. A continuación en la Figura 3.100, se ilustra el porcentaje de superficie por componente en estudio.

### Porcentaje de Superficie según catastro de Humedales



**Figura 3.100.** Porcentaje de Superficie de Humedales según catastro.

Una vez obtenidas las superficies correspondientes a cada catastro de humedales, se definió un indicador lineal que estuviese en función de la superficie de los humedales. Como hipótesis, se estableció que a menor superficie mayor es la vulnerabilidad del sistema, para el mismo nivel de presiones, por tanto se estimó su relación con la superficie menor y mayor encontrada, con tal de generar un indicador que fuese entre 0 y 1 y que fuese lo más representativo.

#### **3.5.2.4 Determinación de los Vértices Máximos Norte, Sur y Centroides de los Humedales.**

Esta tarea se definió solo para el catastro de Cuerpos de Agua (MMA), y su fundamento está basado en facilitar la caracterización geográfica de estos sistemas a partir de radios de búsqueda que serán utilizados en relaciones posteriores. Se definieron los vértices máximos Norte y Sur además de su centroide. A continuación en la Figura 3.101 se muestra el esquema del cuerpo.

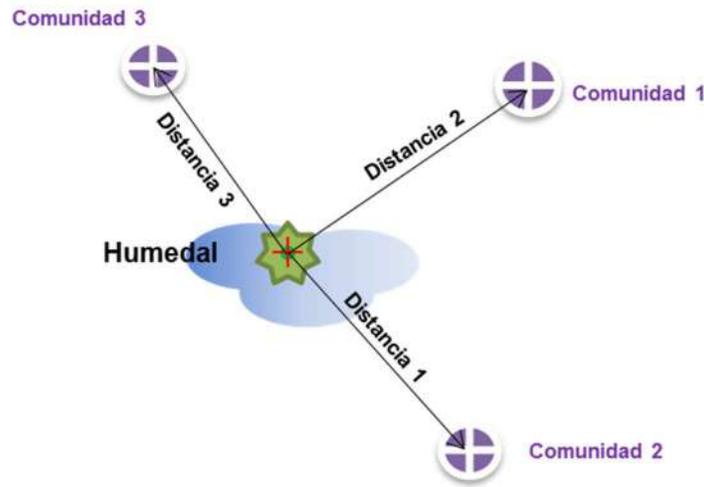


**Figura 3.101.** Esquema de vértices propuestos para el análisis.

### 3.5.2.5 Indicador de relación de distancia entre Humedales y Comunidades Indígenas (IDHCM).

La relación en distancia de los humedales con las comunidades aledañas, tiene como objetivo determinar un indicador que sea capaz de agrupar la influencia positiva o negativa que pueden generar las comunidades en un sistema. Del mismo modo, se estableció que la cercanía de una comunidad a un sistema, puede generar potencialmente una dependencia, por lo que este tomaría mayor relevancia que uno que este situado más alejado.

Para la realización de este punto, se generó una tabla con las distancia de cada humedal (centroide) a cada comunidad, generando la relación de todos con todos. A partir de este ejercicio, se determinó que a menor distancia mayor debiese ser el indicador, para lo que se invirtió el valor de la distancia dividiendo 1000 (metros) por la distancia resultante. Luego se sumaron estos indicadores por cada humedal, realizando una relación lineal a partir del humedal que obtuvo la mayor sumatoria, generando indicadores que varíen entre 0 y 1. A continuación se presenta en la Figura 3.102 la distribución geográfica de los sistemas según su indicador de cercanía a comunidades indígenas



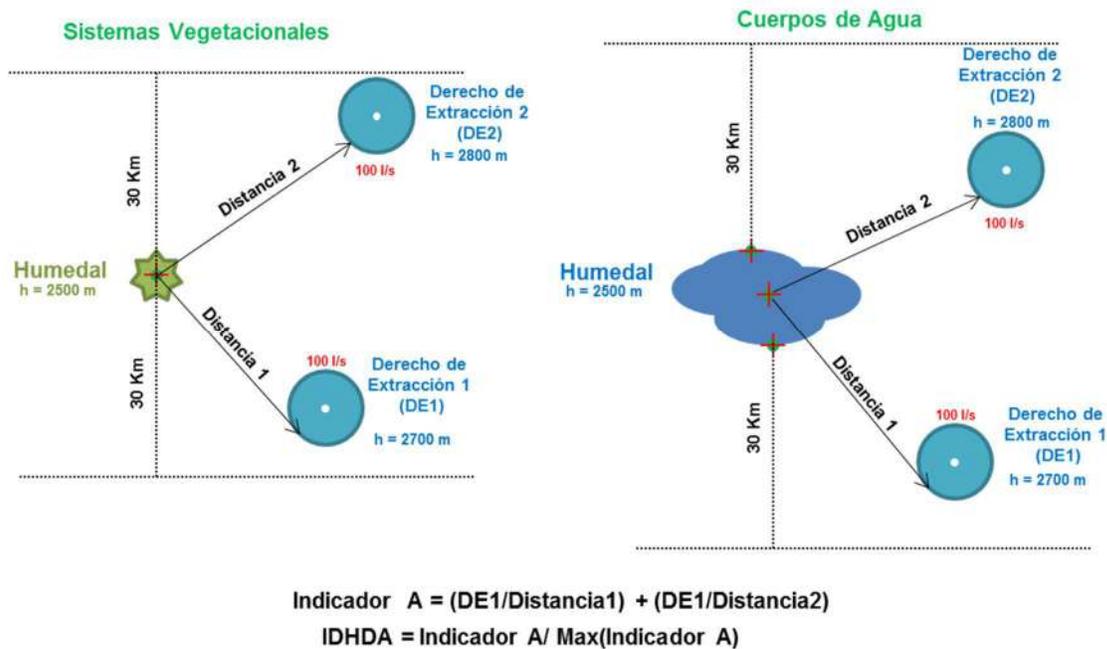
**Figura 3.102.** Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHCM.

### 3.5.2.6 Indicador de relación de distancia entre humedales y derechos de agua subterránea y superficial (IDHDA).

Para el caso del indicador de relación de distancia entre los humedales y los derechos de extracción de agua, se determinó como hipótesis que cualquier derecho de extracción de agua que se encuentre por sobre de la cota del humedal puede afectar proporcionalmente dependiendo de su distancia y caudal.

Se distinguieron dos metodologías para este análisis, las que estuvieron diferenciadas por las condiciones geométricas de los humedales, diferenciando las Vegas y Bofedales como elementos puntuales, y los Cuerpos de Agua como elementos poligonales, a los cuales se les determinó sus vértices máximos en latitud (Norte y Este).

Luego de tener estos criterios se implementó un barrido latitudinal que abarcase 30 Km en dirección norte y otros 30 km en dirección sur, obteniendo una banda de búsqueda que permitiese seleccionar aquellos derechos que estuviesen por sobre las cotas de cada humedal, obteniendo una matriz con la distancia de cada derecho a cada centroide del humedal (Análisis Punto a Punto). Este valor permitió asignar el peso que tenía ese derecho dividiendo el caudal de extracción del derecho por su distancia, para luego sumar este valor según humedal (1237,5 l/s/m). Por último y al igual que en el punto anterior, se relacionó linealmente los resultados, con tal de evidenciar un indicador con respecto al mayor indicador obtenido, generando indicadores que estén en un rango de 0 y 1.



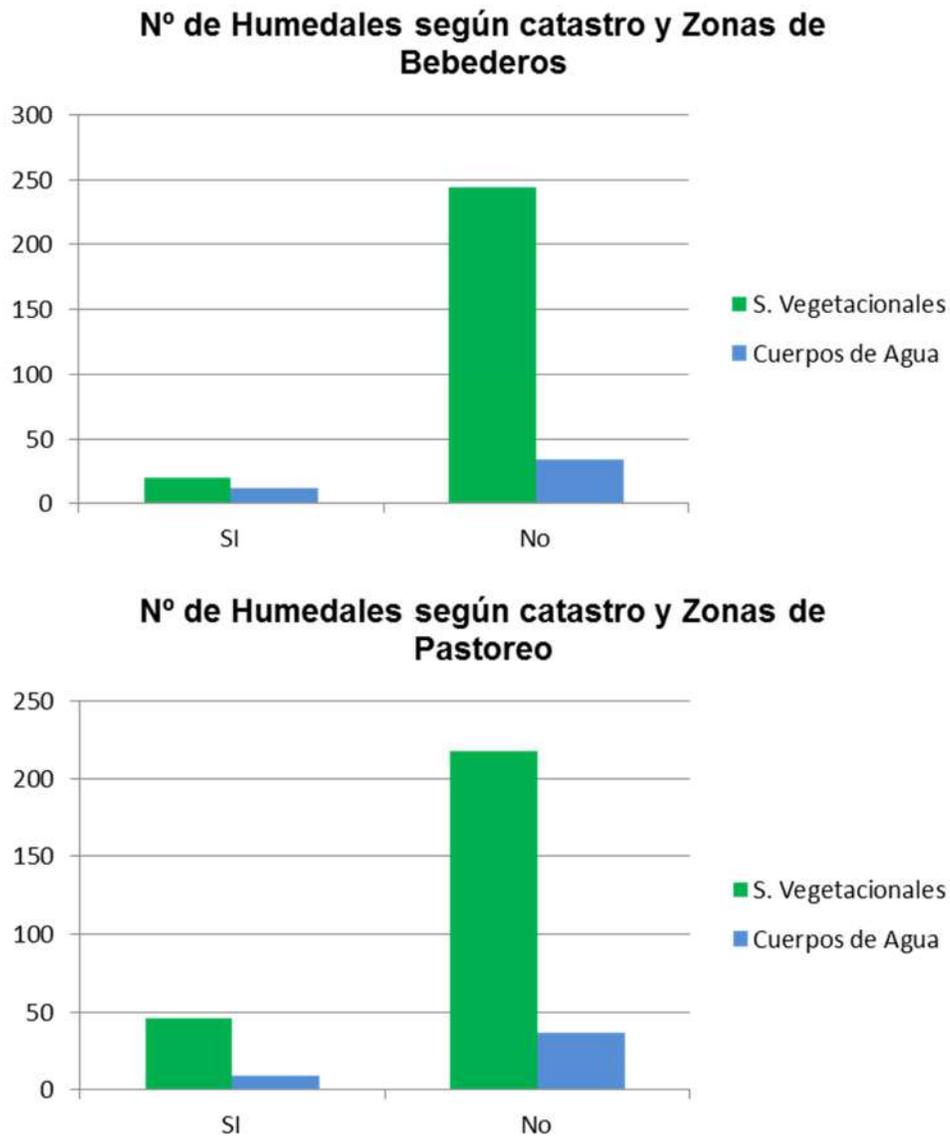
**Figura 3.103.** Ilustración metodológica de la determinación del indicador IDHDA.

### 3.5.2.7 Indicador de relación entre humedales y zonas de pastoreo y bebederos (IHZPB).

La información cartográfica correspondiente a zonas de Pastoreo y Bebederos, fue obtenida de la página web <http://sitha.ciren.cl/>, perteneciente al proyecto CIREN SITHA, y en base a lo desarrollado tanto en trabajos en terreno como en una recopilación de las fuentes de información pertenecientes a CONADI. Cabe destacar que este organismo colaboró aportando distintas coberturas de información dentro de este proyecto, en el periodo 2009 y 2010, de las que es posible mencionar: Coberturas de información de Faenas Mineras, Áreas de Pastoreo, Tipo de propiedad Indígena, Comunidades, Áreas de Bebederos, Áreas de Desarrollo Indígena (ADI), entre otras.

La relación entre humedales y zonas de pastoreo y bebederos, se definió a partir de la información descargada del proyecto SITHA-CIREN, el cual se basa en lo desarrollado tanto en trabajos en terreno como en una recopilación de las fuentes de información pertenecientes a CONADI, quienes aportaron a ese proyecto: Coberturas de información de Faenas Mineras, Áreas de Pastoreo, Tipo de propiedad Indígena, Comunidades, Áreas de Bebederos, Áreas de Desarrollo Indígena (ADI), entre otras. Así, la relación generada tuvo como objetivo determinar aquellos humedales que estén dentro de las zonas de pastoreo y bebederos definidas en el proyecto SITHA del CIREN. La metodología utilizada fue seleccionar aquellos humedales que en un rango menor a 100m estuviesen relacionados con estas zonas. Se definieron dos rangos: 0 para humedales sin relación y 1 para humedales con pastoreo.

A continuación se presenta en la Figura 3.104 la cantidad de humedales según zona de pastoreo o bebedero, además en la Figura 3.105 se ilustra la distribución geográfica de las zonas de pastoreo en la zona de estudio.



**Figura 3.104.** Número de humedales según catastro y zonas de pastoreo y bebederos.

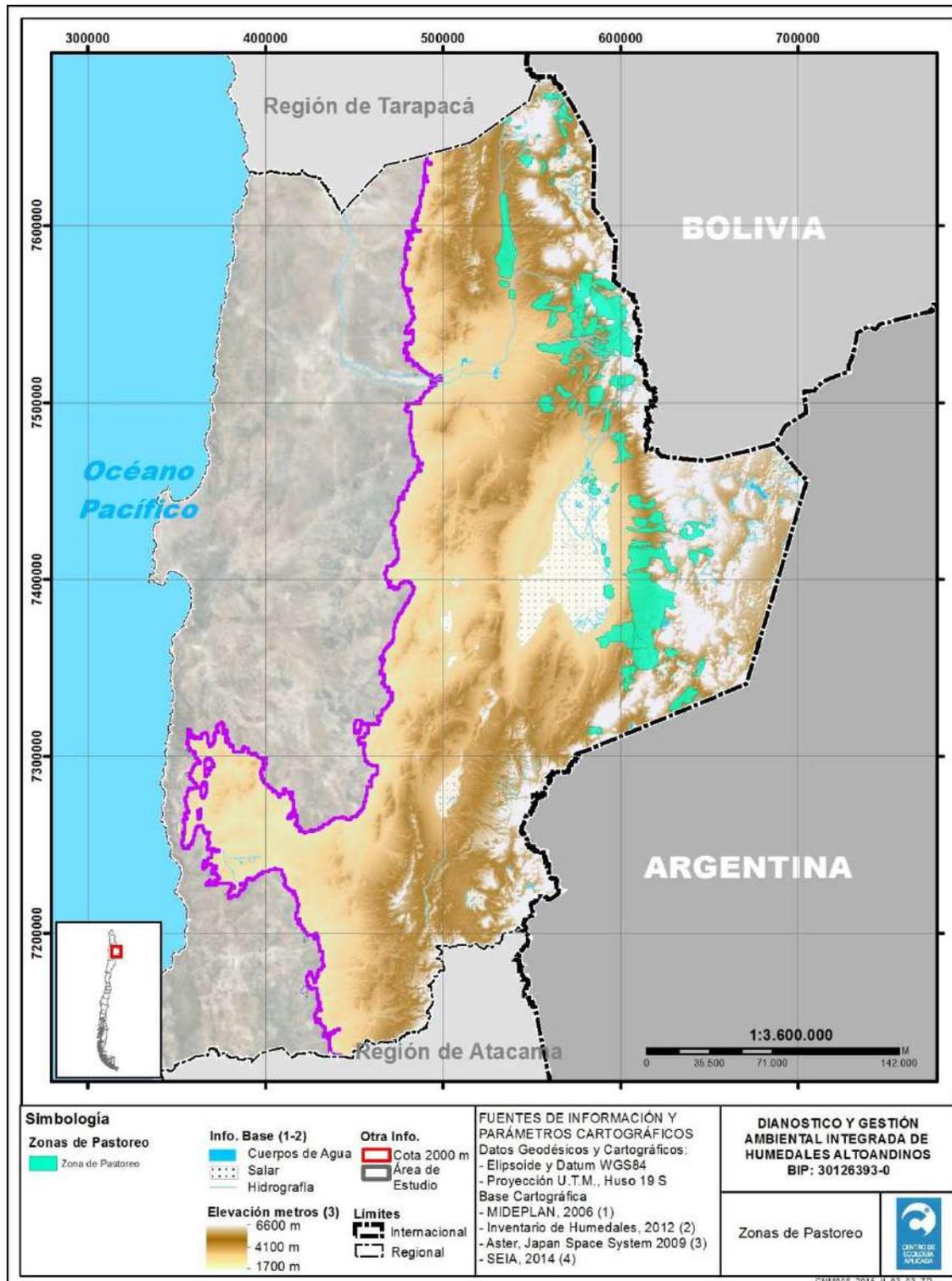
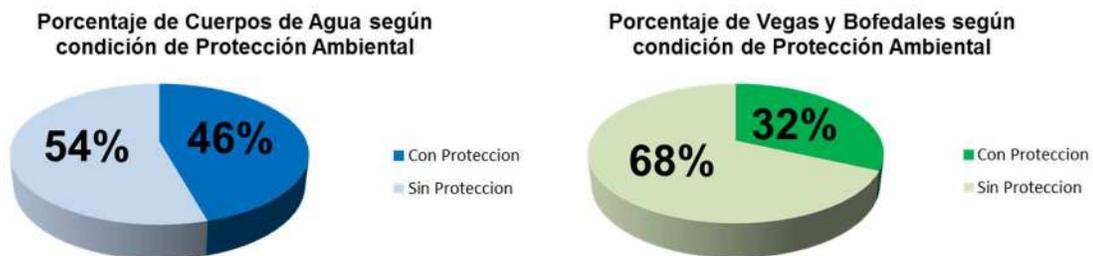


Figura 3.105. Distribución geográfica de Zonas de Pastoreo

### 3.5.2.8 Indicador de relación entre humedales y zonas de Conservación y/o Protección Ambiental definidas por el MMA (IHZPA)

Al igual que en el punto anterior, se relacionó la totalidad de los humedales catastrados en función de la localización de las zonas de Conservación y/o Protección Ambiental definidas por el Ministerio de Medio Ambiente (SNASPE, Areas Prioritarias de Conservación y Sitios RAMSAR). Se definió cada humedal con un indicador que clasifique aquellos que se encuentren protegidos (Valor 0), de aquellos que no poseen esta característica (Valor 1).

A continuación se presenta en la Figura 3.106 y Figura 3.107 el resumen porcentual de humedales por indicador y su distribución geográfica en la zona de estudio, respectivamente.



**Figura 3.106.** Porcentaje de Humedales según condición de Conservación y/o Protección Ambiental y tipo Catastro de Humedales.

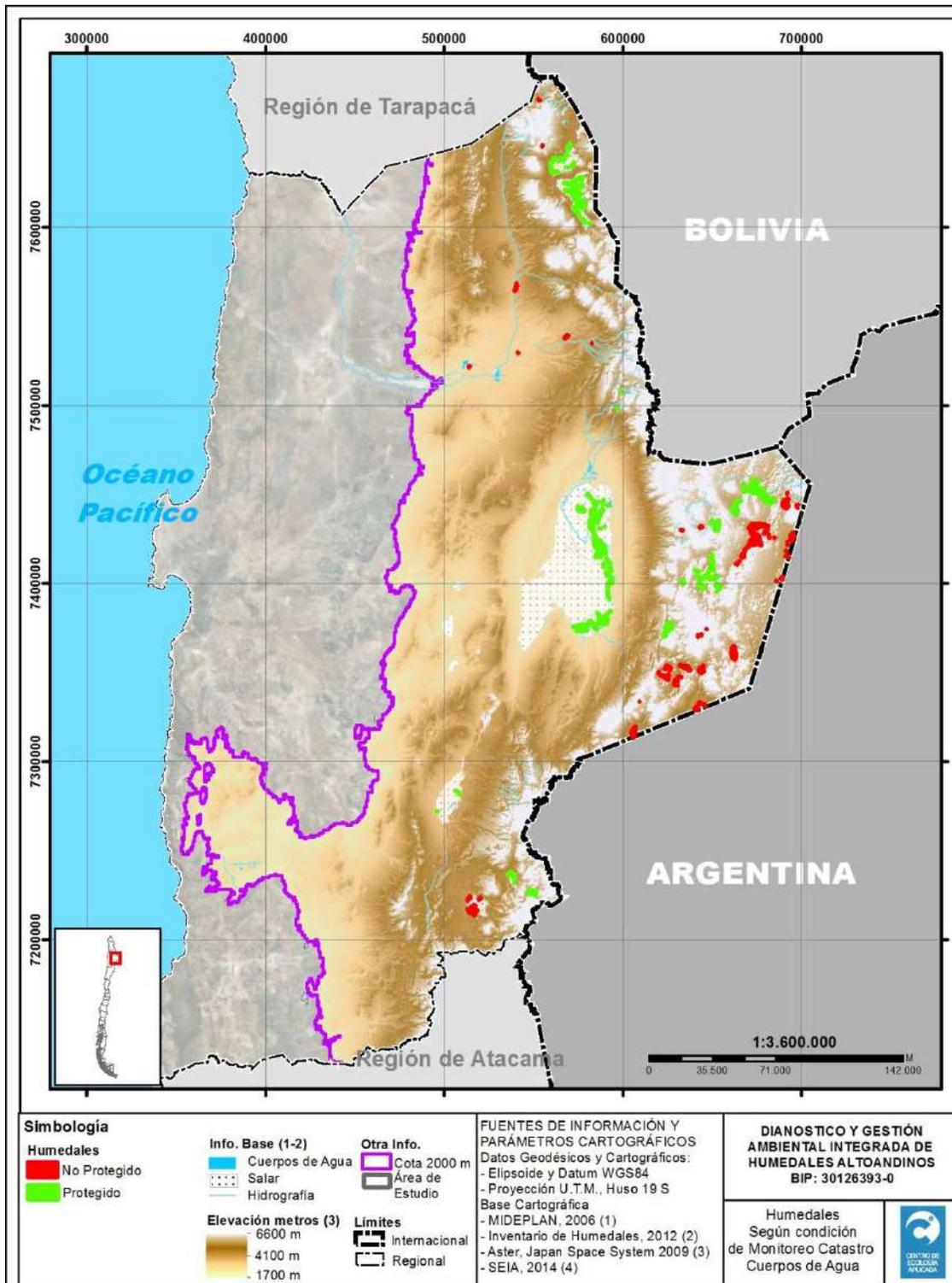


Figura 3.107. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.

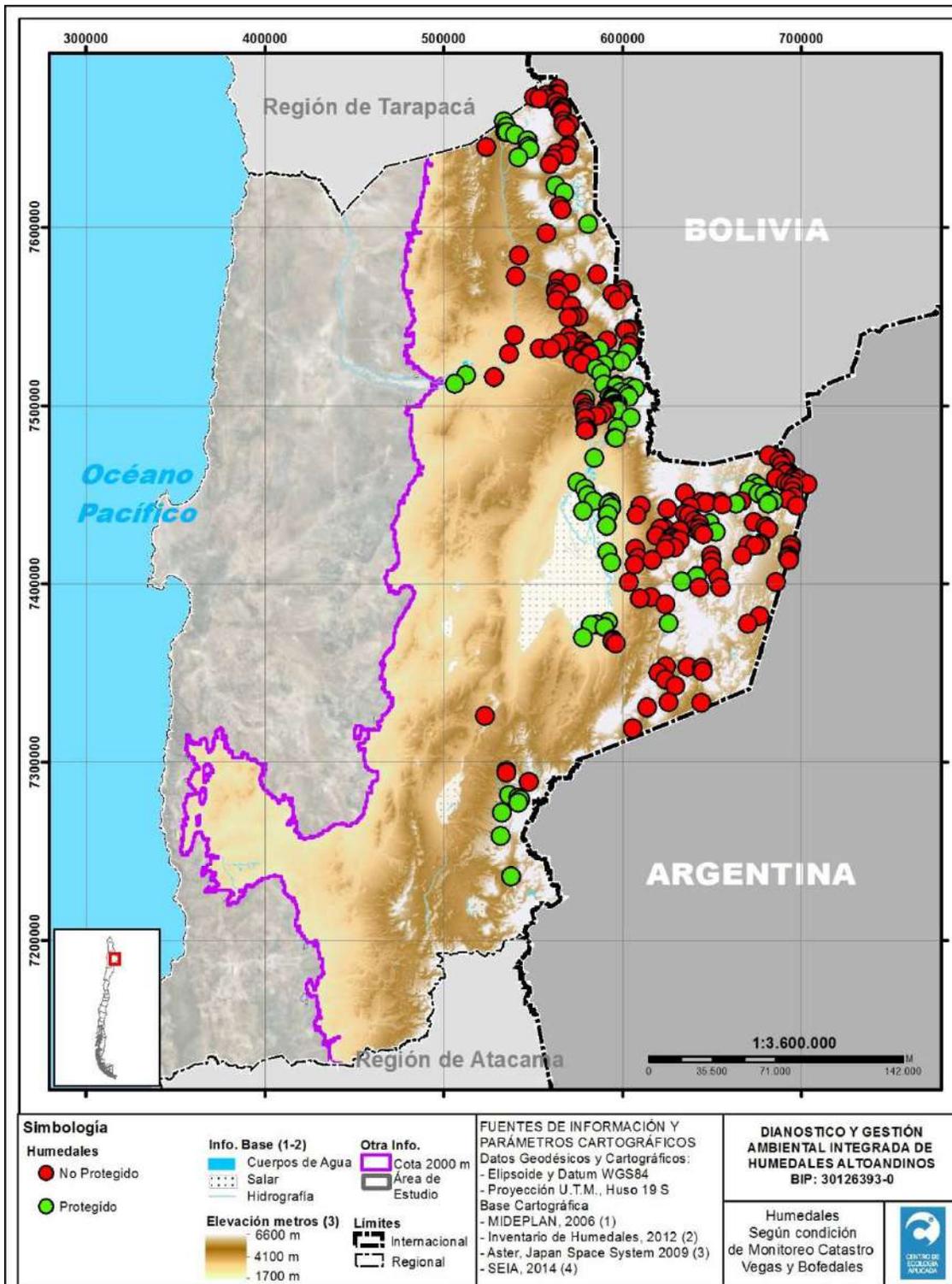


Figura 3.108. Distribución geográfica de humedales según su condición de Conservación y/o Protección Ambiental y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN.

### 3.5.2.9 Indicador general de vulnerabilidad de humedales (IGV)

Luego de desarrollar los indicadores particulares a cada variable definida, se procedió a generar un indicador general que permitiese definir y priorizar los sistemas que presentan mayor grado de vulnerabilidad.

