

Capítulo 2: Descripción del Ambiente

2.A: MEDIO FÍSICO Y BIÓTICO

Informe de Impacto Ambiental

Proyecto Rincón-Expte. 23.515

Salar del Rincón

Dpto. Los Andes - Provincia de Salta.

Abril 2024

Rev-00

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

Contenido

1	Introducción.....	1
2	Ubicación y descripción ambiental del área de estudio	2
2.1	Ubicación geográfica	2
2.2	Plano de pertenencia minera y servidumbre afectadas.	4
3	Área de Estudio del Proyecto	6
4	Geología	8
4.1	Geología regional	8
4.2	Geología local	10
4.2.1	Estratigrafía del sector	12
4.2.2	Tectónica y estructuras	30
5	Geomorfología	34
5.1	Basamento rocoso	34
5.1.1	Planicie de conos y abanicos aluviales.....	34
5.1.2	Depósitos de piedemonte:	35
5.1.3	Bajada arenosa:	35
5.1.4	Taludes detríticos y conos de deyección:	36
5.1.5	Playas salinas:	36
5.1.6	Lechos salinizados fluviales:	36
5.1.7	Terrazas y montículos lacustres:	37
5.1.8	Volcanes	37
5.1.9	Depósitos químicos	38
5.2	Sismología.....	42
6	Climatología	46
1.1	Caracterización general	46
1.2	Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad.	49
1.3	Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura	51

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

1.3.1	Precipitaciones	51	
1.3.2	Temperatura.....	53	
1.3.3	Evaporación.....	55	
1.3.4	Radiación	58	
1.4	Calidad del aire	58	
1.4.1	Objetivos	60	
1.4.2	Marco normativo aplicable	60	
1.4.3	Metodología	60	
1.4.4	Resultados y comparativas.....	65	e
1.4.5	Conclusiones.....	71	A
1.5	Ruidos.	71	P
1.5.1	Objetivos	72	E
1.5.2	Metodología	72	A
1.5.3	Resultados y comparativas.....	75	A.C
1.5.4	Resultados	81	L
1.5.5	Conclusiones.....	96	M
2	Hidrología e hidrogeología	97	X
2.1	Caracterización de cuerpos de agua superficiales y subterráneos en el área de estudio del proyecto.	97	R
2.1.1	Hidrología superficial.....	97	
2.1.2	Calidad del agua superficial.....	104	
2.1.3	Hidrogeología – aguas subterráneas.....	126	
2.1.4	Calidad de agua subterránea	138	
2.2	Uso actual y potencial	143	
2.3	Estudio piezométrico estático para cuerpos de agua subterránea.....	144	
2.3.1	Mediciones de Nivel Estático – Periodo enero 2020 a febrero 2022..	148	

2.3.2	Mediciones de nivel estático y mediciones de nivel freático – periodo noviembre 2020 a septiembre 2023.....	151	
2.4	Agua Superficial	160	
2.4.1	Niveles y caudales de agua	161	
2.4.2	Evolución Química	165	
2.5	Estudio piezométrico dinámico para fuentes de agua subterránea si correspondiere.	177	
3	Edafología.....	181	
3.1	Descripción y croquis con las unidades de suelo en el área de estudios del proyecto.....	181	e
3.1.1	Metodología	181	A
3.1.2	Resultados	187	P
3.2	Clasificación.....	202	E
3.2.2	Conclusiones.....	206	★
3.3	Calidad de suelos	207	A.C
3.3.1	Objetivos	207	L
3.3.2	Metodología	208	M
3.3.3	Resultados	213	✓
3.3.4	Conclusiones.....	216	R
3.4	Uso actual y potencial.	216	
3.5	Nivel de degradación en el área de estudio (bajo, moderado, severo, grave) 217		
4	Flora	218	
4.1	Introducción	218	
4.1.1	Objetivos	231	
4.2	Metodología	231	
4.2.1	Trabajo de campo.....	232	
4.2.2	Análisis de datos	247	

4.2.3	Estatus de conservación	248	
4.2.4	Mapa de NDVI.....	250	
4.2.5	Mapa de cobertura vegetal.....	250	
4.3	Resultados	251	
4.3.1	Sectores zonales	256	
4.3.2	Sectores Azonales	275	
4.3.3	Mapa de NDVI.....	299	
4.3.4	Mapa de Cobertura Vegetal.....	301	
4.4	Conclusiones.....	303	e
5	Fauna.....	305	A
5.1	Introducción	305	P
5.1.1	Objetivos	307	E
5.2	Metodología	308	A
5.2.1	Trabajo de campo.....	308	A.C
5.2.2	Análisis de datos	314	L
5.2.3	Estatus de conservación	315	M
5.3	Resultados	316	X
5.4	Especies en categorías de conservación	357	R
5.5	Conclusiones.....	363	
6	Limnología	368	
6.1	Introducción	368	
6.2	Objetivos	370	
6.2.1	Objetivos específicos:	370	
6.3	Metodología general.....	371	
6.3.1	Trabajo de campo.....	371	
6.3.2	Características de los puntos de muestreo:	374	

6.4	Parámetros físico – químicos y calidad ecológica de los sitios monitoreados	378	
6.4.1	Metodología	378	
6.4.2	Resultados	379	
6.5	Macroinvertebrados bentónicos.....	387	
6.5.1	Objetivo	388	
6.5.2	Metodología	389	
6.5.3	Resultados	391	
6.5.4	Conclusión.....	407	e
6.6	Zooplancton	408	A
6.6.1	Objetivo	408	P
6.6.2	Metodología	409	E
6.6.3	Resultados	409	A
6.7	Fitoplancton y Fitobentos.....	411	A.C
6.7.1	Objetivo	412	L
6.7.2	Metodología	412	M
6.7.3	Resultados	415	R
6.8	Conclusiones.....	447	
7	Ecosistemas microbianos	449	
8	Caracterización ecosistémica	453	
9	Áreas naturales protegidas en el área de estudios.....	455	
a.	Zona de Reserva de la Vicuña	455	
b.	Reserva Natural de Fauna Silvestre Los Andes	455	
i.	Introducción	455	
ii.	Características generales	456	
iii.	Generalidades del Territorio dentro de la Reserva.....	458	
iv.	Valores de conservación bióticos y abióticos	459	

v.	Zonificación de la Reserva Provincial Los Andes	461	
10	Paisaje.....	465	
10.1	Introducción	465	
10.2	Objetivo	466	
10.3	Metodología	466	
10.4	Identificación de las unidades de paisaje visual (UPV).....	467	
10.4.1	Variables morfométricas	468	
10.4.2	Color del material litológico.....	471	
10.4.3	Caracterización de la calidad visual de las UVP.....	472	e
10.4.4	Infraestructura.....	474	A
10.4.5	Valoración de la calidad visual de las UVP	474	P
10.5	Resultados	475	E
10.5.1	Unidades de Paisajes Visuales	475	A
10.5.2	Caracterización de las UPV	477	A.C
10.6	Calidad visual de las UVP	503	L
10.7	Conclusiones.....	506	M
11	Bibliografía	507	X

Índice de tablas

Tabla 1.	Propiedades que integran el Proyecto Rincón.....	4
Tabla 2.	Rangos de peligrosidad – Zonificación sísmica de la República Argentina	42
Tabla 3.	Resultado del cálculo de zonificación sísmica	44
Tabla 4.	Localización de las estaciones meteorológicas.....	49
Tabla 5.	Promedios mensuales de lluvia (en mm) para las estaciones consideradas.....	51
Tabla 6.	Valores promedios mensuales de temperatura (°C) para el Área de Estudio	54
Tabla 7.	Balances hídricos de las estaciones meteorológicas del Área de Estudios	57
Tabla 8.	Coordenadas de ubicación geográfica de los sitios de muestreo:	61
Tabla 9.	Muestreo de calidad de aire: Años 2013, 2022 y 2023	62
Tabla 10.	Resultados de muestreos efectuados por RMPL en el 2013.....	66

Tabla 11. Resultados obtenidos y comparativa con los Niveles Guía - Ley N° 24.585 - Noviembre 2022.....	67
Tabla 12. Resultados obtenidos y comparativa con los Niveles Guía - Ley N° 24.585 – Abril 2023	69
Tabla 13. Normas de comparación para Ruido.	74
Tabla 14. Término de corrección por zona Kz para las diferentes zonas	75
Tabla 15. Término de corrección por ubicación de la finca Ku	75
Tabla 16. Término de corrección por horario Kh según normas IRAM 4062.....	75
Tabla 17. Coordenadas de ubicación geográfica de los sitios de muestreo:.....	76
Tabla 18. Valores obtenidos de niveles de ruido – RMPL 2013	81
Tabla 19. Valores obtenidos de niveles de ruido – noviembre 2022 y marzo 2023.....	82
Tabla 20. NSCE (en dBa) en comparación con las normativas de referencia.	82
Tabla 21. Subcuencas, superficies y caudales.	99
Tabla 22. Características físico-químicas de los grupos de agua de la cuenca del Salar del Rincón	106
Tabla 23. Puntos de ubicación de toma de muestras de agua superficial – Ady Resources Limited (2007).....	110
Tabla 24. Puntos de ubicación de toma de muestras de agua superficial – RMPL (2013, 2022 y 2023)	111
Tabla 25. Muestreo de agua superficial	114
Tabla 26. Resultados de ADY Resources Limited (2007)	118
Tabla 27. Resultados de RMPL (2013).....	119
Tabla 28. Resultados de RMPL (2013).....	120
Tabla 29. Datos de los piezómetros ambientales someros (Noviembre, 2023).....	134
Tabla 30. Ubicaciones Históricas y Actuales de los Sitios de Muestreos de Agua Subterránea	140
Tabla 31. Resultados de Muestreos de Agua subterránea (RMPL, 2013).....	141
Tabla 32. Comparativa de parámetros para análisis de calidad de agua en base a la Ley N° 24.585. Pozo W2. Rincon Mining PTY Limited.....	142
Tabla 33. Ubicación de puntos de muestreo de niveles estáticos – Periodo enero 2020 a febrero 2022	144
Tabla 34. Ubicación de puntos de muestreo de niveles estáticos – Periodo noviembre 2022 a septiembre 2023	145
Tabla 35. Niveles estáticos-Sistema Acuífero Salar del Rincón (mbbp).....	148
Tabla 36. Mediciones niveles estáticos - Cono aluvial (mbbp).....	150
Tabla 37. Mediciones de niveles estáticos en pozos -Abril 23 hasta Septiembre 23.....	152

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Tabla 38. (Continuación) Mediciones de niveles estáticos en pozos -Nov 22 hasta Marzo 23	154
Tabla 39. Puntos de mediciones de profundidad de Agua Superficial y Resultados	162
Tabla 40. Medición de Caudales	162
Tabla 41. Niveles dinámicos - Pozo W2	179
Tabla 42. Caracterización de los Afloramientos asociados a los suelos.	195
Tabla 43. Caracterización de la Asociación de suelo	195
Tabla 44. Análisis de Laboratorio Suelo SAC	201
Tabla 45. Clasificación de Suelos: "Soil Taxonomy"	204
Tabla 46. Muestreo de calidad de suelos. Noviembre 2022	209
Tabla 47. Ubicación de muestras gradiente	209
Tabla 48. Comparación de resultados de las muestras de suelo del Proyecto Rincón, RMPL. Noviembre 2022.....	214
Tabla 49. Comparación de resultados de las muestras de suelo del Proyecto Rincón, RMPL. Marzo 2023.	215
Tabla 50. Resumen de las provincias fitogeográficas reportadas para la puna salteña (Cabrera, 1994).	220
Tabla 51. Coordenadas unidades de muestrales de flora ADY 2007	223
Tabla 52. Ambientes del Salar del Rincón descriptos por ADY 2007 para la flora.	224
Tabla 53. Unidades de vegetación del Salar del Rincón descriptos por Ausenco 2018.....	227
En la Tabla 54 se muestran las coordenadas de las parcelas georreferenciadas por GPS en ambas campañas, y en el siguiente mapa su ubicación (Figura 31). La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.26.	234
Tabla 55. Coordenadas de las parcelas de vegetación-primera y segunda campaña.....	235
Tabla 56. Coordenadas de las transectas de vegetación azonal-1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023).....	240
Tabla 57 Coordenadas de los puntos de observación realizados-1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023).....	242
Tabla 58. Coordenadas de inicio fin de cada sección de caracterización para las transectas de gradientes.....	244
Tabla 59. Descripción de las especies registradas en el área de estudio considerando relevamientos previos (ADY 2007 y Ausenco 2018) el actual (1ra Campaña noviembre 2022 y 2da Campaña marzo 2023). X en azul corresponden a observaciones casuales fuera de las parcelas o transectas de muestreo	253
Tabla 60. Características comunitarias de la unidad Estepa de Aloysia desertícola de la primera y segunda campaña.....	257
Tabla 61. Características comunitarias de la unidad Estepa de Atriplex imbricata.	261

e
A
P
E
A
A.C
L
M
X
R

Tabla 62. Características comunitarias de la unidad Estepa gramínea.	266
Tabla 63. Características comunitarias de la unidad Arbustal mixto	271
Tabla 64 Características comunitarias de la Vega El Rincón.....	276
Tabla 65. Características comunitarias de la Vega Laguna Rincon	279
Tabla 66. Características comunitarias de la Vega Faldeo Cienego.	281
Tabla 67. Características comunitarias arbustal de Parastrephia	285
Tabla 68 Características comunitarias Unidad de Frankenia.	288
Tabla 69. Esfuerzo de muestreo por unidad ambiental-primera campaña y segunda campaña	311
Tabla 70. Riqueza específica de especies para la primera y segunda campaña.....	316
Tabla 71. Proporción de la riqueza encontrada considerando la información precedente para el área del Salar del Rincón.....	317
Tabla 72. Listado de especies de mamíferos registradas en el área de estudio considerando relevamientos previos (ADY 2007 y Ausenco 2018) el actual (1ra Campaña y 2da Campaña)	327
Tabla 73: Listado de especies de Aves registradas en el área de estudio considerando relevamientos previos (ADY 2007 y Ausenco 2018) el actual (1ra Campaña y 2da Campaña)	329
Tabla 74. Listado de especies de Reptiles y Anfibios registradas en el área de estudio considerando relevamientos previos (Ausenco 2018) el actual (1ra Campaña y 2da Campaña)	350
Tabla 75. Listado de especies de Lepidoptera Papilionoidea y Odonata registradas en el área de estudio considerando el relevamiento actual (1ra Campaña y 2da Campaña)	356
Tabla 76. Listado de las especies de Vertebrados Tetrápodos y Papilionoidea registradas en la cuenca, el Salar del Rincón, comprendidas bajo algún criterio de amenaza teniendo en cuenta ambas campañas	358
Tabla 77. Coordenadas geográficas de puntos de muestreo de limnología para ambas campañas	372
Tabla 78. Parámetros fisicoquímicos en los puntos de muestreo-1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023).....	381
Tabla 79. Listado de taxones determinados y densidad (ind./m ²) de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo	393
Tabla 80. Medidas de diversidad alfa para los ensamblajes de macroinvertebrados bentónicos en los puntos de muestreo para la primer campaña y segunda campaña	402
Tabla 81. Taxones del zooplancton (ind/ml), registrados en los puntos de muestreo	410
Tabla 82. Listado y densidad (cel/ml) de taxones del fitoplancton en los puntos de muestreo para la primera y la segunda campaña	417

e
A
P
E
A
A.C
L
M
X
R

Tabla 83. Medidas de diversidad del fitoplancton en los puntos de muestreo para la primera campaña y segunda campaña 427

Tabla 84. Listado y densidad (cél./ml.) de taxones del fitobentos en los puntos de muestreo para la primera y segunda campaña..... 432

Tabla 85. Medidas de diversidad del fitobentos en los puntos de muestreo para la primera campaña y segunda campaña 443

Tabla 86. Valores de conservación bióticos y abióticos 461

Tabla 87. Componentes del Paisaje y criterios para su valoración. 474

Tabla 88. Unidades de Paisaje 475

Tabla 89. Evaluación de calidad visual del paisaje. 505

Índice figuras

Figura 1. Mapa de ubicación y vías de acceso3

Figura 2. Mapa del plano de pertenencias mineras.....5

Figura 3. Mapa del Área de Estudio del Proyecto7

Figura 4. Mapa geológico del área de estudio..... 29

Figura 5. Rasgos estructurales de la Puna Argentina con identificación del Salar del Rincón. 33

Figura 6. Mapa geomorfológico..... 41

Figura 7. Mapa de zonificación sísmica INPRES 43

Figura 8. Mapa sísmico del Proyecto 45

Figura 9. Índice de Martonne y Temperaturas medias de enero y julio..... 47

Figura 10. Precipitación media anual y Balance Hídrico Directo..... 48

Figura 11. Mapa de los puntos de muestreo de calidad de aire 63

Figura 12. Mapa de ubicación puntos de muestreo de niveles ruido..... 78

Figura 13. Mapa de la cuenca hídrica Salar del Rincón..... 98

Figura 14. Mapa de las subcuencas 103

Figura 15. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial 112

Figura 16. Mapa de la ubicación de los puntos piezómetros ambientales someros 135

Figura 177. Columnas estratigráficas con capas de arcilla en los piezómetros someros. .. 137

Figura 18. Mapa de los pozos de muestreo y mediciones de nivel freático – Periodo 2020 a 2022 y 2022 a 2023 147

Figura 19. Mapa de los puntos de muestreo y Mediciones de Caudal y Profundidad de Agua Superficial - Periodo 2022 a 2023 163

Figura 20. Componentes principales del área de estudio a partir de índices espectrales a partir de un mosaico satelital..... 182

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
F

Figura 21. Mapa del Modelo Digital de Elevaciones en tonos grises y Red Irregular Triangulada generada a partir del DEM	184
Figura 22. Curvas de nivel	185
Figura 23. Pendiente del área de estudio.....	186
Figura 24. Material parental de los suelos.	188
Figura 25. Ubicación de materiales originarios de los suelos del área de estudio. Transecta NO-SE	190
Figura 26. Ubicación de materiales originarios de los suelos del área de estudio. Transecta NE-SO	191
Figura 27. Mapa de suelos	196
Figura 28. Distribución geográfica de las unidades taxonómicas en la Cuenca Rincón.	204
Figura 29. Transecta N-S. Ubicación de los suelos Torripsamente típico y Torripsamente lítico.	205
Figura 30. Mapa de los puntos de muestreo de suelos.....	210
Figura 31. Mapa de las parcelas de vegetación - ADY 2007, 1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023).....	237
Figura 32. Mapa de las transectas de vegetación azonal-1ra campaña (noviembre 2022) y 2da campaña (marzo 2023).....	241
Figura 33. Mapa de los puntos de observación de flora- ADY 2007, 1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023).....	243
Figura 34. Mapa de las transectas de gradiente.....	246
Figura 35. Densidad relativa por especie para la Estepa de Aloysia desertícola a) primera campaña y b) segunda campaña	258
Figura 36. Cobertura relativa (%) por especie para la Estepa de Aloysia desertícola en la a) primera campaña y b) segunda campaña.....	259
Figura 37. Abundancias relativas de altura por especie para la Estepa de Aloysia desertícola en la a) primera campaña y la b) segunda campaña	260
Figura 38. Densidad relativa por especie para la Estepa de Atriplex imbricata para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	262
Figura 39. Densidad relativa por especie para la Estepa de Atriplex imbricata para la a) primera campaña y la b) segunda campaña.	263
Figura 40. Densidad relativa por especie para la Estepa de Atriplex imbricata para la a) primera campaña y b) segunda campaña.....	264
Figura 41. Densidad relativa por especie para la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	267
Figura 42. Cobertura relativa por especie para la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	268

e
A
P
E
A
A.C
L
H
J
R

Figura 43. Rangos de altura por especie para la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	269
Figura 44. Densidad relativa por especie para el Arbustal mixto de ladera para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	272
Figura 45. Cobertura relativa por especie para el Arbustal mixto de ladera para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	273
Figura 46. Densidad relativa por especie para el Arbustal mixto de ladera para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	274
Figura 47. Coberturas relativas por especie para la vega El Rincón para la a) primera campaña y la b) segunda campaña	277
<i>Figura 48 Coberturas relativas por especie para la Vega Laguna Rincón para la a) primera campaña y la b) segunda campaña</i>	<i>279</i>
Figura 49 Coberturas relativas por especie para la Vega Faldeo Cienego para la a) primera campaña y b) segunda campaña	282
Figura 50 Abundancia por especie para Arbustal de Parastrephia	286
Figura 51 Cobertura por especie para la Unidad de Frankenia para la a) primera campaña y b) segunda campaña	289
Figura 52. Presencia y proporciones de especies en las secciones B y C de la Transecta 01	292
Figura 53. Presencia y proporciones de especies en las secciones A, B y C de la Transecta 02	296
Figura 54. Presencia y proporciones de especies en las secciones A, B, C y D de la Transecta 03.....	298
Figura 55. Perfil topográfico de la transecta de gradiente	299
Figura 56. Mapa de NDVI.....	300
Figura 57. Mapa de cobertura vegetal.....	302
<i>Figura 58. Mapa de hábitats de importancia para la fauna</i>	<i>310</i>
Figura 59. Mapa de ubicación de transectas de muestreo de fauna-ADY 2007, 1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023) y de cámaras trampa.....	312
Figura 60. Frecuencia proporcional de registro de las especies de Mamíferos para la a) primera campaña y b) segunda campaña	318
Figura 61. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Quebradas húmedas de la zona norte según la primera campaña (N=107)	331
Figura 62. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Quebradas húmedas de la zona norte de la segunda campaña (N=159)	332