La metodología adoptada, definió un polinomio tal que pudiese definir pesos según variable asociada. Se definieron, (a nivel de propuesta) los siguientes pesos para cada variable:

**Tabla 3.25.** Distribución de pesos por variable – Análisis Multicriterio.

Jerarquía	VARIABLES	Peso	%
1	IDHDA (Cercanía a Extracción de Agua)	0,5	50%
2	IDHCM (Cercanía a Comunidades)	0,23	23%
3	IS (Superficie)	0,13	13%
4	IHZP (Zonas de Pastoreo)	0,07	7%
5	IHZB (Zonas de Bebederos)	0,04	4%
6	IHZPA (Zonas de Conservación y/o Protección Ambiental)	0,03	3%
	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>100%</b>

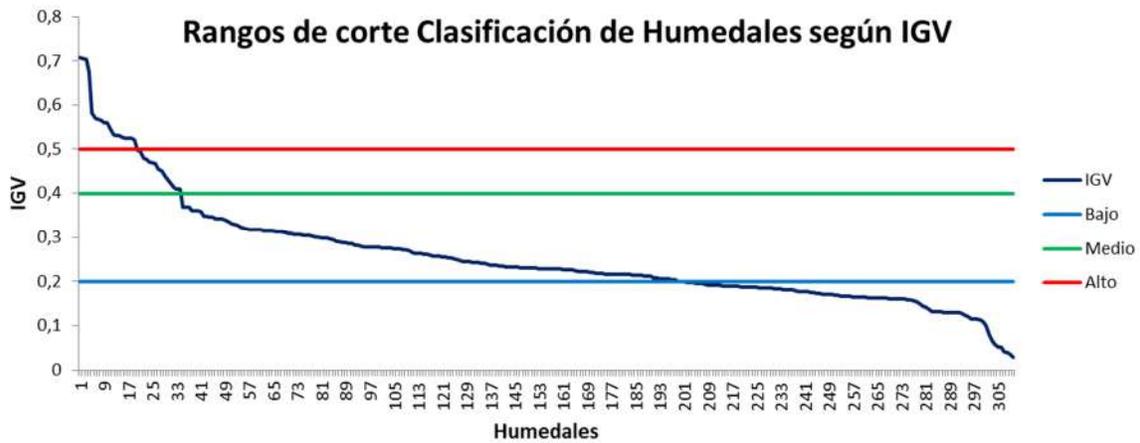
$$\text{IGV} = (0.5 * \text{IDHDA}) + (0.23 * \text{IDHCM}) + (0.13 * \text{IS}) + (0.07 * \text{IHZP}) + (0.04 * \text{IHZB}) + (0.03 * \text{IHZPA})$$

**Figura 3.109.** Polinomio de ponderación general de vulnerabilidad para humedales (IGV).

Luego de obtenidos los resultados se procedió a clasificar los humedales según el Indicador General de Vulnerabilidad (IGV), evidenciados por las variantes proyectadas en la gráfica de la Figura 3.110. Se proponen los siguientes rangos (Tabla 3.26)

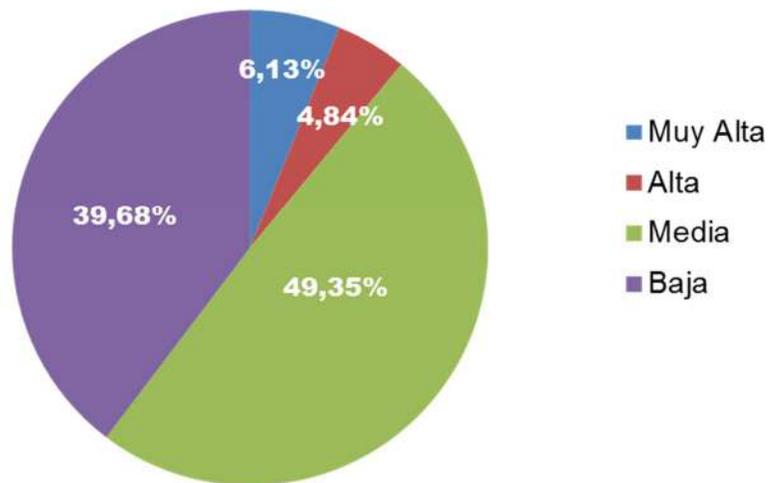
**Tabla 3.26.** Rangos de Vulnerabilidad según IGV.

Vulnerabilidad	Rangos
Muy Alta	>0,5
Alta	0,5 - 0,4
Media	0,4 - 0,2
Baja	<0,2



**Figura 3.110.** Rangos de corte clasificación de humedales según IGV.

**Porcentaje de Humedales según Indicador General de Vulnerabilidad**



**Figura 3.111.** Estadística final de humedales según el Indicador General de Vulnerabilidad.

A continuación se presenta en la Figura 3.112 la distribución geográfica de los humedales según su Indicador General de Vulnerabilidad.

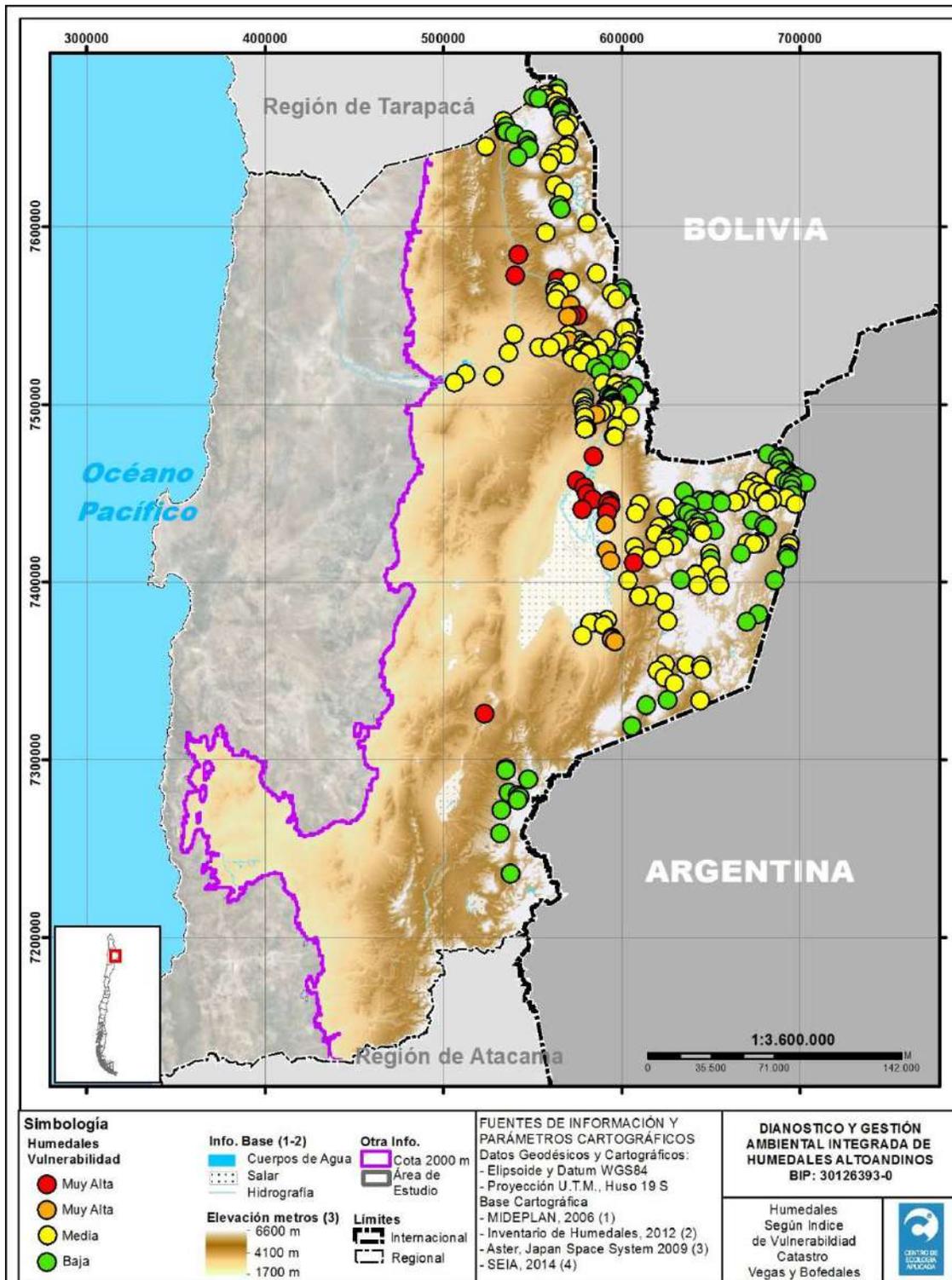


Figura 3.112. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabilidad y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN.

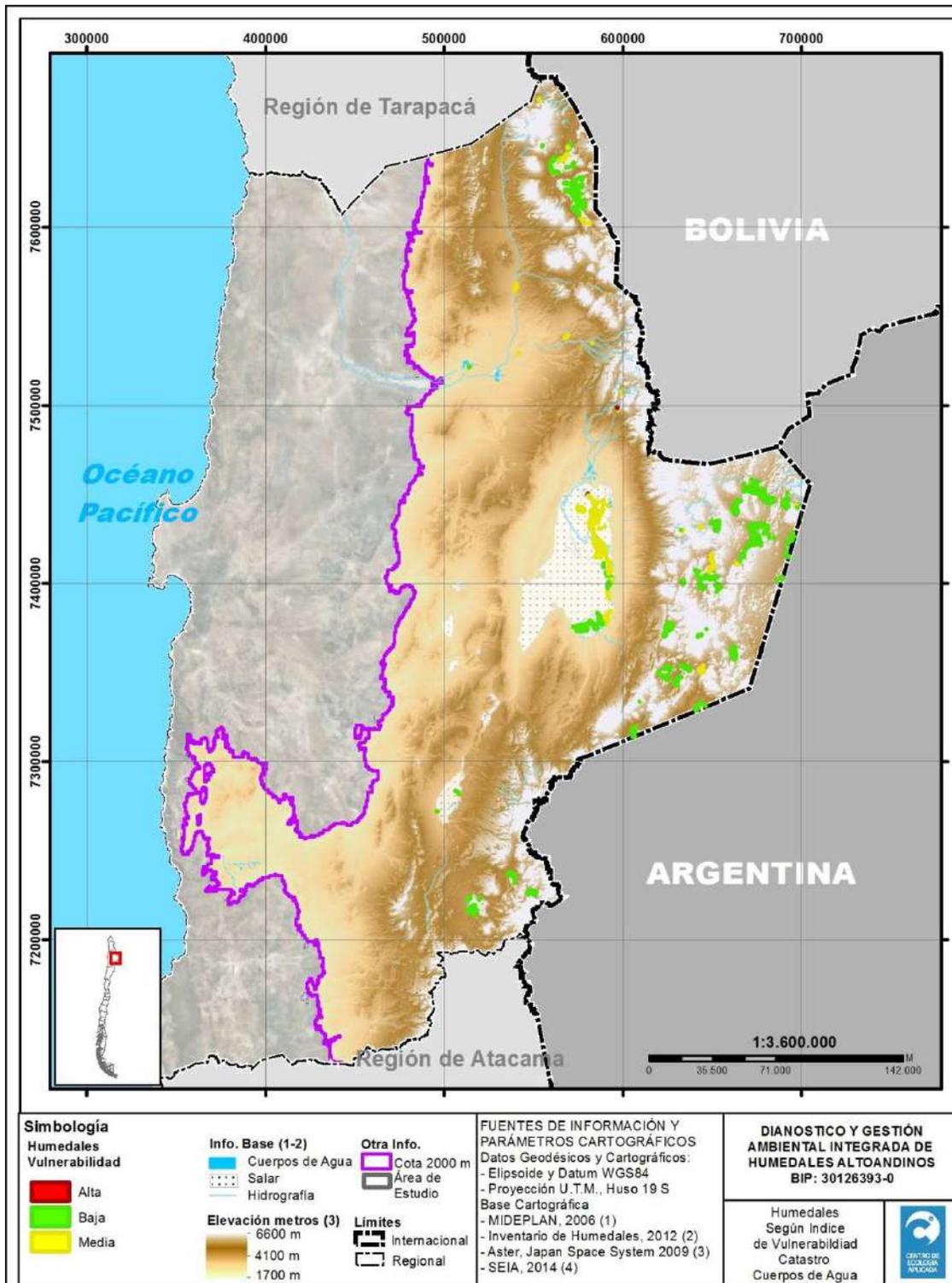


Figura 3.113. Distribución geográfica de humedales según Indicador de Vulnerabilidad y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.

### 3.5.3 Priorización de humedales según estrategias

En base al trabajo realizado, este capítulo pretende resumir la priorización general de los humedales a partir de las estrategias desarrolladas en los numerales 3.5.1 y 3.5.2, enfocando los resultados para que estos puedan ser parte de dos grandes bases de datos que contengan la información resumida y que permitan agrupar la caracterización final de estos sistemas.

**Tabla 3.27.** Relación de Indicadores de Variabilidad Histórica e Índice de Vulnerabilidad.

Análisis de Variabilidad Histórica	Índice General de Vulnerabilidad				
	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Total
<b>A la Baja</b>	6	5	57	40	108
<b>Al Alza</b>	11	8	79	52	150
<b>Normal</b>	2	1	6	10	19
<b>Total</b>	19	14	142	102	277

Cabe destacar que la priorización general, esta en base a información efectiva en las dos estrategias, por lo que se descartó del total de humedales (310) un número de 33 sistemas que por razones de importancia (Cuerpos de Agua), superficie o nula área de recurrencia, no presentaban datos en el análisis de recurrencia histórica.

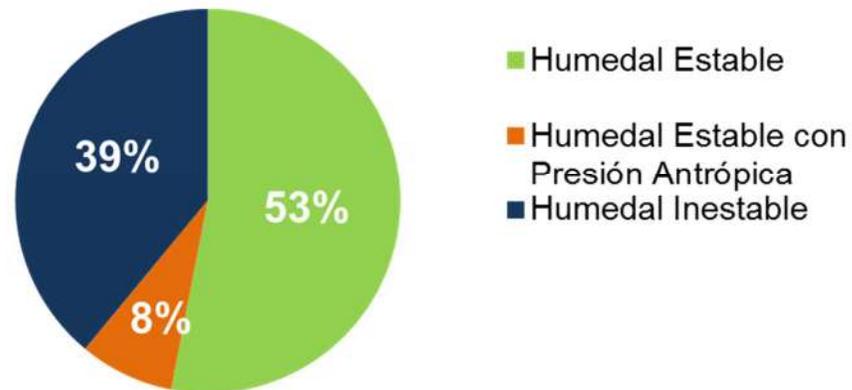
En consecuencia de lo anterior, la clasificación final de humedales definió tres categorías de priorización:

- **Humedales Estables:** Son aquellos Humedales que en su análisis de Recurrencia Histórica muestra una tendencia al Alza y que dentro de sus análisis de Vulnerabilidad estén clasificados Bajos o Medios.
- **Humedales Estables con Presión Antrópica:** Son aquellos Humedales que es su análisis de Recurrencia Histórica muestren una tendencia al Alza, y que dentro de su análisis de vulnerabilidad antrópica estén clasificados como Altos o Muy Altos.
- **Humedales Inestables:** Son aquellos humedales que en sus análisis de Recurrencia Histórica presenten una tendencia a la Baja.

**Tabla 3.28.** Priorización de Humedales por Categoría.

Resumen Priorización		
Categorías	Nº	%
Humedal Estable	147	53%
Humedal Estable con Presion Antrópica	22	8%
Humedal Inestable	108	39%
<b>Total</b>	<b>277</b>	<b>100%</b>

### Porcentaje de Humedales según Priorización



**Figura 3.114.** Porcentaje de Humedales según estado de priorización.

La distribución geográfica de los humedales se ilustra en las Figura 3.115 y Figura 3.116, además en el Anexo B se resumen las características generales para cada sistema separados por el tipo de catastro.

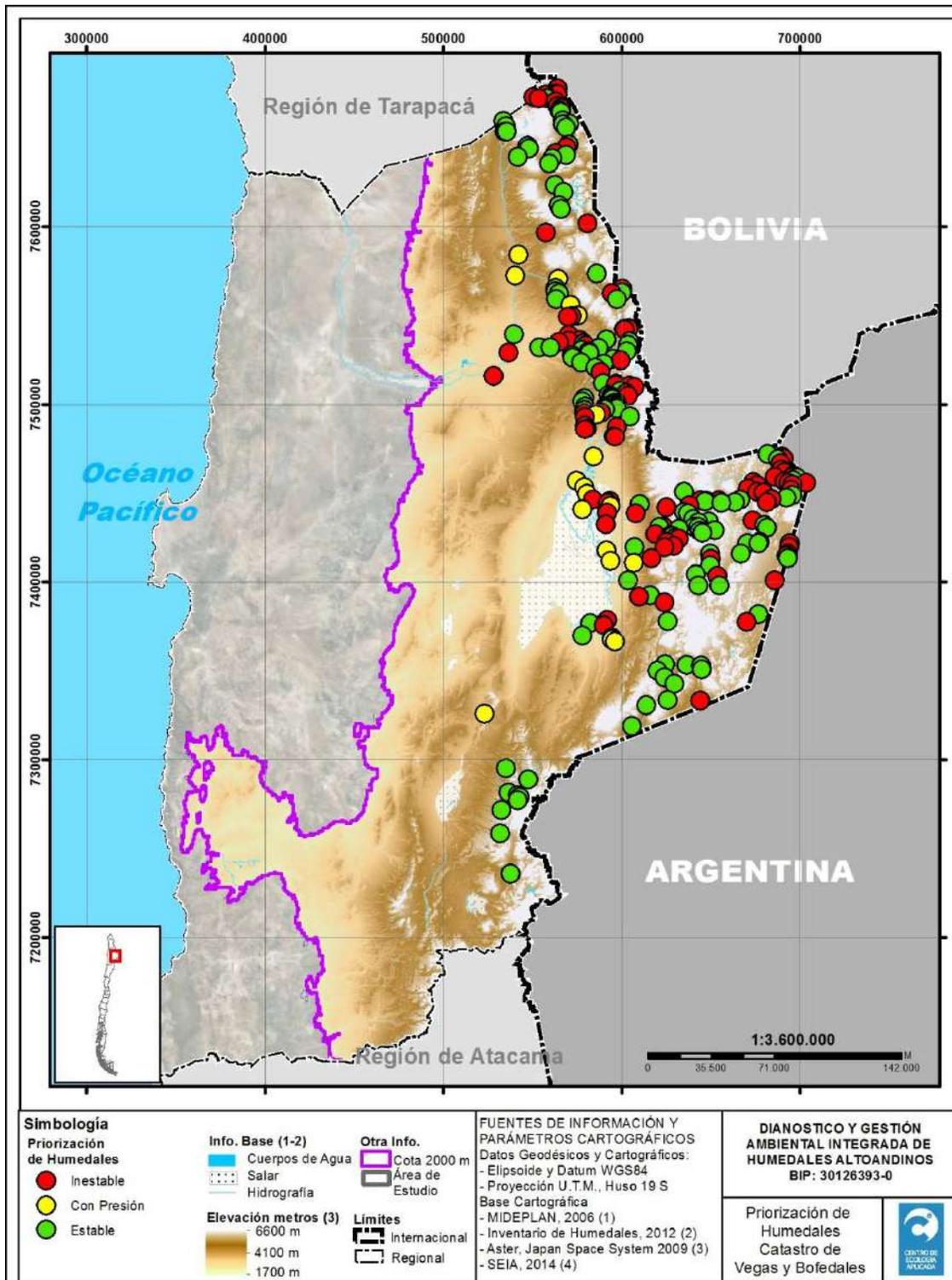


Figura 3.115. Priorización de humedales, catastro de Vegas y Bofedales SITHA-CIREN.

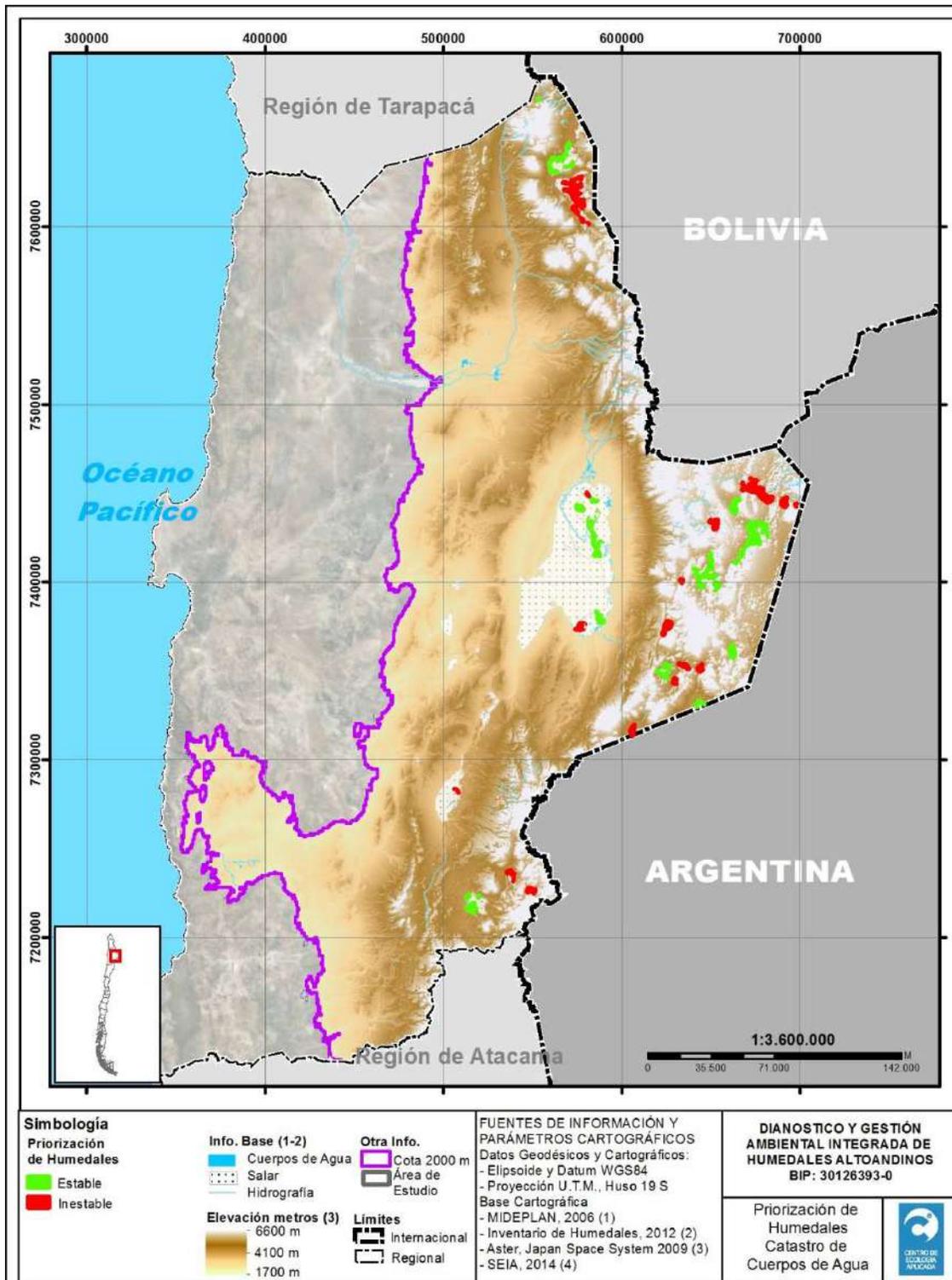


Figura 3.116. Priorización de humedales, catastro de Cuerpos de Agua, MMA

### 3.5.4 Estado de monitoreo de los humedales en estudio.

El estado de monitoreo de los Humedales en estudio se determinó a partir de los siguientes seis puntos metodológicos:

1. Sistematización de la información entregada por entidades públicas y privadas.
2. Localización de los Puntos de monitoreo informados por las entidades Públicas y Privadas en la zona de estudio.
3. Relación de cercanía (*Near*) entre Puntos de Monitoreo y el catastro de Humedales.
4. Agrupación de los puntos de monitoreo según Sistema, Tipo y Titular encargado del Monitoreo.
5. Definición de Campañas efectivas de monitoreo.
6. Determinación del Estado de los Humedales, según condición de Monitoreo.

El primer punto metodológico, corresponde a la sistematización de la información entregada por las distintas entidades públicas y privadas, entre las cuales se encuentran DGA, INIA, SAG y CONAF en el ámbito público. En cuanto a la información de privados, la información corresponde a la de las empresas mineras con compromisos ambientales comprometidos.

El objetivo principal de la sistematización fue la preparación, orden y estructuración de la totalidad de la información proporcionada, de modo de poder proyectarla e integrarla en una plataforma GIS.

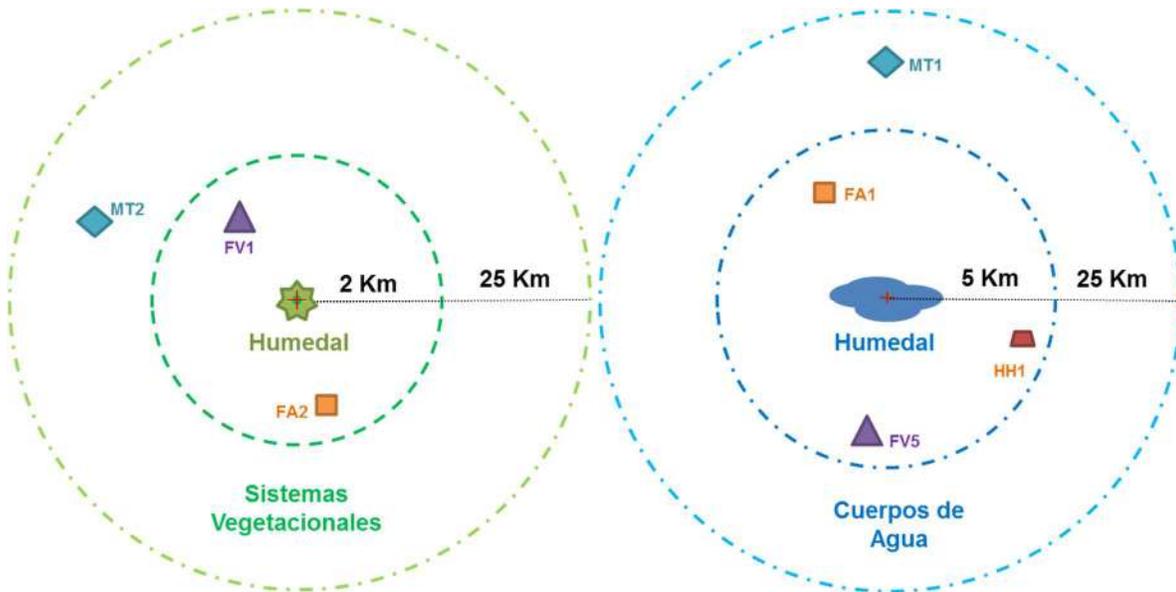
Se identificaron 1.357 puntos de monitoreo, los que contaban con la siguiente información: nombre de estación, titular, coordenadas, frecuencia y características generales. La totalidad de esta información es incorporada en el Anexo B (“Anexo B\4.Análisis Geoespaciales\2.Monitoreos”). En la Tabla 3.29 se presenta un resumen de la información existente.

**Tabla 3.29.** Resumen total de puntos informados por tipo de variable monitoreada.

Monitoreo	Tipo		Total
	Privado	Público	
Biota Acuática	31	7	38
Calidad de Agua	253	22	275
Calidad de Sedimento	31		31
Calidad de Suelo	93		93
Fauna	158		158
Flora y Vegetación	294	8	302
Fluviometría		61	61
Hidrología e Hidrogeología	337		337
Meteorología	26	36	62
<b>Total general</b>	<b>1223</b>	<b>134</b>	<b>1357</b>

Posteriormente, la información fue filtrada de forma tal que se pudiese identificar aquellos punto de monitoreo que estuviesen sobre los 2.000 m.s.n.m, obteniéndose que el 81% de los puntos cumplían con esta condición.

Una vez seleccionados los datos de estudio, se procedió a relacionar punto a punto cada centroides por humedal catastrado (310) contra cada punto de monitoreo. El resultado entregó una matriz que permitió filtrar los datos según dos métodos, para establecer la condición de monitoreo del humedal. El primero método estableció un enfoque en el monitoreo meteorológico, estableciendo un radio de búsqueda desde el centroide del humedal igual a 25 Km. El segundo método, enfocado en el resto de los monitoreos, estableció para el caso de Vegas y Bofedales un radio de 2 Km de búsqueda, y para los Cuerpos de Agua, de 5 Km. El resumen de estos métodos se grafica en la Figura 3.117.



**Figura 3.117.** Esquema de búsqueda de monitoreo según catastro de humedales.

Además, el resultado de los métodos utilizados permitió evidenciar que el universo de puntos de monitoreo no representaban una campaña completa del monitoreo involucrado, ya que muchos de los puntos de monitoreo se concentraban en un mismo humedal y correspondían a solamente una campaña o grupo de monitoreo. Para revertir esta situación, se eliminaron los datos repetidos por humedal, y según tipo de monitoreo y titular encargado del mismo, dando como resultado una reducción de la información a 205 campañas de monitoreo en diversos temas. Cabe destacar que los datos pertenecientes a estaciones de meteorología y fluviometría no se incluyeron en este análisis, dada su condición de monitoreo regional o de mayor escala.

El resumen final de campañas de monitoreo efectivas identificadas y de los puntos de monitoreo de Meteorología y Fluviometría, dio un total de 205, situación que se detalla en la Tabla 3.30, y en la cual se desglosan los tipos de monitoreos asociados.

Consecutivamente, el resultado de los métodos utilizados permitió evidenciar que el universo de puntos de monitoreo no representaban realmente una campaña tipo, ya que muchos de estos, se concentraban en un mismo humedal, con el mismo tipo de monitoreo y con un mismo titular asociado.

Como medida para revertir esta situación, se quitaron los datos duplicados por Humedal, Tipo y titular encargado del monitoreo, dando como resultado una reducción de la información a 205 campañas. Cabe destacar que los datos pertenecientes a estaciones de meteorología y fluviometría, no se incluyeron en este análisis, dada su condición de monitoreo regional o de mayor escala.

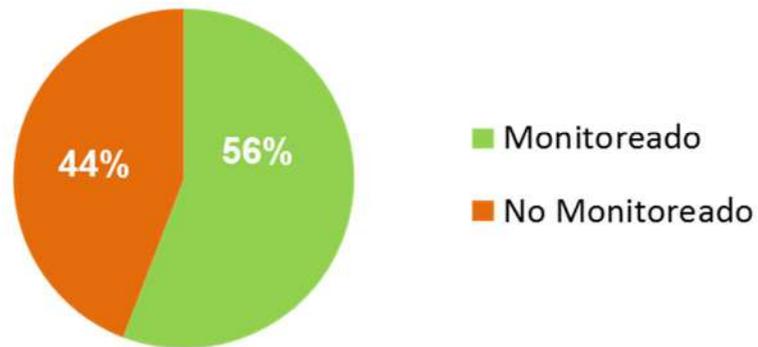
El resumen final de campañas de monitoreo efectivas identificadas, y de los puntos de monitoreo de Meteorología y Fluviometría, dio un total de 205. El resumen de los monitoreos se detalla en la Tabla 3.30, indicándose el desglose por tipo de monitoreo.

**Tabla 3.30.** Resumen Total de campañas de monitoreo por tipo.

Tipo Monitoreo	Nº Campañas
Biota Acuática	14
Calidad de Agua	30
Calidad de Sedimento	7
Calidad de Suelo	6
Fauna	9
Flora y Vegetación	13
Hidrología e Hidrogeología	12
Fluviometría	61
Meteorología	53
<b>Total</b>	<b>205</b>

Finalmente como último punto metodológico, y una vez relacionadas las campañas de monitoreo con los humedales catastrados, se determinó la condición de monitoreo para los sistemas estudiados. La estadística final de los sistemas concluyó que de un total de 310 Humedales (SITHA-CIREN) el 56% de estos presentan al menos un monitoreo asociado, situación que se ilustra en el gráfico de la Figura 3.118 y en las cartografías de las Figura 3.119 y Figura 3.120.

### Porcentaje de Humedales según condición de Monitoreo



**Figura 3.118.** Porcentaje Total de Humedales en condición de Monitoreo.

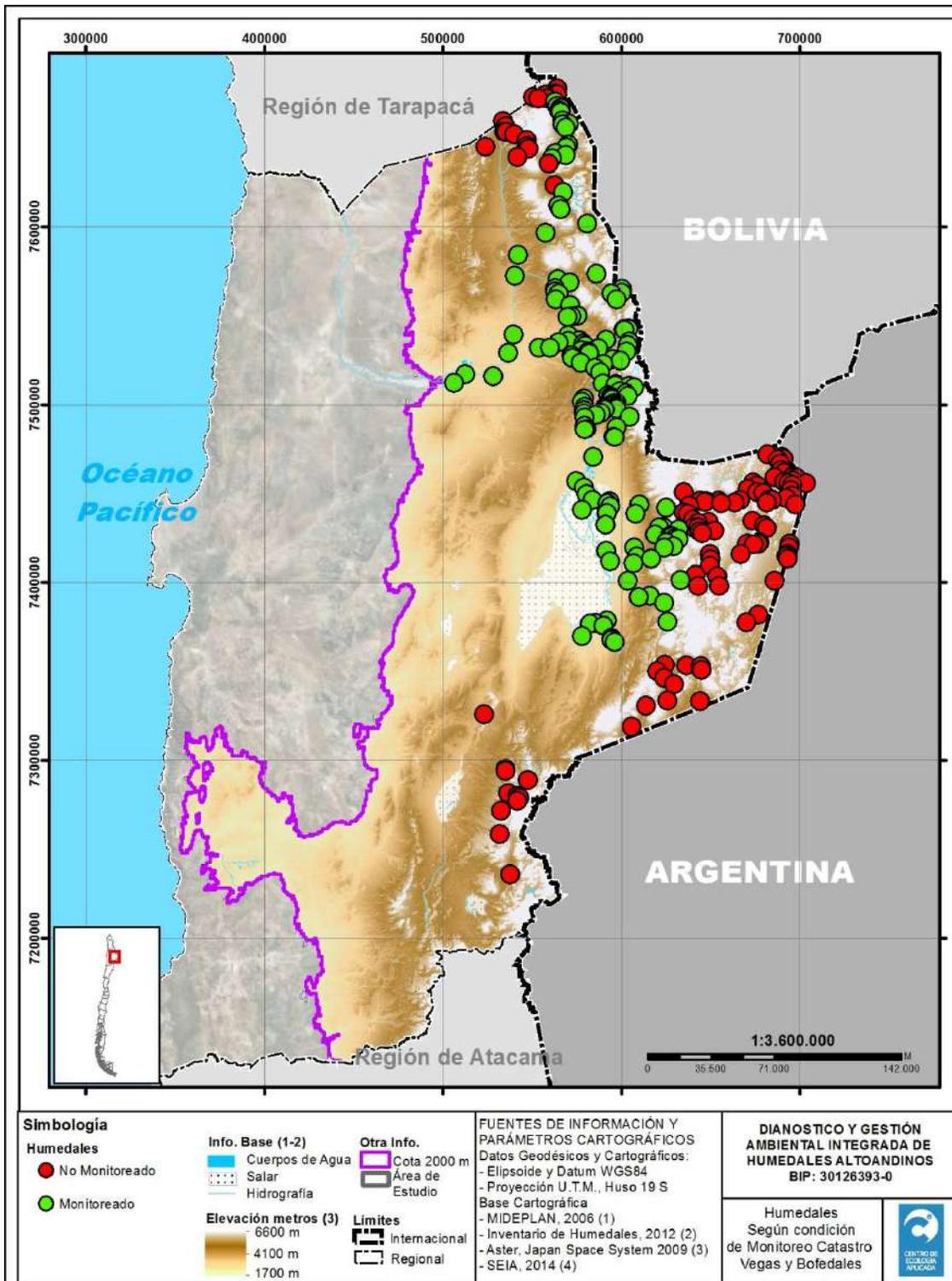


Figura 3.119. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Vegas y Bofedales, SITHA-CIREN.

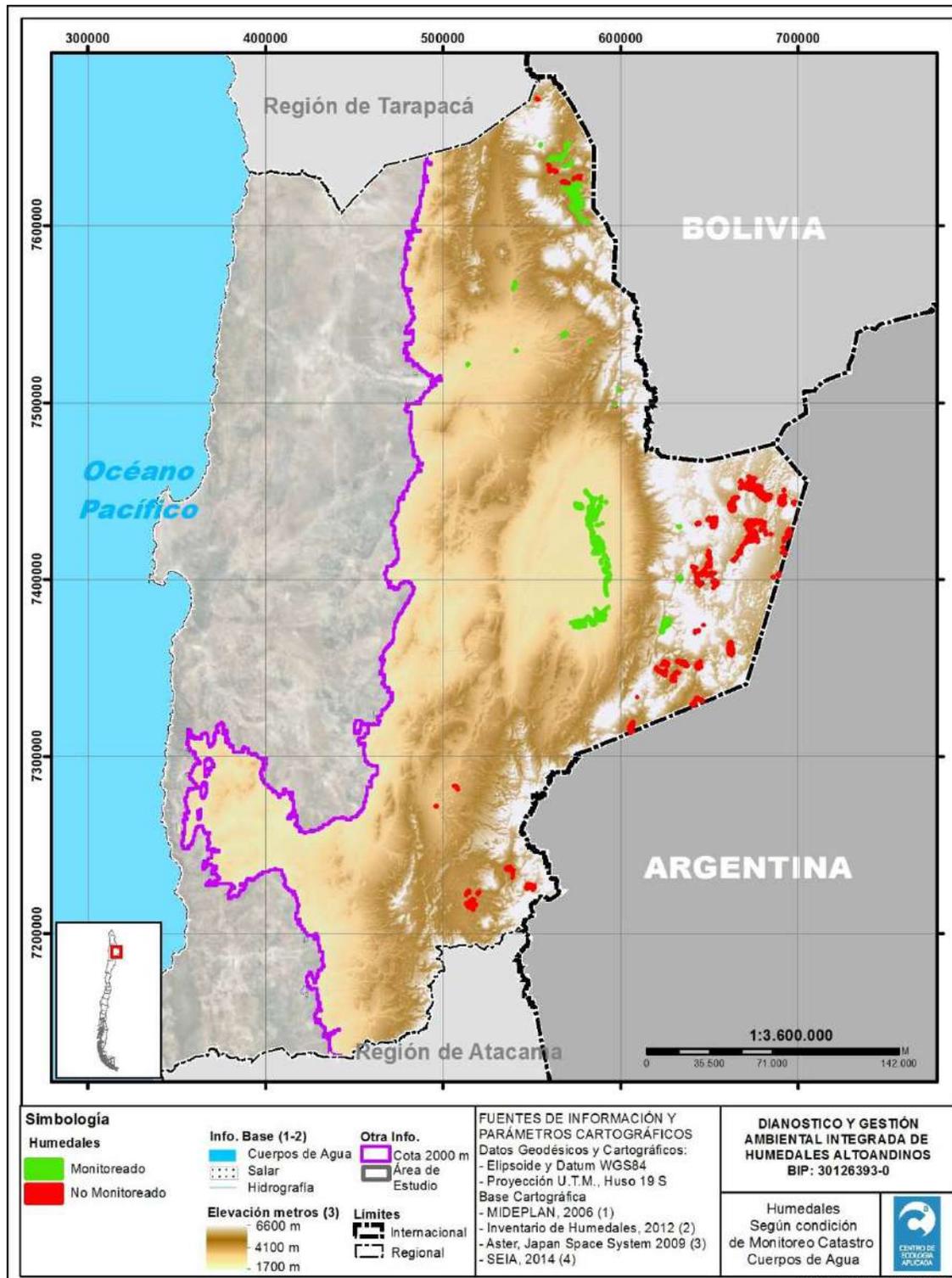


Figura 3.120. Distribución de humedales según condición de monitoreo y Catastro de Cuerpos de Agua, MMA.



## **PROGRAMA DE SEGUIMIENTO**

#### 4 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO

A partir de la caracterización de los humedales en el área de estudio presentado en el capítulo anterior, es posible conceptualizar los sistemas de humedales altoandinos como sistemas compuestos por dos compartimientos principales. Por una parte se tiene la laguna terminal o salar, que generalmente se ubica en el centro del humedal (ver fotos Figura 4.1), y por otra, se tiene un sistema de quebradas con vegas y bofedales que envuelven el perímetro del humedal (ver fotos Figura 4.2). Como se mostró también en los esquemas conceptuales del capítulo anterior, los parámetros que modulan estos sistemas de humedales se pueden separar jerárquicamente entre físicos, químicos y biológicos, permitiéndonos así conceptualizar la propuesta de monitoreo a nivel sitio específico.



**Figura 4.1. Fotos de sistemas de lagunas terminales o salares generalmente ubicados en el centro del humedal.**



**Figura 4.2. Fotos de los sistemas quebradas, vegas y bofedales que generalmente envuelven el perímetro del humedal.**

#### **4.1 ESTRUCTURA DEL PLAN DE MONITOREO**

En el primer nivel jerárquico de la propuesta de plan de monitoreo a escala de humedal presentado en el esquema conceptual (Figura 3.3 y Figura 3.4) se identifican los parámetros físicos, los cuales están representados por parámetros hidrológicos e hidrogeológicos, meteorológicos y de suelos. A grandes rasgos se requiere estimar caudales de aguas superficiales, profundidad de niveles freáticos, medición de alturas de cuerpos de agua y tamaño de los mismos, registro de datos meteorológicos como, temperatura y humedad atmosférica; magnitud y dirección del viento; radiación solar; y precipitación sólida y líquida. Desde la perspectiva de los suelos, se requiere su caracterización y el monitoreo discontinuo o continuo de su humedad, temperatura y CE.

En el segundo nivel jerárquico de la propuesta de plan de monitoreo se identifican los parámetros químicos, los cuales se asocian a la calidad de cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, como también la calidad de los sedimentos de los salares y de la calidad de suelos asociados a los sistemas vegetacionales.

Finalmente, en el tercer y último nivel jerárquico de la propuesta de plan de monitoreo se identifican los parámetros biológicos. Estos incluyen biota acuática, tapetes microbianos, fauna y flora y vegetación, aplicado a cuerpos de agua o sistemas vegetacionales, según corresponda. En el caso de los salares quedan representados principalmente por los tapetes microbianos dado que son el sistema pilar de la trama trófica en los ecosistemas de lagunas terminales.

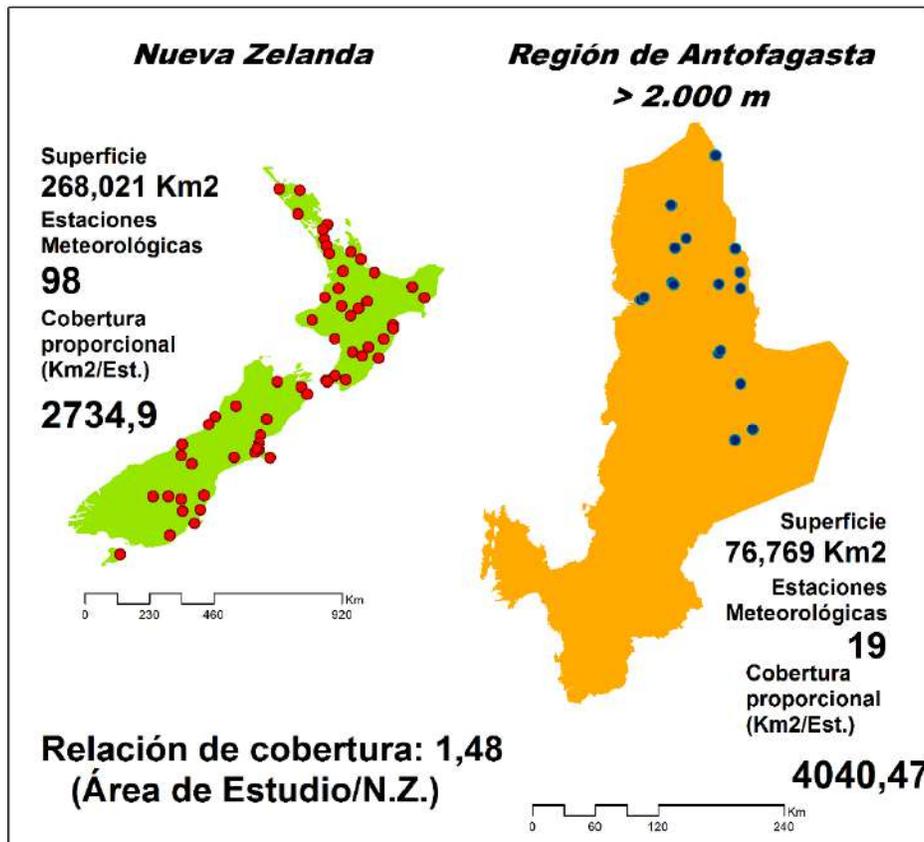
La estructura del plan de monitoreo se describe en la Tabla 4.3, donde se indican en forma de matriz de detalle, los parámetros propuestos, la frecuencia de monitoreo disponible, el tipo de registro de los datos y el tipo de sistema al que aplica.

Por otra parte, dado que los sistemas vegetacionales o de cuerpos de agua fueron agrupados en tres categorías, Inestables, Estables con presión y Estables, se asoció esta condición de estado del sistema al tipo de monitoreo y los componentes comunes asociados. De esta forma, la Tabla 4.4 muestra una propuesta de aplicación del monitoreo asociado al estado del sistema, indicando la frecuencia de captura de datos y la metodología para su adquisición.

Se debe indicar que la propuesta de monitoreo no incluye modificaciones asociadas a la red de mediciones fluviométricas de la DGA. Respecto a la meteorología, se hizo un análisis comparativo entre el número de estaciones equivalentes (que incluyeran un número y tipo de sensores similar) para diversos territorios y sus superficies. Los resultados de ese análisis se muestran en la Tabla 4.1, donde se observa que, en términos de densidad de estaciones, los territorios de Nueva Zelanda y el área de estudio (Sección sobre los 2.000 m.s.n.m. de la Región de Antofagasta) pueden compararse entre sí. La Figura 4.3 muestra este análisis en forma gráfica, donde además puede observarse la distribución espacial de la red de estaciones.

**Tabla 4.1. Comparación de la cobertura meteorológica existente en el Área de Estudio respecto de la existente en Nueva Zelanda (país referencial por similitud en su geografía).**

Característica	Red de Nueva Zelanda		Red existente en Zona de Estudio	
<b>Superficie territorio</b>	268.021	<b>km<sup>2</sup></b>	76.769	<b>km<sup>2</sup></b>
<b>Nº Estaciones Meteorológicas</b>	98	<b>Unidades</b>	19	<b>Unidades</b>
<b>Cobertura proporcional por Estación</b>	<b>2734,91</b>	<b>km<sup>2</sup>/Estación</b>	<b>4040,47</b>	<b>km<sup>2</sup>/Estación</b>
<b>Relación de cobertura meteorológica (Área de Estudio/N.Z.)</b>	<b>1,48</b>			



**Figura 4.3. Comparación de la cobertura de estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio (sobre los 2000 m.s.n.m. en la región de Antofagasta) respecto de Nueva Zelanda.**

Cabe señalar que la densidad de estaciones parece apropiada para el área de estudio tal como fue indicado en informe del “Plan Estratégico para la Gestión de los Recursos Hídricos, Región de Antofagasta”, realizado por Arrau Ingeniería, en 2012, pero al revisar las estaciones que cuentan con la medición de todas las variables meteorológicas se constata que la distribución espacial de ellas es inadecuada para una caracterización general. Se aprecia también una concentración de estaciones en la zona norte y centro de la zona, además de que existe una duplicidad de monitoreo en algunos sitios (estaciones DGA e INIA muy cercanas). Es por ello que se recomienda realizar un análisis de los requerimientos de cobertura de información meteorológica necesarias para una completa caracterización del territorio, usando estrategias como caracterizar correctamente el cambio altitudinal lo cual ayudaría a posibles alertas tempranas de aluviones, y rastreo de eventos extremos. Por otra parte, extender la cobertura hacia el sur de la región parece adecuado, de forma tal de mejorar la caracterización general del área.

Las siglas a utilizar para cada variable en las secciones siguientes, se explican en la Tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Definición de siglas utilizadas.**

<b>Variable</b>	<b>Codificación</b>
Precipitación diaria	<b><i>Ppd</i></b>
Temperaturas diarias Extremas	<b><i>TdE</i></b>
Temperaturas diarias en horas Sinópticas	<b><i>TdhS</i></b>
Humedad Relativa diaria Extrema	<b><i>HRdE</i></b>
Humedad Relativa diaria en horas Sinópticas	<b><i>HRdhS</i></b>
Evaporación y recorrido del Viento diario	<b><i>ERVd</i></b>
Velocidad y Dirección del Viento diarias en horas Sinópticas	<b><i>VDVdhS</i></b>
Velocidad media diaria del Viento	<b><i>VmdV</i></b>
Horas de Sol diaria	<b><i>HSd</i></b>
Nubosidad diaria en horas Sinópticas	<b><i>NdhS</i></b>
Temperatura (agua o aire)	<b><i>Temp</i></b>
Conductividad eléctrica	<b><i>C.E.</i></b>
Oxígeno disuelto	<b><i>O.D.</i></b>
Caudal medio diario	<b><i>Qmd</i></b>
Material particulado	<b><i>MP</i></b>

**Tabla 4.3. Parámetros físicos, químicos y biológicos contemplados en el Plan de Monitoreo.**

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
Físico	1	Hidrología e Hidrogeología	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	Continuo	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
			Aforos puntuales en Aguas Superficiales	Diario a Anual	Local	Cuerpo de Agua
			Medición de nivel freático	Continuo, Diario a Anual	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua/Sistema Vegetacional
			Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Continuo, Diario a Anual	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
			Medición de terreno del espejo de agua	Mensual a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
			Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Mensual a Anual	Indirecto	Cuerpo de Agua
	2	Meteorología	Parcial - Ppd, TdE, TdE	Continuo	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
			Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	Continuo	Terreno / Transmitida	General
	3	Suelos	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Semestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
			Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Continuo	Terreno / Transmitida	Sistema Vegetacional
Químico	4	Calidad de Agua	Superficial	Semanal a Anual	Terreno	-
			Subterránea	Semanal a Anual	Terreno	-
			Temp., C.E.	Continuo	Transmitida	Cuerpo de Agua
			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Continuo, Diario a Estacional	Terreno / Transmitida	Cuerpo de Agua
	5		Calidad de sedimentos	-	-	-

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
		<b>Calidad de Sedimentos</b>	Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Mensual a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
	6	<b>Calidad de Suelos</b>	Calidad de suelos	-	-	Sistema Vegetacional
			Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Semestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
	7	<b>Calidad del Aire</b>	MP-10, MP-2,5, MPS, MPTotal	-	-	-
<b>Biológico</b>	8	<b>Biota Acuática</b>	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	-	-	Cuerpo de Agua
			Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Semestral a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
	9	<b>Tapete Microbiano</b>	Tapete B3: Identificación	Semestral a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
			Tapete B4: Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Semestral a Anual	Terreno	Cuerpo de Agua
	10	<b>Fauna</b>	Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Trimestral a Anual	Terreno	-
			Fauna B5: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
	11	<b>Flora y Vegetación</b>	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
			Flora B6: Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Semestral a Anual	Indirecto	Sistema Vegetacional
			Flora B7: Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional
			Flora B8: Transectos con riqueza y abundancia	Trimestral a Anual	Terreno	Sistema Vegetacional

**Tabla 4.4. Propuesta de aplicación del monitoreo según estado del sistema, identificándose la frecuencia y metodología de adquisición.**

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema
Físico	1	Hidrología e Hidrogeología	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	-	-	-
			Aforos puntuales en Aguas Superficiales	-	-	-
			Medición de nivel freático	Estable con Presiones/Inestable	Continuo	Transmitido
			Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Estable con Presiones/Inestable	Continuo	Transmitido
			Medición de terreno del espejo de agua	Inestable	Semestral	Terreno
			Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Estable/Estable con Presiones/Inestable	Anual	Indirecto
	2	Meteorología	Parcial - Ppd, TdE, TdE	-	-	-
			Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	General	Continuo	Transmitido
	3	Suelos	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Inestable	Semestral	Terreno
			Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Inestable	Continuo	Transmitido
Químico	4	Calidad de Agua	Superficial	-	-	-
			Subterránea	-	-	-
			Temp., C.E.	Estable con Presiones/Inestable	Continuo	Transmitido
			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Inestable	Semestral	Terreno

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Frecuencias disponibles	Disponibilidad de la Información/Método	Tipo de sistema	
	5	Calidad de Sedimentos	Calidad de sedimentos	-	-	-	
			Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Inestable	Semestral	Terreno	
	6	Calidad de Suelos	Calidad de suelos	-	-	-	
			Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Inestable	Anual	Terreno	
	7	Calidad del Aire	MP-10, MP-2,5, MPS, MPTotal	-	-	-	
	Biológico	8	Biota Acuática	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Estable con Presiones	Anual	Terreno
				Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Inestable	Semestral	Terreno
9		Tapete Microbiano	Tapete B3: Identificación	Estable con Presiones	Anual	Terreno	
			Tapete B4: Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Inestable	Semestral	Terreno	
10		Fauna	Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	-	-	-	
			Fauna B5: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Inestable	Anual	Terreno	
11		Flora y Vegetación	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	-	-	-	
			Flora B6: Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Estable/Estable con Presiones/Inestable	Anual	Indirecto	
			Flora B7: Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	Inestable	Trimestral	Terreno	
			Flora B8: Transectos con riqueza y abundancia	Inestable	Trimestral	Terreno	

La propuesta de monitoreo considera tres niveles, los cuales están relacionados con la condición ecológica diagnosticada de cada sistema. Estos corresponden a:

**Monitoreo básico:** Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas no conocidos o en estado natural, con fines de diagnosticar su condición ecológica.

**Monitoreo Intermedio:** Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas ecológicamente estables, pero que se encuentran sometidos a presiones antropogénicas de diversa magnitud, aunque sin aparentar un daño ambiental evidente.

**Monitoreo Avanzado:** Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas ecológicamente inestables, con historia de presiones antropogénicas y daño ambiental, desde grado incipiente a severo. Normalmente este monitoreo permite evaluar el impacto de un plan de restauración ecológica.

Los tres niveles indicados se corresponden con la condición ecológica del sistema (vegetacional o cuerpo de agua), previamente diagnosticada, como se puede apreciar en la Tabla 4.5, donde adicionalmente se indican los componentes más comunes de cada nivel. En la medida de que un sistema cambia de condición ecológica, cambia de nivel de monitoreo, donde lo más significativo es que cambia el componente a monitorear (se agregan nuevos componentes) y normalmente, cambia la frecuencia de registro de información.

**Tabla 4.5. Grupo de monitoreos asociados a los humedales altoandinos según tipo de sistema y estado.**

Tipo de sistema	Estado del sistema	Nivel de Monitoreo	Contenedores	Componentes comunes
Cuerpos de Agua	Estable	Básico	Físico	Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
	Estable con presiones	Intermedio	Físico	Medición de nivel freático
				Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua
				Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Información completa: Full - Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
			Químico	Temp., C.E.
			Biológico	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces
	Inestable	Avanzado	Físico	Identificación
				Medición de nivel freático
				Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua
				Medición de terreno del espejo de agua
			Químico	Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
				Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
				Temp., C.E.
Biológico			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	
			Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	
Físico	Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces			
	Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía			
Sistema Vegetacional	Estable	Básico	Físico	Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
			Biológico	Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)
		Intermedio	Físico	Hidro F1: Medición de nivel freático

Tipo de sistema	Estado del sistema	Nivel de Monitoreo	Contenedores	Componentes comunes	
	Estable con presiones			Información completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	
			Biológico	Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	
	Inestable	Avanzado	Físico		Medición de nivel freático
					Información completa: Full - Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS
					Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)
			Químico		Monitoreo continuo de humedad y C.E.
					Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH
					Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos
	Biológico		Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)		
			Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)		
			Transectos con riqueza y abundancia		

## 4.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS COMPONENTES DEL PLAN DE MONITOREO

Cada una de los componentes incluidos en el plan de monitoreo propuesto, y que fue mostrado anteriormente, fue evaluado económicamente. Para ello se realizó un análisis de los costos asociados a la implementación del monitoreo diferenciando de forma clara los costos asociados a las inversiones requeridas para la ejecución, los costos de la implementación en terreno, los costos asociados a la obtención de la información del monitoreo y los costos de mantención de las partes y/o estructuras requeridas en el monitoreo. Así, se consideró que la implementación inicial e inversiones sería posible de realizarlas en 1 año, tras lo cual los costos asociados a esta implementación se ven reducidos a la mantención de equipos y realización de campañas puntuales. Por lo anterior, al primer año de implementación e inversiones se denominará “1er año”, y al resto de los años siguientes “Otros Años”.

Además, se realizó una estimación aproximada de los gastos actuales realizados en la Región por concepto de monitoreos. Los monitoreos fueron integrados según tipo y metodologías generándose una matriz de costos aproximada, y que en algunos casos, integró varios niveles de monitoreo. Es por ello que los costos estimados para estos monitoreos, fue realizado considerando un monitoreo tipo.