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

Figura 63. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Estepas y roquedales de las barrancas de ignimbritas del sector oeste para la primera campaña (N=202).....	335
Figura 64. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Estepas y roquedales de las barrancas de ignimbritas del sector oeste para la segunda campaña (N=90)	336
Figura 65. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Estepas de borde de salar sobre laderas bajas y el propio salar para la primera campaña (N=401)	337
Figura 66. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Estepas de borde de salar sobre laderas bajas y el propio salar para la segunda campaña (N=202)	338
Figura 67. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Humedales de cuenca baja y borde de salar, para la primera campaña (N=702).....	340
Figura 68. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Humedales de cuenca baja y borde de salar, para la segunda campaña (N=727).....	342
Figura 69. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Humedales de la Cuenca Alta para la primera campaña (N=415).....	344
Figura 70. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Aves de Humedales de la Cuenca Alta para la primera campaña (N=1402).....	345
Figura 71. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Papilionidae (Mariposas Diurnas) para la primera campaña en Salar del Rincón y entorno.	351
Figura 72. Curva de Rango-Abundancia representativa de la Comunidad de Papilionidae (Mariposas Diurnas) del muestreo de Marzo de 2023 en Salar del Rincón y entorno.	353
Figura 73. Mapa de los puntos de muestreo de limnología-Ausenco 2018, 1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023).....	373
Figura 74. Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros físico-químicos y el ordenamiento de los puntos de muestreo.....	384
Figura 75. Análisis de componentes principales (ACP) de los parámetros fisicoquímicos y el ordenamiento de los puntos de muestreo. Los sitios están marcados por los puntos de color negro.	386
Figura 76. Abundancia relativa de los macroinvertebrados bentónicos en todos los puntos de muestreo durante la campaña de noviembre de 2022	394
Figura 77. Abundancia total de los macroinvertebrados bentónicos en la campaña de marzo de 2023	395
Figura 78. Abundancia Relativa de macroinvertebrados-Vega Rincón-a) primera campaña y b) segunda campaña	396

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Figura 79. Abundancia relativa de macroinvertebrados Laguna Rincón-a) primera campaña y segunda campaña	397
Figura 80. Abundancia relativa de macroinvertebrados-Faldeo Ciénago-a) primera campaña y b) segunda campaña	398
Figura 81. Abundancia relativa- Vega Catua 1-a) primera campaña y b) segunda campaña	399
Figura 82. Abundancia relativa de macroinvertebrados-Vega Catua 2-a) primera campaña y b) segunda campaña	400
Figura 83. Abundancia relativa de macroinvertebrados - Vega Huaytiquina	401
Figura 84. Abundancia relativa de macroinvertebrados - Vega Saladillo	401
Figura 85. Riqueza y abundancia de macroinvertebrados en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña	403
Figura 86. Dominancia y diversidad de macroinvertebrados en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña.....	404
Figura 87. Análisis cluster, diversidad beta (similitud de Bray-Curtis) en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña.....	406
Figura 88. Abundancia relativa del zooplancton en los puntos de muestreo.	411
Figura 89. Grupos de algas del fitoplancton en los puntos de muestreo para la primera campaña – Composición percentual	416
Figura 90. Grupos de algas del fitoplancton en los puntos de muestreo para la segunda campaña. Composición Porcentual.	416
Figura 91. Abundancia relativa del fitoplancton en V. Rincón para la a) primera campaña y b) segunda campaña	419
Figura 92. Abundancia relativa del fitoplancton en L. Rincón para la a) primera campaña y b) segunda campaña	420
Figura 93. Abundancia relativa del fitoplancton en Faldeo Ciénago para la a) primera campaña y b) segunda campaña	421
Figura 94. Abundancia relativa del fitoplancton en V. Catua 1 para la a) primera campaña y b) segunda campaña	422
<i>Figura 95. Abundancia relativa del fitoplancton en Vega Catua 2 para la a) primera campaña y b) segunda campaña</i>	<i>423</i>
Figura 96. Abundancia relativa del fitoplancton en Vega Huaytiquina.....	424
Figura 97. Abundancia relativa del fitoplancton en Vega Saladillo	424
Figura 98. Riqueza y abundancia del fitoplancton en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña	428
Figura 99. Dominancia y diversidad de Shannon del fitoplancton en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña	429

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
R

Figura 100. Índice de similitud Bray - Curtis para el fitoplancton en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña 430

Figura 101. Grupos de algas de fitobentos en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y la b) segunda campaña 431

Figura 102. Abundancia relativa del fitobentos en Vega Rincón para la a) primera campaña y la b) segunda campaña 435

Figura 103. Abundancia relativa del fitobentos en Laguna Rincón para la a) primera campaña y b) segunda campaña 436

Figura 104. Abundancia relativa del fitobentos Faldeo Ciénago para la a) primera campaña y b) segunda campaña 437

Figura 105. Abundancia relativa del fitobentos en V. Catua 1 para la a) primera campaña y b) segunda campaña 438

Figura 106. Abundancia relativa del fitobentos en V. Catua 2 para la a) primera campaña y b) segunda campaña 439

Figura 107. Abundancia relativa del fitobentos en Vega Huaytiquina para la segunda campaña 440

Figura 108. Abundancia relativa del fitobentos en Vega Saladillo para la segunda campaña 440

Figura 109. Riqueza y abundancia del fitobentos en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y la b) segunda campaña 444

Figura 110. Dominancia y diversidad del fitobentos en los puntos de muestreo para la primera campaña 445

Figura 111. Índice de disimilitud de Bray - Curtis para el fitobentos en los puntos de muestreo para la a) primera campaña y b) segunda campaña 446

Figura 112 Mapa de los puntos de muestreo de extremófilos..... 452

Figura 113. Mapa de la Zonificación de la Reserva Provincial Los Andes-Pertenencias del Proyecto Rincón 464

Figura 114. Factores abióticos que permiten identificar las UPV. Factores bióticos, antrópicos y abióticos que permiten caracterizar las UPV. 468

Figura 115. Modelo de elevación del terreno..... 469

Figura 116. *Pendiente. Atributo de flujo relacionado con la velocidad de los flujos impulsados por la gravedad.*..... 469

Figura 117. **Relación Norte.** Atributo de flujo. Indica el sector del terreno donde una pendiente está orientada hacia el norte, lo que da como resultado la septentrionalidad. . 470

Figura 118. **Relación Este.** Atributo de flujo. Indica el sector del terreno donde una pendiente está orientada hacia el este, lo que da como resultado la meridionalidad. 470

Figura 119. Curvatura horizontal. Atributo de flujo. Se relaciona con la convergencia o divergencia de un flujo lateral.	471
Figura 120. Composición de imágenes Landsat 8. (RGB: 654). Tonos y texturas topográficas de Salar del Rincón. Factor de altura 1.5 x.	472
Figura 121. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) de imágenes del satélite Sentinel 2 ^a	473
Figura 122. Unidades de Paisajes Visuales (UPV). Cuenca Rincón.	476
Figura 123. Unidad de Paisaje Visual 1 de la Cuenca Rincón	478
<i>Figura 124. Unidad de Paisaje Visual 1. Ubicación espacial de comunidades vegetales y elementos antrópicos.</i>	479
Figura 125. Unidad de Paisaje Visual 2. de la Cuenca Rincón.....	481
<i>Figura 126. Unidad de Paisaje Visual 2. Ubicación espacial de comunidades vegetales y elementos naturales.</i>	482
Figura 127. Unidad de Paisaje Visual 3 de la Cuenca Rincón	484
Figura 128. Unidad de Paisaje Visual 3. Ubicación espacial de elementos naturales y antrópicos.	485
Figura 129. Unidad de Paisaje Visual 4 de la Cuenca Rincón	487
<i>Figura 130. Unidad de Paisaje Visual 4. Ubicación espacial de elementos naturales.</i>	488
Figura 131. Unidad de Paisaje Visual 5 de la Cuenca Rincón	489
Figura 132. Unidad de Paisaje Visual 5. Ubicación espacial de elementos naturales.	490
Figura 133. Unidad de Paisaje Visual 6 de la Cuenca Rincón	492
Figura 134. Unidad de Paisaje Visual 6. Ubicación espacial de elementos naturales y antrópicos.	493
Figura 135. Unidad de Paisaje Visual 7 de la Cuenca Rincón	495
<i>Figura 136. Unidad de Paisaje Visual 7. Ubicación espacial de elementos naturales y antrópicos.</i>	496
Figura 137. Unidad de Paisaje Visual 8 de la Cuenca Rincón	498
Figura 138. Unidad de Paisaje Visual 9 de la Cuenca Rincón	502
Figura 139. Mapa de calidad visual del paisaje	504

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

Índice de gráficos

Gráfico 1. Velocidades de viento promedias y máximas (km/h) - Salar del Rincón.....	50
Gráfico 2. Dirección del viento-Salar del Rincón	50
Gráfico 3. Precipitación media anual - Estaciones consideradas	52
Gráfico 4. Precipitaciones anuales periodo 2010-2022 (Salar del Rincón)	52
Gráfico 5. Medias mensuales de temperatura (°C) en el Área de Estudio	54

Gráfico 6. Correlación entre la evaporación y velocidad media del viento	55
Gráfico 7. Valores de radiación global diaria para el área de emplazamiento del Proyecto..	58
Gráfico 8. Sitio Nueva Planta (Nov. 2022)	83
Gráfico 9. Sitio Nueva Planta. (marzo 2023).....	84
Gráfico 10. Sitio de Bombeo de Salmuera (Nov.2022).....	85
Gráfico 11. Punto de muestreo de nivel de ruido Bombeo de Salmuera (Marzo 2023)	86
<i>Gráfico 12. Punto de muestreo de nivel de ruido RN 51 (Nov. 2022)</i>	<i>87</i>
Gráfico 13. Punto de muestreo de nivel de ruido RN 51 (Marzo 2023)	87
<i>Gráfico 14. Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón (Nov. 2022)</i>	<i>88</i>
Gráfico 15. Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón (Marzo 2023).....	89
Gráfico 16. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán (Nov. 2022).....	90
Gráfico 17. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán. (Marzo 2023).....	91
<i>Gráfico 18. Punto de muestreo de nivel de ruido pueblo de Catua (Nov. 2022)</i>	<i>92</i>
Gráfico 19. Punto de muestreo de nivel de ruido pueblo de Catua. (Marzo 2023)	93
Gráfico 20. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Jacha (Nov. 2022).....	93
Gráfico 21. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Jacha. (Marzo 2023).....	94
Gráfico 22. Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de Los Cobres sobre RN 51 (Nov. 2022)	95
Gráfico 23. Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de Los Cobres sobre RN 51. (Marzo 2023).....	96
Gráfico 24. Niveles estáticos - Pozo Salar.....	149
Gráfico 25. Niveles estáticos - Pozos cono aluvial (mbbp).....	151
Gráfico 26. Niveles estáticos - Pozos del Salar e Interzona	156
Gráfico 27. Niveles estáticos - Pozos del Abanico Aluvial (0-50m).....	157
Gráfico 28. Niveles estáticos - Pozos del Abanico Aluvial (50-100m)	158
Gráfico 29. Niveles estáticos - Pozos del Abanico Aluvial (100-150m).....	159
Gráfico 30. Niveles estáticos - Pozos Huaytiquina e Ignimbritas	160
Gráfico 31. Niveles de agua superficial	164
Gráfico 32. Aforo de cursos de agua.....	165
Gráfico 33. Valores de pH medidos en campo	166
Gráfico 34. Valores de conductividad eléctrica medidos en campo.....	167
Gráfico 35. Valores de oxígeno disuelto medidos en campo.....	168
Gráfico 36. Diagrama de Piper - Muestreo diciembre 2022.....	169
Gráfico 37. Diagrama de Piper - Muestreo febrero 2023	170
Gráfico 38. Diagrama de Piper - Muestreo Junio 2023	171
Gráfico 39. Diagrama de Piper - Muestreo septiembre 2023.....	172
Gráfico 40. Evolución Arsénico.....	174

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Gráfico 41. Evolución Boro 175
 Gráfico 42. Evolución Litio 176
 Gráfico 43. Evolución Calcio 177
 Gráfico 44: Niveles dinámicos en ensayo de bombeo escalonado 180

Índice de fotografías

Fotografía 1. Vista al SE, Sierra de Guayaos, límite oriental del Salar del Rincón. 13
Fotografía 2. Secuencia arena - pelítica, típica de la Fm Coquena. Estratos subverticales. . 13
Fotografía 3. Vista al N, Sierra de Catua. Discordancia Ordovícico/Paleógeno..... 17
Fotografía 4. En la base sedimentitas ordovícicas, por encima, discordancia mediante, Conglomerado rojizo asignado al Subgrupo Santa Bárbara. 17
 Fotografía 5. Sedimentitas rojizas del Grupo Pastos Grandes al sureste del Salar del Rincón. 18
 Fotografía 6. Afloramientos de la Fm Vizcachera al este de la localidad de Catua. 19
Fotografía 7. Formación Pucará. 20
Fotografía 8. Andesitas de la Fm Pucará..... 20
 Fotografía 9. Afloramiento de la Formación Tajamar. Sur del Salar del Rincón 20
Fotografía 10. Vulcanitas de composición dacítica de la Fm Tajamar 20
 Fotografía 11. Meseta de ignimbrita de la Formación Atana. Noreste del Salar 22
Fotografía 12. Surges de Ignimbrita Atana. Noreste del Salar. 22
 Fotografía 13. Ignimbrita Atana en la porción superior. Huaitiquina, extremo noroeste de la cuenca..... 22
Fotografía 14. Surges de Ignimbrita Atana. Huaitiquina, extremo noroeste de la cuenca. .. 22
Fotografía 15. Volcanes Pocitos, Del Medio y Tul Tul. Vulcanitas de Fm Rumibola 23
Fotografía 16. Andesitas de Fm Rumibola. Cerro Tul Tul..... 23
 Fotografía 17. Campo de geiseres inactivos, noroeste del Salar 25
Fotografía 18. Travertinos..... 25
 Fotografía 19. Vista del Salar del Rincón desde el sur. 26
Fotografía 20. Costra salina rugosa de borde de Salar. Con sedimentos detríticos. 26
Fotografía 21. Costra salina lisa poligonada. Borde sur del Salar..... 27
Fotografía 22. Depósitos aluviales..... 28
 Fotografía 23. Bajada arenosa 36
Fotografía 24. Cono de deyección 37
Fotografía 25. Playa salina 37
 Fotografía 26. Mirada hacia Suroeste. De la izquierda para la derecha - Volcanes Pocitos, del Medio y Tul Tul 38

e
A
P
E
★
A.C
L
M
★
P

Fotografía 27. Costra salina poligonada	40
Fotografía 28. Costra salina rugosa	40
Fotografía 29. Sitio Nueva Planta	64
Fotografía 30. Sitio Ruta 51	64
Fotografía 31. Campo de bombeo	64
Fotografía 32. Sitio Catua	64
Fotografía 33. Sitio Puesto Jacha	65
Fotografía 34. Sitio Laguna del Rincón	65
Fotografía 35. Sitio Mina Talismán	65
Fotografía 36. R-1 Punto de muestreo de nivel de ruido nueva planta	79
Fotografía 37. R-2 Punto de muestreo de nivel de ruido campo de bombeo de salmuera ...	79
Fotografía 38. R-3 Punto de muestreo de nivel de ruido RN 51	79
Fotografía 39. R-4 Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón	80
Fotografía 40. R-5 Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán	80
Fotografía 41. R-6 Punto de muestreo de nivel de ruido Catua	80
Fotografía 42. R-7 Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Jacha	81
Fotografía 43. R-8 Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de Los Cobres	81
Fotografía 44. Vega Rincón (Nov/22).....	115
Fotografía 45. Vega Rincón (Mar/23).....	115
Fotografía 46. Laguna Rincón (Nov 22).....	116
Fotografía 47. Laguna Rincón (Mar 23).....	116
Fotografía 48. Bailabuena (Nov 22).....	116
Fotografía 49. Bailabuena (Mar 23).....	116
Fotografía 50. Vega Catua (Nov 22).....	116
Fotografía 51. Vega Catua (Mar 23).....	116
Fotografía 52. Vega Catua 2 (Nov 22).....	117
Fotografía 53. Vega Saladillo (Mar 23).....	117
Fotografía 54. Alto Huaytiquina (Mar 23).....	117
Fotografía 55. Alto Huaytiquina (Mar 23).....	117
Fotografía 56. Pendientes asociados al poder erosivo según el grado de energía	189
Fotografía 57. Pendientes asociadas al poder erosivo según el grado de energía	192
Fotografía 58. Meteorización física	193
Fotografía 59. Materiales originarios de suelos.....	193
Fotografía 60. Suelo orgánico de Vega.....	194
Fotografía 61. S1 muestra superficial suelo Planta.....	211
Fotografía 62. S2 muestra superficial suelo Campamento.....	211
Fotografía 63. S3 muestra superficial suelo (SBFD)	211

e
A
P
E
A
A.C
L
M
X
R

Fotografía 64. Sg1. Muestra superficial suelo Gradiente uno	212
Fotografía 65. Sg2. Muestra superficial suelo Gradiente dos.....	212
Fotografía 66. Sg3. Muestra superficial suelo Gradiente tres	212
Fotografía 67. Relevamiento en campo por medio de parcelas en la a) primera campaña y en la b) segunda campaña	233
Fotografía 68. Relevamiento en campo por medio de transectas en sectores de vegas o bordes de salar en la a) primera campaña y en la b) segunda campaña.....	238
Fotografía 69. Vista de una parcela de la unidad de estepa de <i>Aloysia deserticola</i> en la a) primera campaña y en la b) segunda campaña	260
<i>Fotografía 70 Vista de la Estepa de <i>Atriplex imbricata</i> sector Este para la a) primera campaña y b) segunda campaña.</i>	<i>265</i>
<i>Fotografía 71 Vista de la Estepa de <i>Atriplex imbricata</i> sector Sur para la a) primera campaña y b) segunda campaña.</i>	<i>265</i>
Fotografía 72 Vista de la Estepa de <i>Fabiana punensis</i> , en el punto de observación Po8. ..	266
<i>Fotografía 73. a) Vista de la Estepa de gramínea. Parcela en la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña</i>	<i>270</i>
<i>Fotografía 74. Vista del Arbustal de ladera Norte del salar para la a) primera campaña y b) segunda campaña c) Vista del Arbustal de ladera Sur del salar</i>	<i>275</i>
<i>Fotografía 75. a) Vista de la Vega El Rincón. Toma de datos en Vega El Rincón en la b) primera campaña y c) segunda campaña.....</i>	<i>278</i>
Fotografía 76. Vista de Vega Unquillar.	280
Fotografía 77 Toma de datos en Vega Unquillar	280
Fotografía 78. Vista de Vega Laguna Rincon.	281
Fotografía 79 Toma de datos en Vega Laguna Rincón.	281
<i>Fotografía 80 Vista de Vega Faldeo Cienego (a). Toma de datos en Vega Faldeo Cienego para la b) primera campaña y b) segunda campaña.....</i>	<i>283</i>
Fotografía 81 Vista norte de Vega Huaytiquina.....	284
Fotografía 82 Vista sur de Vega Huaytiquina.....	284
<i>Fotografía 83 Vista de un Arbustal de <i>Parastrephia</i> (a). Toma de datos en Arbustal de <i>Parastrephia</i> para la b) primera campaña y b) segunda campaña</i>	<i>287</i>
Fotografía 84 Vista del Punto de Observación Po2 correspondiente al Arbustal de <i>Parastrephia</i> para la a) primera campaña y b) segunda campaña	287
<i>Fotografía 85. Vista de la unidad de <i>Frankenia triandra</i> para la a) primera campaña y b) segunda campaña. Punto de observación Po4, <i>F. triandra</i> junto a <i>L. humile</i> para la c) primera campaña y d) segunda campaña</i>	<i>290</i>
Fotografía 86. Vista de la unidad de Unidad de <i>Lycium humile</i> y <i>Distichilis humilis</i> para la a) primera campaña y b) segunda campaña.....	291