En cuanto a la valoración de cada monitoreo, se realizó una diferenciación entre lo existente y lo propuesto, debido a que se considera que en la actualidad los titulares requieren de la contratación de los servicios profesionales de terceros los que, en general, no se encuentran instalados en la Región, teniéndose mayores costos por los conceptos de movilización y viáticos. En el caso de los monitoreos propuestos, los valores presentados consideran que gran parte de las actividades serían desarrolladas por personal de la institucionalidad a cargo de la ejecución del plan de monitoreo, por lo que no se agregan costos asociados a la movilización ni viajes, pero si se contará con los costos asociados a la compra y arriendo de equipos junto con los gastos de terreno como combustible, materiales, insumos, entre otros. En cuanto a las horas hombre (HH) requeridas para el desarrollo de la actividad, se considera (no incluido de forma directa en los costos de los monitoreos) la contratación de un equipo de trabajo de 6 personas para el desarrollo de las actividades de monitoreo (equipo de terreno) y en base al desarrollo completo del Plan de Seguimiento. Así, ante el eventual desarrollo de parte del Plan de Seguimiento, se deberá realizar una evaluación para la definición del número de personas de terreno requeridas. Se estimó que el costo aproximado de la contratación del personal por el periodo de 1 año completo equivale a aproximadamente 4.350 U.F.

Los costos estimados por actividad y para el monitoreo completo existente en la actualidad, se muestra en la Tabla 4.6. En la Tabla 4.7 se entrega la completa evaluación de los costos asociados a cada una de las actividades y tipos de monitoreo. Por último, la Tabla 4.8 muestra la evaluación de los costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo.

**Tabla 4.6. Estimación de costos de los monitoreos existentes en la Región. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento por Año (públicos y privados).**

Contenedores	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Gastos Anual Estimado por monitoreo (UF/Año)	Nº Monitoreos existentes	Total invertido según monitoreos actuales (UF/Año)
Químico	Calidad de Agua	Calidad del agua Superficial/Subterránea	2.348,49	30	70.454,64
	Calidad de Sedimentos	Calidad de sedimentos	3.894,82	7	27.263,72
	Calidad de Suelos	Calidad de suelos	396,25	6	2.377,48
Biológico	Biota Acuática	Fitobentos. Fitoplancton. Zoobentos. Zooplancton. Macrófitas. Peces	351,43	14	4.919,99
	Fauna	Aves. Anfibios. Reptiles. Micro mamífero. Mamíferos	376,43	9	3.387,91
	Flora y Vegetación	Transectos. Cobertura. análisis particular de individuos/especies	355,17	13	4.617,24
				<b>Total (UF/Año)</b>	<b>11.3020, 98</b>

**Tabla 4.7. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF).**

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Tipo de sistema	Gastos 1er Año (UF)	Otros años (UF)
Físico	1	Hidrología e Hidrogeología	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	Cuerpo de Agua	-	-
			Aforos puntuales en Aguas Superficiales	Cuerpo de Agua	-	-
			Medición de nivel freático	Cuerpo de Agua/Sistema Vegetacional	102,44	14,13
			Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Cuerpo de Agua	97,61	14,13
			Medición de terreno del espejo de agua	Cuerpo de Agua	60,40	60,40
			Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Cuerpo de Agua	-	-
	2	Meteorología	Información Parcial: Ppd, TdE, TdE	Cuerpo de Agua	28,99	28,99
			Información Completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	General	518,99	23,03
	3	Suelos	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Sistema Vegetacional	57,99	57,99
			Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Sistema Vegetacional	444,57	22,93
Químico	4	Calidad de Agua	Superficial	-	2.348,49	2.348,49
			Subterránea	-	2.348,49	2.348,49
			Temp., C.E.	Cuerpo de Agua	-	-
			Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Cuerpo de Agua	19,33	19,33
	5		Calidad de sedimentos	-	3.894,82	3.894,82

Contened.	ID Monitoreo	Tipo Monitoreo	Componentes comunes	Tipo de sistema	Gastos 1er Año (UF)	Otros años (UF)
		<b>Calidad de Sedimentos</b>	Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Cuerpo de Agua	<b>25,37</b>	<b>25,37</b>
	6	<b>Calidad de Suelos</b>	Calidad de suelos	Sistema Vegetacional	<b>396,25</b>	<b>396,25</b>
			Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Sistema Vegetacional	<b>26,58</b>	<b>26,58</b>
Biológico	8	<b>Biota Acuática</b>	Existente: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Cuerpo de Agua	<b>351,43</b>	<b>351,43</b>
			Nivel intermedio: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Cuerpo de Agua	<b>41,68</b>	<b>41,68</b>
			Nivel avanzado: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Cuerpo de Agua	<b>83,36</b>	<b>83,36</b>
	9	<b>Tapete Microbiano</b>	Identificación	Cuerpo de Agua	<b>43,49</b>	<b>43,49</b>
			Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Cuerpo de Agua	<b>86,98</b>	<b>86,98</b>
	10	<b>Fauna</b>	Existente: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Sistema Vegetacional	<b>376,43</b>	<b>376,43</b>
			Propuesto: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Sistema Vegetacional	<b>135,30</b>	<b>135,30</b>
	11	<b>Flora y Vegetación</b>	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	Sistema Vegetacional	<b>118,39</b>	<b>118,39</b>
			Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Sistema Vegetacional	<b>355,17</b>	<b>355,17</b>
			Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	Sistema Vegetacional	<b>60,40</b>	<b>60,40</b>
			Transectos con riqueza y abundancia	Sistema Vegetacional	<b>26,58</b>	<b>26,58</b>

**Tabla 4.8. Estimación de costos de los distintos monitoreos considerados en el plan de monitoreo. Los valores entregados se encuentran en Unidades de Fomento (UF).**

Monitoreos del Plan			Costo por Monitoreo (UF)		N° de Monitoreos por tipo de variables monitoreadas	Totales por Monitoreo	
Contenedores	Componentes comunes	Estado	Gastos 1er Año	Otros años		1er Año	Otros Años
Físico	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	-	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Aforos puntuales en Aguas Superficiales	-	0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Medición de nivel freático	Estable con Presiones/Inestable	102,44	14,13	128	13.112,87	1.809,21
	Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	Estable con Presiones/Inestable	97,61	14,13	14	1.366,57	197,88
	Medición de terreno del espejo de agua	Inestable	60,40	60,40	14	845,65	845,65
	Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	Estable/Estable con Presiones/Inestable	0,00	0,00	25	0,00	0,00
	Información Parcial: Ppd, TdE, TdE	-	28,99	28,99	0	0,00	0,00
	Información Completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	General	518,99	23,03	25	12.974,67	575,85
	Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	Inestable	57,99	57,99	94	5.450,81	5.450,81
	Monitoreo continuo de humedad y C.E.	Inestable	444,57	22,93	94	41.789,55	2.155,34
Químico	Superficial	-	2.348,49	2.348,49	0	0,00	0,00
	Subterránea	-	2.348,49	2.348,49	0	0,00	0,00
	Temp., C.E.	Estable con Presiones/Inestable	0,00	0,00	14	0,00	0,00
	Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	Inestable	19,33	19,33	14	270,61	270,61
	Calidad de sedimentos	-	3.894,82	3.894,82	0	0,00	0,00
	Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	Inestable	25,37	25,37	14	355,17	355,17
	Calidad de suelos	-	396,25	396,25	0	0,00	0,00

Monitoreos del Plan			Costo por Monitoreo (UF)		N° de Monitoreos por tipo de variables monitoreadas	Totales por Monitoreo	
Contenedores	Componentes comunes	Estado	Gastos 1er Año	Otros años		1er Año	Otros Años
	Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	Inestable	26,58	26,58	94	2.498,29	2.498,29
Biológico	Existente: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	-	351,43	351,43	0	0,00	0,00
	Nivel intermedio: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces		0,00	0,00	0	0,00	0,00
	Nivel avanzado: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	Estable con Presiones	41,68	41,68	0	0,00	0,00
	Identificación	Inestable	83,36	83,36	14	1.167,00	1.167,00
	Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	Estable con Presiones	43,49	43,49	0	0,00	0,00
	Existente: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	Inestable	86,98	86,98	14	1.217,73	1.217,73
	Propuesto: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	-	376,43	376,43	0	0,00	0,00
	Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	Inestable	135,30	135,30	94	12.718,56	12.718,56
	Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	-	118,39	118,39	0	0,00	0,00
	Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	-	355,17	355,17	0	0,00	0,00
	Transectos con riqueza y abundancia	Estable/Estable con Presiones/Inestable	0,00	0,00	250	0,00	0,00
	Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	Inestable	60,40	60,40	94	5.677,93	5.677,93
	Aforos puntuales en Aguas Superficiales	Inestable	26,58	0,00	0	0,00	0,00
					<b>Totales (UF/Año)</b>	<b>99.445,42</b>	<b>34.940,02</b>

### 4.3 ANÁLISIS DE LA EJECUCIÓN DEL PLAN DE MONITOREO SEGÚN ESCENARIOS

Debido a los altos costos posibles de tener especialmente en la implementación y la ejecución de un plan de monitoreo de tipo regional, a continuación se entrega una evaluación de la ejecución en diferentes escenarios, los que a su vez estarán compuestos por etapas de implementación. Cada etapa considerará la inclusión de un grupo de sistemas a monitorear, los cuales son considerados de acuerdo a los valores de los índices que dan origen a su estado. Así, se reconocerá y separará el grupo de los cuerpos Inestables, en subgrupos de sistemas y según el nivel de su condición de inestabilidad (basado en los índices generados para la evaluación). La definición de Etapas permite realizar una evaluación de la implementación en forma parcelada, permitiendo evaluar una inversión y desarrollo distanciado en el tiempo y/o la ejecución de solo una o más de las etapas propuestas.

A continuación se indican los escenarios creados, mostrándose cuales son las consideraciones tomadas y los rangos de valores de los indicadores y/o criterio incluidos.

#### 4.3.1 Definición de escenarios

Los escenarios fueron definidos en base a la condición de los humedales, realizando una primera separación entre los sistemas con condición Inestable y los con condición Estable o Estable con Presiones. Posterior a esta separación, se realizó una caracterización y separación de los sistemas Inestables, en base a los valores del Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica (ITVH) y del Indicador General de Vulnerabilidad de humedales (IGV). Los criterios considerados en la definición de cada escenario se entregan a continuación, y se resumen en la Tabla 4.9. De forma gráfica, la definición de conjuntos resultantes para el Escenario 3 se muestra en las Figura 4.4 a Figura 4.6. Para el Escenario 4 se entregan las Figura 4.7 a Figura 4.9.

- a) **Escenario 1:** considera el desarrollo de todo el plan de monitoreo en 1 etapa, con lo cual se considera el implementar de una sola vez el monitoreo completo de los humedales con condición Estable, Estable con Presiones e Inestable.
- b) **Escenario 2:** considera la separación del monitoreo en etapas según estado, así la Etapa 1 considera el monitoreo de todos los sistemas con condición Inestables, y la Etapa 2 considera el monitoreo de los sistemas con condición Estable y Estable con Presiones.
- c) **Escenarios 3:** Similar a escenario 2 en la separación de según condición, con lo que se tiene que la Etapa 1 a 3 incluye los monitoreos a los humedales con condición Inestable, y la Etapa 4 incluye a los humedales con condición Estable y Estable con Presiones. Las Etapas 1, 2 y 3 se definen según rangos para los valores de los indicadores, como se indicará más adelante.
- d) **Escenario 4:** Este escenario cuenta con la misma separación inicial que el Escenario 3, obteniéndose la misma Etapa 4. En cuanto a la división de los humedales Inestables, ellos se dividen considerando otros rangos para los indicadores, lo cual fue construido para tener una distribución más homogénea de los costos entre las Etapas 1, 2 y 3.

La Tabla 4.10 indica el número de monitoreos propuestos por componente y por etapa, de forma tal de poder asociar el número de sistemas asociados a cada nivel de monitoreo propuesto.

**Tabla 4.9. Definición de escenarios de inversión y desarrollo del plan de monitoreo de humedales altoandinos.**

<b>Escenario 1</b>	
Etapa 1	Incluye el monitoreo de todos los humedales evaluados, y que tengan una condición Estable, Estable con Presiones o Inestable en el Monitoreo propuesto.
<b>Escenario 2</b>	
Etapa 1	Incluye el monitoreo de todos los sistemas de humedales evaluados y que tengan una condición Inestable en el monitoreo propuesto.
Etapa 2	Incluye el monitoreo de todos los sistemas de humedales evaluados y que tengan una condición Estable o Estable con Presiones dentro del monitoreo propuesto.
<b>Escenario 3</b>	
Etapa 1	Incluye el monitoreo de todos los sistemas de humedales evaluados y que tengan una condición Inestable en el monitoreo propuesto, con valores de sus indicadores tal que su Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica (ITVH) sea inferior a -0,5; y para cualquier valor del Indicador General de Vulnerabilidad (IGV).
Etapa 2	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Índice de Vulnerabilidad Proporcional (IVP) superior a -0,5 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea mayor a 0,2.
Etapa 3	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de inestabilidad que poseen un Índice de Vulnerabilidad Proporcional (IVP) superior a -0,5 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea inferior a 0,2.
Etapa 4	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos propuestos, según la condición de Estabilidad del Humedal (Normal o al Alza)
<b>Escenario 4</b>	
Etapa 1	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de los humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Indicador de tendencia de Variabilidad Histórica Proporcional (ITVH) inferior a -0,7, y un índice General de Vulnerabilidad (IGV) cualquiera.
Etapa 2	Corresponde al análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica Proporcional (ITVH) superior a -0,7 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea mayor a 0,22.
Etapa 3	Corresponde al Análisis de costos de los monitoreos de humedales en condición de Inestabilidad que poseen un Indicador de Tendencia de Variabilidad Histórica Proporcional (ITVH) superior a -0,7 y que su Índice General de Vulnerabilidad (IGV) sea inferior a 0,22.
Etapa 4	Corresponde al Análisis de costos de los Monitoreos propuestos, según la condición de Estabilidad del Humedal (Normal o al Alza)

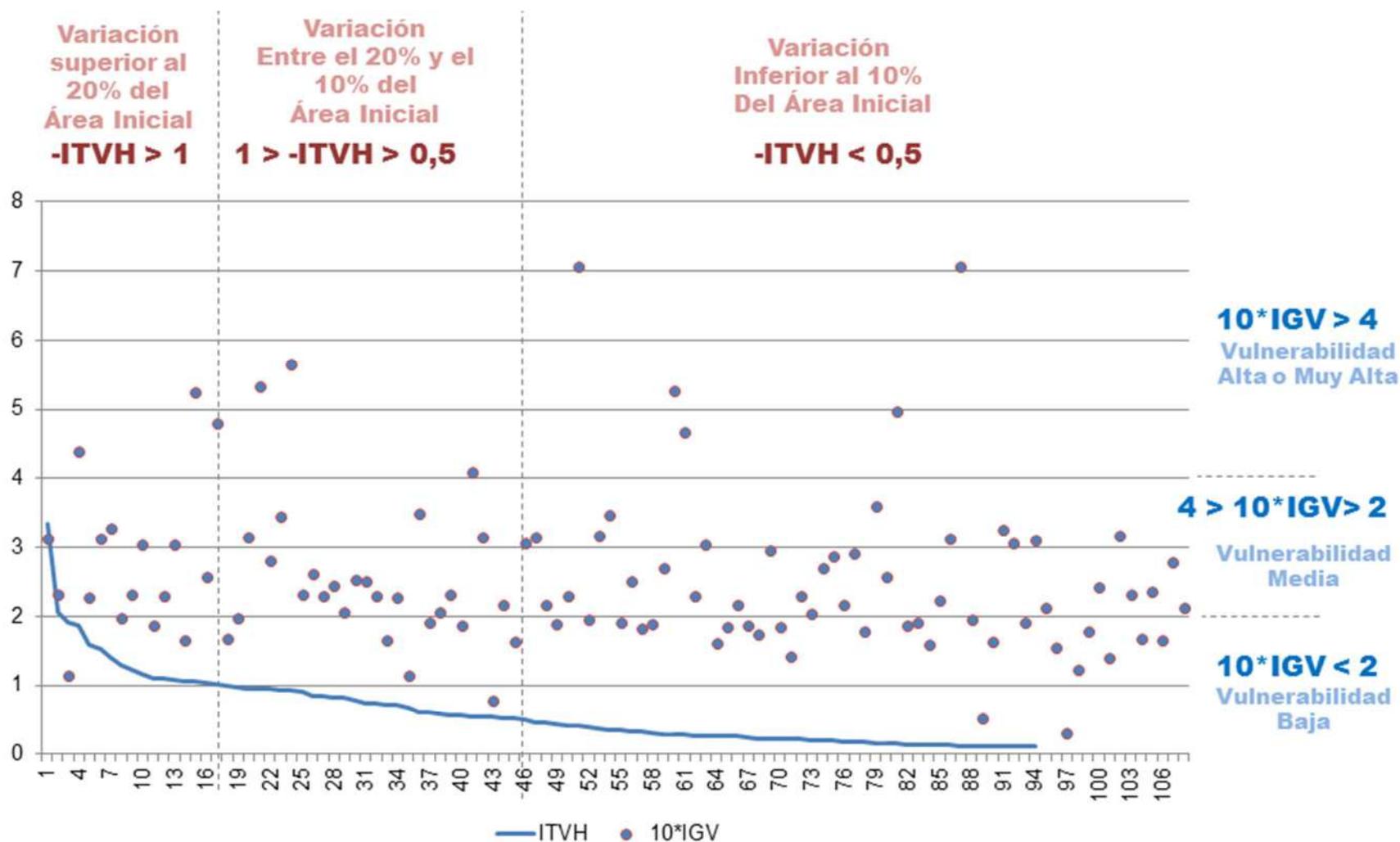


Figura 4.4. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición Inestable para la definición de Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10\*IGV) límite: 2,0 y 4,0.

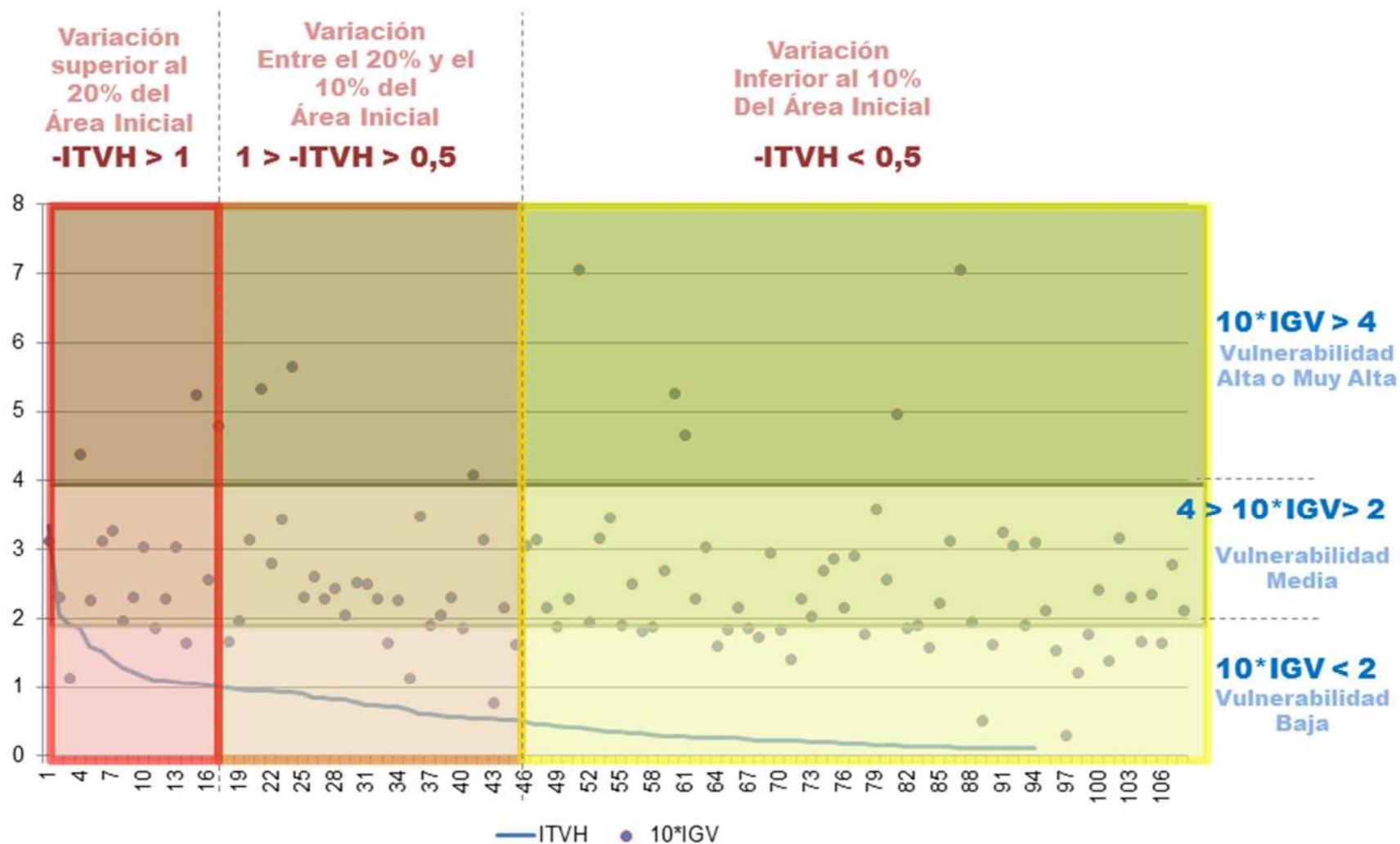


Figura 4.5. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 3, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10\*IGV) límite: 2,0 y 4,0.

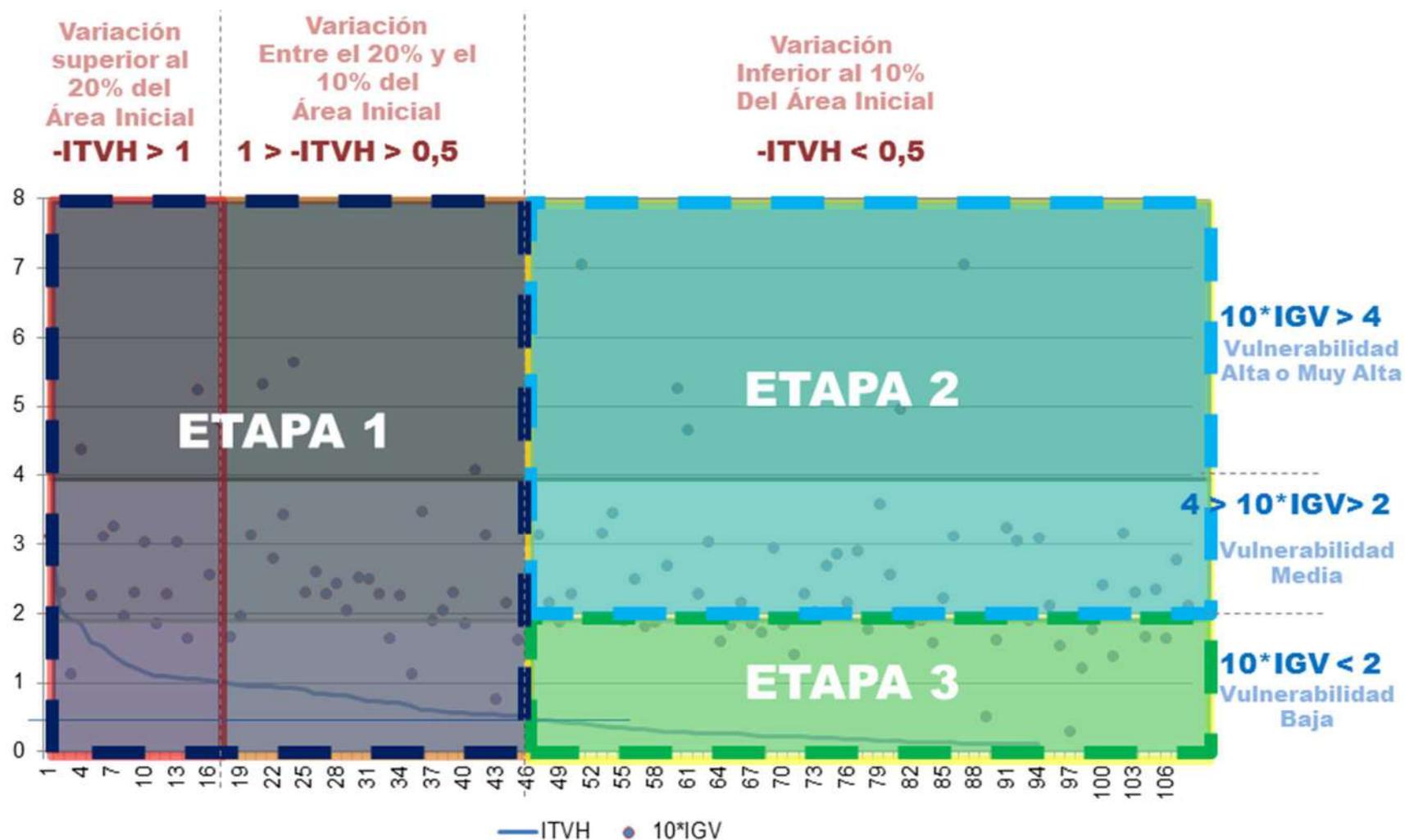


Figura 4.6. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 3. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,5 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10\*IGV) límite: 2,0 y 4,0.

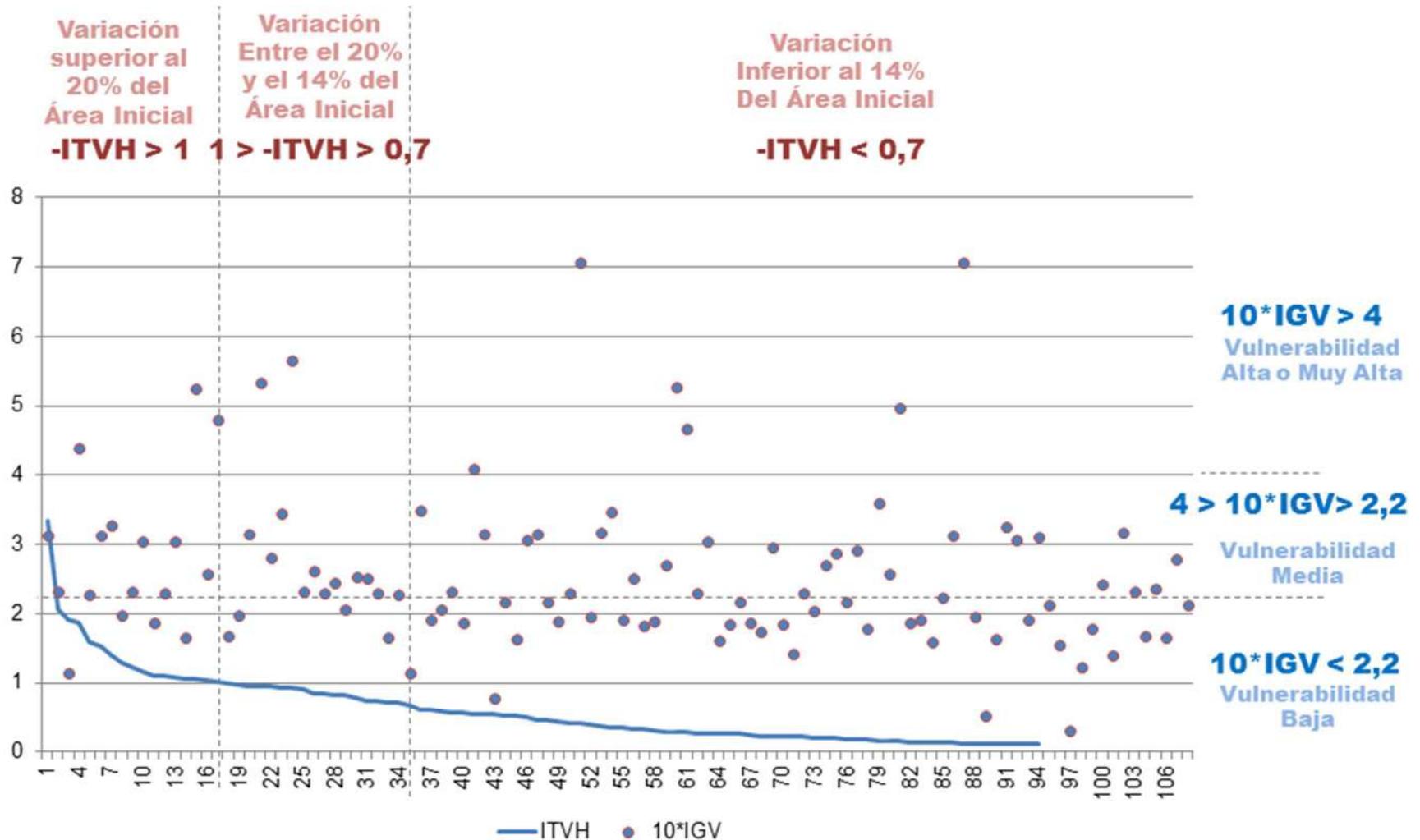


Figura 4.7. Definición de rangos y clasificación de monitoreos en sistemas de humedales con condición inestable para la definición de Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10\*IGV) límite: 2,2 y 4,0.