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Fotografía 87. Fotografía de la unidad de la sección A de la Transecta 01	292
Fotografía 88 Fotografía de la unidad de la sección B de la Transecta 01	292
Fotografía 89 Fotografía de la unidad de la sección C de la Transecta 01	293
Fotografía 90 Fotografía de la unidad de la sección A de la Transecta 02	294
Fotografía 91 Fotografía de la unidad de la sección B de la Transecta 02	294
Fotografía 92 Fotografía de la unidad de la sección C de la Transecta 02	295
Fotografía 93.a) Fotografía de la sección A y B de la Transecta 03 y b) Fotografía 94. Fotografía de la sección B y C de la Transecta 03	297
Fotografía 95. Tropa de "solteros" de Vicuña	319
Fotografía 96. Vicuña, individuo juvenil	319
Fotografía 97. Tojo asomando de su madriguera	320
Fotografía 98. Fecas de Puma (Puma concolor)	321
Fotografía 99. Chinchillón o vizcacha de la sierra-Lagidium viscacia	321
Fotografía 100. Laucha del género Akodon, posiblemente Akodon albiventer	322
Fotografía 101. Llamas pastando en las estepas del norte del salar (ganado perteneciente a Juana Nieva)	323
Fotografía 102. Ovinos y caprinos en Vega Catua	323
Fotografía 103. Chinchillón en Quebrada Bailabuena	324
Fotografía 104. Zorro en Quebrada Bailabuena	324
Fotografía 105. Zorro en Ignimbritas	325
Fotografía 106. Puma en Vega Rincón	325
Fotografía 107. Yal chico, Geospizopsis plebejus	333
Fotografía 108. Suri Rhea pennata	335
Fotografía 109. Palomita Aymara Metriopelia aymara	336
Fotografía 110. Aguilucho Variado Geranoaetus polyosoma	338
Fotografía 111. Flamencos Andinos Phoenicoparrus andinus	339
Fotografía 112. Patos Juarjuales, Lophonetta specularioides	343
Fotografía 113. Chorlito de Vincha o Andino Phegornis mitchellii	346
Fotografía 114. Lagartija Puna Listada, Liolaemus puna	348
Fotografía 115. Sapo puneño Rhinella spinulosa	349
Fotografía 116. Renacuajo y adulto joven de Sapo Puna Rhinella spinulosa	349
Fotografía 117. Nívea azufrada Hypsochila wagenknechti sulphurodice	352
Fotografía 118. Ejemplar de Altoandina Phulia nymphula	354
Fotografía 119. Caballito del Diablo Puneño Protallagma titicacae	355
Fotografía 120. Vega Rincón	374
Fotografía 121. Laguna Rincón	375
Fotografía 122. Faldeo Ciénago	375

e
A
P
E
★
A.C
L
M
★
P

Fotografía 123. Vega Catua 1.....	376
Fotografía 124. Vega Catua 2.....	376
Fotografía 125. Vega Huaytiquina	377
Fotografía 126. Vega Saladillo	377
Fotografía 127. Aeshnidae (Rhionaeshna sp.)	388
Fotografía 128. Chironomidae Orthoclaadiinae.....	388
Fotografía 129. Red surber modificada para arroyos andinos	389
<i>Fotografía 130. Aeshnidae (Rhionaeshna sp.)</i>	<i>392</i>
<i>Fotografía 131 Chironomidae Orthoclaadiinae.....</i>	<i>392</i>
Fotografía 132. Algunos componentes del ensamble de macroinvertebrados bentónicos en V. Catua 2: A) Austrelmis sp.; B) Ephydriidae (Ephydra sp.) escala: 3 mm.....	406
Fotografía 133. Algunos componentes del ensamble de macroinvertebrados bentónicos: A) Coenagrionidae (Protallagma titicacae); B) Elmidae (adulto y larva); C) Diptera Muscidae; D) Cladocera; E) Amphipoda (Hyaella sp.); F) Chironomidae Podonominae. Escala: cada cuadrado= 1 mm.	407
Fotografía 134. Taxones del zooplancton. A) Copepoda Calanoida. B) Amebozoa Arcella sp.	411
Fotografía 135. Componentes del fitoplancton: A- Ulnaria aff. acus; B- Craticula aff. ambigua.	425
Fotografía 136. Componentes del fitoplancton: A- Pinnularia brebissoni; B- Spirogyra sp.	425
<i>Fotografía 137. Taxones del fitobentos. A- Gyrosigma sp.; B- Surirella fortii</i>	<i>441</i>
Fotografía 138. Taxones del fitobentos. A- Lyngbya sp.; B- Closterium sp.....	441
Fotografía 139. Vista del Salar del Rincón desde Ruta Nacional 51	500
Fotografía 140. Vista hacia el norte del Salar de la UPV "Área montañosa"	503

Listado de Siglas y Acrónimos

AM	Amenazada
AO	Área Operativa
BM	Banco Mundial
CAA	Código Alimentario Argentino
CIRSOC	Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CVAP	Complejo Volcánico Altiplano - Puna
DC	Dependiente de Conservación
E	Este
EB	Endemismo del Bioma Puna/Altoandino
EHS	Guías de Ambiente, Salud y Seguridad de la Corporación Financiera Internacional
EM	Estación Meteorológica
EMSAC	Estación Meteorológica San Antonio de los Cobres
EN	En Peligro
ENBPA	Estrategia Nacional Sobre La Diversidad Biológica Y El Plan De Acción 2016-2020
ENEEI	Estrategia Nacional Sobre Especies Exóticas Invasoras
EPO	Estación Pluviométrica Olacapato
EPSP	Estación Pluviométrica EPSP
ESE	Este-Sureste
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental y Social
ETO	Evapotranspiración Potencial
GEE	Google Earth Engine
GERSolar	Grupo de Estudios de la Radiación Solar
IC	Insuficientemente Conocida
IFC	Corporación Financiera Internacional
IIA	Informe de Impacto Ambiental
INPRES	Instituto Nacional de Prevención Sísmica
IRAM	Instituto Argentino de Normalización y Certificación
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
LAT	Línea de Alta Tensión
LBA	Línea de Base Ambiental
LCE	Carbonato de Litio
Li (A) (ruido)	presión sonora instantánea ponderada según la curva A
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MDE	Modelo Digital de Elevaciones
MDT	Modelo Digital de Terreno
n (ruido)	número de mediciones realizadas
NA	No Hay Información o Registro
NC	No Categorizada
NDVI	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

NE	Noreste
NIR	Infrarrojo cercano
NO	Noroeste
NOA	Noreste Argentino
NS	Norte-Sur
NSCE	Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente
NT	Cercana a la Amenaza
NW	Noroeste
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONO	Oeste-Noroeste
OT	Olacapato - Toro
P (clima)	Precipitación
P0 (ruido)	Presión acústica de referencia
PA (t) (ruido)	presión sonora instantánea ponderada según la curva A
PO	Punto de Observación
pV	Potencialmente Vulnerable
RMPL	Rincon Mining PTY Limited
RN	Ruta Nacional
SAC	San Antonio de los Cobres
SE	Sureste
SEGEMAR	Servicio Geológico Minero de la Nación
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SNIC	Simple Non-Iterative Clustering
SO	Suroeste
STD	Sólidos Totales Disueltos
SWIR	Infrarrojo lejano
T (clima)	Temperatura
T (ruido)	intervalo de integración
TIN	red irregular triangulada
Tpa	Toneladas por año (toneladas/año)
UN	Unidades
UPV	Unidades de Paisaje Visual
US EPA	Environmental Protection Agency
VU	Vulnerable
ZVC	Zona Volcánica Central de los Andes

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

1 Introducción

El presente capítulo, forma parte de la Línea de Base Ambiental (LBA) del Proyecto Rincón, de la empresa Rincon Mining PTY Limited (en adelante "RMPL"), y describe las características del entorno previo al inicio de las actividades establecidas para el emplazamiento de la Planta de 50.000 toneladas por año (tpa) de Carbonato de Litio (Proyecto Rincón o el Proyecto).

Como parte de la Descripción Ambiental, se realizó la recopilación de información secundaria para el área del proyecto. A su vez, se generó un análisis de antecedentes de las campañas efectuadas desde el año 2007 en el Salar del Rincón por parte de la empresa Ady Resources, al igual que los estudios realizados por RMPL realizados en el 2014 y presentados en el Informe de Impacto Ambiental (IIA) del 2018. Dicha información se complementó con los resultados obtenidos en la primera Campaña de Muestreo y Caracterización de los componentes físicos y biológicos realizada en noviembre de 2022 (época/temporada seca) y marzo 2023 (época/ temporada húmeda) dentro del área de estudios.

También se realizó el relevamiento social para la descripción socioeconómica del Proyecto, el cual está detallado en **2.B: Aspectos Socioeconómicos y Culturales**.

Se presenta a su vez, como **2.C: Servicios ecosistémicos**, una identificación de los mismos dentro del Área de Estudio del Proyecto, así como su clasificación y mapeo de zonas de importancia.

Tanto de los componentes físicos (suelo, aire, agua) como de los componentes biológicos (flora, fauna, limnología, extremófilos) y sociales, se generó información primaria con el registro fotográfico y cartográfico correspondiente para un mayor entendimiento.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

2 Ubicación y descripción ambiental del área de estudio

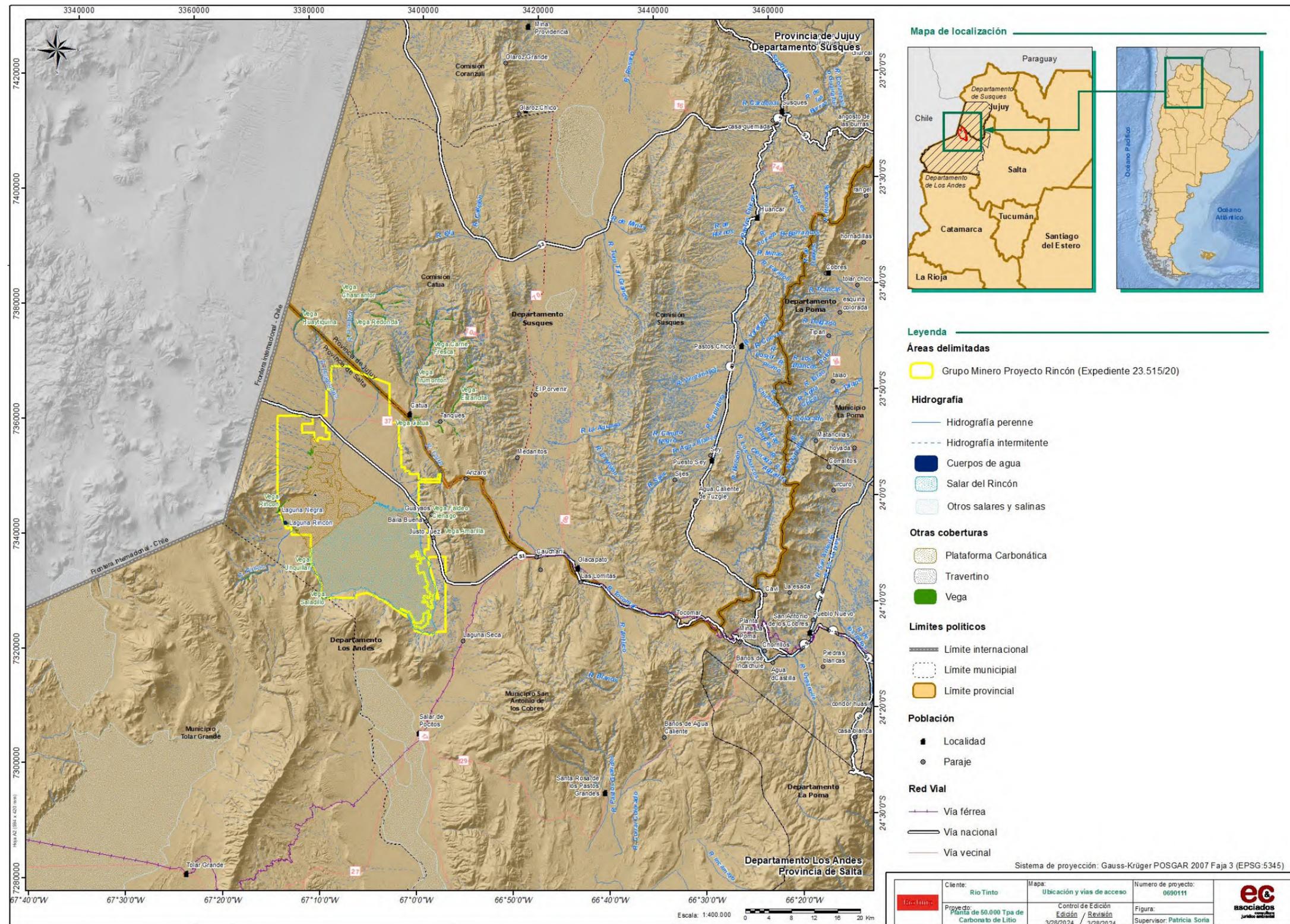
2.1 Ubicación geográfica

El Proyecto Rincón está localizado en el Salar del Rincón, Departamento Los Andes, provincia de Salta, a una altitud de 3.725 m.s.n.m.

La figura 1 que se observa en la siguiente página, muestra la ubicación geográfica del Proyecto y las rutas de acceso al mismo. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a. 1.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Figura 1. Mapa de ubicación y vías de acceso



MAPA A.C.L.M.F.

2.2 Plano de pertenencia minera y servidumbre afectadas.

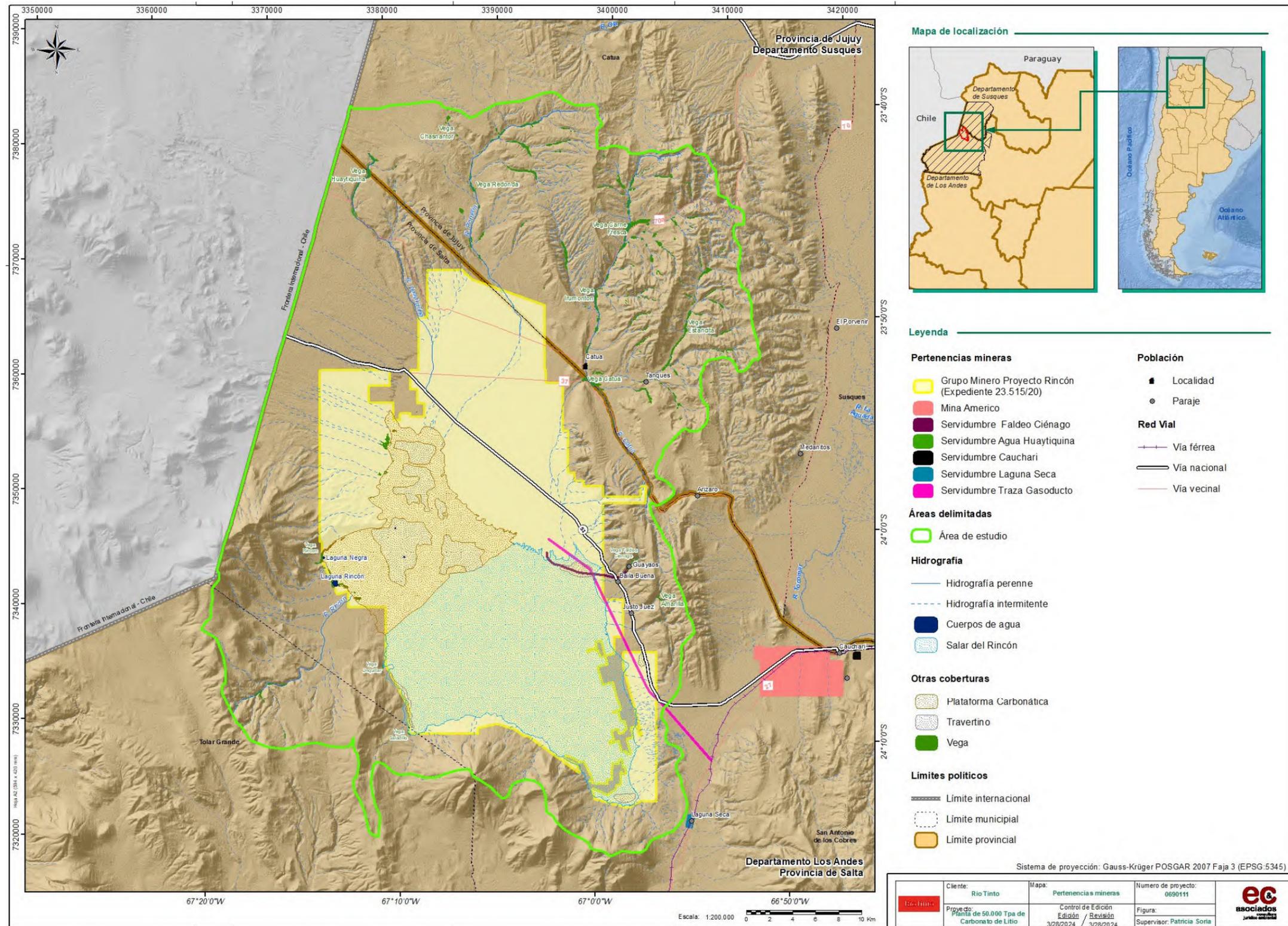
A continuación, se enumeran las propiedades mineras y servidumbres afectadas por el Proyecto. Seguidamente se agrega plano correspondiente. Lo mismo se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.2.

Tabla 1. Propiedades que integran el Proyecto Rincón

Nombre	Expediente	Superficie (ha)	Tipo
Grupo Minero Proyecto Rincón	23.515	80.032	Grupo Minero
Mina Américo	22.019	2.873	Mina
La Costera III	757.228	1.782	Mina
Servidumbre	11.886	150	Serv. p/camp
Servidumbre	12.482	10	Serv. p/camp
Servidumbre	18.470	1.494	Serv. p/camp/piletas
Servidumbre de Agua	19.211	288	Serv. p/Agua
Servidumbre Faldeo Ciénago	19.055	0,8	Serv. p/Agua
Servidumbre Traza Gasoducto	19.309	49	Serv. p/Gasoducto
Servidumbre Laguna Seca	17.685	50	Serv. p/Infraestructura
Servidumbre Cauchari	18.202	25	Serv. p/Camp/agua
Servidumbre Huaytiquina	20.608	4	Serv. p/Agua
Servidumbre	776.435	18	Serv. p/camp
Servidumbre	23.515 816.160	5,7	Serv. Salmueroducto
Total		86.781,5	

e
A
P
E
A
A.C
L
M
J
F

Figura 2. Mapa del plano de pertenencias mineras



2
A
P
E
A
C
L
M
A
R

3 Área de Estudio del Proyecto

La Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental actualizada en diciembre 2023 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, distingue y define las áreas que deben ser determinadas para la correcta elaboración de la línea de base y de la identificación de los impactos potenciales. Estas áreas son:

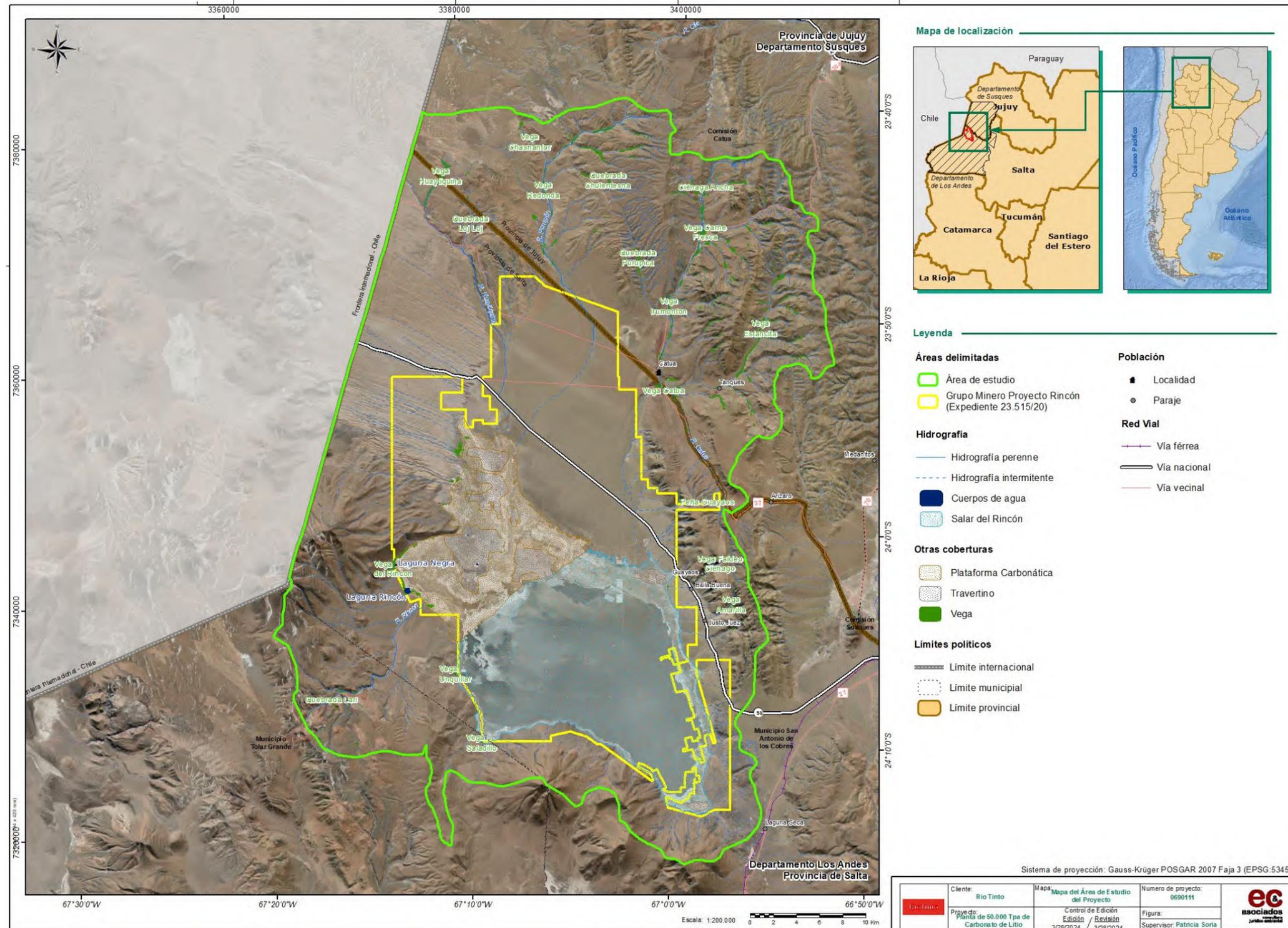
- Área de estudio: se define como el área geográfica que se dispone en los alrededores de la zona de implantación, ya sea permanente o temporal, de modo de disponer la Línea de Base Ambiental (LBA) y la evaluación de los impactos potenciales de la actividad a realizar (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina, 2023). El área de estudio es definida inicialmente por parte de los profesionales que preparan el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA);
- Área de influencia: se define como el área geográfica donde el Proyecto ejerce impactos positivos o negativos sobre los receptores ambientales, y cuya gestión el proponente debe responder (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República Argentina, 2023). Se destaca en la Guía la importancia de distinguir las diferencias entre el área de estudio y área de influencia, ya que esta última podrá ser validada al concluir el proceso del EsIA; y
- Área Operativa: Efectivamente el área que ocupa el proyecto, es decir, la huella resultante de la implantación, como parte integrante del área de estudios directa.

Bajo las definiciones arriba, el Área de Estudios en esta Descripción Ambiental, será definida como la Cuenca del Salar del Rincón, en su extensión argentina. Esto se debe a que el drenaje natural del Salar es un sistema endorreico, donde las relaciones ambientales están restringidas dentro de la Cuenca, tal como se puede observar en la *Figura 3*. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.3.

Para el Área de estudios social se contempla, igualmente, a los sectores habitados o comunidades con mayor probabilidad de afectación como Olacapato, Pocitos, y más allá, San Antonio de los Cobres. Esta información se puede verificar en detalle en el **2.B: Aspectos Socioeconómicos y Culturales**.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F

Figura 3. Mapa del Área de Estudio del Proyecto



C
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 R

4 Geología

4.1 Geología regional

El área de estudio pertenece a la provincia geológica de la Puna, la cual constituye la terminación austral de la Alta Plataforma (*Plateau*) de los Andes Centrales, mejor conocida a escala continental como Altiplano, limitada al oeste por la Cordillera Occidental en Chile y a este por la Cordillera Oriental. El Altiplano-Puna tiene una elevación media de 3.700 m.s.n.m y es el más importante *Plateau* en márgenes no-colisionales del continente sudamericano con dimensiones de 2.000 km de longitud por 300 km de amplitud, el cual está desarrollado fundamentalmente en territorio argentino.

Junto al Altiplano Boliviano, La Puna integra el Orógeno Andino, la cual es consecuencia de la subducción de la placa oceánica de Nazca por debajo de la placa continental sudamericana, con un ángulo de 30° avanzando sentido E. Las unidades morfotectónicas y la fisiografía general del orógeno, son consecuencia de dicho ángulo de subducción (Alonso, 2017).

La evolución de la Puna en general es consecuencia de la acción de varios ciclos diastróficos ocurridos durante el Neoproterozoico y el Fanerozoico. A partir de la Fase Incaica, como respuesta a la subducción de la placa de Nazca, se originaron cuencas en las que se acumularon los depósitos sedimentarios cenozoicos.

Alonso *et al.* (1984), en base a características geográficas, divide a la misma en dos subprovincias: Puna Austral o saltocatarqueña y Puna Septentrional o jujeña. El lineamiento Olacapato – El Toro correspondería al límite entre ambas subprovincias. Dicho lineamiento, responde a una megafractura regional, la cual con rumbo ONO-ESE atraviesa otras provincias geológicas del eje andino.

Específicamente, el Proyecto Rincón se encuentra en la Subprovincia Geológica Puna Austral (Alonso *et al.*, 1984), el sector oriental y sur se caracteriza por un zócalo de sedimentitas y leptometamorfitas de edad ordovícica que están fuertemente deformadas; mientras que hacia el oeste y norte del Salar del Rincón afloran cuerpos volcánicos y subvolcánicos.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

En el segmento comprendido entre 21-24° S se ubica el Complejo Volcánico Altiplano-Puna (CVAP) (de Silva *et al.* 2006) caracterizado por extensos mantos de ignimbritas en su mayoría dacíticas a riodacíticas calcoalcalinas (*e.g.* Guzmán *et al.* 2017 y trabajos allí citados) que alcanzan un volumen estimado mayor a 12.800 km³. En este sector se han identificado aproximadamente 20 calderas de colapso originadas desde los ~17 Ma (*e.g.* Caldera Cerro Aguas Calientes) hasta los ~5.000 años Antes del Presente (Caldera Cerro Blanco) a partir de las cuales fueron emitidas gran parte de las ignimbritas dispersas en el CVAP.

Las calderas Cerro Galán (Sparks *et al.*, 1985), Vilama (Soler *et al.*, 2007), Aguas Calientes (Petrinovic *et al.* 2010), Negra Muerta (Riller *et al.*, 2001), Coranzulí (Seggiaro, 1994), Luingo (Guzmán, 2009) están asociadas a la intersección de lineamientos transversales NO-SE con fallas de rumbo NS, mientras que otras como la caldera Cerro Blanco (Seggiaro *et al.* 2000) están asociadas a lineamientos NE-SO (Montero López *et al.* 2010, Báez *et al.* 2015).

Las frecuentes manifestaciones termales en los bordes o en el interior de las calderas como en los casos de Cerro Galán, Aguas Calientes, Coranzulí, Cerro Blanco y Laguna Amarga entre otras, constituyen evidencias de sistemas geotérmicos atrapados en su interior (Mpodozis, 2006), que fueron de suma importancia para la generación de los depósitos de salares enriquecidos en litio, ya que la influencia volcánica favoreció la disponibilidad del mismo, y de otros elementos menores y trazas.

Desde un punto de vista estructural, el estilo dominante en los alrededores de Rincón es el de bloques elevados y hundidos con orientación submeridiana, inclinados y con fracturas inversas en los flancos. Las estructuras de rumbo andino controlan la orientación de los bloques hacia el este y oeste, mientras que las de rumbo ONO-ESE controlarían la orientación hacia el norte o sur, y juegos principales de megafracturas con este rumbo que afectan a la tectónica local (Salfity *et al.*, 1975; Allmendinger *et al.*, 1983; Allmendinger, 1984), favoreciendo (como se mencionó anteriormente) el desarrollo de importantes estructuras volcánicas (Sureda *et al.*, 1986).

Las megafracturas mencionadas, López-Coyahuaima, Olacapato-Toro (OT), Archibarca-Galán y Culampajá-Farrallón Negro, han originado la formación de

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

cadena volcánicas transversales, con igual orientación, integradas por Vilama-Cornanzulí, Pocitos-TuTul-Del Medio-Quewar, Archibarca-Llullailaco-Beltrán-Galán, Carachipampa-Culampajá, entre otras, (Viramonte *et al.*, 1984).

Adelante, será presentada una descripción detallada de la geología local. Para esta, se utilizó la Hoja Geológica Socompa 2569-II del Programa Nacional de Cartas Geológicas 1:250.000, realizada por el Servicio Geológico Minero de la Nación (SEGEMAR) y todas las publicaciones con antecedentes en la zona.

4.2 Geología local

El entorno geológico del Salar se encuentra constituido en su mayoría por elementos volcánicos efusivos y subvolcánicos modernos, ubicados en el sector sur y oeste. También se observan registros sedimentarios de diversas edades, los mismos flanquean al Salar por el este (Serranía de Guayaos) y por el norte.

Describiendo la geología en orden cronológico, como registro más antiguo, se destacan las sedimentitas como lutitas, limolitas y areniscas de colores pardos, grises y verdosos, atribuidas al Ordovícico, que integran el Grupo Santa Victoria y que afloran constituyendo la sierra de Guayaos en el borde oriental del Salar y que son características de este Grupo.

En el borde oeste del Salar aparecen calizas (denominadas Calizas de Cerro Rincón) que, de acuerdo con los fósiles que contienen, han sido datadas como de edad pérmica - carbonífera.

En el borde sureste (SE) del Salar afloran sedimentos rojos, identificados como areniscas, limolitas y arcillas que se incluyen en el Grupo Pastos Grandes de edad terciaria.

Dentro de los elementos volcánicos se reconocen dacitas, andesitas y algunas coladas basálticas a las que acompañan depósitos piroclásticos de caída (tobas), siendo los más conspicuos que afloran en la cuenca. Esta litología se encuentra en los bordes noroeste, oeste, sur y sudeste del Salar y es la responsable, en gran medida, de enriquecer las salmueras con iones formadores de sales.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
✓
P

Los volcanes Tul Tul, del Medio y Pocitos han sido las fuentes productoras de este material, así como también materiales provenientes de la Faja Eruptiva de la Cordillera Central, compartida con la República de Chile.

Es importante señalar la amplia distribución areal que tienen los materiales ignimbríticos que limitan la depresión central de Salar del Rincón por el oeste. Los mismos tienen su origen en un centro efusivo en el país limítrofe, Chile. Estas ignimbritas consisten en flujos piroclásticos con distintos grados de soldamiento de composición dacítica y riolítica, colores gris-rosáceo y pardo-rojizo, con texturas vitroclásticas. Estos cuerpos rocosos se disponen formando extensas mesetas inclinadas entre 1 y 4°, preferentemente hacia el este; afloran en una superficie cercana a los 2.500 km², las cuales rellenan depresiones (también recubren elevaciones menores) morfoestructurales y algunas quebradas.

El espesor de los flujos varía desde aproximadamente 1 metro, allí donde el paleorelieve es mayor y en los sectores distales del centro efusivo, hasta un máximo de 60 metros próximo al paso internacional de Sico. Las edades asignadas a estas ignimbritas van del Mioceno superior al Cuaternario. Las unidades litoestratigráficas de ignimbritas, que constituyen unidades de enfriamiento, están separadas ocasionalmente, por delgados depósitos piroclásticos aéreos y con mayor frecuencia, por depósitos irregulares de flujos piroclásticos, con estratificación cruzada (surges).

De la más antigua a la más joven, corresponden a la Ignimbrita Guaitiquina, Ignimbrita Atana, Ignimbrita Pampa Chamaca, Ignimbrita Filo Delgado e Ignimbrita Tuyajto, entre otras más antiguas de reducida expresión superficial; siendo la Ignimbrita Guaitiquina la que se encuentra en el borde oeste del Salar (clasificación geológica de Chile). En Chile la superficie de estas ignimbritas alcanza los 210 km², mientras que en Argentina totalizan una superficie de 80 km².

Completando el cuadro geocronológico se observan depósitos cuaternarios y actuales constituidos por gravas, arenas y limos que, en forma de conos aluvionares, descienden hacia el Salar desde las pendientes circundantes, pasando a formar parte del relleno moderno del Salar, incorporándose sobre todo desde el norte (Abanico de Catua), donde se desarrolla una gran planicie aluvial con preponderancia de elementos volcánicos en su constitución.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

4.2.1 Estratigrafía del sector

4.2.1.1 Ordovícico

a) Formación Coquena

La litología fue definida por Schwab (1971), el cual observó y detalló el afloramiento de lutitas, areniscas, piroclastitas y lavas en la sierra de Guayaos, al oeste y norte de la localidad de Catua y en el Cerro Huaytiquina. Existiendo una secuencia de meta-areniscas volcánicas, meta-piroclastitas riódacíticas, brechas fenodacíticas e intercalaciones de andesitas propilitizadas, al sur del Cerro Rincón, en concordancia con estas sedimentitas mencionadas anteriormente.

En la Sierra de Guayaos se describe una secuencia plegada en dirección norte-sur y afectada por fallas inversas de bajo ángulo. Según levantamientos realizados, las piroclastitas y las areniscas finas, limolitas y metapelitas con participación volcánica se intercalan en forma rítmica marcada. Aflora en el este del Salar del Rincón, en la Sierra de Guayaos y al oeste en la zona de Cerro Oscuro. Esta formación está compuesta por sedimentitas marinas, principalmente lutitas y grauvacas, con intercalaciones volcánicas. Posee un abundante contenido fosilífero, siendo el color del conjunto gris / verdoso a pardo verdoso.

Las tobas poseen matriz negra, gris verdosa o blanquecina, con litoclastos de feldespatos o arcillas casi blancos, feldespato y cuarzo. Los vitroclastos presentan desvitrificación o se han convertido en agregados de caolinita y cuarzo. La matriz más fina, es silíceo - arcillosa con pequeñas láminas de sericita y gránulos de opacos, entre los cuales puede haber piritas framboidales.

Autores como Coira *et al.*, (1978), señalan un evento de volcanismo explosivo mesosilíceo a ácido, de carácter intermitente y de cierta proximidad al centro emisor. En estas secuencias se encuentra *Dydimograptus Cf. Hirundo Salter, D. cf. Gracilis Tornq.*, y *Glossograptus cf. Hicksii var., Bispinatus*, del Arenigiano superior - circa 440Ma, indicando una edad que ya avanza hacia el Silúrico inferior.

Sobre la Formación Coquena se asientan, por medio de discordancia, las sedimentitas terciarias del grupo Pastos Grandes, en el norte de la Sierra de Guayaos, mientras que hacia el sur lo hace mediante una falla inversa.



Fotografía 1. Vista al SE, Sierra de Guayaos, límite oriental del Salar del Rincón.



Fotografía 2. Secuencia areno - pelítica, típica de la Fm Coquena. Estratos subverticales.

b) Complejo Eruptivo Chachas (Ordovícico Superior)

Los cuerpos asignados a esta unidad fueron incluidos por Méndez *et al.*, (1979) en la Formación Taca Taca. Koukharsky (1988) lo designa Complejo Chachas, incluyendo a los anteriores de Méndez *et al.*, (1979). Se trata de granodioritas, granitos y pórfiros cuarcíferos. Todos los afloramientos están muy fracturados y diaclasados con rumbos e inclinaciones muy variables. La granodiorita (monzogranito) es de color gris a rosada, de grano medio a grueso y los pórfidos suelen ser de color rojizo. Las rocas formadas en diferentes etapas, posiblemente tres, de evolución del magma original, serían más nuevas que la Formación Coquena y más antiguas que el Siluro - Devónico marino que las cubre en discordancia. La edad asignada por Koukharsky (1988) sería Ordovícico superior.

Las rocas volcánicas que integran este complejo en la Quebrada del Cerro Oscuro y al sur de la Quebrada Petaquilla, al sur del Cerro Rincón, se presentan con dos unidades principales:

- Granodiorita a monzogranito de color gris a rosado, de grano medio a grueso, constituido por una granodiorita agranito alcalino.
- Pórfiro rojizo, que constituye facies de borde del granito gris. Todos los afloramientos profusamente fracturados y diaclasados con rumbos e inclinaciones muy variables.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

4.2.1.2 Silúrico - Devónico

El Área de Estudio, está representada por el Complejo Eruptivo Oire. Se compone de rocas intrusivas, granitos y granodioritas que intruyen a la Formación Coquena en la Sierra de Guayaos.

Por otra parte, la **Formación Salar del Rincón** fue definida por Aceñolaza *et al.*, (1972), la cual se trata de sedimentitas marinas que afloran al sur del Salar del Rincón. Está compuesta por areniscas medianas y gruesas, de colores gris y pardo claro, estratificadas en bancos de 10 cm, en parte son conglomerádicas, con clastos de cuarzo de hasta 2 cm de diámetro, donde se encuentran braquiópodos como *Receptatulites sp.*, *Australostrophia mesembria Clarke*, *Chonetes sp.*, *Meristella sp.*, *Schelwienella inca (D´Orb.)* y *Bucanella rectangularis Knod.*

Donato y Vergani (1985) dividen a estas sedimentitas en dos miembros: el inferior compuesto por facies de conglomerados polimícticos y areniscas cuarzosas, originado en un sistema fluvial anastomosado proximal, con área de aporte cercana hacia el este. El miembro superior, con facies de vaques finas a medianas, arenitas cuarzosas finas a medianas y facies de arcilitas, reflejaría un ambiente marino litoral silicoclástico a mixto con aporte terrígeno. Las vaques y arenitas cuarzosas son portadoras de pelecípodos y gastrópodos. Baldis *et al.*, (1972) asignan esta unidad al Devónico sobre la fauna encontrada; mientras otros autores señalan que puede ser Silúrico.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

4.2.1.3 Carbonífero

Corresponde a afloramientos compuestos por lutitas y limonitas gris verdosas con restos de vegetales fósiles a los que se les asignaron edades carboníferas, las cuales son:

a) Formación Cerro Oscuro

Fue definida por Aceñolaza *et al.*, (1972), el cual señaló un afloramiento al suroeste del Cerro Rincón, por debajo de las calizas pérmicas, en el borde sureste de la laguna Géchel, por debajo de areniscas terciarias y en el sinclinal del sur del Cerro Rincón donde cubren, mediante discordancia erosiva a la Formación Salar del Rincón. Se trata de sedimentitas continentales con casi 200 m de espesor y donde aparecen, en el tramo superior, restos de plantas e icnitas fósiles.

Los niveles inferiores están compuestos por conglomerados y areniscas gruesas, micáceas, negras, friables, con estratificación diagonal, en paquetes de 40 cm. Los conglomerados tienen clastos de la Formación Coquena, donde se observan clastos de granitos biotíticos, granitos finos leucocráticos, pórfiros granodioríticos, filitas o esquistos. Las areniscas son medianas, con estratificación diagonal en paquetes de 50 a 60 cm, siendo micáceas de colores grises y morados y rojo ladrillo.

Los niveles superiores son areniscas gruesas y conglomerados polimícticos medianos y finos, morados. Los clastos presentes son de tamaño variado, redondeados, de calizas moteadas micáceas, finas, devónicas y riolitas desvitrificadas y metaignimbritas ordovícicas. Según Aceñolaza y Toselli (1981) los restos vegetales fósiles corresponden a *Botrychiopsis weissiana* y *Sphenopteridium sp*, a los que se agregan icnitas de artrópodos.

4.2.1.4 Pérmico

a) Formación Arizaro

Se ubica al oeste del Salar, asentándose en discordancia sobre los materiales de edad carbonífera. Está constituida por calizas de grano fino, calizas de grano medio y areniscas calcáreas.

Aceñolaza *et al.*, (1972) denomina con este nombre a una secuencia de calizas marinas, areniscas calcáreas y tobas de colores ocres, grises, rojizos y moradas que afloran en el Cerro Rincón. Donato y Vergani (1985), la dividen en tres miembros:

El inferior, conformado por una alternancia de facies de arenitas cuarzosas calcáreas y arcillitas rojizas con estructura subácueas, ondulitas de ola y laminación ondulada en bancos tabulares finos a la que siguen hacia arriba bancos finos, laminados, amarillentos con nódulos de sílice y *wackestone* con foraminíferos, ostrácodos y pelecípodos, alternantes con sedimentitas fina, rojizas, calcáreas con estructura entrecruzada.

El miembro medio se inicia con bancos de tobas finas, con estructuras fluidales que suelen tener estructuras de remplazo de calcita y hematita, luego continúan hacia arriba tufitas y areniscas líticas finas a medianas con ondulitas de ola y estratificación entrecruzada diagonal y laminación paralela alternando con conglomerados finos,

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

rosado a gris, con clastos de cuarzo y matriz pelítica. Siguen calizas cristalinas, fangolitas y *boundstones* estromatolíticos con braquiópodos.

El miembro superior comienza con *wackestones* esqueléticos con ostrácodos y pelecípodos y *grainstones*. Hacia arriba hay fangolitas laminadas, masivas, silíceas. Sobre la base de la fauna encontrada, se asigna edad pérmica inferior a pérmico inferior a medio.

4.2.1.5 Cretácico / Paleógeno

En la Localidad de Catua, sobre el margen derecho del río homónimo, se observa una secuencia clástica rojiza, atribuida al Subgrupo Santa Bárbara, yaciendo en discordancia sobre los estratos subverticales del Ordovícico. Dicha secuencia está constituida en su base por un conglomerado grueso, de color rojizo oscuro, muy diagenizado, compuesto exclusivamente por clastos angulosos y subangulosos de sedimentitas ordovícicas con matriz areno-limosa. Los clastos están imbricados y el conjunto tiene una estratificación mediana poco evidente. Sobre los conglomerados se apoyan areniscas de color rojo ladrillo intenso, micáceas, de grano mediano a grueso, con clastos angulosos de 0,2 cm y matriz limosa. Están bien cementadas, dispuestas en niveles tabulares de estratificación fina a mediana.

Los bancos de granulometría más fina tienen laminación interna paralela con bases y techos planos e intercalaciones de pelitas, y en ellos se destacan marcas de ondulitas. Los de granulometría gruesa presentan estratos que se acuñan lateralmente, con estructura interna entrecruzada orientada hacia el E-NE, que llegan a 40 cm de espesor. La secuencia es grano y estrato decreciente, y con dominio de areniscas limosas en la parte superior de la columna, donde las barras de arena tienen espesores de 0,4 m mientras que los bancos limosos tienen 1,5 m.

e
A
B
E
★
A.C
L
H
★
F



Fotografía 3. Vista al N, Sierra de Catua. Discordancia Ordovícico/Paleógeno



Fotografía 4. En la base sedimentitas ordovícicas, por encima, discordancia mediante, Conglomerado rojizo asignado al Subgrupo Santa Bárbara.

4.2.1.6 Cenozoico

Las sedimentitas terciarias están representadas por registros sedimentarios eocenos a miocenos del Grupo Pastos Grandes y Fm. Vizcachera y por rocas volcánicas y volcano-sedimentarias miocenas y pliocenas.

a) Formación Pozuelos

En el extremo sur del Salar del Rincón se encuentra un pequeño afloramiento que corresponde al Miembro Inferior de esta unidad formacional. Donato y Vergani (1985) distinguen dos tipos de depósitos dentro de este miembro: uno con vaques cuarzosas finas a gruesas, a veces con yeso, arcilitas y limolitas rojizas y escasos conglomerados finos, interpretados como tormentitas. El segundo tipo corresponde a eolianitas y corresponde a areniscas cuarzosas gruesas, bien seleccionadas, con predominio de granos de cuarzo, sin matriz, siendo el color rojo a morado.

e
A
B
E
A
A.C
L
H
A
F



Fotografía 5. Sedimentitas rojizas del Grupo Pastos Grandes al sureste del Salar del Rincón.

b) Formación Vizcachera

Están integradas por conglomerados rojos en su parte inferior y por areniscas rojas con niveles de pelitas y evaporitas (yeso) en la porción superior, donde también intercala un nivel de eolianitas. Corresponde a un sistema de abanicos aluviales que evolucionan a un sistema fluvial en la parte superior en un conjunto grano y estrato decreciente. Próximo al techo de esta secuencia se intercalan depósitos piroclásticos de coloración rojiza a pardusca y verde claro. Tienen estructuras bandeadas a laminadas y la granulometría varía de mediana a fina.

Se distinguen bancos delgados ricos en pómez amarillenta de 2 cm. Al este de Catua, esta unidad está integrada por areniscas sabulíticas medianas a gruesas moderadamente seleccionadas, con granulometría bimodal, de colores grisáceos a rosados.



Fotografía 6. Afloramientos de la Fm Vizcachera al este de la localidad de Catua.

c) Formación Pucará y Formación Tajamar

Al oeste, el Salar se encuentra limitado por las volcanitas miocenas del Cerro Rincón representadas por la Formación Pucará (Turner 1964) y la Formación Tajamar (Blasco *et al.* 1996), con afloramientos también al sur del Salar, en el piedemonte del volcán Tul Tul.