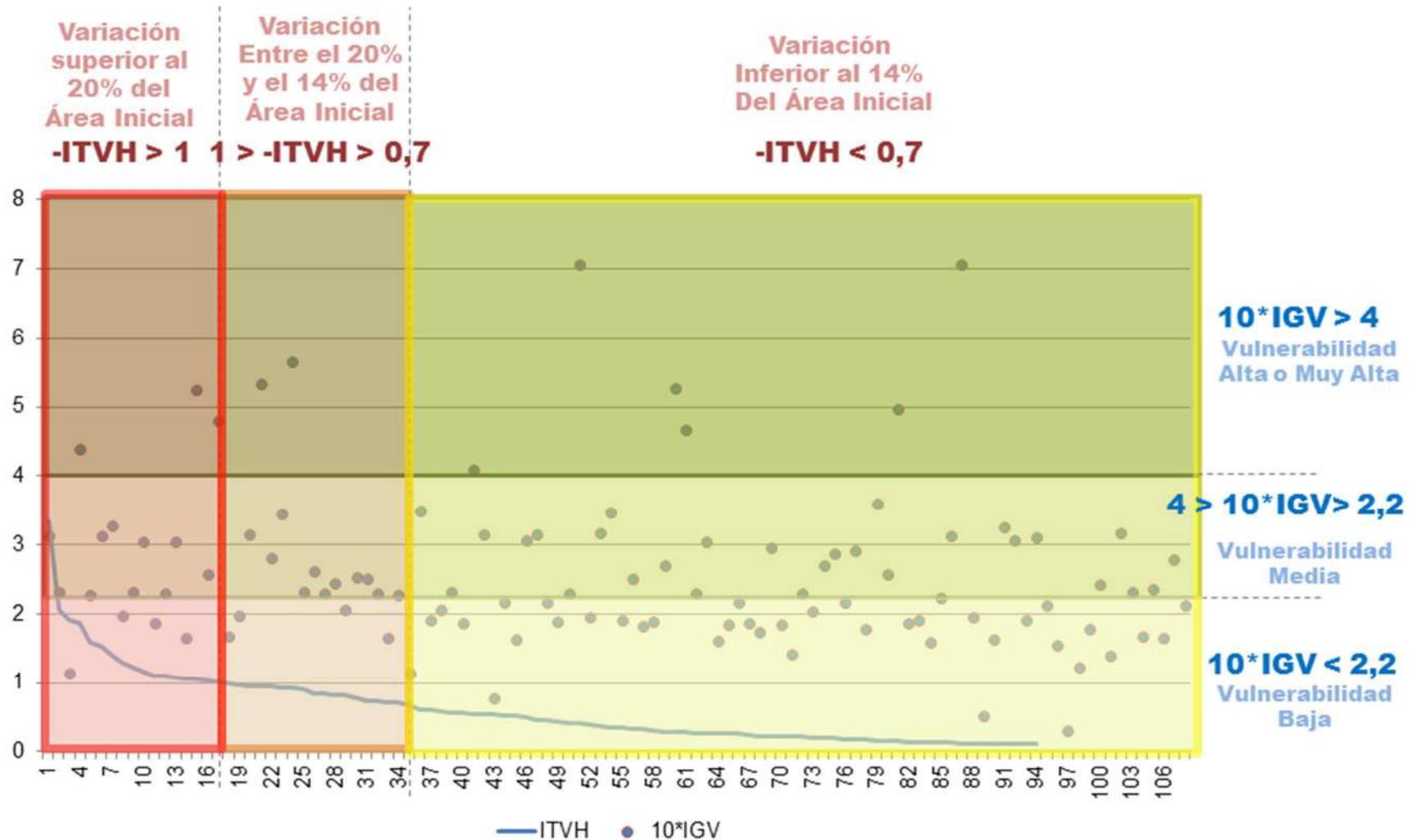


Figura 4.8. Definición de áreas para inclusión de sistemas de humedales en Escenario 4, según criterio de variación porcentual de áreas histórico y rangos del Índice General de Vulnerabilidad. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10\*IGV) límite: 2,2 y 4,0.

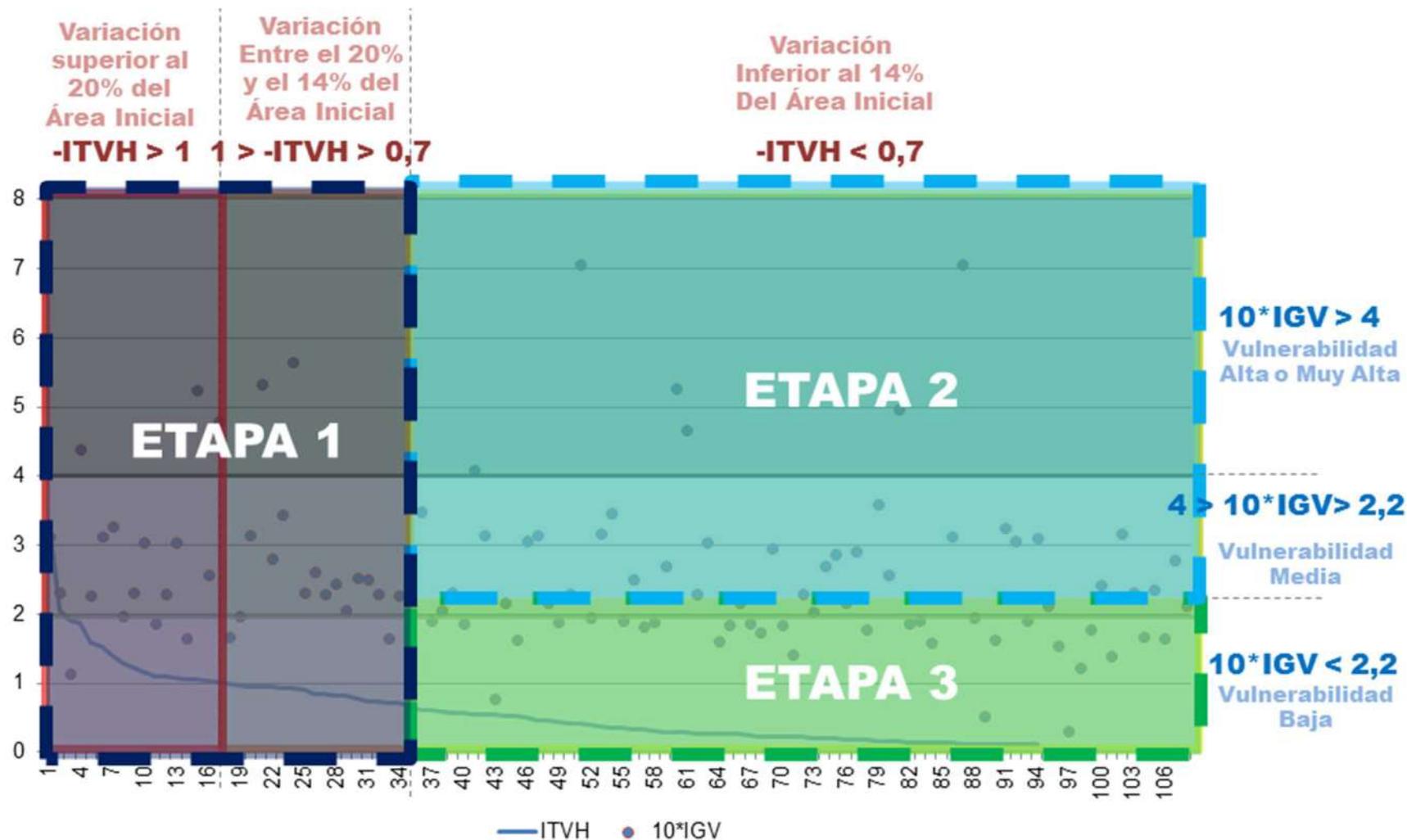


Figura 4.9. Áreas de inclusión de sistemas de humedales a considerar por cada etapa del Escenario 4. Valor del Índice de Tasa de Variación Histórica (-ITVH) límite: 0,7 y 1,0. Valor del Índice General de Vulnerabilidad (10\*IGV) límite: 2,2 y 4,0.

**Tabla 4.10. Cuadro resumen de número de monitoreos propuestos por componentes.**

	N° monitoreos propuestos por componente de monitoreo, escenario y etapa														
	Escenario 1 - Etapas	Total por monitoreo	Escenario 2 - Etapas		Total por monitoreo	Escenario 3 - Etapas				Total por monitoreo	Escenario 4 - Etapas				Total por monitoreo
	1		1	2		1	2	3	4		1	2	3	4	
<b>Componentes comunes</b>	<b>1</b>														
Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aforos puntuales en Aguas Superficiales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medición de nivel freático	128	128	108	20	128	46	36	26	20	128	34	35	39	20	128
Medición de nivel de laguna o cuerpo de agua	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14
Medición de terreno del espejo de agua	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14
Estimación indirecta del espejo del agua (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	25	25	14	11	25	8	3	3	11	25	6	2	6	11	25
Información Parcial: Ppd, TdE, TdE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Información Completa: Ppd, TdE, TdhS, HRdE, HRdhS, ERVd, VDVdhS, VmdV, HSd, NdhS	25	25	14	11	25	8	3	3	11	25	6	2	6	11	25
Densidad aparente, profundidad, color (In-situ y laboratorio)	94	94	94	0	94	38	33	23	0	94	28	33	33	0	94
Monitoreo continuo de humedad y C.E.	94	94	94	0	94	38	33	23	0	94	28	33	33	0	94
Superficial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Subterránea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temp., C.E.	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14
Temp., pH, O.D., C.E., Potencial Redox (In-situ)	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14
Calidad de sedimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Medición de Potencial Redox, pH, C.E.	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14

Componentes comunes	N° monitoreos propuestos por componente de monitoreo, escenario y etapa														
	Escenario 1 - Etapas	Total por monitoreo	Escenario 2 - Etapas		Total por monitoreo	Escenario 3 - Etapas				Total por monitoreo	Escenario 4 - Etapas				Total por monitoreo
	1		1	2		1	2	3	4		1	2	3	4	
Calidad de suelos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materia orgánica, nutrientes, C.E., pH	94	94	94	0	94	38	33	23	0	94	28	33	33	0	94
Existente: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel intermedio: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel avanzado: Fitobentos, Fitoplancton, Zoobentos, Zooplancton, Macrófitas, Peces	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Identificación	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14
Fotografía microscópica, pigmentos, mineralogía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Existente: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	14	14	14	0	14	8	3	3	0	14	6	2	6	0	14
Propuesto: Aves, Anfibios, Reptiles, Micro mamíferos, Mamíferos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transectos, cobertura, análisis particular de individuos/especies	94	94	94	0	94	38	33	23	0	94	28	33	33	0	94
Estimación indirecta la cobertura (Imágenes satelitales y/o vuelos dedicados)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Determinación de área de cobertura en terreno (levantamiento)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Componentes comunes	N° monitoreos propuestos por componente de monitoreo, escenario y etapa													Total por monitoreo	
	Escenario 1 - Etapas	Total por monitoreo	Escenario 2 - Etapas		Total por monitoreo	Escenario 3 - Etapas				Total por monitoreo	Escenario 4 - Etapas				
			1	2		1	2	3	4		1	2	3		4
Transectos con riqueza y abundancia	250	250	94	156	250	38	33	23	156	250	28	33	33	156	250
Registro de caudales continuos en Aguas Superficiales	94	94	94	0	94	38	33	23	0	94	28	33	33	0	94
Aforos puntuales en Aguas Superficiales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>996</b>	<b>996</b>	<b>Total</b>		<b>996</b>	<b>Total</b>				<b>996</b>	<b>Total</b>				<b>996</b>

### 4.3.2 Valorización de escenarios

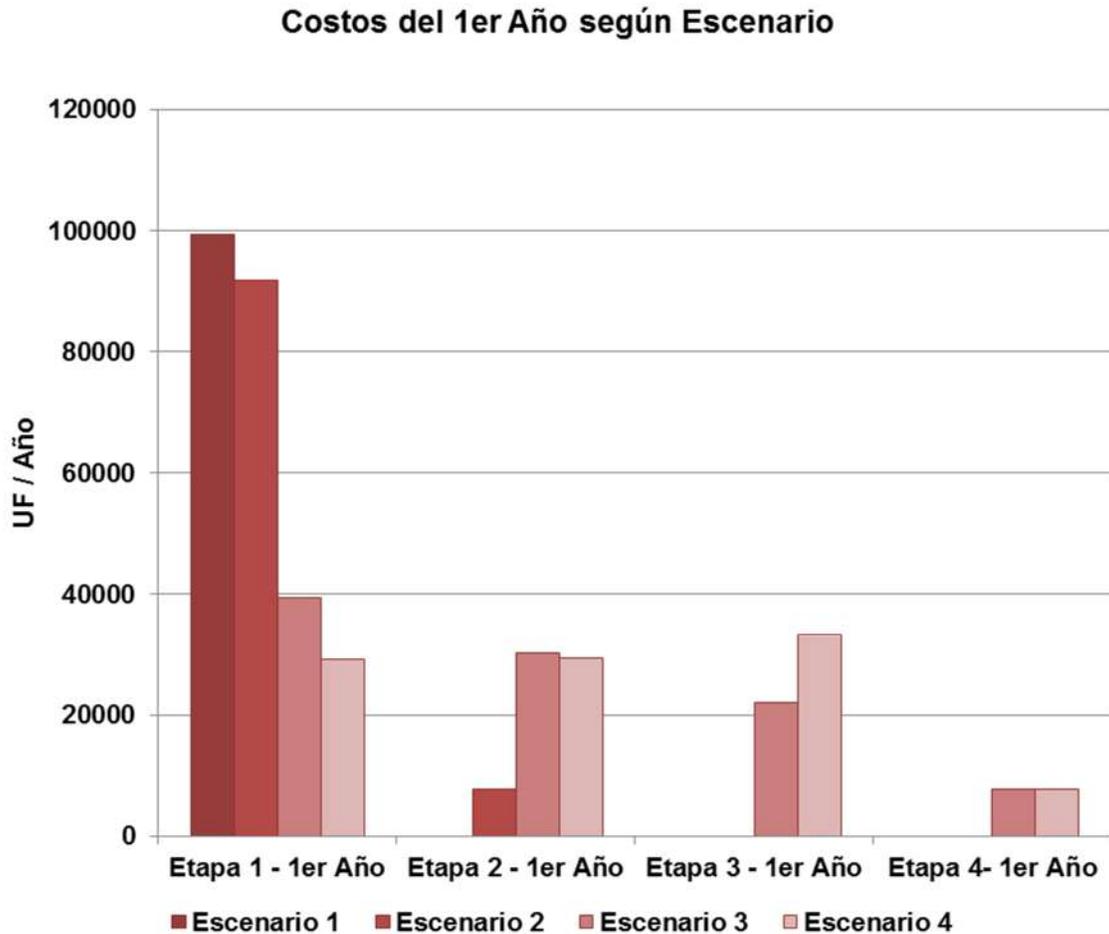
Los escenarios antes descritos fueron valorizados por cada etapa, realizando la separación de los costos entre lo requerido para la puesta en marcha en el año 1 de desarrollo de la etapa (considera inversión y ejecución), y el costo requerido en los años siguientes por concepto de mantención de los sistemas de medición y la realización de los monitoreos de terreno. Cabe señalar que la mantención del sistema no considera la reparación ni reemplazo de equipos de medición autónomo, ya que la vida útil y plan de reemplazo de piezas y partes dependerá de las marcas y modelos que sean utilizados en el desarrollo. Junto con lo anterior, la valorización no considera imprevistos, con la finalidad de no incorporar “posibles” costos de implementación, que puedan exagerar los montos totales requeridos. En la Tabla 4.11 se entregan los costos de cada uno de los escenarios y de sus etapas.

Al final de esta sección se entrega un ejemplo de la ejecución del plan de monitoreo en los Escenarios 3 y 4, y considerando el inicio de la realización de las Etapas 1,2 y 3 en los años 1, 3 y 5 desde el inicio del plan de monitoreo, respectivamente.

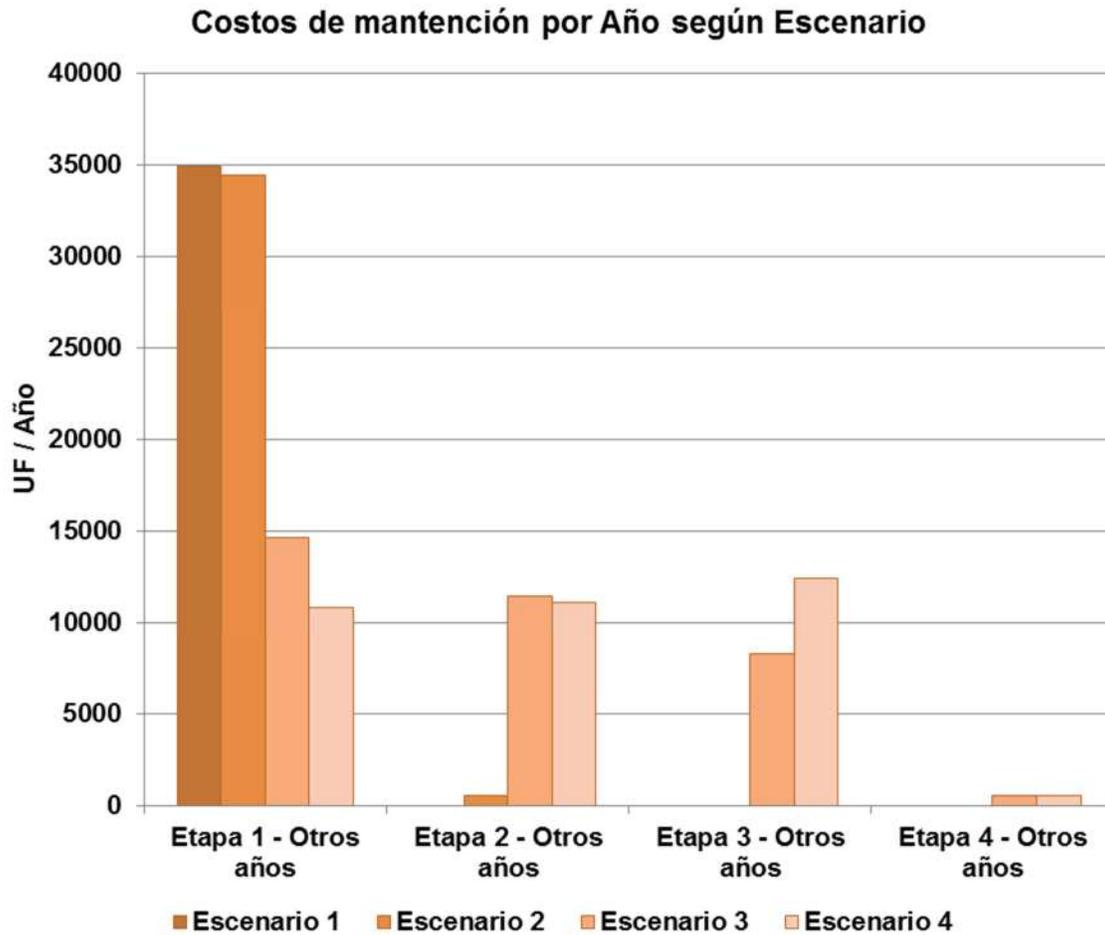
**Tabla 4.11. Matriz de costos según escenario de implementación del plan de monitoreo de humedales altoandinos.**

Costos Escenario 1			Costos Escenario 2 Etapa 1		
Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	99.445,42	Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	91.687,67
	Otros años (UF/Año)	34.940,02		Otros años (UF/Año)	34.403,96
			Etapa 2	Costo total 1er año (UF/Año)	7.757,74
				Otros años (UF/Año)	536,06
Costos Escenario 3 Etapa 1			Costos Escenario 4 Etapa 1		
Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	39.392,74	Etapa 1	Costo total 1er año (UF/Año)	29.130,91
	Otros años (UF/Año)	14.672,70		Otros años (UF/Año)	10.845,86
Etapa 2	Costo total 1er año (UF/Año)	30.283,90	Etapa 2	Costo total 1er año (UF/Año)	29.289,41
	Otros años(UF/Año)	11.452,31		Otros años (UF/Año)	11.125,57
Etapa 3	Costo total 1er año (UF/Año)	22.011,03	Etapa 3	Costo total 1er año (UF/Año)	33.267,35
	Otros años	8.278,95		Otros años	12.432,54
Etapa 4	Costo total 1er año (UF/Año)	7.757,74	Etapa 4	Costo total 1er año (UF/Año)	7.757,74
	Otros años (UF/Año)	536,06		Otros años (UF/Año)	536,06

En las Figura 4.10 y Figura 4.11 se comparan los costos asociados a las diferentes etapas de cada escenario. Cabe señalar que los costos asociados a la Etapa 2 del Escenario 2, es equivalente a los costos de la Etapa 4 de los Escenarios 3 y 4, debido a que los costos representan el monitoreo de todos los sistemas que cuenten con una condición Estable o Estable con Presiones.



**Figura 4.10. Costos asociados al 1er Año de operación según escenario. El 1er Año considera la inclusión de los costos de inversión, implementación y ejecución de los monitoreos.**



**Figura 4.11. Costos asociados a la mantención y ejecución anual del monitoreo por escenario, tras el 1er Año de operación del escenario.**

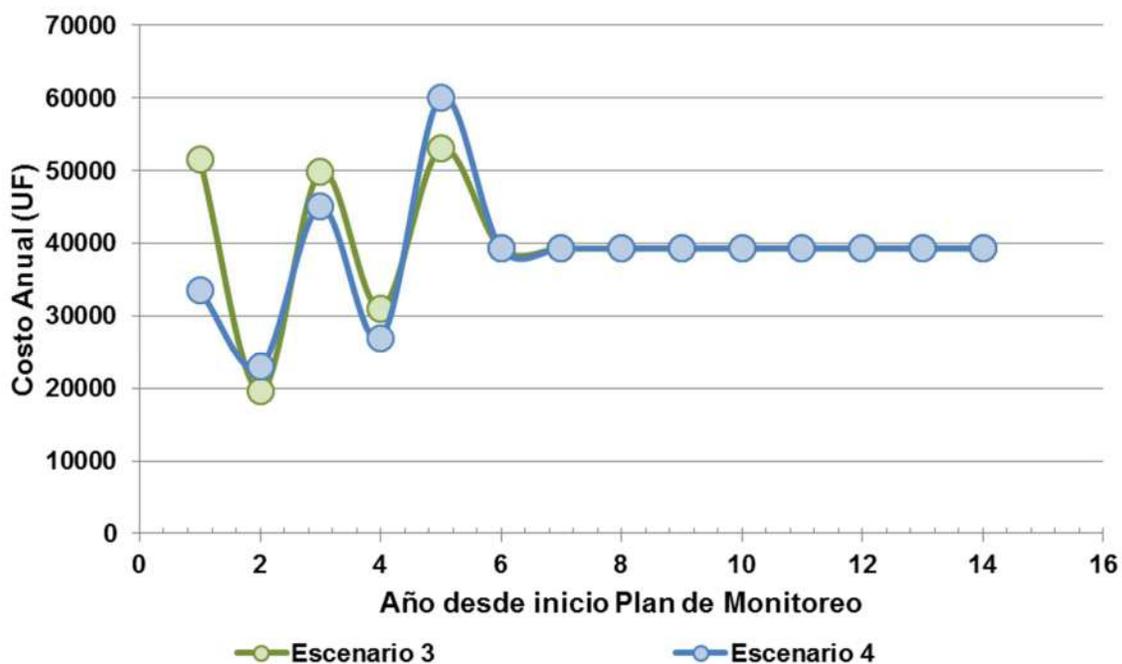
A continuación, se entrega un ejemplo de la implementación del Plan de Monitoreo bajo los Escenarios 3 y 4. Ello considera la ejecución del plan durante un periodo de 14 años consecutivos. Como fue indicado anteriormente, las Etapas 1, 2 y 3 de cada escenario, serán iniciadas en los años 1, 3 y 5 respectivamente. En cuanto a la Etapa 4 de cada escenario, dado que sus montos de inicio y mantención son menores, se considera su inicio en el Año 2.

Tabla 4.12. Ejemplo del flujo de caja anual para la ejecución del Plan de Monitoreo bajo los Escenarios 3 y 4.

	Año	Año desde inicio del Plan de Monitoreo (Escenario 3)						
		1	2	3	4	5	6	7
Escenario 3	Etapa 1	39,392.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7
	Etapa 2	0.0	0.0	30,283.9	11,452.3	11,452.3	11,452.3	11,452.3
	Etapa 3	0.0	0.0	0.0	0.0	22,011.0	8,279.0	8,279.0
	Etapa 4	7,757.7	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1
	Equipo Trabajo	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1
	Total Anual	51,499.5	19,557.8	49,841.7	31,010.1	53,021.2	39,289.1	39,289.1
	Año	8	9	10	11	12	13	14
	Etapa 1	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7	14,672.7
	Etapa 2	11,452.3	11,452.3	11,452.3	11,452.3	11,452.3	11,452.3	11,452.3
	Etapa 3	8,279.0	8,279.0	8,279.0	8,279.0	8,279.0	8,279.0	8,279.0
	Etapa 4	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1
	Equipo Trabajo	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1
	Total Anual	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1
			Año desde inicio del Plan de Monitoreo (Escenario 4)					
	Año	1	2	3	4	5	6	7
Escenario 4	Etapa 1	29,130.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9
	Etapa 2	0.0	0.0	29,289.4	11,125.6	11,125.6	11,125.6	11,125.6
	Etapa 3	0.0	0.0	0.0	0.0	33,267.3	12,432.5	12,432.5
	Etapa 4	0.0	7,757.7	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1
	Equipo Trabajo	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1
	Total Anual	33,480.0	22,952.7	45,020.4	26,856.5	60,123.9	39,289.1	39,289.1
	Año	8	9	10	11	12	13	14
	Etapa 1	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9	10,845.9
	Etapa 2	11,125.6	11,125.6	11,125.6	11,125.6	11,125.6	11,125.6	11,125.6
	Etapa 3	12,432.5	12,432.5	12,432.5	12,432.5	12,432.5	12,432.5	12,432.5
	Etapa 4	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1	536.1
	Equipo Trabajo	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1	4,349.1
	Total Anual	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1	39,289.1

En la Figura 4.12 se observa que los años 1, 3 y 5 presentan “peaks” en las inversiones, lo cual se asocia directamente al inicio de cada etapa del Plan de Monitoreo. Se debe resaltar que independientemente de la estrategia de segmentación de los sistemas en condición Inestable, y que están asociados a las Etapas 1, 2 y 3 del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, los costos de ejecución anuales llegan al mismo régimen de gasto. Por otra parte, se observa como la modificación de los rangos y umbrales utilizados en la definición de los escenarios permite generar un cambio en el esquema de gastos e inversión por etapa, pero sin dejar de lado la priorización de los sistemas según estado.