Turner (1964) agrupó bajo esta denominación a las dacitas y andesitas cuarcíferas con sus correspondientes elementos piroclásticos. En el Cerro Rincón las andesitas se apoyan concordantemente sobre aglomerados y tobas, formando el actual edificio volcánico. Se componen de un conjunto de coladas andesíticas de tonalidades grises que pueden alcanzar hasta 10 m de potencia. Son coladas de lóbulos amplios, dislocados por fracturas y erosionadas por acción glaciaria. Las andesitas de esta unidad se asientan sobre los equivalentes de la Formación Batín. La datación de hornblenda y piroxeno arrojó una edad 10,5 +/- 0,9 Ma.

La Formación Pucará propuesta por Ramírez y Gardeweg (1982), quienes determinaron una edad miocena media a superior para la misma. Matteini (2001) integró todos los depósitos del área bajo el nombre de Complejo Volcánico Rincón, describió lavas, domos y productos piroclásticos y realizó una caracterización geoquímica de los principales productos volcánicos.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P



*Fotografía 7. Formación Pucará.
 Faldeo sur del Cerro Rincón*



Fotografía 8. Andesitas de la Fm Pucará.

Blasco *et al.* 1996, han agrupado diferentes afloramientos de tobas, ignimbritas y aglomerados volcánicos de composición principalmente dacítica, denominadas como La Formación Tajarar. En las inmediaciones del Cerro Rincón se encuentra una alternancia de aglomerados andesíticos con matriz tobácea, tobas dacíticas blancas y areniscas conglomeráticas grises y moradas. Esta unidad también recibe el nombre de Ignimbrita Atana.



Fotografía 9. Afloramiento de la Formación Tajarar. Sur del Salar del Rincón



Fotografía 10. Vulcanitas de composición dacítica de la Fm Tajarar

d) Ignimbrita Atana

Esta unidad fue incluida por Turner (1982) en la Formación Zapaleri, junto con las ignimbritas del Coranzulí y otras. Luego, Gardeweg y Ramírez (1987) describieron y le dieron el nombre actual a este extenso manto ignimbrítico emitido desde la caldera

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

La Pacana (60 x 35 km) situada en Chile, asociado con la emisión de la Ignimbrita Toconao. Coira *et al.* (1996) la reconocieron en territorio argentino a lo largo del río Zapaleri. Lindsay *et al.* (1998) propusieron un modelo de evolución magmática de la caldera La Pacana y presentaron resultados geotermobarométricos.

Se extiende en forma de manto cubriendo la planicie situada entre las altas cumbres que forman el límite chileno-argentino. Su mayor extensión se encuentra en Chile y penetra en la Argentina, con un volumen aproximado de 1.200 km³. En el mapa geológico presente en el informe, la Ignimbrita Atana se ubica en el sector noreste.

Esta unidad está integrada por ignimbritas y surges de composición dacítica. En la sección de Huaitiquina se diferenciaron dos unidades ignimbríticas superpuestas; la basal es de coloración rojiza con abundantes pómez y clastos de vulcanitas y sedimentitas ordovícicas y fenocristales de cuarzo y biotita; las pómez tienen la particularidad de tener vesículas aciculares a tubulares. La ignimbrita superior presenta coloración gris blanquecina y está integrada por fragmentos líticos de rocas ordovícicas, abundantes pómez, biotita y cuarzo inmersos en matriz vítrea. Ambas ignimbritas están separadas por un nivel de oleada piroclástica de 0,5 m de espesor.

Gardeweg y Ramírez (1987) determinaron que la Ignimbrita Atana es de composición riódacítica, con al menos 4 unidades mayores de flujo, que pueden estar separadas por delgados depósitos de caída o de oleadas piroclásticas. Es rica en cristales, aproximadamente un 45%, tiene una composición homogénea, correspondiente a dacitas ricas en potasio(K) tiene carácter metaluminoso y relaciones relativamente bajas de La/Yb (Coira *et al.*, 1996).

La Ignimbrita Atana fue datada por Gardeweg y Ramírez (1987). Los resultados obtenidos fueron de 4,0 ±0,3 Ma y 4,5 a 3,8 Ma, correspondientes al Plioceno Inferior.

e
A
B
E
★
A.C
L
H
★
F



Fotografía 11. Meseta de ignimbrita de la Formación Atana. Noreste del Salar



Fotografía 12. Surges de Ignimbrita Atana. Noreste del Salar.



Fotografía 13. Ignimbrita Atana en la porción superior. Huaitiquina, extremo noroeste de la cuenca.



Fotografía 14. Surges de Ignimbrita Atana. Huaitiquina, extremo noroeste de la cuenca.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F

e) Formación Rumibola

Esta unidad fue definida por Turner (1964). Se trata de lavas y cuerpos subvolcánicos mesosilíceo y/o básicos. Las lavas de andesita y los cuerpos subvolcánicos de esta unidad tienen frecuentemente un color de alteración rojizo, aunque en fractura fresca

son grises. Los Cerros Tul Tul, del Medio y Pocitos tienen un cuerpo principal formado por andesitas hornblendíferas. Dataciones de estas rocas arrojan una edad Mioceno Superior – Plioceno.



Fotografía 15. Volcanes Pocitos, Del Medio y Tul Tul. Vulcanitas de Fm Rumibola



Fotografía 16. Andesitas de Fm Rumibola. Cerro Tul Tul

4.2.1.7 Cenozoico Superior – Cuaternario

Los depósitos modernos del Cuaternario están compuestos por acumulaciones detríticas y sedimentos de origen químico. Las primeras están representadas por acumulaciones aluviales y depósitos de pie de monte que se caracterizan por ser sedimentos poco consolidados, compuestos por facies fanglomerádicas y cenoglomerádicas. Las primeras corresponden a depósitos de origen aluvial en un medio acuoso y están compuestos por aglomerados, gravas y arenas con cierto grado de selección; las facies cenoglomerádicas con matriz fangosa corresponden a procesos de flujos Densos (*mud flows* o *debris flows*), compuestos por sedimentos sin selección y de distribución caótica. Ambas facies son las responsables del desarrollo de los conos y pie de montes desarrollados hacia el norte, este y oeste del Salar.

Los sedimentos químicos están compuestos por las sales depositadas en el Salar, los cuales corresponden a Cloruros y boratos principalmente y por Carbonatos de origen hidrotermal asociados a planos de fallas que se encuentran sobre los márgenes del Salar y por sedimentos carbonáticos originados por desgasificación, presentes en el norte, oeste y este del Salar.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

f) Calizas travertínicas

Los travertinos están localizados en dos sectores bien definidos de la cuenca. Un sitio corresponde a la escarpa de falla que se encuentra en la sierra de Guayaos, en el flanco oriental de la depresión. El segundo se ubica en las inmediaciones de la localidad de Catua, dónde se encuentran parcialmente cubiertos por depósitos pedemontanos.

El conjunto desde el punto de vista morfológico, se describe como plataforma escalonada, ya que la morfología tiene su origen en el retraimiento progresivo de la actividad termal. El ascenso de las soluciones ocurrió a lo largo de planos de falla que afectaron los afloramientos de roca circundante dando lugar a amplias aureolas de alteración, de color amarillenta y pardo rojizas.

El travertino de este cuerpo constituye un abundante contenido de sílice en la base e incremento carbonático hacia la parte alta de la estructura, lo que permite inferir altas temperaturas iniciales del proceso termal. El mismo proceso termal genera, en algunos puntos de las regiones noroeste (cerca de Huaytiquina) y sureste (cerca de volcán Tul Tul), depósitos de mármol Ónix con importancia como actividad extractiva local – como se establece en **2.C Servicios Ecosistémicos**, Capítulo de este IIA.

A los depósitos de travertino se relacionan depósitos de diatomita, originado por sedimentación en un ambiente lacustre. Los depósitos consisten en bancos de hasta 2 m de potencia que fueron históricamente explotados de manera parcial.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P



Fotografía 17. Campo de geiseres inactivos, noroeste del Salar



Fotografía 18. Travertinos.

g) Volcanes Monogenéticos de Basaltos

Varios cuerpos máficos monogénicos recientes de la Puna Septentrional (Esquina del Rincón, Huaytiquina, Cerros Negros de las salinas de Jama y laguna Ana, Cerros Negros de la salina de Olaroz, Casa El Porvenir – Salar de Cauchari) han sido estudiados por Krallman (1994), quien realizó mapas generales, estudios petrográficos y geoquímicos. Al norte del paso de Huaytiquina, a partir de un centro monogenético bajo, se desprende una colada de lava con un largo aproximado de 3,5 km. La lava es de color gris oscuro tiene composición andesítica y es rica en cristales (Krallman, 1994). En el área de Esquina del Rincón y al norte del paso de Huaytiquina las estructuras monogenéticas se desarrollan directamente por encima de la Ignimbrita Atana.

h) Depósitos Evaporíticos Hialinos

El Salar del Rincón, como tantos otros de la Puna, se localiza en una cuenca endorreica, donde la característica fundamental es la formación de un cuerpo lagunar que recibe recarga directa a través de las precipitaciones o mediante el escurrimiento subterráneo y, secundariamente el superficial. Este cuerpo de agua está sometido a un intenso proceso de evaporación, lo que genera en la consiguiente pérdida de agua y lógica formación de sales que precipitan.

Los aniones más comunes en este tipo de salmueras son los cloruros, carbonatos, sulfatos y boratos; mientras que los cationes más abundantes son sodio, potasio y

2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 F
 R

calcio. Igarzábal *et al.*, (1987) realizan una zonación sencilla de los depósitos salinos del Salar del Rincón señalando que horizontalmente se observa un crecimiento de halita hacia el interior del Salar; mientras que las márgenes son carbonatadas y una zona intermedia con presencia de sulfatos con mezcla de halita, thenardita y glauberita.

La facies de boratos, con ulexita, se presenta discontinua y está asociada a los travertinos de origen hidrotermal póstumo que se localiza en los bordes de la depresión. Otros cationes que se encuentran presentes en este Salar son litio (objetivo de explotación propuesto en este Proyecto) y magnesio.

La composición evaporítica revela que las soluciones emanadas de las fuentes volcanogénicas, como así también de la denudación de las rocas volcánicas y los fluidos provenientes de los sistemas hidrotermales, han sido las fuentes para los solutos de la Puna (Alonso *et al.* 1991).



Fotografía 19. Vista del Salar del Rincón desde el sur.



Fotografía 20. Costra salina rugosa de borde de Salar. Con sedimentos detríticos.

La costra salina que cubre el 80% de la superficie del Salar, corresponde a una cristalización primaria desarrollada hasta los 2 a 4 m de profundidad. En superficie se manifiesta a través de un micro relieve rugoso y quebradizo, especialmente en la zona superior. La porosidad es moderada y el contenido de detritos no supera el 1%. Esta costra se forma por ascensos capilares de soluciones a partir de un nivel freático superficial, que genera halita de elongación vertical.



Fotografía 21. Costra salina lisa poligonada. Borde sur del Salar.

4.2.1.8 Depósitos aluviales y coluviales

Cubren amplios sectores y están restringidos a las zonas deprimidas y a las laderas de los cordones montañosos; consisten en sedimentos inconsolidados a ligeramente consolidados. Se extienden desde las laderas montañosas donde se encuentran formando depósitos de pie de monte coalescentes ya sea como conos, abanicos aluviales y rampas detríticas de escasa pendiente, hasta alcanzar las márgenes del Salar e incluso invadirlo. Estos depósitos se caracterizan por estar conformados por sedimentos escasamente consolidados cuando su origen es claramente acuoso y fluvial y, suelen presentarse más compactos cuando su origen responde a flujos densos. En el primer caso, si bien se puede observar clastos de todos los tamaños, es posible advertir cierta selección de los materiales; mientras que, en el segundo, la disposición de la masa es totalmente caótica.

2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

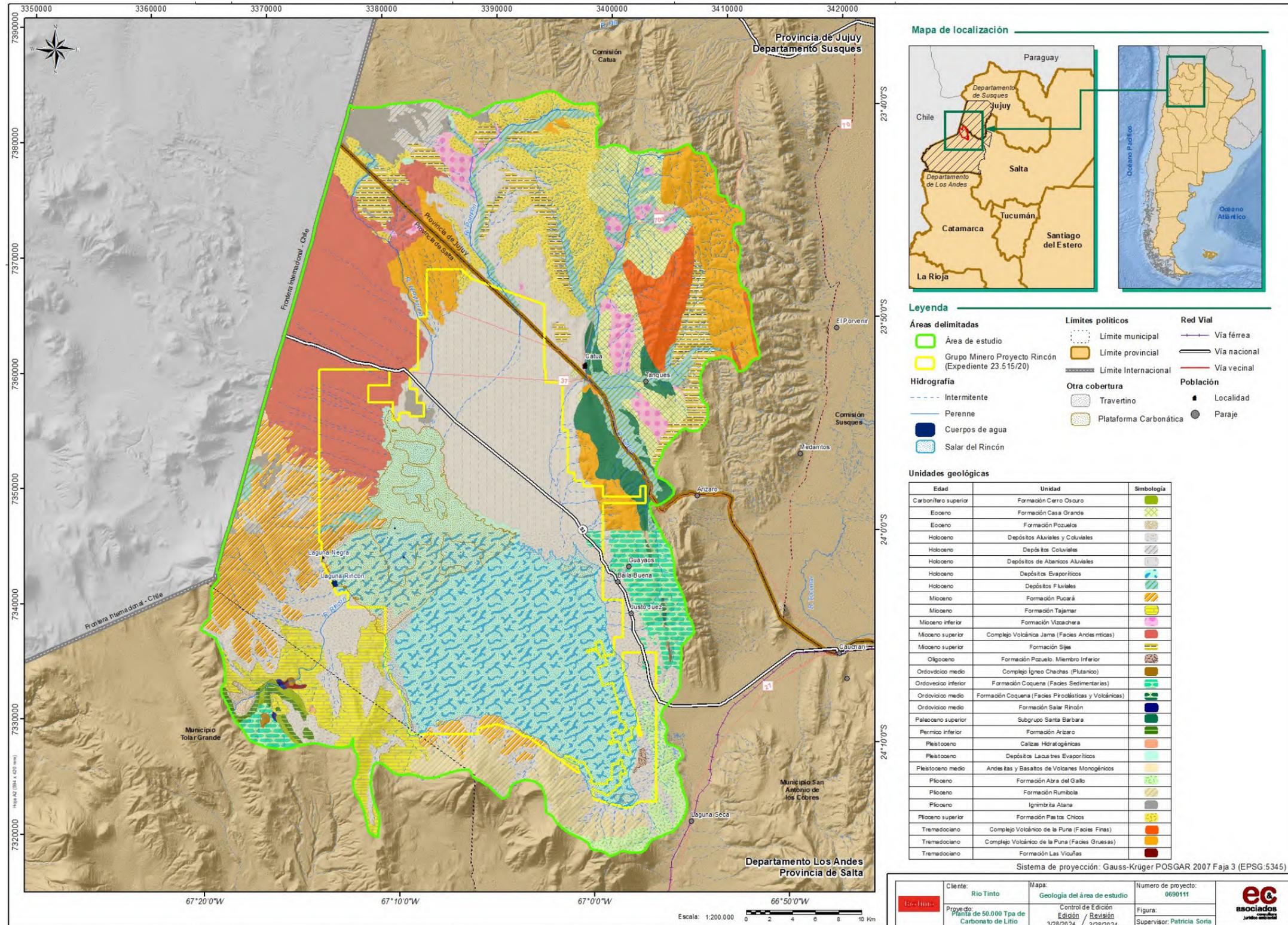


Fotografía 22. Depósitos aluviales

En la figura siguiente, se agrega el mapa geológico del área de estudio. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.4.

2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

Figura 4. Mapa geológico del área de estudio



2
 P
 B
 E
 A
 C
 L
 M
 R

4.2.2 Tectónica y estructuras

Las principales unidades de relieve de la Puna fueron originadas por una tectónica de deformación y dislocamiento de bloques de rocas a lo largo de extensas e importantes fallas regionales que presentan rumbo NO-ESE y controlan la inclinación hacia el norte o hacia el sur. El fracturamiento submeridiano está cruzado por otro de rumbo NO-ESE. Ambos fracturamientos han segmentado el basamento puneño en bloques paralelepípedos que tuvieron gran influencia en el control de las cuencas terciarias y cuaternarias.

La estructura de la Puna en el Área de Estudio muestra la superposición de eventos deformativos, de naturaleza dúctil-rúptil, que han tenido lugar a partir del Neoproterozoico y que han afectado a las rocas del basamento (Hongn 1992; Hongn *et al.*, 1996 en Vinante, 2003). El diseño estructural actual está relacionado con la tectónica Andina, desarrollada durante el Cenozoico. Este ciclo de deformación originó láminas de corrimiento por fallas, con vergencia orientadas tanto al este como al oeste, en parte por reactivación de estructuras previas, las que ejercieron un fuerte control. El moldeado del relieve existente se ha desarrollado en función de estos fracturamientos.

Alonso *et al.*, (1984 en Vinante, 2003) consideraron diferente la rigidez del basamento de las cuencas terciarias de la Puna Austral y Septentrional, que sería consecuencia de la distinta evolución geológica. La Puna Austral fue una comarca positiva durante todo el Mesozoico y el Eoterciario mientras que la Puna Septentrional fue una comarca receptora de sedimentos como lo prueban los potentes depósitos del Grupo Salta. De esta manera la Puna Austral sufrió una erosión prolongada que puso al descubierto un basamento más profundo y de mayor rigidez. La respuesta a los esfuerzos actuantes fue asimilada de diferente manera por los basamentos austral y septentrional, tanto por su rigidez como por su contexto regional.

El basamento rígido austral está asimismo en contacto, por el oriente, con el extremo septentrional del Cratógeno Central Argentino (Braccacini, 1960 en Vinante, 2003) conocido actualmente como Sierras Pampeanas Septentrionales. Al actuar los esfuerzos deformantes incaicos, el piso "peneplanizado" austral, afirmando a la masa cratogénica oriental, reflectora de esfuerzos, se fracturó profundamente. Esto

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

originó posteriormente cuencas con alto índice de subsidencia que se rellenaron de sedimentos continentales que albergan los importantes cuerpos evaporíticos miopliocenos con halita, yeso y boratos. La Puna Septentrional tiene como contrafuerte a los terrenos de la Cordillera Oriental y ha sufrido un fracturamiento somero mostrando depocentros terciarios reducidos en presencia de grandes masas evaporíticas.

De acuerdo con lo mencionado, es posible distinguir dos zonas principales en función a la vergencia de las estructuras cenozoicas, una zona oriental vergente hacia el este, y otra occidental vergente hacia el oeste. El límite entre estas dos zonas coincide con la depresión Rincón- Pocitos, y se extiende hacia el sur en las depresiones elongadas, en una de las cuales se aloja el Salar de Tolillar.

El borde oeste de la depresión de Salar del Rincón está dado por materiales volcánicos proveniente de la Cordillera Principal, que conforma el límite con Chile, de la misma manera el borde sur de la cuenca está dada por una línea de volcanes (Tul Tul, del Medio y Pocitos), cuyas posiciones estaría condicionado por la presencia de un lineamiento de carácter regional (Lineamiento Calama-Olacapato- Toro). El margen este del Salar, donde se encuentra la Sierra de Guayaos, presenta en su margen una falla de orientación meridiana, que fue la que provocó el levantamiento de la sierra.

Afloramientos de materiales de origen continental y de edad terciaria, se encuentran mayormente en la porción norte de la cuenca del Salar, afectados por una tectónica que da lugar a plegamiento y fallamientos de estos. El noroeste argentino presenta lineamientos oblicuos a los rumbos dominantes de las estructuras andinas (Ricci y Figueroa 1971) definidos a partir de la alineación de ríos y aparatos volcánicos y de deflexiones de pliegues y fallas.

La megatrayza Calama - Olacapato - Toro (Salfity, 1985), es un lineamiento de carácter regional, que divide la Puna, en septentrional y austral. Este lineamiento de rumbo NO-SE constituye uno de los más conspicuos de la región, ya que delimita la Cordillera Oriental, separándola de las Cumbres Calchaquíes y se extiende hacia el este entre el Sistema de Santa Bárbara y las Sierras Pampeanas occidentales. Su origen fue tratado en la literatura geológica como un rasgo único, que tuvo un mismo

e
A
B
E
A
A.C
L
H
A
F

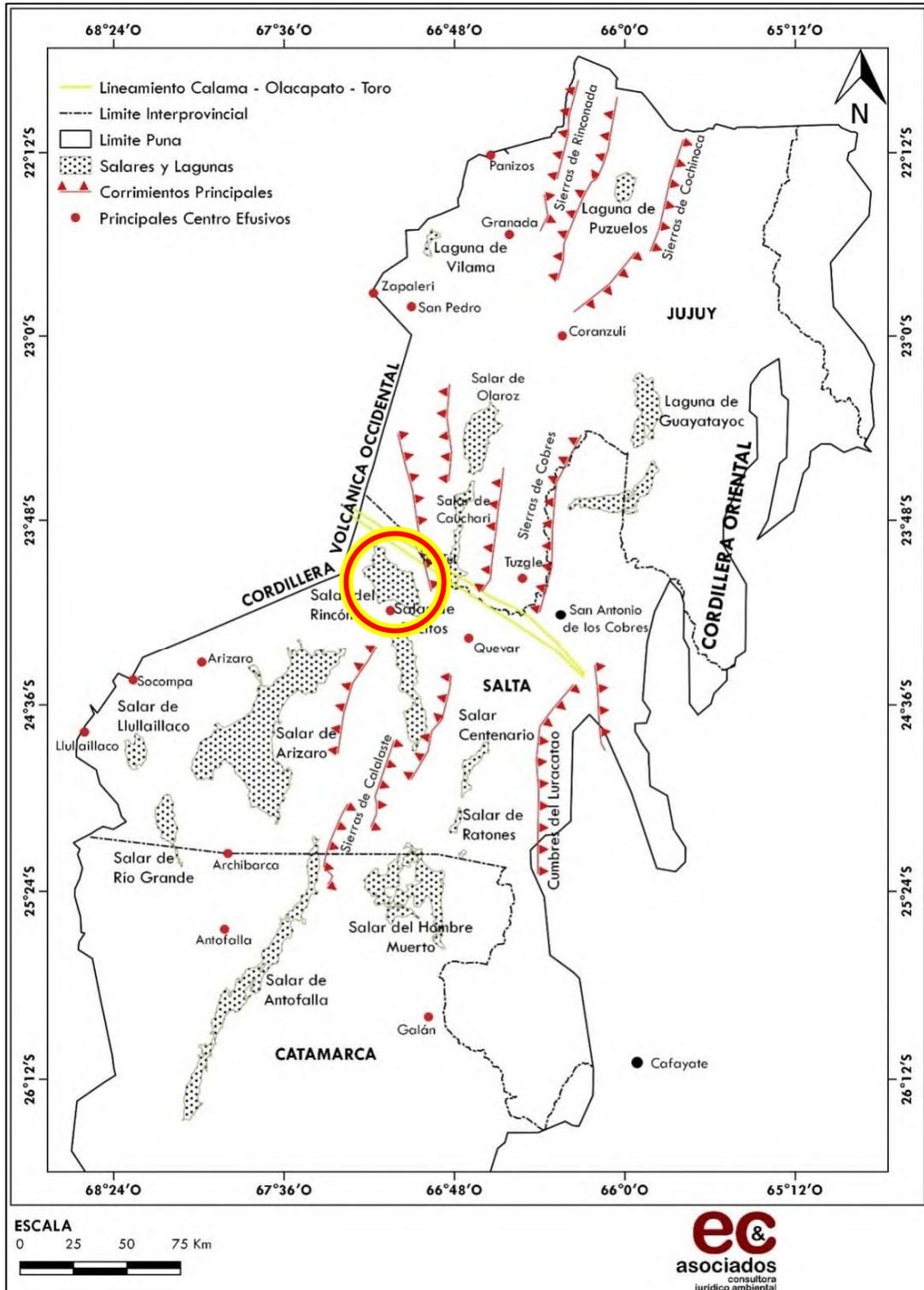
comportamiento a lo largo de su traza, generado a partir de la reactivación de estructuras del Paleozoico inferior.

Posteriormente se identifican variaciones estratigráficas y estructurales que muestran historias de deformaciones diferentes a lo largo de su traza, en base a lo cual se postula la subdivisión del lineamiento en los tramos occidental, central y oriental. El tramo occidental se generó a partir de la reactivación de una falla normal cretácica. El tramo central se desarrolló durante la etapa andina a partir de una falla paleozoica, mientras que el tramo oriental se generó a partir de una falla paleozoica que tuvo movimientos recurrentes de inversión tectónica en el cretácico y en la fase andina.

Se destaca la disposición alineada de cinco edificios volcánicos (volcanes Rincón, Tul Tul, Del Medio, Pocitos y Quewar), denominado lineamiento Cerro Rincón - Cerro Quewar por Donato y Vergani (1985). A él se le adjudica el control sobre los centros efusivos y la curvatura hacia el oeste de las líneas axiales de los pliegues y de las fallas en la zona del Salar del Rincón, lo que indica que tiene un desplazamiento izquierdo (Donato y Vergani 1985).

En la figura siguiente se muestran los principales rasgos estructurales del Area de Estudio.

Figura 5. Rasgos estructurales de la Puna Argentina con identificación del Salar del Rincón.



2
 A
 P
 E
 A.
 L
 M
 A
 R
 F

Fuente: Caminos R., J.L. Panza, M.P. Etcheverría, N.E. Pezzutti, D.C. Rastelli (1999). Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino.

5 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, pueden identificarse en la cuenca del Salar del Rincón, las siguientes unidades:

- Basamento rocoso;
- Planicie de Abanicos aluviales;
- Depósitos de piedemonte;
- Bajada arenosa;
- Taludes detríticos y conos de deyección;
- Playas salinas;
- Lechos salinizados fluviales; y
- Terrazas y montículos lacustres.

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas mencionadas y representadas en el mapa Geomorfológico de la Figura 56:

5.1 Basamento rocoso

Este está representado por afloramientos de lutitas y grauvacas Ordovícicas de la Formación Coquena; areniscas finas y lutitas Devónicas de la Formación Salar del Rincón, lutitas Carboníferas de la Formación Cerro Oscuro, calizas Pérmicas de la Formación Arizaro, conglomerados, areniscas y pelitas Miocenas del Grupo Pastos Grandes y por Ignimbritas, tobas y vulcanitas Miocenas. Las rocas mencionadas presentan un fuerte diaclasamiento y un relieve erosionado y modelado por las acciones del viento y termoclastismo, observándose relieves quebrados y de fuerte pendiente en las rocas más resistentes (Formaciones Arizaro y Geste) y un relieve redondeado en las formaciones menos resistentes (formaciones Cerro Oscuro y Coquena).

5.1.1 Planicie de conos y abanicos aluviales

Es la unidad de mayor representatividad areal y comprende aquellas geoformas originadas por los ríos Catua, Huaytiquina y Pompón en el borde norte del Salar y el

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
F

río Rincón por el borde oeste. Los materiales que los componen son sedimentos de granulometría variada con un grado de redondeamiento variable.

5.1.2 Depósitos de piedemonte:

Es la unidad que se extiende al pie de la Sierra de Guayaos y está formado por múltiples conos que descienden del flanco de la Sierra. Estos conos aluviales se caracterizan por presentar elevadas pendientes y cauces definidos; están constituidos por materiales predominantemente gruesos e interdigitan con los depósitos del Salar. Forman una unidad continúa al pie de los relieves positivos.

5.1.3 Bajada arenosa:

Se trata de una faja detrítica con materiales predominantemente psamíticos, que conectan los tramos distales del pie de monte con las márgenes del Salar. Tiene su mayor desarrollo en el borde oeste del Salar, al pie de los afloramientos ignimbríticos.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F



Fotografía 23. Bajada arenosa

5.1.4 Taludes detríticos y conos de deyección:

Son los depósitos detríticos formados por materiales angulosos que se depositan al pie de las pendientes empinadas de los flancos de los conos volcánicos de Pocitos, del Medio y Tul Tul.

5.1.5 Playas salinas:

Son planos limo-arenosos, de baja pendiente, que se encuentran en los márgenes del Salar.

5.1.6 Lechos salinizados fluviales:

Los cursos que se encuentran en la cuenca del Salar son temporarios y están cubiertos por eflorescencias salinas que se disuelven en el período de ocurrencia de las precipitaciones.

2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

5.1.7 Terrazas y montículos lacustres:

Se los observa, en general, en la parte norte del Salar, donde aparecen recubiertos por derrames aluviales y acumulaciones eólicas. Los sedimentos son limo-arcillosos, de coloración amarillo-verdoso, con frecuentes lentes y concreciones de yeso.



Fotografía 24. Cono de deyección



Fotografía 25. Playa salina

5.1.8 Volcanes

La morfología de estos aparatos responde a típicos estratovolcanes, pero en su construcción predominan las coladas de lavas sobre material piroclástico.

En el sector sur son los aparatos volcánicos los que dominan el paisaje tal como los conos de Pocitos, Tul Tul, Del Medio, y Rincón. Aquí, además de los estratovolcanes, los flujos de lavas andesíticas principalmente y escasas coladas de basaltos se encuentran asociadas a otras manifestaciones volcánicas como tobas e ignimbritas. En el sector occidental la morfología más característica y sobresaliente es el extenso depósito de ignimbritas en forma de rampa inclinada al oriente.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
P



Fotografía 26. Mirada hacia Suroeste. De la izquierda para la derecha - Volcanes Pocitos, del Medio y Tul Tul

5.1.9 Depósitos químicos

En lo que respecta a los depósitos de tipo químico, dentro del Salar del Rincón se pueden identificar varios tipos de superficies salinas que difieren entre sí texturalmente, en función de su contenido en sales, contenido de materiales terrígenos, de acuerdo a sus formas (Igarzábal, 1979).

La formación de los distintos tipos de costras salinas se debe a dos factores esenciales. El primero debido a la naturaleza petrográfica y mineralógica de los materiales que la componen y el segundo debido a la influencia climática.

En la mayoría de los Salares de la Puna es posible distinguir dos tipos fundamentales de costras:

- Costras rugosas:

Denominada también costra fósil debido a que constituyen masas de sal primaria con una marcada diagénesis, se caracteriza por ser las que más ampliamente están

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

distribuidas en la superficie del Salar, suelen ser duras, densas, cristalinas y poseen material terroso de diferente granulometría (arenas, limos y/o arcillas), tal como la halita poligonada. En algunos sectores del Salar, la rugosidad intensa le proporciona una configuración escoriácea que dificulta el desplazamiento en la zona.

Si bien la masa principal está compuesta de cloruro de sodio (halita), también se encuentran otros minerales accesorios como yeso y boratos. Estas costras suelen presentar una tonalidad parda rojiza debido a la presencia de material terroso (como arenas finas y limos) que los suele recubrir con una delgada capa (inferior al centímetro en algunos casos).

La parte central del Salar presenta una costra rugosa de tipo poligonal, deformada y de carácter perenne. Las costras presentan una altura de 30 a 50 cm y su contenido de detritos es menor al 1%. Éstas se forman por el ascenso capilar de soluciones salinas a partir de un nivel de agua poco profundo.

La superficie del Salar del Rincón, en el depocentro, está constituido por sedimentos modernos conteniendo depósitos clorurados sódicos. El depósito evaporítico forma una costra cristalina que afecta el 80% del Salar.

- Costras lisas:

Son duras, cristalinas y sin material terroso ubicándose en los sectores periféricos del Salar, donde el ingreso ocasional de agua no permite que se desarrolle una Costra Rugosa debido a que el nivel de agua en este sector se encuentra a escasos centímetros de la superficie, bien como por la influencia de caudales provenientes de aguas arriba, durante la época de lluvias.

e
A
B
E
A
A.C
L
H
A
F



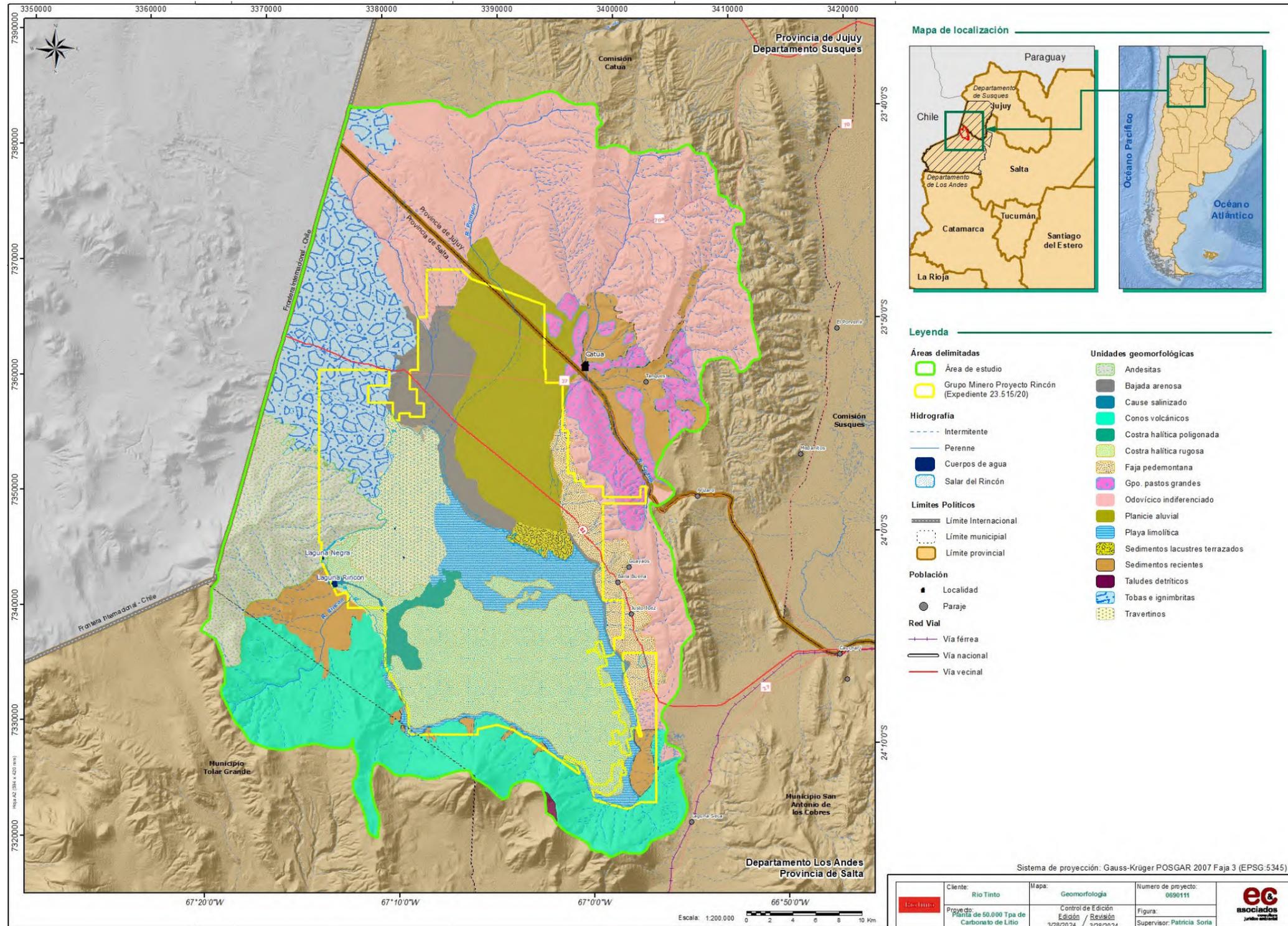
Fotografía 27. Costra salina poligonada



Fotografía 28. Costra salina rugosa

En la siguiente figura, se muestra el mapa geomorfológico. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.5.

Figura 6. Mapa geomorfológico



C
 A
 P
 E
 A
 A.C.
 L
 M
 R

5.2 Sismología.

Entre los 23° y 28° de latitud, los Andes Centrales sur forman parte de un sistema plegado y fallado que es el resultado de la acción de fuerzas compresivas originadas por la convergencia de la Placa de Nazca y la de América del Sur. A lo largo del límite oriental del *Plateau* de la Puna- Altiplano se encuentra la mayor actividad tectónica. El peligro sísmico, es decir, la probabilidad de que ocurra una determinada amplitud de movimiento del suelo en un intervalo de tiempo fijado depende del nivel de sismicidad de cada zona.

Los Mapas de Zonificación Sísmica individualizan zonas con diferentes niveles de peligro sísmico, (ADY Resources Limited, Informe de Impacto Ambiental (IIA) de la Etapa de Explotación del Proyecto Rincón, 2007, pág. 30).

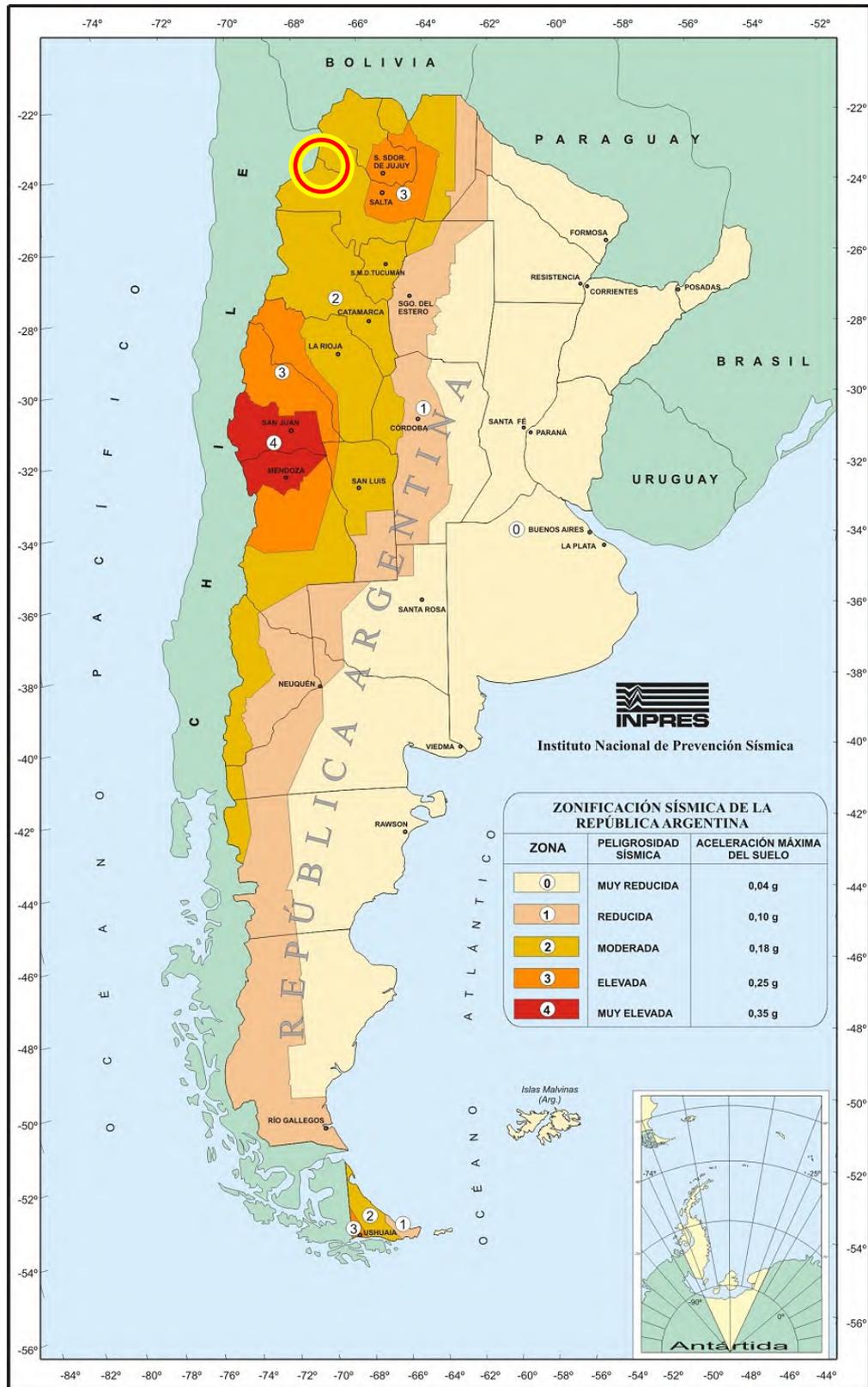
Es por ello que se toma el Mapa de Zonificación de Peligrosidad Sísmica de la República Argentina, desarrollado por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) en su Reglamento INPRES – Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles (CIRSOC) 103, referido a las Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes, identifica en la sección de zonificación sísmica, a nivel regional distintos grados de peligrosidad mediante la definición de 5 categorías. Un valor que permite comparar la actividad sísmica en cada una de ellas es la máxima aceleración del terreno "as" para el sismo de diseño antes definido. Esta aceleración se expresa en unidades de "g", siendo "g", la aceleración de la gravedad ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$), tal como está aclarado en la página web del INPRES.

Tabla 2. Rangos de peligrosidad – Zonificación sísmica de la República Argentina

Zona	Peligrosidad Sísmica	Aceleración Máxima del Suelo
0	Muy reducida	0,04 g
1	Reducida	0,10 g
2	Moderado	0,18 g
3	Elevado	0,25 g
4	Muy elevado	0,35 g

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 F

Figura 7. Mapa de zonificación sísmica INPRES



2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 A
 R

Fuente: Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) – Mapa de Zonificación Sísmica

Según el mapa antes presentado, el proyecto se encuentra dentro de la Zona 2, es decir moderada peligrosidad (aceleración máxima del suelo 0,18 g).