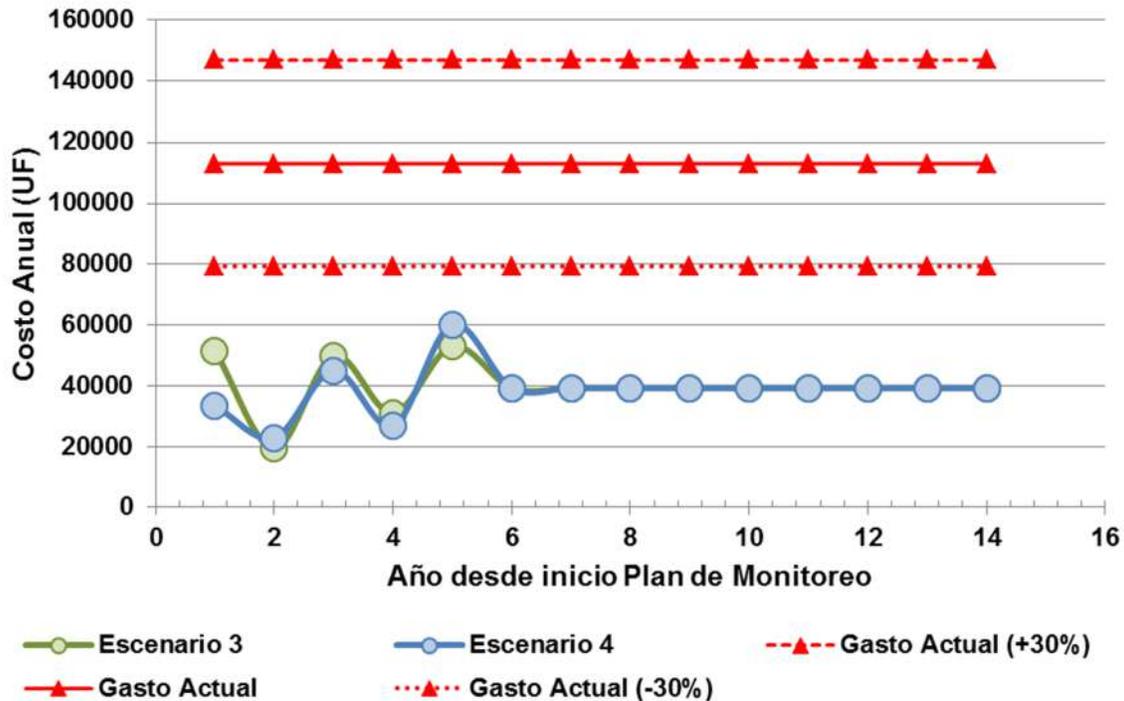
Cabe señalar que los ejemplos recién mostrados consideran la realización de todos los monitoreos del Plan de Monitoreo. Así, será posible utilizar una estrategia diferente en términos de la realización de las inversiones, como por ejemplo, realizar implementaciones con etapas de periodo más extenso, o realizar la implementación parcelada de los monitoreos que componen el conjunto de monitoreos propuestos. Esto último, hace referencia a poder realizar una priorización de las variables a monitorear, considerándose por ejemplo, iniciar el monitoreo y seguimiento en base a la variables físicas, luego en las químicas, para luego seguir con las biológicas. Esta última idea se basa en la conceptualización de los sistemas, en donde los parámetros y/o variables físicos fuerzan a los químicos, y ambos forzarán a la biología del sistema.



**Figura 4.12. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2.**

Si se comparan los costos estimados de los ejemplos anteriormente desarrollados con el gasto actual estimado en monitoreos públicos y privados (Figura 4.13) se observa que en

todos los casos, estos últimos son inferiores. Al construir una banda de incertidumbre de los costos actuales ( $\pm 30\%$ ), se aprecia que igualmente el plan de monitoreo propuesto, bajo los escenarios del ejemplo, podría ser de costo inferior a los monitoreos actuales



**Figura 4.13. Representación gráfica del flujo de caja anual necesarios para la ejecución del Plan de Monitoreo en los Escenarios 3 y 4, considerando el inicio de etapas los años 1, 3 y 5 para las Etapas 1, 2 y 3 respectivamente. La Etapa 4 es iniciada el año 2.**

Finalmente, la Tabla 4.13 muestra un resumen de los costos asociados por tipo de monitoreo (condición ecológica de los sistemas) del plan de monitoreo propuesto y, de los sistemas actuales que están siendo monitoreados por el sector privado (en torno a RCA) y el sector público, de forma tal de obtener un indicador preliminar del costo unitario asociado a ambas condiciones. Se aprecia que el costo unitario del plan de monitoreo propuesto es inferior al de los monitoreos actuales y que su cobertura territorial es muy superior.

**Tabla 4.13. Resumen de costos por tipo de monitoreo y cantidad de sistemas. Aproximación del costo del monitoreo por cantidad de sistemas incluidos.**

	Monitoreos Propuestos			Monitoreos Existentes		
	Inestable	Estable/Estable con Presiones	Sin Información	Gasto Actual Estimado (-30%)	Gasto Actual Estimado	Gasto Actual Estimado (+30%)
<b>N° Sistemas Cuerpo de Agua</b>	14	13	19	10	10	10
<b>N° Sistemas Vegetacionales</b>	94	156	14	14	14	14
<b>N° Total Sistemas por Monitoreo</b>	<b>277</b>		<b>33</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
<b>Gastos 1er año (UF/Año)</b>	138.734,49		-	79.114,69	11.3020,98	14.6927,27
<b>Otros Años (UF/Año)</b>	39.289,07		-	79.114,69	11.3020,98	14.6927,27
<b>Costo por Sistema 1er Año (UF/Año)</b>	<b>500,85</b>		-	<b>3.296,45</b>	<b>4.709,21</b>	<b>6.121,97</b>
<b>Costo por Sistema Otros Años (UF/Año)</b>	<b>141,84</b>		-	<b>3.296,45</b>	<b>4.709,21</b>	<b>6.121,97</b>
<b>(N° Sistemas propuestos a monitorear)/( N° Sistemas monitoreados actualmente)</b>	<b>11.54</b>					
<b>(Costo por Sistema Anual 1er Año Propuesto) / (Costo Monitoreo Actual) x 100 (%)</b>	<b>10.64</b>					
<b>(Costo por Sistema Anual Otros Años Propuesto) / (Costo Monitoreo Actual) x 100 (%)</b>	<b>3.01</b>					



## **PROPUESTA DE MODELO INSTITUCIONAL**

## 5 PROPUESTA DE MODELO INSTITUCIONAL

En este capítulo se hace una propuesta de institucionalidad la cual considera dos estrategias. La primera, la creación de una Fundación de derecho privado y sin fines de lucro, cuyo fin será hacerse cargo de la estandarización del monitoreo y la centralización y difusión de la información generada por el sector público y privado en estas áreas, la segunda, generar al interior de una organización actualmente vigente (como un Centro de Investigación de la Región), un Departamento. Esta propuesta de institucionalidad se validó en un seminario de discusión con actores relevantes, definidos de manera conjunta con el Ministerio del Medio Ambiente, durante el mes de marzo de 2015. En esta propuesta se especifican detalles de la figura administrativa, sus objetivos, alcances, la operatividad de la institucionalidad y los perfiles de cargo del personal asociado a ella.

Además, en base al diagnóstico del estado de la condición ambiental de los humedales, mediante el análisis histórico de imágenes, más la identificación de las amenazas existentes; las necesidades y obligaciones del Estado de preocuparse de la conservación de los humedales, se proponen algunos estudios específicos destinados a generar más información conducente a gestionar de mejor forma la conservación y/o rehabilitación de los mismos. Se presentan además algunas iniciativas focalizadas en la capacitación y educación, materias de gran importancia ya que conducen a crear la necesaria conciencia entre los jóvenes del cuidado y conservación del patrimonio. A partir de estos se estimarán los costos asociados a la administración del sistema de información e implementación de la institucionalidad público-privada.

### 5.1 ANTECEDENTES

Los humedales de la Región de Antofagasta corresponden a sistemas naturales únicos en el mundo, ricos en biodiversidad, de gran fragilidad ambiental y que prestan variados servicios ecosistémicos de gran importancia para las comunidades aledañas y para el país.

Muchos de estos sistemas, por otra parte, se encuentran sometidos a presiones ambientales principalmente asociadas a la extracción de agua para su uso como bebida, agricultura o para procesos industriales. Estas presiones generan un impacto que debe ser adecuadamente evaluado y mitigado, lo que en la actualidad se realiza mediante monitoreo ambiental asociado a diversas y múltiples Resoluciones de Calificación Ambiental relacionadas a proyectos en ejecución en dichas áreas o en su entorno.

La Región de Antofagasta presenta un total de 264 humedales altoandinos entre vegas, bofedales, salares, lagunas, y riberas, ubicados sobre los 2000 m.s.n.m. De éstos, 84 humedales están considerados como áreas prioritarias por la Estrategia Regional de Biodiversidad y el Pacha, lo que corresponden a 32 por ciento del total. El resto de los humedales no presentan monitoreo ambiental, los que son 112 de un total de 264, que corresponde a un 42,4 % del total.

Como resultado del estudio se realizó un análisis histórico (desde 1990 a 2010) de imágenes multiespectrales e hiperespectrales de los humedales altoandinos. Este análisis se realizó en base al estudio de los cuerpos de agua y el estado de la vegetación utilizando índices de Diferencia Normalizada del Agua (NDWI) y el Índice Vegetacional de Diferencia Normalizada (NDVI), utilizando Sistema de Información Geográfico (SIG). De este análisis

se puede concluir que 170 humedales presentan rasgos de estabilidad en su tamaño, lo que representa el 64 por ciento del total; por otro lado 94 humedales presentan cierto grado de inestabilidad, los que representan el 36 por ciento del total.

Dada la amplia variedad, extensión, y tipos de monitoreo existente asociados a los diversos sitios ambientalmente sensibles de la Región de Antofagasta, en forma particular los humedales altoandinos; la necesidad de un sistema de monitoreo coordinado y colaborativo; el requerimiento creciente de acceso a la información de las variables que dan cuenta del estado de dichos sistemas naturales, se propone implementar un sistema de gestión único e integrado, que estandarice el monitoreo y que centralice y haga pública la información generada por el sector público y privado en estas áreas.

Se propone que este sistema de gestión sea abordado por una institucionalidad independiente, que convoque a los diversos actores del territorio y que sea capaz de relevar la temática de la conservación de los humedales a nivel político y de la opinión pública, haciendo confluir voluntades y recursos a este objetivo común.

Dada la necesidad de que esta institucionalidad sea cercana a la ciudadanía y a las comunidades que coexisten en los territorios que tienen presencia de estos sistemas naturales, se propone convocar a la organización del Estado más próxima a los ciudadanos, que corresponde a los Municipios. La Ley N°18.695, Orgánica Constitucional de Municipalidades permite a las municipalidades constituir fundaciones de derecho privado sin fines de lucro, destinadas a la promoción y difusión del arte y la cultura (Artículo 5° de Funciones y Atribución y cumplimiento de funciones, en el punto i). Esta ley indica que la participación municipal en estas corporaciones se regirá por las normas establecidas en el Párrafo 1° del Título VI.

A su vez, dada la necesidad de sensibilizar al poder político en estos temas, la presencia del Gobierno Regional (GORE) en esta nueva institucionalidad es de vital importancia. La Ley N° 19.175 Orgánica Constitucional sobre Gobierno y Administración Regional, en su Artículo 100, permite al Gobierno Regional asociarse con otras personas jurídicas, para construir con ellas corporaciones o fundaciones de derecho privado cuyo objetivo sea propiciar actividades o iniciativas sin fines de lucro, que contribuyan al desarrollo regional en los ámbitos social, económico y cultural de la región. La formación de esta institucionalidad debe ser propuesta por el Intendente al Consejo Regional y requiere del acuerdo de los 2/3 de dicho cuerpo. Dicha ley sobre Gobierno y Administración Regional permite generar información valiosa que contribuye a asumir la tarea de los gobiernos regionales descrita en el Art. N° 17, letra c), dentro de las cuales se refiere a fomentar y velar por la protección, conservación y mejoramiento del medio ambiente, adoptando las medidas adecuadas a la realidad de la región, con sujeción a las normas legales y decretos supremos reglamentarios que rijan la materia.

Además la creación de esta institucionalidad está sustentada por los lineamientos, objetivos y líneas de acción de la Estrategia Regional. La Estrategia Regional de Desarrollo de Antofagasta 2009-2010 en su lineamiento N°3 asegura la sustentabilidad ambiental y territorial a través de un sistema regional de planificación de los recursos hídricos y energéticos de protección de la biodiversidad, acorde con el marco geográfico, socioeconómico y cultural de la Región de Antofagasta. Junto con ello, en su objetivo general N°2, promueve la protección efectiva y eficiente de las áreas prioritarias (áreas prioritarias para la biodiversidad, áreas silvestres protegidas públicas y privadas y

humedales protegidos), para la biodiversidad regional (diversidad de flora, fauna y ecosistemas), considerando los distintos usos del territorio y la actividad productiva desde un enfoque de sustentabilidad. Además la línea de acción ii) declara fortalecer una protección integral de las áreas prioritarias para la biodiversidad de la Región (áreas prioritarias para la Biodiversidad, áreas silvestres protegidas públicas y privadas, y humedales protegidos), promoviendo un adecuado modelo de gestión y la interacción del Gobierno Regional y el sector privado en estas tareas. En su línea de acción iii) declara promover la investigación científica en las áreas prioritarias para la biodiversidad que contribuya a su adecuada preservación, manejo y uso sustentable. Junto con ello promueve en su objetivo 6 iii) Desarrollar redes regionales de monitoreo ambiental, con énfasis en el aire, el agua y el suelo.

## 5.2 PROPUESTA DE INSTITUCIONALIDAD

### 5.2.1 Requisitos y fin de la organización

La nueva organización debe ser un puente entre el mundo privado y el público y, por lo tanto, debe dar las garantías necesarias de imparcialidad, pluralidad y no tener afán de lucro. Por otra parte, la institucionalidad propuesta deberá manejar y gestionar información y recursos, persiguiendo como fin último apoyar la conservación de los sistemas de humedales de la región. Adicionalmente, la institucionalidad deberá ser capaz de convocar a los actores públicos y del mundo privado y empresarial a contribuir a este propósito.

El tipo de organización que más se aproxima a las necesidades planteadas corresponde a una Fundación de Derecho Privado sin fines de lucro, la cual es un tipo de organización que tiene por objeto la afectación de bienes a un fin determinado de interés general.

### 5.2.2 Organización propuesta

Las propuestas sobre la institucionalidad de gestión integrada que se proponen a continuación fueron validadas en un seminario con los actores relevantes de la región y consensuadas en conjunto con el Ministerio del Medio Ambiente.

Se plantea tres propuestas de institucionalidad, dos de ellas asociadas a la creación de una Fundación, y una orientada a fortalecer una organización existente, creando una Departamento en su interior y dándole un mandato específico:

- Generar una **Fundación de derecho privado sin fines de lucro** que incluya las Municipalidades de la Región de Antofagasta que en su territorio contengan humedales (Calama, San Pedro, Ollagüe y Antofagasta), y el Gobierno Regional de Antofagasta.
- Generar una **Fundación de derecho privado sin fines de lucro** que incluya las Municipalidades de la Región de Antofagasta que en su territorio contengan humedales<sup>1</sup> (Calama, San Pedro, Ollagüe y Antofagasta), el Gobierno Regional de

---

<sup>1</sup>La ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades permite a las municipalidades constituir fundaciones de derecho privado sin fines de lucro.

Antofagasta y un representante de las comunidades de cada una de las dos áreas de desarrollo indígenas Atacama la Grande y Alto Loa (ADI).

- Generar un **Area de desarrollo de conservación de Humedales altoandinos** dentro de un Centro de Investigación dedicado a desarrollo, fomento y difusión de investigación científica, ya existente en la Región.

En cualquiera de las dos primeras modalidades, los Alcaldes de las respectivas comunas; el Intendente Regional y el o los representantes de las comunidades (según sea el caso), serán denominados los “fundadores”, y ellos, en un acto conjunto, presentarán los estatutos o escritura de la nueva Fundación, suscrita ante notario, a la secretaría municipal respectiva para su tramitación e inscripción en el Registro Nacional de Personas Jurídicas sin Fines de Lucro, del Registro Civil e Identificación.

Para proceder a la constitución de la nueva organización, se sugiere que los “fundadores” utilicen el modelo de estatuto constitutivo de Fundación como persona jurídica sin fines de lucro, que se rige por el título XXXIII del libro primero del código Civil. Este modelo de estatuto se encuentra plasmado en la resolución exenta N°1610, de mayo de 2012, del Ministerio de Justicia.

En el tercer caso, la institucionalidad a cargo de la conservación de los humedales altoandinos sería un departamento dentro de un Centro de Investigación que ya esté en actividad en la Región. Esta alternativa facilitaría la puesta en marcha de la institucionalidad planteada, al disminuir el requerimiento de capital inicial, el tiempo de inicio de operaciones y la logística general. Sin embargo, una estrategia como esta tiene algunos aspectos deficitarios, los que se explican más adelante.

### 5.2.3 Nombre de la Organización

Se propone que el nombre de la futura institucionalidad asociada a una Fundación, sea “Fundación para la Conservación de Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta”.

Para la tercera propuesta se propone como nombre "Departamento de Desarrollo Sustentable de Humedales Altoandinos".

### 5.2.4 Objetivos de la Organización

#### Objetivo General

La institucionalidad tendrá por objeto principal contribuir a la conservación de los humedales altoandinos de la región de Antofagasta, a través de su seguimiento ambiental integrado y de la educación ambiental.

#### Objetivos Específicos

- Recopilar y administrar la información ambiental existente sobre humedales altoandinos para generar bases de datos integradas.

- Promover la realización de estudios científicos y ambientales que contribuyan al conocimiento y conservación de los humedales.
- Realizar el monitoreo ambiental de humedales altoandinos seleccionados.
- Establecer alianzas y acuerdos de colaboración con organismos estatales y entidades privadas que contribuyan a la conservación de los ecosistemas de humedales y el manejo sustentable de los mismos.
- Implementar planes y programas de Educación Ambiental sobre la conservación de los ecosistemas de humedales y sus servicios ecosistémicos.
- Difundir a la comunidad las actividades de la Fundación.

### **5.2.5 Patrimonio de la institucionalidad**

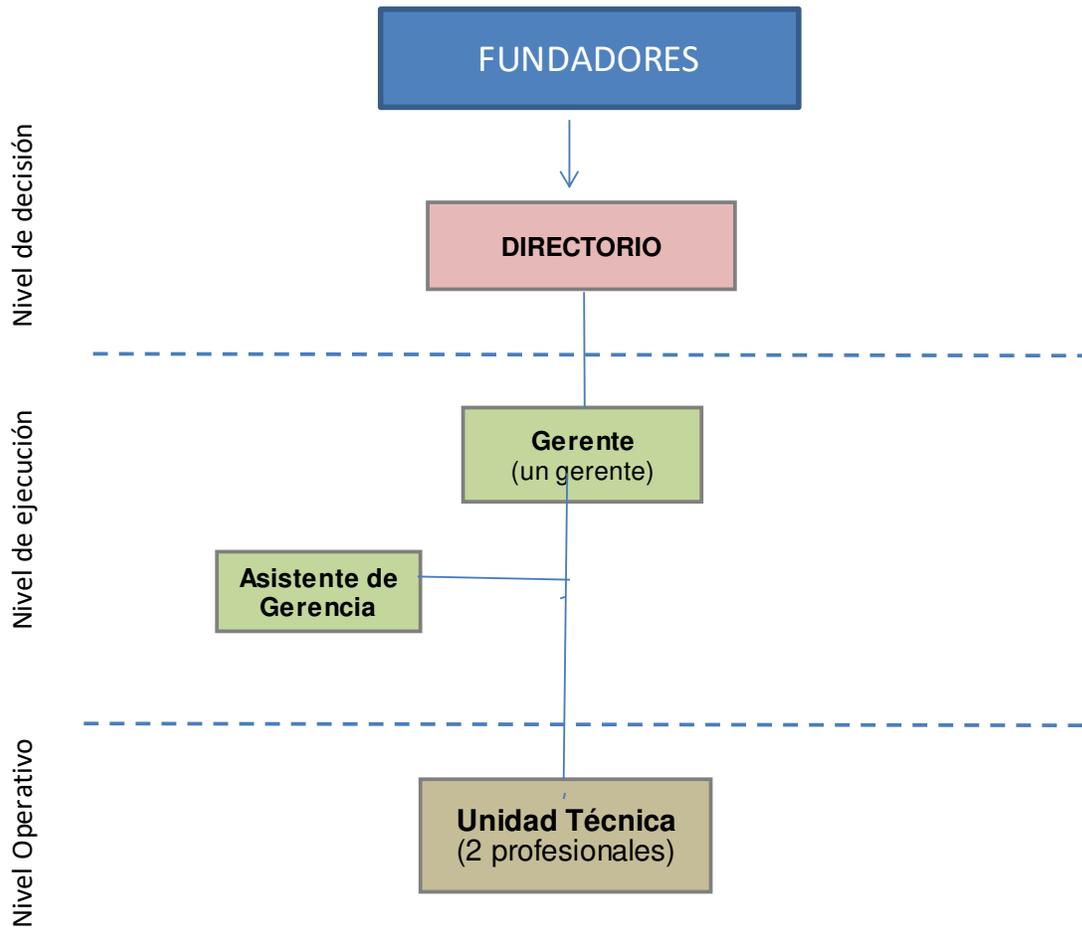
El patrimonio de la institucionalidad, en el caso de una Fundación, será aquel que sus fundadores definan y su uso y beneficiarios será descrito en sus Estatutos en forma explícita. Este patrimonio se formará por recursos en dinero que serán aportados por sus fundadores u otros contribuyentes al inicio de su constitución legal y, adicionalmente podrá estar constituido por bienes no consistentes en dinero, los cuales también serán detallados en el acto constitutivo.

### **5.2.6 Estructura de la organización**

La institucionalidad, en cualquiera de sus modalidades, estará conformada por los siguientes componentes organizacionales:

- Directorio
- Gerencia
- Unidad técnica

Desde la perspectiva del funcionamiento, se reconocen tres niveles funcionales, los cuales están asociados a las funciones de cada componente. Cada uno de estos niveles se asocia a uno o más de los componentes organizacionales, como se describe en la Figura 5.1.



**Figura 5.1: Esquema propuesto de la Estructura de la Fundación.**

En el caso de que se genere un departamento dentro de un Centro de Investigación ya constituido, la estructura se simplifica y se propone que esté constituida sólo por una Gerencia y la Unidad Técnica, dado que al estar inserto en un centro de investigación la estructura superior ya existe.

A continuación se explica, para cada nivel táctico, las funciones principales asociadas a los componentes estructurales de las organizaciones propuestas. El análisis es válido para ambos tipos de organizaciones (Fundación o Departamento) con la salvedad de que en el caso de este último, el nivel de decisión le corresponde a la organización matriz.

### **Nivel de Decisión.**

El Directorio será el órgano directivo de la Fundación. Tendrá a su cargo la administración de la misma y estará constituido por personas (un mínimo de tres, aunque se proponen 5) las cuales serán seleccionadas por los “fundadores”, normalmente en la constitución de la Fundación, dejándolo plasmado en sus Estatutos, a título de Disposición Transitoria, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 548 inciso primero del Código Civil.

Las funciones y deberes del Directorio, entre otros, serán las siguientes:

- Dirigir la Fundación de forma tal de que se cumpla su misión y se alcancen sus objetivos.
- Vincular a la sociedad con los objetivos de la Fundación, a través de la búsqueda de recursos.
- Administrar los bienes de la fundación e invertir sus recursos.
- Aprobar y aplicar los Reglamentos necesarios para el adecuado funcionamiento de la Fundación.
- Nombrar y/o remover al Gerente, y,
- Aprobar la admisión de miembros Colaboradores<sup>2</sup>.
- Modificar los estatutos de la Fundación.
- Acordar la disolución de la Fundación

Como una forma de lograr que los Directores “acompañen” la evolución del desarrollo de la Fundación, se propone que duren en sus cargos por 2 años, renovables. Personas que hayan sido condenados a pena aflictiva no podrán ser elegidos Directores.

El Directorio estará compuesto por un Presidente, quién dirigirá las sesiones; un Vicepresidente, un Secretario y un Tesorero. La periodicidad de las reuniones será fijada por el mismo Directorio en su sesión inicial. En caso de renuncia, fallecimiento, remoción o cesación en el cargo de algún Director, el Directorio nombrará a su reemplazante, por acuerdo de la mayoría de sus miembros y de los “fundadores”.

El Presidente del Directorio lo será también de la Fundación y no requerirá de la asistencia o actuación conjunta de otra persona para representar a la misma, con la excepción cuando deba girar, aceptar, endosar y cancelar documentos comerciales.

Las funciones del Presidente del directorio son, entre otras:

- Representar judicial y extrajudicialmente a la fundación
- Convocar y presidir las reuniones de Directorio.
- Ejecutar los acuerdos del Directorio.
- Presentar al Directorio el Presupuesto Anual de la fundación y el balance general de sus operaciones y,
- Velar por el fiel cumplimiento de los estatutos.

---

<sup>2</sup> Personas naturales y/o jurídicas que soliciten y se comprometan a colaborar gratuitamente en el desarrollo de los fines de la Fundación, mediante asistencia técnica, profesional o económica. Esta condición de Miembro Colaborador no crearía vínculo jurídico alguno con la Fundación.

Como una forma de asegurar la pluralidad y la flexibilidad en la toma de decisiones, se sugiere que la Presidencia del Directorio sea un cargo rotativo de tipo bi o trianual entre los Directores vigentes.

Los “fundadores” y el Directorio podrán consultar el parecer de uno o más Miembros Colaboradores sobre aspectos asociados al objeto de la Fundación e invitarlos, con derecho a voz a las reuniones de Directorio. Los Miembros Colaboradores podrán hacer proposiciones y sugerir proyectos orientados al desarrollo de la institución. Cuando el número de Miembros Colaboradores iguale o supere las 5 personas, serán incorporados a la orgánica de la Fundación y podrán constituirse en un Comité Consultivo, el cual podrá asesorar al Directorio en las materias y temáticas inherentes al fin de la Fundación. También podrán sugerir iniciativas de proyectos a presentar y apoyarán la gestión requerida para que la Fundación pueda canalizar eficientemente la información que requiere para cumplir su misión.

En el caso que se nombre un número importante de Miembros Colaboradores, se sugiere que estos sean elegidos entre personas representantes del sector público que tengan injerencia en las temáticas asociadas a la misión de la Fundación; junto a representantes del sector privado y de la comunidad en una proporción equilibrada, ej: 3 representantes del sector público y 2 del sector privado. Su nombramiento durará 2 años, renovables.

### **Nivel de Ejecución**

La Fundación (o el Departamento), además, contará con una Gerencia que estará a cargo de un Gerente quién será responsable de gestionar el funcionamiento de la Fundación a nivel de la puesta en práctica o ejecución de los lineamientos dados por el Directorio y asume la responsabilidad del plan de trabajo.

Las funciones principales, entre otras, del Gerente son:

- Planificar las actividades anuales o plurianuales de la Fundación para presentarlas al Presidente del Directorio.
- Elaborar el presupuesto de la organización para su sanción en el Directorio.
- Organizar las unidades a su cargo, para que desarrollen las tareas comprometidas.
- Dirigir al personal a su cargo en términos de la alineación con los objetivos de la organización.
- Controlar la ejecución del plan de trabajo y el presupuesto asociado.
- Establecer las directrices y orientaciones en relación al manejo de bases de datos y estandarización de procedimientos.
- Reportar al Directorio el avance y el estado de la organización.

Adicionalmente, la Gerencia contempla un Asistente de Gerencia, cuyas funciones serán administrativas y contables.

La Gerencia será responsable además de apoyar la coordinación de las reuniones de Directorio ( o de Jefes de Departamento, o cualquier estructura de decisión del Centro de

Investigación), realizando las citaciones correspondientes, conjuntamente con la agenda de la reunión y las Actas correspondientes.

Funcionalmente, el Gerente reporta directamente al Directorio y supervisa las unidades operativas y aquellos cargos dependientes de la Gerencia.

El Comité Consultivo, de existir uno, podrá asesorar y apoyar, a través de la Gerencia, el análisis de la información de evaluaciones y monitoreos ambientales de humedales en forma integrada; la necesaria estandarización de los monitoreos; y la generación de propuestas de proyectos al Directorio.

### **Nivel Operativo**

El tercer nivel de la organización dice relación con los Profesionales quienes son los que se encargan de operar el plan de trabajo directamente en el territorio asociado a su desempeño.

Las funciones de estos Profesionales son, entre otras, las siguientes:

- Realizar las actividades comprometidas en los planes de trabajo aprobados por el Directorio.
- Difundir, en forma planificada, los objetivos de la organización y de los planes de trabajo en operación.
- Elaborar informes de actividades y resultados.
- Analizar información primaria y secundaria para su consolidación en reportes periódicos.

Se contempla, en una primera etapa, que la Fundación o Departamento opere con 2 profesionales.

## **5.2.7 Financiamiento de la institucionalidad**

### **5.2.7.1 Aspectos Generales**

Dada la importancia de los objetivos de la organización y su compromiso de mediano y largo plazo con el desarrollo sustentable de ecosistemas de humedales, su desarrollo organizacional es fundamental. Para lograrlo, se requiere la utilización de la planificación estratégica y del marketing para lograr, en forma planificada, levantar fondos permanentes que permitan el éxito de la misión.

De esta forma, reconociendo que el Estado no es el único actor en las políticas públicas, sino que se reconoce que los municipios los privados y la misma ciudadanía son copartícipes de su implementación, se entiende que los recursos para el funcionamiento de la Fundación deberán ser gestionados con una estrategia mixta pública-privada.

### **5.2.7.2 Requerimientos**

Los requerimientos de financiamiento para la Fundación o Departamento están asociados a tres etapas claramente definidas: Etapa de Diseño, Etapa de Implementación y de operación en régimen.

La primera etapa, de diseño, busca conformar la organización en todos sus aspectos, creando la red de apoyo y la estructura definitiva de funcionamiento, lo que se necesite para su creación legal y sus estatutos. En esta etapa, la participación de los actores involucrados es relevante, lo que debe ser coordinado adecuadamente por un profesional dedicado a esta labor, que tenga la capacidad de aunar las voluntades e impulsar la formación de la nueva organización.

Se considera que esta etapa debería extenderse por alrededor de 6 meses y cuyos hitos de cumplimiento deberían ser la escritura pública de los estatutos de la nueva organización y el nombramiento y primera reunión del Directorio. Estos hitos pasan por la constitución de los “fundadores” quienes deberán generar dichos estatutos, gestionarlos y nombrar al Directorio. En el caso de un Departamento, se requerirá la decisión administrativa de la organización de origen para que éste se cree.

Los requerimientos en esta etapa pasan por el financiamiento de un profesional, oficina, servicios básicos, honorarios legales y, en fin, lo necesario e imprescindible para lograr el objetivo. Esta etapa debería ser financiada por los “fundadores” o la organización de base.

En la fase de Implementación, los requerimientos son distintos, la organización generará la estructura de trabajo básica que considera el núcleo básico de la Gerencia y los Profesionales. Se requerirá proveer de los requerimientos básicos de infraestructura y equipamiento de forma tal que puedan cumplir con los objetivos de la organización. Se considera que esta etapa debería extenderse, al menos, por un período de 12 meses, donde se ajustará el funcionamiento y la operación de forma tal de poder cumplir el objeto de la Fundación en forma adecuada.

Por último, como una extensión a la fase de implementación, la etapa siguiente de operación en régimen corresponde al funcionamiento ajustado de la Fundación y cumpliendo los objetivos para los cuales fue creada. En este documento no se hará una estimación de los costos asociados a esta etapa, fundamentalmente porque dependerán de la forma de trabajo adoptada por la misma organización y su gobierno interno. Se estima que sus costos anuales de operación deberían estar en el orden de aquellos presupuestados para la fase de implementación, excluyendo las inversiones.

### **5.2.7.3 Costos de implementación**

Por otra parte, en la fase de implementación de un año, se estima que se requieren alrededor de MM\$172 (6.890 UF) para la operación anual de la Fundación, y alrededor de MM\$41 (1.640 UF), para inversiones mínimas. Esta información se desglosa en Tabla 5.1 .

**Tabla 5.1: Costos de implementación de la "Fundación para la Conservación de Humedales Altoandinos de la Región de Antofagasta".**

ITEM	Subítem	Precio unitario (\$)	N° Unidades	Valor Total (\$)
<b>Recursos humanos</b>	Gerente	3,000,000	12	36,000,000
	Asistente Gerencia	1,200,000	12	14,400,000
	Profesional 1	2,000,000	12	24,000,000
	Profesional 2	2,000,000	12	24,000,000
<b>Gastos Generales</b>	Arriendo oficina	2,000,000	12	24,000,000
	Servicios básicos (luz, agua, teléfonos, otros)	350,000	12	4,200,000
	Materiales de oficina	200,000	12	2,400,000
	Servicios generales (aseo,	250000	12	3,000,000
	Seguros (accidente autos y a terceros y salud)	100000	12	1,200,000
	Imprevistos	7500000	1	7,500,000
	<b>Operación</b>	Alojamiento y alimentación	50,000	240
	Materiales de terreno	450,000	12	5,400,000
	Combustible	480	12000	5,760,000
	Arriendo de camioneta	50,000	100	5,000,000
	Otros	250,000	12	3,000,000
<b>Inversiones</b>	Mobiliario oficina	350,000	5	1,750,000
	Equipos de comunicación y localización	800,000	4	3,200,000
	Camioneta 4X4	18,500,000	1	18,500,000
	Equipos computacionales ( 5 PC-Notebook-5 Impresora)	600,000	5	3,000,000
	Equipo proyector Data show	600,000	1	600,000
	Software SIG (Ej: ArcGIS 10.2.2 licencia oficial)	6,450,000	2	12,900,000
	Software de productividad	175,000	5	875,000
<b>Total Operacional</b>				<b>171,860,000</b>
<b>Total Inversiones (año 1)</b>				<b>40,825,000</b>
<b>Totales Final</b>				<b>212,685,000</b>

#### 5.2.7.4 Estrategias de financiamiento

La estrategia de financiamiento debe considerar variadas fuentes de ingresos.

Por un lado, hay experiencias asociadas a organizaciones donde las Municipalidades y el Gobierno Regional tienen participación, donde se hace un aporte inicial, proporcional o equivalente, conducente a financiar en forma basal el funcionamiento de la organización. Este aporte "basal" es normalmente provisto en la constitución de la Fundación; queda reflejado en sus estatutos, y es parte de los aportes pecuniarios y no pecuniarios de los "fundadores".

Posteriormente, dada su personalidad jurídica, la futura Fundación como una forma de cofinanciar sus actividades, podría postular en forma independiente o asociada con terceros a proyectos competitivos financiados por diversos organismos al Gobierno Regional.

Ejemplos de fondos competitivos son CORFO, a través de sus concursos de proyectos que apuntan a bienes públicos o nodos de innovación; FIA, en sus líneas de financiamiento asociadas a ganadería sustentable y diferenciada; el Fondo de Innovación para la Competitividad (FIC), regional, administrado por la Subsecretaría de Desarrollo Regional; en caso de existir concursos FONSAG del Servicio Agrícola Ganadero, priorizar temas asociados a humedales. Dado que la mayoría de estos concursos requieren aportes de contraparte, se sugiere que de los recursos iniciales que dan origen a la Fundación, se destine una partida a cubrir aportes de contraparte en proyectos competitivos.

Otra fuente de financiamiento podría ser la asignación directa de fondos desde el Gobierno Regional mediante un convenio de transferencia, dado que la Ley de presupuesto de cada año permite la transferencia directa a fundaciones o corporaciones en el artículo 7 subtítulo 24 (Instrucciones para la ejecución para la Ley de presupuestos del sector público, año 2014). Estas transferencias tienen la restricción de que el aporte anual del Gobierno Regional para las fundaciones o corporaciones no debe superar el 5% del presupuesto anual de inversión del Gobierno Regional, según lo que presenta el artículo N°101 del Decreto con Fuerza de Ley N°1-19.175, en su inciso segundo. Sin perjuicio de lo anterior, la Ley de Presupuestos de cada año indica que ese porcentaje límite podría aumentar. Por su parte el mecanismo de este tipo de transferencias se encuentra descrito en el subtítulo 24 de “transferencias corrientes”, que comprende los gastos correspondientes a donaciones u otras transferencias corrientes que no representan la contraprestación de bienes o servicios. Incluye aportes de carácter institucional y otros para financiar gastos corrientes de instituciones públicas y del sector externo. Esta identificación presupuestaria se describe los gastos por concepto de transferencias que se efectúan a organismo incluidos en la Ley de Presupuestos del sector público, clasificadas en el subtítulo 05, ítem 02 para efectos de consolidación (Instrucciones para la ejecución para la Ley de presupuestos del sector público, año 2014). A su vez, en el ítem 05 se describe lo siguiente: corresponde a los ingresos que se perciben del sector privado, público y externo, sin efectuar contraprestación de bienes y/o servicios por parte de las entidades receptoras. Se destinan a financiar gastos corrientes, es decir, que no están vinculadas o condicionadas a la adquisición de un activo por parte del beneficiario. Las actividades financiables por estos recursos son las siguientes y tienen las siguientes particularidades:

- Todas aquellas necesarias para el funcionamiento de las asociaciones o corporaciones.
- Incluye gastos en personal y bienes y servicios de consumo.
- No requiere estar relacionado al cumplimiento de un programa.
- Deben enmarcarse dentro del objetivo para el cual han sido creadas conforme a sus estatutos.
- Contribuir al desarrollo regional en los ámbitos social, económico y cultural.
- Rinde cuentas a la Contraloría General de la República según Resolución Exenta N° 759/03.

Una tercera fuente de ingresos pueden ser donaciones de empresas y privados tanto en Chile como del extranjero como ocurre en la Fundación de Protección de Humedales en países como USA y Canadá.

En Chile por la vía de diversas leyes, se ha favorecido a ciertas instituciones al recibir donaciones con franquicias tributarias. El Impuesto a la Renta (Decreto Ley N° 824) se

aplica como un porcentaje de la renta líquida del contribuyente (tanto donante como donatario), la cual se determina según las normas tributarias vigentes. Una franquicia a este impuesto por realizar donaciones consiste en disminuir el monto del Impuesto a la Renta que debe pagar el donante, sujeto a ciertos límites y requisitos, mediante el otorgamiento de un crédito fiscal por un porcentaje del monto donado y/o permitiendo que éste se deduzca como gasto de la renta imponible. Dicha franquicia constituye un incentivo económico para hacer donaciones, ya que las hace "más baratas" para el donante, el crédito fiscal que puede aplicar es el 50% de la donación, rebaja Impuesto a las Donaciones. La Ley N° 16.271 determina que cuando alguien recibe una donación, no está obligado a pagar impuesto a la Renta por los ingresos recibidos. Sin embargo, se le aplica un impuesto especial a las donaciones que consiste en un porcentaje del monto donado, y que debe ser pagado por el donante o el donatario. En todos los casos en que hay franquicias especiales al Impuesto a la Renta por donaciones, la ley aplica una exención total del Impuesto a las Donaciones.

Una cuarta fuente de ingresos puede ser la presentación de proyectos a fondos internacionales asociados a la conservación y manejo sustentable de ecosistemas. Esta fuente de financiamiento puede apoyar actividades específicas que desarrolle la futura Fundación y servir como instrumento para canalizar aportes de empresas privadas internacionales a la conservación y protección ambiental.

Una quinta fuente de ingresos serían los que se generarían por rentas o eventuales servicios prestados a diferentes clientes (personas naturales o jurídicas, nacionales o internacionales, públicas o privadas), recursos que deben ser destinados a los fines de la Fundación o a incrementar su patrimonio.

### 5.2.8 Análisis comparativo estratégico y de costos operacionales.

Para evaluar la conveniencia de transitar por uno u otro diseño de institucionalidad, parece pertinente realizar un análisis comparativo de, por un lado los requisitos que debe cumplir la organización propuesta y, por otro lado, de los costos operacionales de ambas figuras propuestas.

En este sentido, la Tabla 5.2 muestra una comparación entre ambos tipos principales de institucionalidad propuestos, respecto a los requisitos que la organización debe poseer. Se observa que el grado de dependencia de la entidad receptora, establece la gran diferencia entre la Fundación y un Departamento dentro de otra organización.

**Tabla 5.2 Requisitos y tipo de institucionalidad. Análisis comparativo**

Requisitos	Tipo de Institucionalidad
------------	---------------------------

	Fundación	Departamento
<b>Puente entre mundo privado y público</b>	SI	Depende de la institución receptora
<b>Imparcial y plural</b>	SI	Depende de la institución receptora
<b>Sin fines de lucro</b>	SI	SI
<b>Gestión ágil y eficiente</b>	SI	SI
<b>Capacidad de convocatoria</b>	Variable	Variable
<b>Capacidad de apalancamiento de recursos</b>	Alta	Depende de la institución receptora
<b>Capacidad de desarrollo y evolución</b>	SI	Depende de la institución receptora

Desde la perspectiva de los costos, la Tabla 5.3 muestra los costos comparativos entre la Fundación y el Departamento. Se observa una disminución significativa de los Gastos Generales (que alcanza a cerca del 51%), aunque a nivel de los costos totales, la reducción de éstos es de sólo un 13,2%.

**Tabla 5.3 Costos comparativos de operación anual entre las diferentes organizaciones propuestas (valores aproximados)**

Item	Fundación		Departamento	
	MM\$	% del total	MM\$	% del total
<b>Recursos humanos</b>	98.4	46.3	91.8	49.8
<b>Operación</b>	31.16	14.7	31.16	16.9
<b>Inversión</b>	40.83	19.2	40.83	22.1
<b>Gastos generales</b>	42.3	19.9	20.7	11.2
<b>TOTAL</b>	<b>212.69</b>	<b>100</b>	<b>184.49</b>	<b>100</b>

### 5.2.9 Perfiles de Cargos de la Fundación

#### a) Gerente

- a. Dependencia jerárquica: Depende de Directorio.

- b. Función del cargo: Planificar, organizar, dirigir, coordinar y controlar las actividades de la Fundación. Asesorar al Directorio de la Fundación en la gestión de la misma.
- c. Formación: Profesional universitario de las carreras de Ing. Civil Industrial; Ing. Agrónomo o Forestal, Ingeniero Ambiental, Biólogo, o carreras afines, con formación en Administración de empresas o dirección de equipos de trabajo. Postgrado, deseable, a nivel de Magister con conocimientos en medio ambiente y humedales.
- d. Experiencia: Entre 7 y 10 años de experiencia.
- e. Aptitudes: Personales: Liderazgo, Trabajo en equipo, Flexibilidad para liderar equipos multidisciplinarios; Focalización en el logro de objetivos; Empatía. Inglés deseable.

**b) Asistente Gerencia**

- a. Dependencia jerárquica: Gerente.
- b. Función del cargo: Asistir al Gerente en los ámbitos de la gestión de la Fundación, procurando los antecedentes existentes sobre los temas objeto de análisis y efectuar el seguimiento de los mismos hasta su dilucidación. Recibir y atender público, llevar agenda de actividades, recibir, clasificar y archivar documentación, generar documentación y despacho de la misma.
- c. Formación: Profesional universitario o de nivel técnico, de la carrera de Administración Pública o Ing. en Ejecución en Administración, Técnico en Administración o Secretariado Ejecutivo.
- d. Experiencia: Más de 2 años de experiencia.
- e. Aptitudes: Técnicas: Manejo de software de productividad (procesador de texto, planilla electrónica, presentaciones) y de base de datos. Inglés. Personales: Tolerancia a la rutina, responsabilidad y confiabilidad, cordialidad y empatía, buenas relaciones interpersonales, iniciativa, dinamismo y proactividad, tacto y reserva.

**c) Profesional 1:**

- a. Dependencia jerárquica: Gerente.
- b. Función del Cargo: Recopilar, gestionar y elaborar información asociada al estado de los recursos naturales. Desarrollar estudios de campo asociados a evaluar sistemas hidrobiológicos. Analizar información técnica.
- c. Formación: Profesional universitario Ingeniero del área Ambiental, Biológica, como Biólogo o Biólogo Marino, Ing. Agrónomo o Forestal; Ingeniero Químico, o carrera afín.
- d. Experiencia: Más de 3 años de experiencia en funciones asociadas al manejo y caracterización de áreas silvestres, biodiversidad o similar.
- e. Aptitudes: Manejo de software de productividad y de bases de datos, deseable capacidades en manejo de SIG. Capacidad de análisis,

orientación a resultados, buena relación con el medio, meticulosidad, buen nivel de comunicación verbal y escrita.

#### d) Profesional 2

- a. Dependencia del cargo: Gerente.
- b. Función del cargo: Elaborar información primaria y secundaria asociada al estado de los recursos naturales. Apoyar el desarrollo de estudios de campo asociados a evaluar sistemas hidrobiológicos. Analizar información técnica. Aplicar técnicas de bases de datos para obtener información secundaria a partir de datos dispersos.
- c. Formación: Profesional universitario de las carreras de Geografía o Cartografía, o afín.
- d. Experiencia: 5 años de experiencia.
- e. Aptitudes: Manejo de software de productividad y de bases de datos, buen nivel en manejo de SIG y geoestadística. Capacidad de análisis, orientación a resultados, buena relación con el medio, meticulosidad, buen nivel de comunicación escrita.

### 5.3 CARTERA DE PROYECTOS

En base al diagnóstico realizado de la condición ambiental de los sistemas hidrobiológicos del área de estudio detallada en el capítulo 3 de este documento, se procedió a generar una cartera de eventuales iniciativas a implementar, de forma tal de profundizar en el conocimiento de los sistemas hidrobiológicos terrestres de la región, apoyar con esa información la mejor gestión del territorio y algunas iniciativas en el área de educación ambiental y capacitación en monitoreo ambiental de estos sistemas, de por sí, complejos.

Las iniciativas, que aquí se presentan en formato de perfil ejecutivo, comprenden estudios conducentes a entender de mejor forma los ecosistemas y a su monitoreo ambiental y programas, enfocados en educación ambiental, capacitación y agregación de valor a partir de los servicios ecosistémicos que estos ecosistemas tienen.

#### 5.3.1 Iniciativas de proyecto

Las iniciativas que se detallan en el punto 5.3.1 a continuación son las siguientes:

- **Estudio de caracterización de humedales altoandinos, hoy no supervisados, de la Región de Antofagasta, mediante un sistema de monitoreo ambiental básico e integrado.**
- **Estudio de identificación de áreas críticas de conservación de biodiversidad de humedales de la Región de Antofagasta**
- **Programa de capacitación en monitoreo integral y participativo de humedales y sitios protegidos.**

- **Programa de monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos de la Región de Antofagasta**
- **Programa piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreo de humedales para jóvenes, niños y profesores de la Región de Antofagasta**
- **Programa de desarrollo de un clúster turístico de áreas de interés cultural y de conservación científica para la zona andina de la región de Antofagasta**

### 5.3.2 Fichas de iniciativas de proyecto

**Estudio:** Caracterización de humedales altoandinos, hoy no supervisados, de la Región de Antofagasta, mediante un sistema de monitoreo ambiental básico e integrado.

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE ESTUDIO	<b>Caracterización de humedales altoandinos, hoy no supervisados, de la Región de Antofagasta, mediante un sistema de monitoreo ambiental básico e integrado.</b>
UNIDAD EJECUTORA	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	4845 UF
DURACION DEL ESTUDIO	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Las comunidades asociadas a los sistemas hidrobiológicos, e indirectamente los habitantes de la zona altoandina de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Caracterizar el estado actual de siete humedales altoandinos no supervisados, de importancia ambiental, mediante la implementación de un plan de monitoreo ambiental integrado básico <sup>3</sup> .
COMPONENTES (Objetivos específicos)	<p>El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar, mediante una metodología analítica y participativa, los sistemas hidrobiológicos a monitorear</li> <li>- Implementar el plan de monitoreo básico en siete (7) sistemas hidrobiológicos altoandinos</li> <li>- Evaluar el estado ambiental de los siete sistemas hidrobiológicos altoandinos</li> <li>- Transferir la información generada a las comunidades y los involucrados en este tipo de sistemas.</li> </ul>

<sup>3</sup> **Monitoreo básico:** Corresponde a un grupo de mediciones u observaciones de variables de estado que definen el funcionamiento ecosistémico de un sistema hidrobiológico terrestre, aplicable a sistemas no conocidos o en estado natural, con fines de diagnosticar su condición ecológica.

<p>PRODUCTOS ESPERADOS</p>	<p>Modelo de sistema de monitoreo básico integrado, implementado</p> <p>Diagnóstico del estado ecológico de siete sistemas hidrobiológicos alto andinos, determinado.</p> <p>Información del estado ecológico actual de los sistemas, transferido a las comunidades locales.</p>
<p>Notas</p>	<p>El alcance de este estudio considera la implementación de la propuesta metodológica de monitoreo integrado en una serie de sistemas hidrobiológicos que no cuentan en la actualidad con supervisión de sus compartimentos ambientales, el análisis de los datos recopilados y la transferencia de la información a las comunidades asociadas y a la ciudadanía, en general.</p>

**Presupuesto aproximado y duración del estudio**

<p>COMPONENTE/ACTIVIDAD</p>	<p>TIEMPO (semanas, meses o años)</p>	<p>COSTO (UF)</p>
<p><b>Etapas 1: Identificar, mediante una metodología analítica y participativa, los sistemas hidrobiológicos a monitorear</b></p>	<p>180 días</p>	<p>430</p>
<p><b>Etapas 2: Implementar el plan de monitoreo básico en siete (7) sistemas hidrobiológicos altoandinos</b></p>	<p>540 días</p>	<p>3245</p>
<p><b>Etapas 3: Evaluar el estado ambiental de los siete sistemas hidrobiológicos altoandinos</b></p>	<p>420 días</p>	<p>690</p>
<p><b>Etapas 4: Transferir la información generada a las comunidades y los involucrados en este tipo de sistemas.</b></p>	<p>300 días</p>	<p>480</p>

**Estudio: Identificación de áreas críticas de conservación de biodiversidad de humedales de la Región de Antofagasta**

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE ESTUDIO	<b>Identificación de áreas críticas de conservación de biodiversidad de humedales de la Región de Antofagasta</b>
UNIDAD EJECUTORA	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	5.201 UF
DURACION DEL ESTUDIO	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Las comunidades asociadas a los sistemas hidrobiológicos, e indirectamente los habitantes de la zona altoandina de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Identificar las áreas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica de los humedales de la Región de Antofagasta mediante metodologías cuantitativas.
COMPONENTES (Objetivos específicos)	<p>El estudio se divide en tres componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilar información geográfica y de caracterización biológica de los sistemas hidrobiológicos terrestres de la Región de Antofagasta</li> <li>- Analizar las variables físicas y biológicas desde la perspectiva geográfica.</li> <li>- Definir la distribución de la biodiversidad y sus áreas críticas modelando estadísticamente sus hábitats.</li> </ul>
PRODUCTOS ESPERADOS	<p>Base de datos de biodiversidad regional asociada a sistemas hidrobiológicos terrestres.</p> <p>Hábitat de especies y grupos de especies, definidos y caracterizados</p> <p>Modelos de distribución y abundancia estadística de poblaciones de especies críticas, validados.</p> <p>Modelos de optimización de hábitat, validados.</p> <p>Áreas críticas para la conservación, identificadas y caracterizadas.</p>

	Mapas temáticos de biodiversidad, disponibles.
Notas	Dada la necesidad de ordenar ecológicamente el territorio, de forma tal de prevenir y minimizar conflictos surgentes entre diversos sectores de la economía; la obligación de los Estados de realizar acciones que permitan la conservación de especies y hábitat relevantes que representen la diversidad biológica de cada país, se hace necesario identificar las áreas críticas de conservación de la biodiversidad, en forma especial, en estos sistemas hidrobiológicos únicos en el mundo. El alcance de este estudio por lo tanto, es establecer, mediante metodologías cuantitativas y repetibles, la distribución más probable de especies y hábitat en el territorio, identificando aquellas áreas de particular riqueza y diversidad. Esta información servirá de base para el ordenamiento ecológico del territorio, para la toma de decisiones de la autoridad ambiental y, para poner en valor el territorio para sus habitantes.