Tabla 3. Resultado del cálculo de zonificación sísmica

Tipo Espectral (Sitio)	Zona Sísmica 2	
	$a_s = 0,15$	
	C_a	C_v
1 (S_A, S_B, S_C)	0,18	0,25
2 (S_D)	0,22	0,32
3 (S_E)	0,30	0,50

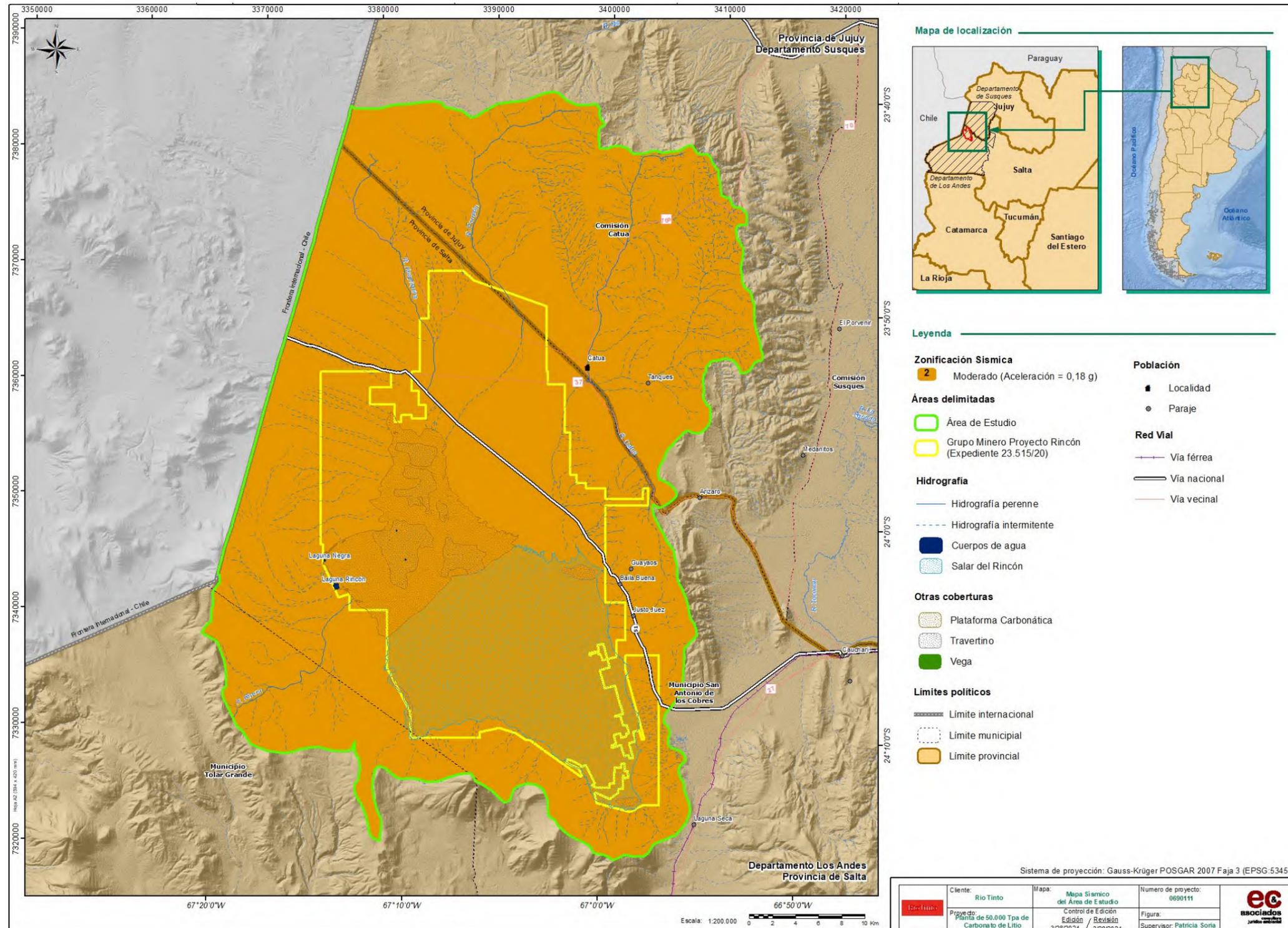
Fuente: INPRES

Dentro de esta división se deben considerar factores locales, que puedan atenuar o amplificar la respuesta sísmica, como puede ser el tipo de suelo, espesor de la cubierta sedimentaria, topografía y presencia de freáticas someras, entre otros.

A continuación, se presenta la Figura 8. Mapa sísmico del Proyecto la cual muestra la ubicación del Proyecto dentro de la clasificación sísmica comentada anteriormente. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.6.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

Figura 8. Mapa sísmico del Proyecto



e
 A
 B
 E
 A
 C
 L
 H
 R

6 Climatología

1.1 Caracterización general

En términos regionales, el clima de la región se caracteriza por su extrema aridez, precipitaciones escasas concentradas en el trimestre estival, bajas temperaturas en invierno y grandes amplitudes térmicas en cualquier época del año, nubosidad muy débil y máxima insolación (Ady Resources Limited, 2007).

Distintos investigadores y autores han realizado el análisis climático de la zona determinando:

- El clima de la Puna puede clasificarse como subtropical árido, con intenso carácter continental, alcanzando condiciones de clima desértico (Fuentes *et al.*, 1998).
- Según la clasificación de Köppen (1929) modificada por Geyger (1936) y Thornthwaite (1948), el clima se clasifica como Bw, donde el índice B (Köppen) indica un clima seco con una cantidad de lluvia inferior al límite de sequía y con un porcentaje de precipitaciones menor al de evaporación; el subíndice w (Geyger y Thornthwaite) indica que esta región tiene una época dominante más seca (invierno). Según esta clasificación es una región morfoclimática seca y dominio climático árido (Dellmans, 2001).

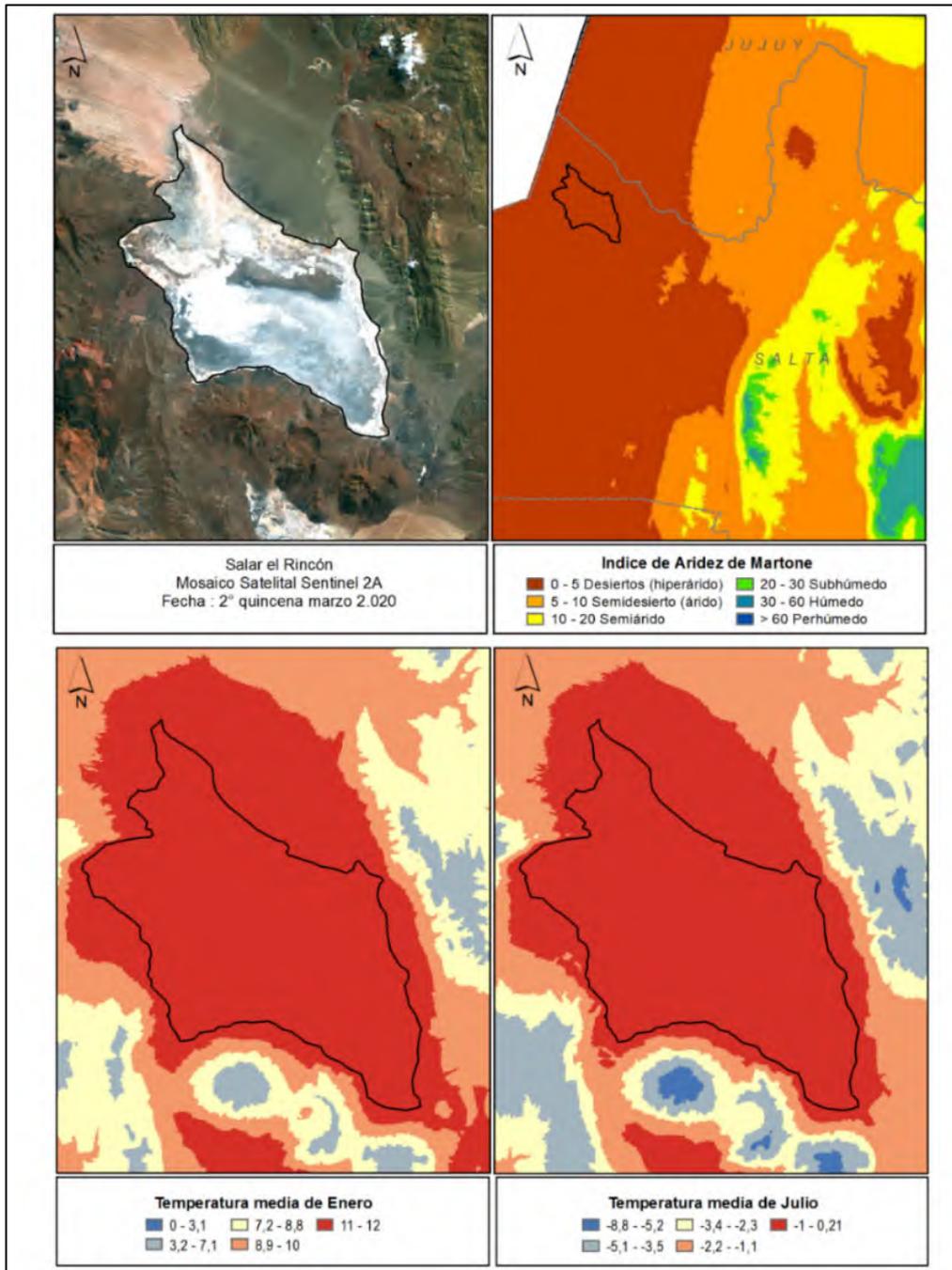
Considerando la información proporcionada por el Atlas Climático de la República Argentina en su forma digital, se puede describir de manera sucinta el clima del área de estudio como hiperárido, de acuerdo con el Índice de Martonne¹ (índice de aridez). En este contexto, las temperaturas oscilan entre 1 y 12 °C en el mes más cálido (enero) y entre -0,21 y -1°C en el mes más frío (julio), como se observa en la Figura 9. La precipitación media anual es inferior a 70 mm, y el Balance Hídrico Directo, que

¹Cociente entre la precipitación y la temperatura del aire más el número diez ($P / (T + 10)$)

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

refleja la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial anual (P-EP), indica un déficit hídrico en el área estudiada.

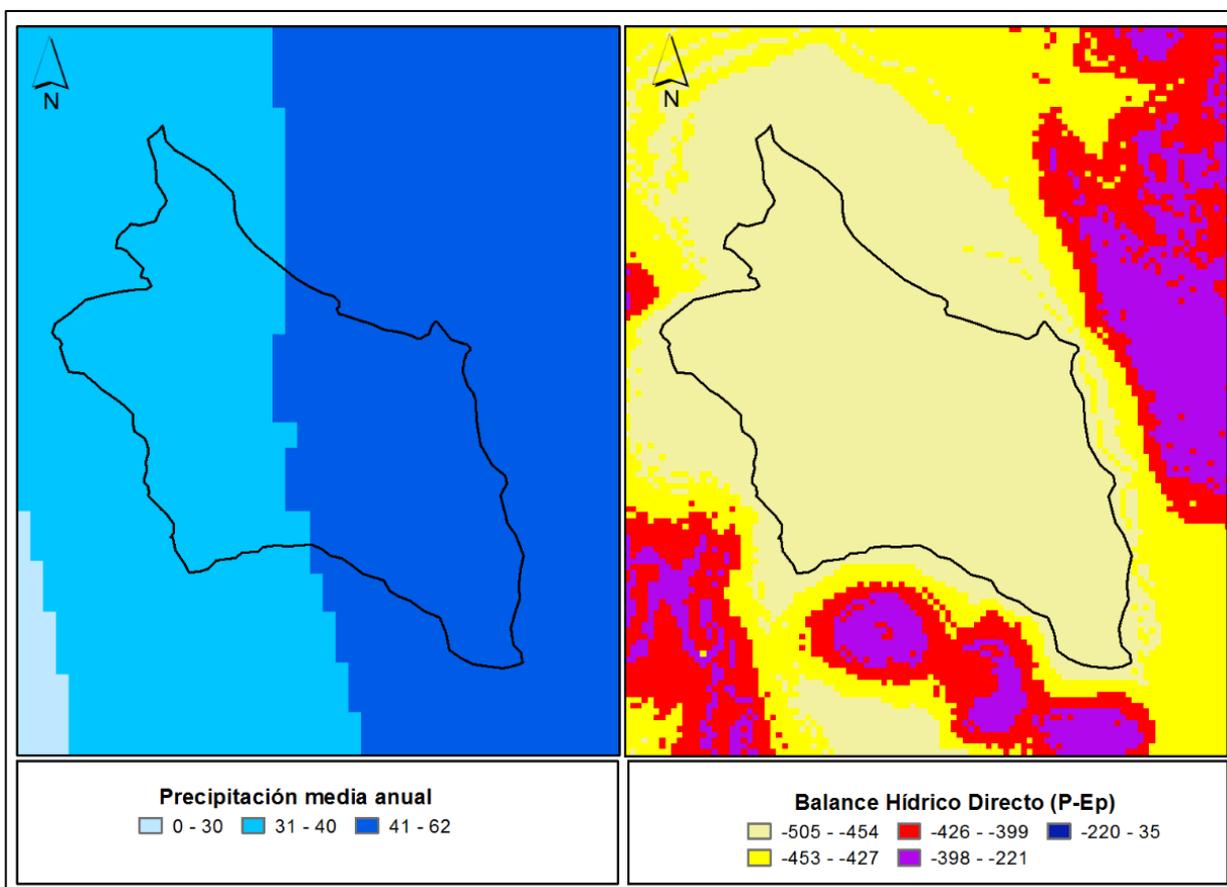
Figura 9. Índice de Martonne y Temperaturas medias de enero y julio.



Fuente: Atlas climático de la República Argentina

2
 A
 P
 E
 A.
 L
 M
 A.
 R

Figura 10. Precipitación media anual y Balance Hídrico Directo



Fuente: Atlas climático de la República Argentina

Las características más sobresalientes pueden resumirse en una alta evaporación y marcado déficit hídrico: las precipitaciones varían entre 50 y 350 mm anuales, con concentración estival de las mismas e inviernos fríos y secos.

A los fines de la caracterización del área de estudio, se toman como referencia las estaciones meteorológicas siguientes:

- San Antonio de Los Cobres - (EMSAC);
- Salar de Pocitos (Estación Pluviométrica-EPSP);
- Olacapato (Estación Pluviométrica EPO); y
- Estaciones Meteorológicas - Salar del Rincón (datos cedidos por la empresa RMPL).

En la tabla siguiente, se especifican los periodos de datos considerados y la localización de las estaciones meteorológicas.

2
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 A
 R

Tabla 4. Localización de las estaciones meteorológicas

Estación	Longitud	Latitud	Periodo de datos
EPSP	66° 59' 47,00" O	24° 22' 56,8700" S	1950 - 1990
EPO	66° 43' O	24° 7' S	1950 - 1990
Rincón PL	67° 02' 22,6" O	24° 01' 12,9" S	2010 - 2018
Rincón Pi	67° 02' 16,01" O	24° 01' 39,8" S	2012 - Agosto 2023

1.2 Vientos: frecuencia, intensidad, estacionalidad.

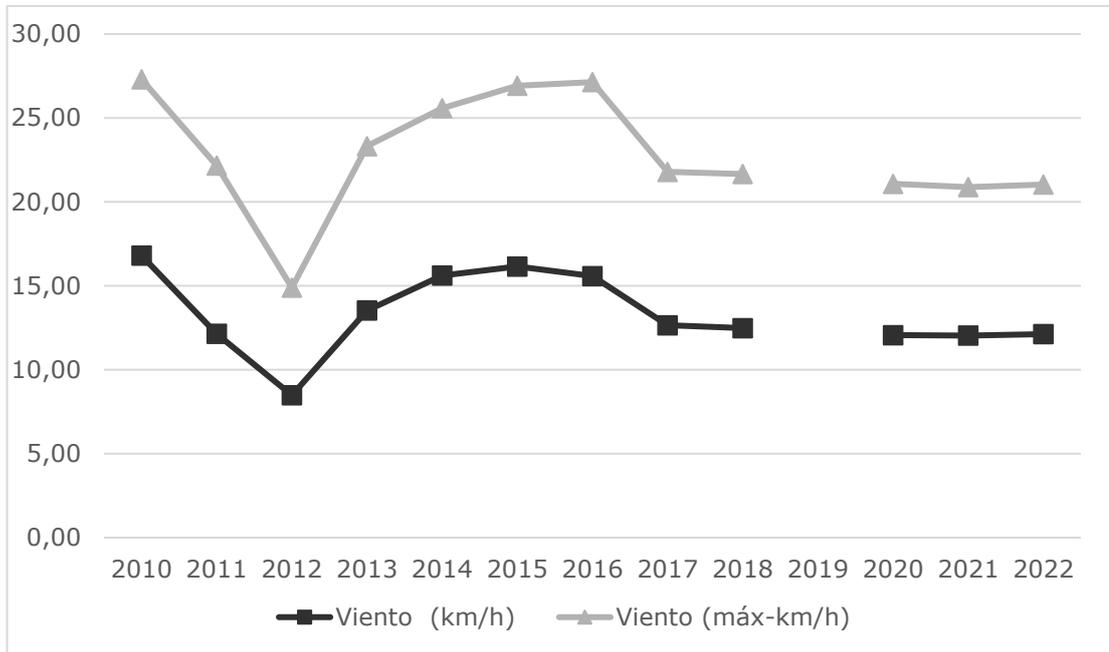
Los vientos se caracterizan por estar condicionados por el relieve. Si bien la Puna se ubica en una zona de alta presión, por su altitud sobre el nivel del mar, se genera un centro de baja presión con predominio de vientos de tipo local.

Además, existe un intercambio estacional de masas de aire entre la Puna y las montañas que la rodean. Es un fenómeno similar a la brisa de montañas y valles, produciéndose durante el día una corriente dirigida a las altas cumbres desde la llanura. Por la noche son más frecuentes los vientos fríos desde la Cordillera hacia las zonas bajas.

De los datos disponibles en el Salar del Rincón, se obtiene que la velocidad promedio de viento es de 13,71 km/h y la velocidad máxima promedio resulta en 23,42 km/h con ráfagas de hasta 90 km/h. En el gráfico siguiente pueden observarse los valores promedios registrados en el periodo 2010 - 2022.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

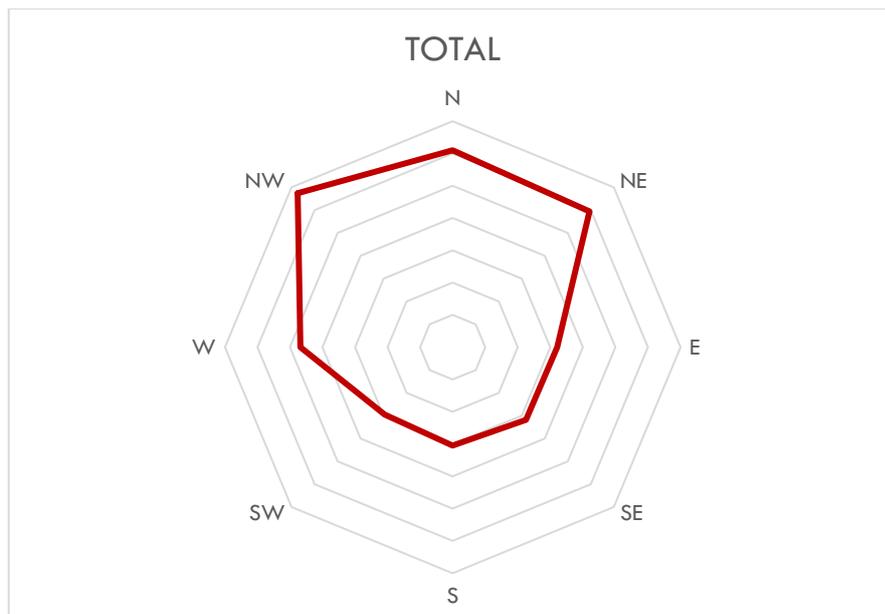
Gráfico 1. Velocidades de viento promedias y máximas (km/h) - Salar del Rincón



Fuente: RMPL

Con respecto a la dirección del viento en el Salar del Rincón, predomina la N-NW, según lo esquematizado en el gráfico siguiente:

Gráfico 2. Dirección del viento-Salar del Rincón



Fuente: RMPL

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

1.3 Precipitaciones, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura

1.3.1 Precipitaciones

La precipitación en esta región se concentra en los meses de verano (de diciembre a marzo).

Tabla 5. Promedios mensuales de lluvia (en mm) para las estaciones consideradas

EM	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Olacapato	30	20	4	0	0	1	0	0	0	0	0	9
Pocitos	19	10	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3

Fuente: Bianchi et al 2005

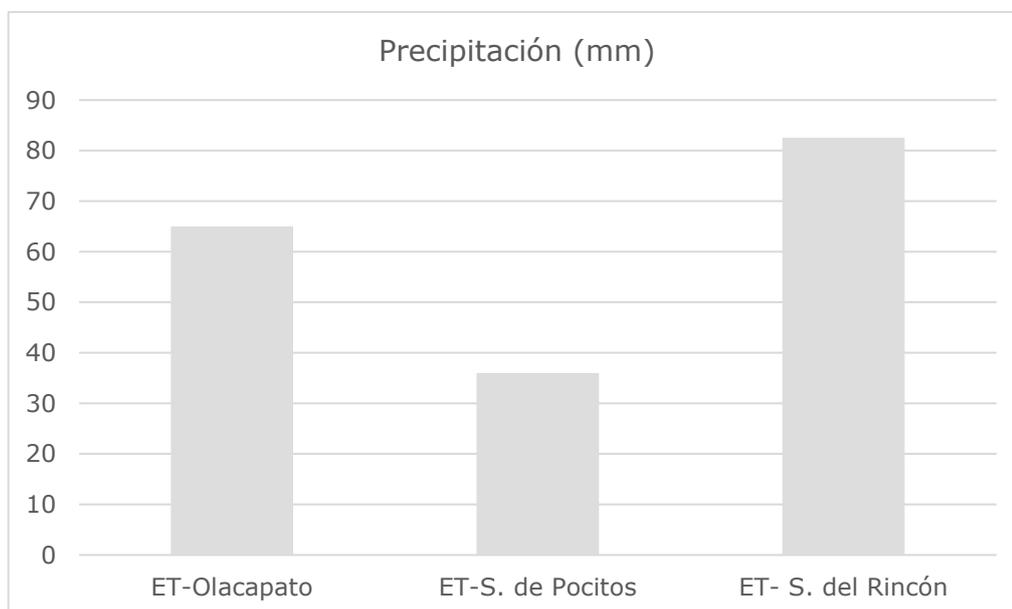
Para la localidad de Olacapato la precipitación promedio anual acumulada corresponde a 65 mm, con precipitaciones extraordinarias de hasta 109 mm anuales.

En el caso de la Estación Salar de Pocitos, el promedio de precipitaciones anuales acumuladas corresponde a 36 mm, mientras que para el Salar del Rincón las precipitaciones medias acumuladas registradas por la empresa RMPL corresponden a 82,5 mm entre los años 2010 y 2022.