**Presupuesto aproximado y duración del estudio**

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (días, semanas, meses o años)	COSTO (UF)
<b>Eta</b> pa 1: Recopilar información geográfica y de caracterización biológica de los sistemas hidrobiológicos terrestres de la Región de Antofagasta	180 días	1.028
<b>Eta</b> pa 2: Analizar las variables físicas y biológicas desde la perspectiva geográfica.	180 días	1.132
<b>Eta</b> pa 3: Definir la distribución de la biodiversidad y sus áreas críticas modelando estadísticamente sus hábitats.	480 días	3.041

**Programa: Programa de capacitación en monitoreo integral y participativo de humedales y sitios protegidos.**

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE PROGRAMA	<b>Programa de capacitación en monitoreo integral y participativo de humedales y sitios protegidos.</b>
UNIDAD EJECUTORA	Secretaría Regional Ministerial de Medio Ambiente
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	4.583 UF
DURACION DEL PROGRAMA	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	165 personas
OBJETIVO – PROPOSITO DEL PROGRAMA	Incrementar los conocimientos técnicos del personal asociado a organismos e instituciones públicas con injerencia en la supervisión, monitoreo y evaluación de sistemas hidrobiológicos terrestres y miembros de las Comunidades relacionadas al Territorio de la Región de Antofagasta, en monitoreo integral y participativo de humedales y otros sistemas hidrobiológicos terrestres.
COMPONENTES Y ACTIVIDADES	<p>El Programa consta de los siguientes componentes y actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Diseñar un Programa de Capacitación en Monitoreo Integral y Participativo de Humedales <ul style="list-style-type: none"> <li>a.1. Determinación de los grupos objetivo</li> <li>a.2. Desarrollo de planes y programas, basados en competencias.</li> <li>a.3. Validación pedagógica de los Planes y Programas desarrollados</li> <li>a.4. Elaboración de indicadores de evaluación del Programa</li> </ul> </li> <li>b) Elaborar recursos educativos pertinentes a cada grupo objetivo <ul style="list-style-type: none"> <li>b.1. Elaboración de videos</li> <li>b.2. Elaboración de cursos para plataforma WEB.</li> <li>b.3. Elaboración de materiales y metodologías de aprendizaje, focalizadas en diferentes técnicas de aprendizaje.</li> </ul> </li> </ul>

	<p>b.4. Elaboración de cursos presenciales tipo aprender-haciendo</p> <p>c) Implementar el diseño del Programa de Capacitación</p> <p>c.1. Implementación de cursos online</p> <p>c.2. Implementación de cursos presenciales</p> <p>c.3. Incorporar componentes específicos (Unidades) al currículum de escuelas y colegios asociadas al territorio.</p> <p>d) Evaluar los resultados y el impacto del Programa.</p> <p>d.1. Aplicación de indicadores de evaluación del Programa</p> <p>d.2. Evaluación de impacto del Programa.</p>
<p>PRODUCTOS ESPERADOS</p>	<p>30 funcionarios públicos capacitados en monitoreo y evaluación de sistemas hidrobiológicos terrestres.</p> <p>15 monitores, miembros de las comunidades, capacitados en monitoreo y evaluación ambiental de los sistemas de humedales y cuerpos de agua.</p> <p>120 personas capacitadas en monitoreo básico de parámetros ambientales de sistemas de humedales y cuerpos de agua.</p> <p>Material educativo sobre evaluación, protección y restauración de humedales, disponible en colegios y escuelas del territorio.</p>
<p>Notas</p>	<p>Esta iniciativa busca profundizar los conocimientos en monitoreo y evaluación de sistemas hidrobiológicos terrestres en el personal asociado a los servicios públicos con injerencia en la supervisión de este tipo de sistemas naturales; personal de Municipios; la formación de monitores en el tema y capacitar a alrededor de 120 personas, para dejarlos habilitados en monitoreo básico de humedales. Adicionalmente, el programa busca generar recursos educativos sobre evaluación, protección y restauración de humedales, para dejarlos disponibles en colegios y escuelas del territorio.</p>

**Presupuesto aproximado y duración del programa**

<b>COMPONENTE/ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO (semanas, meses o años)</b>	<b>COSTO (UF)</b>
<b>Etapa 1: Diseño de Programa</b>	<b>90 días</b>	<b>348</b>
<b>Etapa 2: Desarrollo de Recursos Educativos</b>	<b>240 días</b>	<b>1.595</b>
<b>Etapa 3: Implementación del Programa de Capacitación</b>	<b>240 días</b>	<b>2.432</b>
<b>Etapa 4: Evaluación de Impacto del Programa</b>	<b>60 días</b>	<b>208</b>

**Programa:** Monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos de la Región de Antofagasta

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE ESTUDIO	<b>Monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos de la Región de Antofagasta</b>
UNIDAD EJECUTORA	Municipalidad de San Pedro
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	2.577 UF
DURACION DEL ESTUDIO	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Las comunidades asociadas a los sistemas hidrobiológicos, e indirectamente los habitantes de la zona altoandina de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Establecer un plan de monitoreo ambiental participativo de humedales altoandinos,
COMPONENTES (Objetivos específicos)	<p>El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formar un Comité Ciudadano de Monitoreo de Humedales</li> <li>- Capacitar a las comunidades en técnicas de monitoreo y análisis de datos.</li> <li>- Establecer un sistema de registros y bases de datos, compatible con los sistemas de información oficiales.</li> <li>- Evaluar el impacto del sistema de monitoreo ambiental participativo</li> </ul>
PRODUCTOS ESPERADOS	<p>Comité Ciudadano de Monitoreo de Humedales, formado.</p> <p>60 personas capacitadas en técnicas de monitoreo y análisis de datos</p> <p>Base de datos de monitoreo, disponible y accesible</p> <p>Interface pública de información, disponible</p> <p>Impacto del programa, evaluado.</p>
Notas	El alcance de este estudio dice relación con abordar la problemática asociada a los efectos de la concentración de los derechos de aprovechamiento de agua por grandes empresas mineras, de energía u otras, lo que ha limitado el acceso equitativo de las comunidades al recurso, como así

	<p>también el abastecimiento que permite mantener la integridad de los sistemas naturales. La estrategia se basa en establecer una asociación entre entes como gobiernos locales (Municipios), la ciudadanía (comunidades) y la academia o entidades técnicas (organizaciones I&amp;D+i) para la definición conjunta de programas de trabajo en torno a la biodiversidad de ecosistemas acuáticos terrestres y su monitoreo ambiental, de tipo participativo y con resultados de libre acceso, confiables y válidos.</p>
--	--

**Presupuesto aproximado y duración del programa**

<b>COMPONENTE/ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO (días, semanas, meses o años)</b>	<b>COSTO (UF)</b>
<b>Etapa 1: Formar un Comité Ciudadano de Monitoreo de Humedales</b>	<b>180 días</b>	<b>540</b>
<b>Etapa 2: Capacitar a las comunidades en técnicas de monitoreo y análisis de datos</b>	<b>180 días</b>	<b>683</b>
<b>Etapa 3: Establecer un sistema de registros y bases de datos, compatible con los sistemas de información oficiales</b>	<b>300 días</b>	<b>1.174</b>
<b>Etapa 4: Evaluar el impacto del sistema de monitoreo ambiental participativo</b>	<b>60 días</b>	<b>180</b>

**Programa: Programa piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreo de humedales para jóvenes, niños y profesores de la Región de Antofagasta**

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE PROGRAMA	<b>Programa piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreo de humedales para jóvenes, niños y profesores de la Región de Antofagasta.</b>
UNIDAD EJECUTORA	Ministerio del Medio Ambiente (SEREMI Antofagasta) a licitar.
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	6.660 UF
DURACION DEL ESTUDIO	36 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Niños, jóvenes y profesores de escuelas y liceos de certificación ambiental de las comunas de Calama, San Pedro, Ollagüe y Antofagasta que en su territorio presentan humedales altoandinos.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Diseñar e implementar un plan piloto de educación ambiental sobre estados ecológicos y monitoreos de humedales altoandinos.
COMPONENTES (Objetivos específicos)	<p>El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su implementación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar un plan de estudio basado en desarrollo de competencias y resultados de aprendizajes, para incorporar en el currículum escolar de niños, jóvenes y profesores.</li> <li>- Desarrollar recursos educativos adaptados a los diversos estilos de aprendizajes (Perceptivo, global, activo, visual y reflexivo) validados por expertos, centros de estudios y las comunidades.</li> <li>- Implementar el plan piloto de educación ambiental en un colegio o liceo de aquellas comunas que contengan humedales en su territorio.</li> <li>- Evaluar el impacto del programa de educación ambiental a partir de indicadores de cumplimiento sobre las competencias y habilidades a desarrollar.</li> </ul>
PRODUCTOS ESPERADOS	-- Plan de estudio en educación ambiental de humedales y monitoreos ambientales, desarrollado, con fichas de clases

	<p>preparadas y validadas por los actores relevantes de la Región de Antofagasta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 colegio o liceo con el plan piloto incorporado al currículum escolar y aplicado en la educación de al menos 50 niños y jóvenes.</li> <li>- 25 profesores capacitados en incorporación de temáticas como estados ecológicos de los humedales y monitoreos ambientales, en sus respectivas asignaturas.</li> </ul>
Notas	<p>El alcance de este estudio dice relación con abordar la problemática asociada a la falta de competencias y habilidades de los niños jóvenes y profesores de la región para identificar, analizar y evaluar las variables ecológicas que determinan el estado de los humedales requeridas para realizar evaluaciones ambientales de los humedales altoandinos.</p> <p>Esta iniciativa se encuentra alineada con la Estrategia Regional de Desarrollo de Antofagasta del Gobierno Regional en sus lineamientos estratégicos, objetivos generales y líneas de acción. Se alinea con el lineamiento Estratégico 1.Educación de Calidad. Objetivo general 1. Mejorar la calidad de la educación pública pre-básica, básica y media, mediante la implementación de procesos de aprendizaje que fortalezcan la capacidad innovadora de los niños, niñas y jóvenes de la Región, y Línea de acción i. Mejorar los procesos de aprendizaje de los alumnos de educación pública municipal y particular subvencionada, promoviendo el desarrollo de iniciativas innovadoras desde la educación inicial, para optimizar la internalización de competencias y el desarrollo de talentos.</p>

### **Presupuesto aproximado y duración del programa**

<b>COMPONENTE/ACTIVIDAD</b>	<b>TIEMPO (días, semanas, meses o años)</b>	<b>COSTOS (UF)</b>
<b>Etapa 1: Diseño del Programa de educación ambiental</b>	<b>12 meses</b>	<b>1.622</b>
<b>Etapa 2: Desarrollar recursos educativos</b>	<b>12 meses</b>	<b>2.522</b>
<b>Etapa 3: Implementar el plan piloto</b>	<b>10 meses</b>	<b>2.036</b>
<b>Etapa 4: Evaluar el impacto del plan piloto</b>	<b>3 meses</b>	<b>480</b>

**Programa: Desarrollo de un clúster turístico de áreas de interés cultural y de conservación científica para la zona andina de la región de Antofagasta**

REGIÓN(ES)	De Antofagasta
PROVINCIA (S)	El Loa y Antofagasta
NOMBRE PROGRAMA	<b>Desarrollo de un clúster turístico de áreas de interés cultural y de conservación científica para la zona andina de la región de Antofagasta.</b>
UNIDAD EJECUTORA	Ministerio del Medio Ambiente (SEREMI Antofagasta), Sernatur, CONAF, CONADI.
MONTO TOTAL DE LA INVERSION (aproximado)	6.022 UF
DURACION DEL PROGRAMA	24 meses
NUMERO DE BENEFICIARIOS DIRECTOS	Comunidades y habitantes del territorio asociado a los sistemas hidrobiológicos andinos de la Región de Antofagasta.
OBJETIVO – PROPOSITO DEL ESTUDIO	Diseñar un plan de encadenamiento productivo-turístico-cultural-científico del territorio con humedales andinos en la Región de Antofagasta.
COMPONENTES (Objetivos específicos)	<p>El estudio se divide en cuatro componentes principales, los cuales serán considerados etapas, para su desarrollo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definir áreas de interés turístico cultural y de observación de flora, fauna y paisaje y de exploración científica de los sistemas hidrobiológicos andinos de la región de Antofagasta.</li> <li>- Diseñar, en forma participativa, circuitos de interés turístico cultural y científico y sus necesidades de infraestructura, logística y capacidad.</li> <li>- Promover el desarrollo de un clúster turístico de intereses especiales asociado a la cultura atacameña; la observación de flora, fauna y paisaje y de exploración científica de humedales andinos.</li> <li>- Difundir los circuitos turísticos a nivel nacional e internacional.</li> </ul>
PRODUCTOS ESPERADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catastro de áreas de interés turístico cultural, de observación de flora y fauna y paisaje y, de exploración científica del territorio andino de la región de Antofagasta.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos especializados de intereses especiales de la zona de humedales andinos de la región de Antofagasta, caracterizados y definidos.</li> <li>- Clúster turístico de intereses especiales asociado a humedales andinos, desarrollado.</li> <li>- Plan de difusión del clúster, desarrollado.</li> </ul>
Notas	<p>El alcance de este estudio dice relación con abordar la oportunidad de generar un encadenamiento productivo transversal que una un territorio único y especial con comunidades indígenas ancestrales y su cultura, curiosidad científica nacional e internacional y de observación de flora, fauna y paisaje, que permita reconocer a la Región de Antofagasta y a este territorio, por un clúster turístico de intereses especiales asociado a los humedales andinos y la cultura atacameña.</p> <p>Esta iniciativa tiene en consideración las disposiciones del convenio 169 de la OIT en el marco de potenciar un diálogo permanente entre las comunidades indígenas, el gobierno y las empresas.</p>

**Presupuesto aproximado y duración del programa**

COMPONENTE/ACTIVIDAD	TIEMPO (días, semanas, meses o años)	COSTOS (UF)
<b>Etapa 1: Definir áreas de interés turístico cultural.</b>	6 meses	450
<b>Etapa 2: Diseñar circuitos de interés...</b>	12 meses	850
<b>Etapa 3: Promover el desarrollo de un clúster turístico.</b>	8 meses	1.222
<b>Etapa 4: Difundir los circuitos turísticos a nivel nacional e internacional.</b>	12 meses	3.500
Total	24 meses	6.022

## **REFERENCIAS**

## 6 REFERENCIAS

ACEITUNO, P., 1993. Aspectos generales del clima en el Altiplano sudamericano. En "Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Arica-Chile, 19-21 octubre 1993", Vicerrectoría Académica y Estudiantil, U. de Chile, 390 pp.

ACEITUNO, P., 1996. Elementos del Clima en el Altiplano Sudamericano.

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

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

ALONSO, H., & RISACHER, F. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 1: origen de los componentes y balance salino. *Revista Geológica de Chile* v.23 (n.2): pp.113-122.

CAPACCIONI, B., ROSSI, P.L., TASSI, F., AGUILERA, F., 2009. Origin and environmental impact of fluid discharges from the El Tatio geothermal field (Antofagasta region, Northern Chile). *GeoActa*. 01/2009; 9045-sp2:59-73.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008a. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Oasis de Calama. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008b. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Volcán Licancabur. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008c. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Geiseres del Tatio. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0

CENTRO DE ESTUDIOS AGRARIOS Y AMBIENTALES (CEAA), 2008d. Análisis de la Biodiversidad Región de Antofagasta. Informe Final Laguna Lejía. Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura. Proyecto Código BIP: 30065576-0.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE RECURSOS NATURALES (CIREN), 2010a. Caracterización Base de Vegas y Bofedales Altoandinos para una Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos. Primera Parte: Región de Antofagasta. Proyecto CIREN-INNOVA de CORFO. Informe Final, Noviembre 2010, 112 pp.

CHANDER, G., MARKHAM, B. L. and HERDEL, D. L., 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors, *Remote Sens. Environ.*, 113(5), 893–903, doi:10.1016/j.rse.2009.01.007.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2002. Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta, CONAMA II Región, 39 pp.

COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIOAMBIENTE (CONAMA), 2012. Estrategia Regional y Plan de acción para la Conservación y uso sustentable de la diversidad biológica de la región de Antofagasta.

CONTRERAS, J.P., 2002. Norte de Chile: conservación de humedales altoandinos para un desarrollo productivo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo / VOL XVIII / Nº 2-3-4 / pp: 125 – 131.*

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2003. Plan de Acción para la Conservación y uso sustentable de Humedales Altoandinos (PACHA). CONAF, Convención Ramsar, 38 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2008a. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Sistema Hidrológico de Soncor del Salar de Atacama, 12 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) 2008b. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Pujsa, 23 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF) 2008c. Ficha Informativa de los Humedales Ramsar (FIR) - Versión 2006-2008. Salar de Aguas Calientes IV, 18 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2008d. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) – Versión 2006-2008. Salar de Tara, 15 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2008e. Actualización Plan de Manejo Participativo, Reserva Nacional Los Flamencos, Corporación Nacional Forestal, Región de Antofagasta, 143 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2009. Censo de Camélidos Altoandinos.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010. Programa Nacional para la Conservación de Humedales insertos en el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado. Convenio de Eficiencia Institucional 2010, 100 pp.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010a. Censo Invernal de Avifauna Altoandina. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 2010b. Censo estival de Avifauna Altoandina. Departamento de Áreas Protegidas y Medio Ambiente.

DE LA FUENTE, A. & NIÑO, Y., 2010. Temporal and spatial features of the thermohydrodynamics of shallow salty lagoons in northern Chile. *Limnology Oceanography* 55 (1): 279–288.

DE LAMO, D., 2011. Camélidos sudamericanos. Historia, usos y sanidad animal. Servicio nacional de sanidad y calidad agroalimentaria (SENASA). República de Argentina.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1991. Catastro General de usuarios de aguas de los cauces afluentes al Salar de Atacama. Informe final. Tomo 1 - 4.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 1998. Informe hidrogeológico: evaluación de la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, cuenca Salar de Atacama, II región, 80 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2003

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2003. Evaluación de los recursos hídricos sectores Calama y Llalqui, Cuenca del Río Loa. Informe Técnico. (S.I.T. N° 85), 136 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004a. Actualización Delimitación de Acuíferos que alimentan Vegas y Bofedales, Región de Antofagasta. Informe Final. (S.I.T. N° 98), 213 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004c. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Volumen N° 3: Informe de Cuencas (S.I.T. N°104), 798 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004d. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Capítulo: Cuenca Río Loa (S.I.T. N°104), 155 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2004e. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Capítulo: Cuenca Salar de Atacama (S.I.T. N°104), 84 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2005b. Hidrogeología de la II Región y Asesoría para la Revisión de Informes de Estudios de Evaluación de Recursos Hídricos. Informe Final - Hidrogeología de la II Región, 309 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2006a. Actualización delimitación de acuíferos que alimentan vegas y bofedales de la región de Antofagasta, 15 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2008a. 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 1. Informe Final, Parte I: Hidrografía Regional del Altiplano de Chile. S.I.T. N° 157. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, 423 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2008b. 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 1, Informe Final, Parte III: Hidrología Regional del Altiplano de Chile. S.I.T. N° 157. Realizado por Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile, 423 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010a. Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y precordilleranas de vertiente Pacífica en el norte de Chile, XV, I, II y III Regiones. S.I.T. N° 221. Realizado por: GCF Ingenieros Limitada, 167 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010b. Actualización de la evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos para constituir derechos de aprovechamiento en las subcuencas afluentes al Salar de Atacama. II Región, Informe Final. S.I.T. N° 210. Realizado por: GCF Ingenieros Limitada, 277 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2010c. Acuíferos Protegidos asociadas al listado de vegas protegidas de la región. Última actualización septiembre 2010 (shapefile origen: DGA\_Acuíferos\_protegidos.shp).

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012a. Evaluación de los recursos hídricos subterráneos del Acuífero del Salar de Atacama. Informe Técnico. S.D.T. N° 324. Realizado por Departamento de Administración de Recursos Hídricos, 75 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012b. Diagnóstico plan estratégico para la gestión de los recursos hídricos, región de Antofagasta. Informe Final, volumen 1. S.I.T. N° 291. Realizado Por: Arrau Ingeniería E.I.R.L., 319 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2012c. Estudio Acuífero de Calama Sector Medio del Río Loa, Región de Antofagasta. Informe Final. S.I.T. N° 295. Realizado Por: Matraz Consultores Asociados S.A. y Universidad Politécnica De Cataluña, 235 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2013a. Análisis de la oferta hídrica del Salar de Atacama, Informe Técnico. S.I.T. N° 339, 40 pp.

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA), 2013b. Áreas de restricción propuestas por DGA, Última actualización ENERO 2013.

DOBSON, P.F., KENNEDY, B.M., REICH, M., SANCHEZ, P., AND MORATA, D. 2013. Effects of volcanism, crustal thickness, and large scale faulting on the he isotope signatures of geothermal systems in Chile. Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, USA, 6 pp.

FARIAS, M.E. & CONTRERAS, M., 2013. Ecosistemas Microbianos asociados a Humedales Alto Andinos: Nuevo Patrimonio de la Humanidad. Bitácora Ecológica 1: 6-12. ISSN 0719-3602.

FARIAS, M. E., CONTRERAS, M., RASUK, M. C., KURTH, D., FLORES, R., POIRE, D., NOVOA, F. & VISSCHER, P., 2013a. Characterization of microbial biodiversity associated

to microbialites, gypsum evaporites and microbial mats in thalassic wetlands: Tebenquiche and Brava at Salar de Atacama Chile. *Extremophiles* EXT-13-Jun-0115.

FARÍAS, M. E., RASCOVAN, N., TONEATTI, D. M., ALBARRACÍN, V. H., FLORES, M. R., POIRÉ, D. G., COLLAVINO, M. M., AGUILAR, O. M., VAZQUEZ, M. P., & POLERECKY, L., 2013b. The Discovery of Stromatolites Developing at 3570 m above sea level in a High-Altitude Volcanic Lake Socompa, Argentinean Andes. *PloS one*, 8(1), e53497.

FARIAS, M. E., CONTRERAS, M., RASUK, M. C., KURTH, D., FLORES, R., POIRE, D., NOVOA, F. & VISSCHER, P., 2014. Characterization of bacterial diversity associated with microbial mats, gypsum evaporites and carbonate microbialites in thalassic wetlands: Tebenquiche and La Brava, Salar de Atacama, Chile.

FERNÁNDEZ-COPPEL I.; HERRERO LL., ELIECER., 2003. El Satélite Landsat. Análisis visuales de imágenes obtenidas del sensor ETM+ satélite Landsat. Universidad de Valladolid. Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

FIGUEROA, O., & DERUELLE, B., 1996. Licancabur, an Andesitic Volcano of the South-Central Andes. *Third Isag, St Malo (France)*, 17-19 / 91 / 1996, pp: 563 – 566.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 1992. The use of saline waters for crop production - FAO irrigation and drainage paper 48. J.D. Rhoades, A. Kandiah, A.M. Mashali.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Martin Smith.

FOX, S., 2013. Geothermal Resources Council Bulletin. Focus in Chile. Vol. 42, N° 1, pp: 23 – 41.

GAO, B.C., 1995. Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. *Proceedings of SPIE* 2480: 225-236.

GARCÉS, I., & LÓPEZ, P., 2012. Antecedentes hidroquímicos del Salar de Aguas Calientes I (Chile). *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* N.º 62 pp. 91-102.

GESTIÓN AMBIENTAL S.A., Y GEOTÉRMICA DEL NORTE S.A. (SGA-GND), 2007. Estudio de Impacto Ambiental Perforación Geotérmica Profunda El Tatio, Fase 1, 331 pp.

GLENNON, J.A., & PFAFF, R.M., 2003, The extraordinary thermal activity of El Tatio Geyser Field, Antofagasta Region, Chile, Geyser Observation and Study Association (GOSA) Transactions, vol 8. pp. 31 – 78. <http://www.alanglennon.com/travel/tatio.htm>

HARBAUGH, A.W., 2005, MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey modular groundwater model - the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

HOCK, A., 2003. Licancabur: Exploring the highest lake on Earth. Field Examination Written Proposal, 8 pp.

ILLANES Y ASOCIADOS CONSULTORES, 2011. Informe de Avance Monitoreo (M3) Vertiente 11, Salar de Ascotán. Proyecto "Lixiviación de Sulfuros-Sulfolix" SCMEA. 71 pp.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 2005. Proyecto SIRGAS.

JIMÉNEZ, C., 2012. Estudio de Cuencas Altiplánicas Endorreicas de la Segunda Región de Chile. Caracterización, Tipología y Potencialidades de uso. Memoria para optar al Título de Geógrafo, Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Geografía. Santiago, 155 pp.

LEMUS, A.M., & SOTO, P., 2011. Litio en el salar de Atacama. Report 1, REUSE Chile, 57 pp.

LENSKY, N., DVORKIN, Y., LYAKHOVSKY, V., GARTMAND, I. & GAVRIELI, I., 2005. Water, salt, and energy balances of the Dead Sea. *Water Resource Res.* 41: W12418, doi: 10.1029/2005WR004048.

LYNCH, T. 1986. Un reconocimiento arqueológico en el salar de Punta Negra, Segunda Región. *Revista Chungará* N° 16 – 17: 75 – 88.

MASCITTI, V. & NICOLOSSI, G., 1992. Nidificación del Flamenco Austral, (*Phoenicopterus chilensis*), en la laguna de Pozuelos, Puna de Jujuy. *Hornero* 013 (03) : 240-242

McFEETERS, 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sensing*, Vol. 17, No. 7, 1425-1432.

METI / NASA., 2009. ASTER GDEM is the property of METI and NASA.

MINERA ESCONDIDA LIMITADA (MEL) Y CH2MHILL, 2001. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyectos Escondida Norte y Plantas de Tratamiento de Agua, capítulo 4: Línea Base, p: 40.

MINERA ESCONDIDA LIMITADA (MEL) & RESCAN CONSULTANTS INC. 1996. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Lixiviación de óxidos de cobre y aumento de la capacidad de tratamiento del mineral sulfurado, capítulo 8: Descripción de la Línea Base Biofísica, p: 8.13.

MINERA ESCONDIDA LIMITADA (MEL) & MWH CHILE. 2008. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) Proyecto Ampliación de Capacidad de Extracción y Procesamiento de Mineral Sulfurado de Minera Escondida, capítulo 4: Línea Base Ambiental, pp: 4-9 y 4-64.

MINISTERIO DE BIENES NACIONALES (MBN), 2010. Manual de normas técnicas de mensura.

MINISTERIO DE MINERÍA. 1983. Código Minero, Ley 18.248 (Ministerio de Minería 26 de 09 de 1983).

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

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MMA), 2013. Diagnóstico y Evaluación: Estrategia Regional y Plan de Acción para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de la Región de Antofagasta. Diagnóstico y Evaluación (2002-2013). SEREMI Ministerio de Medio Ambiente, 122 pp.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP), 2007. Declaración de impacto ambiental proyecto conservación y mejoramiento conexión vial San Pedro – El Tatio (rutas B-245-235) región de Antofagasta.

NUÑEZ, L., & GROSJEAN, M., 1994. Cambios ambientales pleistoceno – holocénicos: Ocupación humana y uso de recursos en la Puna de Atacama (norte de Chile). Estudios Atacameños N° 11, pp. 7-20.

PARDO, I., GARCÍA, L., DELGADO, C., COSTAS, N. & ABRAÍN, R., 2010. Protocolos de muestreo de comunidades biológicas acuáticas fluviales en el ámbito de las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. Convenio entre la Universidad de Vigo y las Confederaciones Hidrográficas del Miño-Sil y Cantábrico. 68pp. NIPO 783-10-001-8.

RAMSAR, 2013. La Lista de Humedales de Importancia Internacional (24 de Octubre de 2013), 47 pp.

RISACHER, F. & ALONSO, H. 1996. Geoquímica del Salar de Atacama, parte 2: evolución de las aguas. Revista Geológica de Chile v.23 (n.2): pp.123-134.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C. 1999a. Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen I: Síntesis. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. N° 51), 89 pp.

RISACHER, F., ALONSO, H., SALAZAR, C. 1999b. Geoquímica de Aguas en Cuencas Cerradas: I, II y III Regiones - Chile. Volumen III: Estudio de Cuencas de la II Region. Convenio de Cooperación DGA – UCN – IRD (S.I.T. N° 51), 299 pp.

RISACHER, F., ALONSO H. & SALAZAR, C. 2003. The origin of brines and salts in Chilean salars: a hydrochemical review. Earth-Science Reviews, N° 63: 249 – 293.

RIVERA, P., & CRUCES, F., 2009. Diatomeas (Bacillariophyceae) de zonas andinas del norte de Chile: nueva localidad geográfica para *Halorundia speciosa* (Hustedt) Díaz et Maidana. Gayana Botánica N° 66, Vol. 2, pp: 280 – 282.

RODRÍGUEZ, E. (ED.) 2005. Flamencos altoandinos *Phoenicopterus andinus* (Philippi, 1854), *Phoenicopterus jamesi* (Sclater, 1886) y *Phoenicopterus chilensis* (Molina, 1782), en el Norte de Chile: Estado actual y plan de conservación. Corporación Nacional Forestal, CONAF. Antofagasta, Chile, 91 pp.

SCHROEDER, T., COHEN, W. B., SONG, C., & CANTY, M. J., 2006. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon, *Remote Sens. Environ.*, 103(1), 16–26, doi:10.1016/j.rse.2.

SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO (SAG)., 2009. Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT).

SITHA CIREN. 2010 Sistema de Información Territorial Humedales Altoandinos. Obtenido de SITHA CIREN: <http://sitha.ciren.cl/>

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL (SEA), 2012. Guía para el uso de modelos de aguas subterráneas en el SEIA. Editor: Servicio de Evaluación Ambiental, SEA. ISBN: 978-956-9076-12-1.

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

TEILLIER, S., & BECERRA, P., 2003. Flora y Vegetación del Salar de Ascotán, Andes del Norte de Chile. *Gayana Botánica*, N° 60, Vol. 2, ISSN 0016-5301, pp: 114 – 122.

TORRES, H., 1983. Distribución y conservación de la vicuña (*Vicugna vicugna*). Grupo especialista en camélidos silvestres sudamericanos. Reporte para la Comisión de sobrevivencia de especies. Unión internacional para la conservación de la naturaleza y de sus recursos, 1196 Gland, suiza.

TREVIZAN, J., BARRIOS, L., FONFACH, C. Y ROJAS, R., 2001. Caracterización y delimitación del Oasis de Calama, Provincia del Loa, Región de Antofagasta. J.J. Consultores Asociados. 57 pp.

VILÁ, B., 1999 La importancia de la etología en la conservación y manejo de las vicuñas. *Etología*, 7:63-68

WASHINTONG-allen, R., RAMSEY, R., & WEST, N., 2008. WASHINTONG-allen, R. A., RAMSEY, R. D., WEST, N. E. and NORTON, B. E.: Quantification of the Ecological Resilience of Drylands Using Digital Remote Sensing, 13(1).