En siguiente gráfico, se muestran los valores anuales de precipitaciones para las distintas estaciones meteorológicas en estudio.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

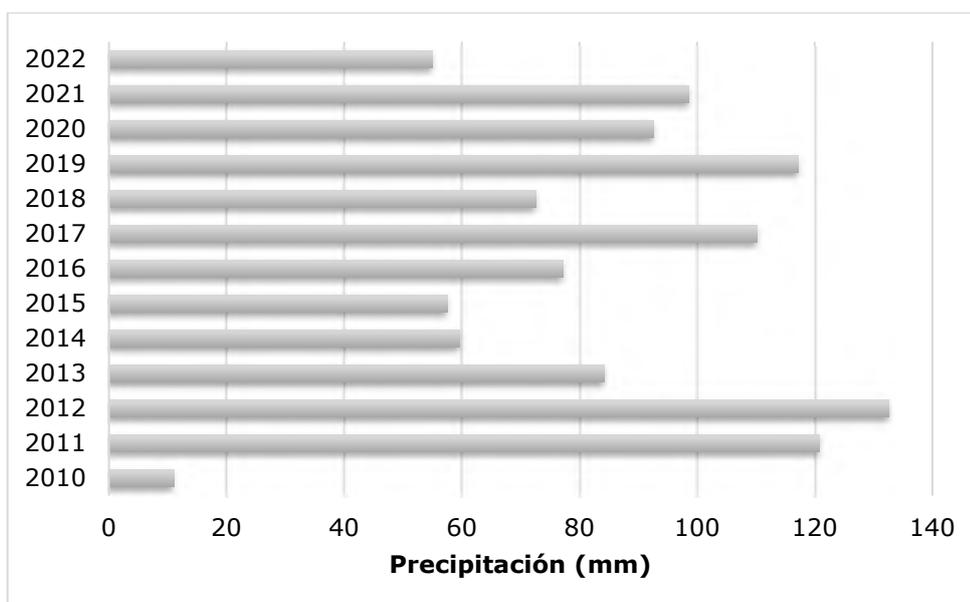
Gráfico 3. Precipitación media anual - Estaciones consideradas



Fuente: RMPL

En el caso del registro de precipitaciones en las estaciones del Salar del Rincón y que cuentan con datos más actualizados, se grafican las precipitaciones acumuladas anuales periodo 2010-2022.

Gráfico 4. Precipitaciones anuales periodo 2010-2022 (Salar del Rincón)



Fuente: RMPL

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
f

En el gráfico anterior puede observarse un comportamiento cíclico de las precipitaciones, con periodos más húmedos que alternan cada dos o tres años. Las mayores precipitaciones se registraron en el año 2012 cuyos valores superaron los 130 mm.

Sobre precipitaciones sólidas (nieve y granizo) no existen registros de cantidad, pero es posible observarlas en imágenes satelitales, especialmente en la parte norte de la cuenca, en las partes altas de los ríos Huaitiquina y Ponpón. Según Fiori y Heredia (1986), son de importancia ya que realizan un aporte al ciclo hidrológico, por otra parte, mencionan que en los meses de junio y agosto se registran nevadas y en los meses de abril - mayo y setiembre - octubre es normal la formación de tormentas de granizo.

1.3.2 Temperatura

El régimen térmico depende, entre otros factores, de la latitud y altitud que ejercen una marcada influencia en la conformación de las temperaturas locales (Paoli, H. 2003).

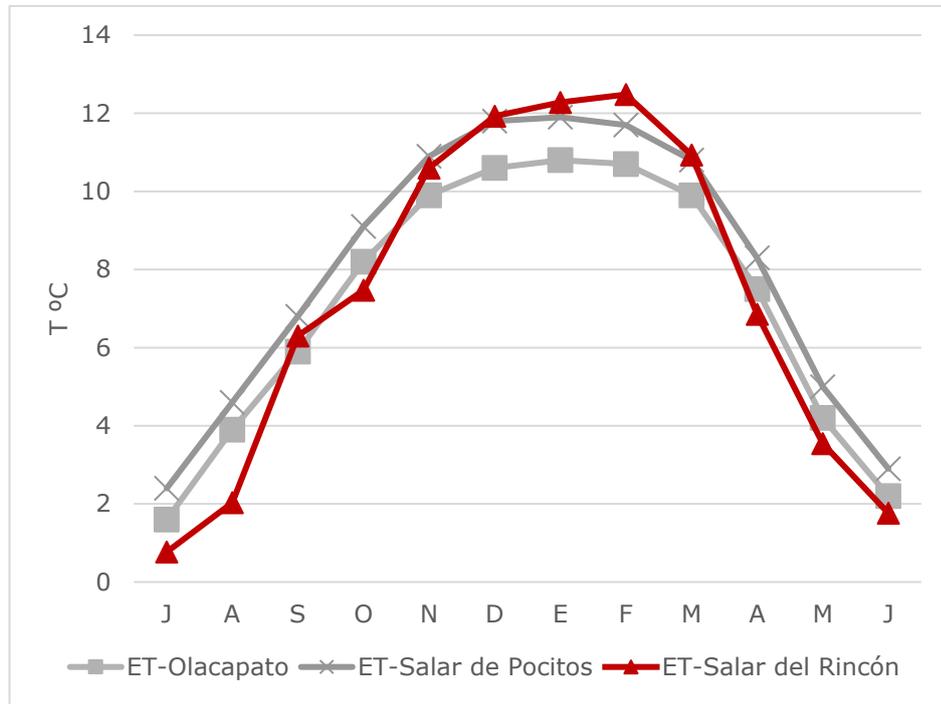
Las mayores temperaturas se concentran en los meses de enero y febrero. Las mínimas se producen entre los meses de junio - julio.

La temperatura media anual en el área de estudio es baja, oscila alrededor de los 7 °C. Sobre este factor, la característica más importante está dada por la marcada variabilidad de los registros. También es muy notoria la amplitud térmica diaria, siendo normal una variación de 20 °C en el día.

En el gráfico a continuación, puede observarse la distribución mensual de la temperatura para los periodos de datos disponibles en las estaciones meteorológicas en el Área de Estudio.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
F

Gráfico 5. Medias mensuales de temperatura (°C) en el Área de Estudio



Fuente: RMPL

Tabla 6. Valores promedios mensuales de temperatura (°C) para el Área de Estudio

	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
ET - Olacapato	1,6	3,9	5,9	8,2	9,9	10,6	10,8	10,7	9,9	7,5	4,2	2,2
ET - Salar de Pocitos	2,4	4,6	6,8	9,1	10,9	11,8	11,9	11,7	10,8	8,3	5	2,9
ET - Salar del Rincón	0,77	2,03	6,30	7,47	10,60	11,93	12,28	12,48	10,93	6,85	3,55	1,76

Como puede observarse, los valores promedios mensuales de temperaturas son similares para las tres estaciones meteorológicas consideradas, lo que atesta la uniformidad del clima en el Área de Estudio.

Los mayores registros de altas temperaturas se dan en la Estación Meteorológica (EM) del Salar del Rincón en el mes de enero, mientras que las más bajas se presentan en los meses de junio y julio, en las estaciones de SAC y Salar del Rincón.

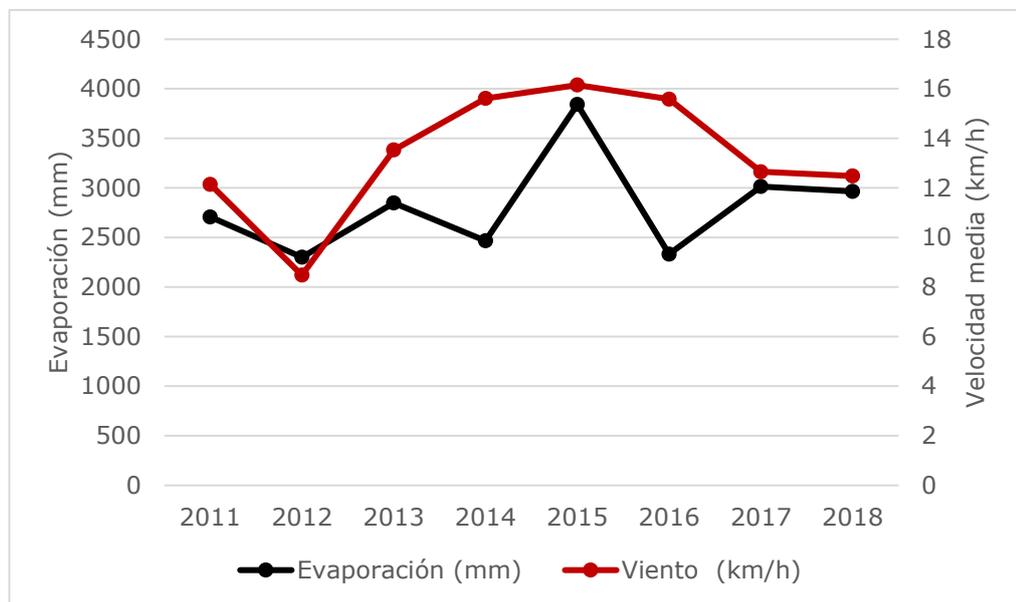
2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 ✓
 R

1.3.3 Evaporación

La región puneña presenta una componente de evapotranspiración potencial considerada extrema, superando valores medianos de 1.300 mm/año. Esta situación es indicativa de que en la región existe un marcado déficit hídrico durante todo el año, incluyendo la época estival. Sin embargo y, debido a las condiciones extremas del clima, cualquier excedente de agua precipitada es reintegrada inmediatamente al circuito externo o infiltra en el suelo, ya que durante los meses donde más llueve, también se verifican los mayores registros termométricos (Gómez Martínez, P., 2008).

Según la información disponible para el Salar del Rincón los valores promedio de evaporación rondan los 2.800 mm/año (RMPL, 2019). El grafico pone en evidencia la relación clásica entre aumento de la velocidad del viento y el aumento de la evaporación.

Gráfico 6. Correlación entre la evaporación y velocidad media del viento



Fuente: RMPL

Los días que favorecen altas tasas de evaporación son aquellos en que se conjugan altas temperaturas y mayores velocidades de viento.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

1.3.3.1 Balance Hídrico

Se realizaron los Balances Hídricos para las tres EM según el método de Thornthwaite (Bianchi,1996), el cual se basa en datos de temperatura media mensual expresada con la siguiente fórmula:

$$ET_0 = 1,6 \cdot (10t/I)^a$$

siendo:

ET_0 = evapotranspiración potencial (mm/mes)
 t = temperatura media mensual.

I = índice de calor anual, el cual se calcula a partir de las temperaturas medias de los doce meses.
 a = parámetro dependiente de I.

$$I = (t/5)^{1,5} = 46,553$$

$$a = 0,492 + 0,0179 \cdot I - 0,0000771 \cdot I^2 + 0,000000675 \cdot I^3 = 1,2263$$

Nota: Los valores calculados corresponden a 1 mes estándar de 360 horas de luz.

Para construirlos se requiere usar la evapotranspiración potencial (ET_0) y las precipitaciones medias mensuales (P) para un periodo de años.

Para calcular ET_0 , se usaron las temperaturas medias mensuales (t) para ese mismo periodo de tiempo. Los cálculos se hicieron asumiendo que toda el agua de lluvia o infiltra, o evapora, ya que las capacidades de infiltración de los suelos aluvionales y arenosos que ocurren en el área son altas y los volúmenes de precipitación no son muy expresivos en la más grande parte del tiempo. Así que, para los cálculos, se consideró la escorrentía superficial = 0.

La Tabla 7 presenta el balance hídrico ambiental del Área de Estudio, considerando la metodología de Thornthwaite.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

Tabla 7. Balances hídricos de las estaciones meteorológicas del Área de Estudios

Olacapato	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	10,8	10,7	9,9	7,5	4,2	2,2	1,6	3,9	5,9	8,2	9,9	10,6	7,12
Precipitación (mm)	30	20	4	0	0	1	0	0	0	0	0	9	64
Evapotranspiración Potencial (mm)	72	62	61	44	26	14	11	25	37	54	64	72	542
Evapotranspiración Real (mm)	30	20	4	0	0	1	0	0	0	0	0	9	64
Déficit (mm)	-42	-42	-57	-44	-26	-13	-11	-25	-37	-54	-64	-63	-478
Exceso (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escorrentía (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evapotranspiración Relativa (%)	42	32	7	0	0	7	0	0	0	0	0	13	11,81

Salar de Pocitos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura (°C)	11,9	11,7	10,8	9,3	5	2,9	2,4	4,6	6,8	9,1	10,9	11,8	8,10
Precipitación (mm)	19	10	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	35
Evapotranspiración Potencial (mm)	74	64	62	49	27	15	13	26	38	54	65	74	561
Evapotranspiración Real (mm)	19	10	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3	35
Déficit (mm)	-55	-54	-60	-49	-27	-15	-13	-26	-38	-53	-65	-71	-526
Exceso (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escorrentía (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Evapotranspiración Relativa (%)	26	16	3	0	0	0	0	0	0	2	0	4	6,24

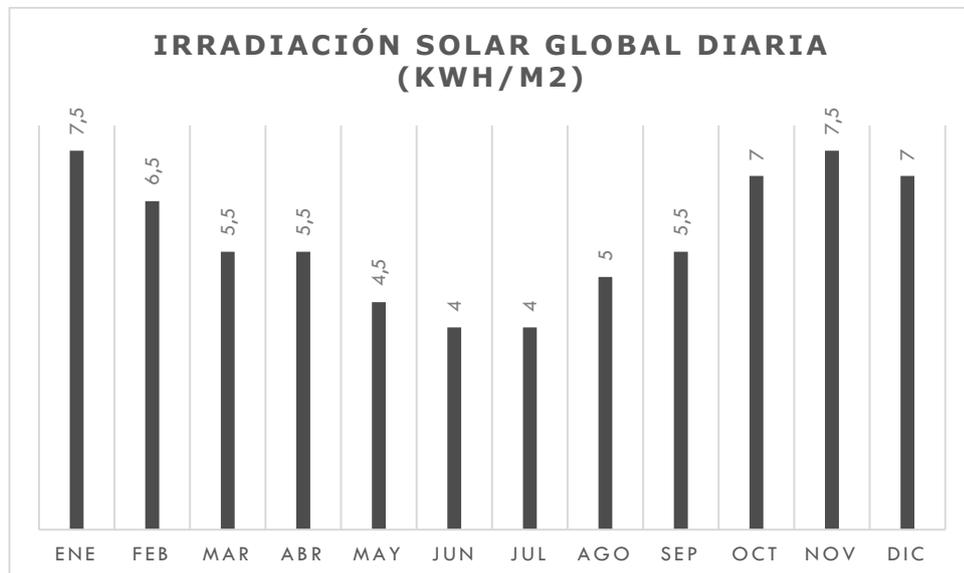
e
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 H
 J
 R

1.3.4 Radiación

Para la caracterización de la radiación, se toma como base el Atlas de Energía Solar de la República Argentina (Hugo Grossi Gallegos y Raúl Righini, 2007).

Del mencionado Atlas se extrajeron los siguientes valores de Radiación Global Diaria para el área en estudio, los cuales se grafican a continuación.

Gráfico 7. Valores de radiación global diaria para el área de emplazamiento del Proyecto.



2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Fuente: Grossi H. R. Righini (2007)

Como puede observarse, los mayores valores de radiación se dan entre los meses de octubre y febrero, siendo el máximo en los meses de enero y noviembre.

1.4 Calidad del aire

En el Área de Estudio del Proyecto, anteriormente, se han realizado estudios referentes a la Calidad del Aire:

- **Ady Resources Límited, 2007:**

Debido a que, para el momento, no existían fuentes emisoras de origen antrópico en el área del Salar del Rincón, determinaron que el aire de la zona, en general y

específicamente para el AI del proyecto anterior, no presentaba agentes contaminantes. De igual manera, comentaron que:

"En determinadas épocas del año, se observa la presencia de partículas de polvo en suspensión. Esto se debe a los importantes vientos que se presentan en la zona. Además, se registra la presencia de partículas salinas en suspensión que provienen del Salar y son arrastradas ocasionalmente por los vientos".

- **Rincon Mining PTY Limited, 2013:**

Para esta oportunidad, el objetivo de la evaluación de la Calidad de Aire de la zona fue determinar, a través de muestreos ocurridos en octubre del 2013 (presentados en el IIA del 2018 como parte de la Línea de Base Ambiental del Proyecto), y siguiendo lo establecido en el Anexo IV- Tabla N° 8 - de la Ley N° 24.585/95, las condiciones ambientales de la Área de Estudio a fin de definir las condiciones de base que deberán perseguirse para mantener la calidad ambiental de la zona de influencia del Proyecto. Se efectuaron cuatro muestreos ubicados: *Punto de muestreo M1 (Sotavento)*: localizado a 3.5 km hacia el Sureste de las instalaciones actuales del Proyecto; *Punto de muestreo M2 (Barlovento)*: ubicado fuera del área delimitada del proyecto, a unos 7 km en línea recta hacia el Noroeste de la planta piloto en operación; *Punto de muestreo M3*: Localidad de Catua y *Punto de muestreo M4*: Ruta Nacional N° 51.

El referido estudio utilizó las siguientes técnicas de muestreo: EPA IO-2.3 (Muestreo de aire para PM₁₀ usando muestreador de bajo caudal); y evaluó la presencia de las siguientes sustancias ASTM D 2914 (Dióxido de Azufre); ASTM D 3608 (Dióxido de Nitrógeno); Vía húmeda del azul de metileno (Sulfuro de Hidrógeno). Llegando a la conclusión de que las concentraciones obtenidas fueron inferiores a los niveles guía establecidos en dicha Ley.

- **Rio Tinto – Rincón Litio, 2022 y 2023:**

Para la evaluación de la Calidad de Aire de la construcción y operación del Proyecto Rincón – se realizaron muestreos en el Área de Estudio en noviembre 2022 y abril 2023, los cuales se desarrollan a continuación.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 F

1.4.1 Objetivos

Realizar el análisis de la Calidad de Aire del Proyecto para determinar las condiciones ambientales base del Área de Estudio, previas a la construcción y operación Proyecto Rincón.

1.4.2 Marco normativo aplicable

La normativa tomada para contrarrestar los valores obtenidos en los muestreos realizados es el Anexo IV de la Ley Nacional N° 24.585/95 de Protección Ambiental para la Actividad Minera, en donde incluye los niveles guía según el periodo de tiempo de exposición que se muestran en la Tabla N° 8 del anexo correspondiente.

1.4.3 Metodología

Los métodos para la determinación de los parámetros considerados para el análisis de Calidad de Aire son:

- **ASTM D4096 (2017):** Material Particulado Total;
- **USA CFR 40 Parte 50 Ap. J:** Material Particulado PM10;
- **USA CFR 40 Parte 50 Ap. J:** Material Particulado PM2.5;
- **ASTM D 2914 (2015):** Dióxido de Azufre;
- **ASTM D3608 (2019):** Dióxido de Nitrógeno;
- **NIOSH 6604:** Monóxido de Carbono;
- **OSHA ID-214:** Ozono; y
- **Azul metileno/SM 4500 S= D (#):** Sulfuro de Hidrogeno.

Cabe destacar que el muestreo fue llevado a cabo por personal capacitado para la toma de muestras del laboratorio del Grupo Induser SRL. De acuerdo con la política de calidad de dicho laboratorio y para garantizar la fidelidad para la toma de muestras, se consideraron los siguientes pasos:

- Coordinación de logística necesaria para la ejecución del muestreo;
- Calibración de instrumentos y equipos de muestreo;
- Relevamiento de los puntos de muestreo, toma de muestras y mediciones de campo;

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

- Conservación y traslado de muestras al laboratorio;
- Análisis físico - químicos de las muestras recogidas en campo; y
- Elaboración de un informe preliminar, e informe final.

Los resultados de los análisis (protocolos de laboratorio) estuvieron a cargo del mismo laboratorio. Los cuales se adjuntan en el Anexo 2.a.7.

1.4.3.1 Equipamiento utilizado

- Estaciones de medición para Calidad de Aire marca "DELTA INSTRUMENT";
- Estación meteorológica marca "DAVIS" modelo "Vantage Pro-2";
- Cabezal impactador de PM10 marca "TECORA" modelo TCR PM10µm;
- Medidor de Monóxido de Carbono marca "TESTO" modelo 315;
- Bomba de succión marca "DRAGÜER" modelo ACCURO; y
- Navegador GPS marca "GARMIN" modelo LEGEND HCx (siendo la precisión de este equipo: ±10 m).

1.4.3.2 Toma de muestras

Las ubicaciones de los sitios de muestreos de Calidad de Aire en noviembre 2022 y abril 2023 son los siguientes:

*Tabla 8. Coordenadas de ubicación geográfica de los sitios de muestreo:
 Año 2013, 2022 y 2023*

Fecha	Sitio	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
2013	M1 – Sotavento	24° 3' 15,25" S	67° 1' 43,04" O	7340287	3395376
	M2 – Barlovento	23° 58' 29,66" S	67° 5' 0,15" O	7349033	3389739
	M3 – Catua	23° 52' 55,28" S	67° 0' 10,68" O	7359382	3397850
	M4 – RN 51	24° 0' 8,74" S	67° 0' 23,83" O	7346042	3397573
Noviembre 2022 y Marzo 2023	Catua	23° 52' 25,31" S	67° 00' 19,99" O	7360303	3397580
	Laguna Rincón	24° 02' 22,09" S	68° 13' 24,11" O	7341765	3375552
	Puesto Mina Talismán	24°12' 33,89" S	67° 00' 0,59" O	7323119	3398394
	Puesto Jacha	23° 50' 23,50" S	67° 03' 42,02" O	7364009	3391836
	Nueva Planta	24° 00' 18,77" S	67° 02' 10,02" O	7345712	3394574
	Campo de Bombeo Salmuera	24° 04' 05,36" S	67° 03' 44,42" O	7338720	3391958

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Fecha	Sitio	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
	Ruta 51	23° 55' 30,11" S	67° 06' 02,11" O	7354488	3387893
	San Antonio de los Cobres (SAC) (*)	24° 12' 49,85" S	66° 19' 03,55" O	7322955	3467732
	Olacapato (*)	24° 06' 51,06" S	66° 43' 14,58" O	7333842	3426729

(*) Sitios muestreados únicamente en abril 2023.

En la Tabla siguiente se detallan fechas y datos de la toma de muestras realizadas en los sitios de muestreo de calidad de aire.

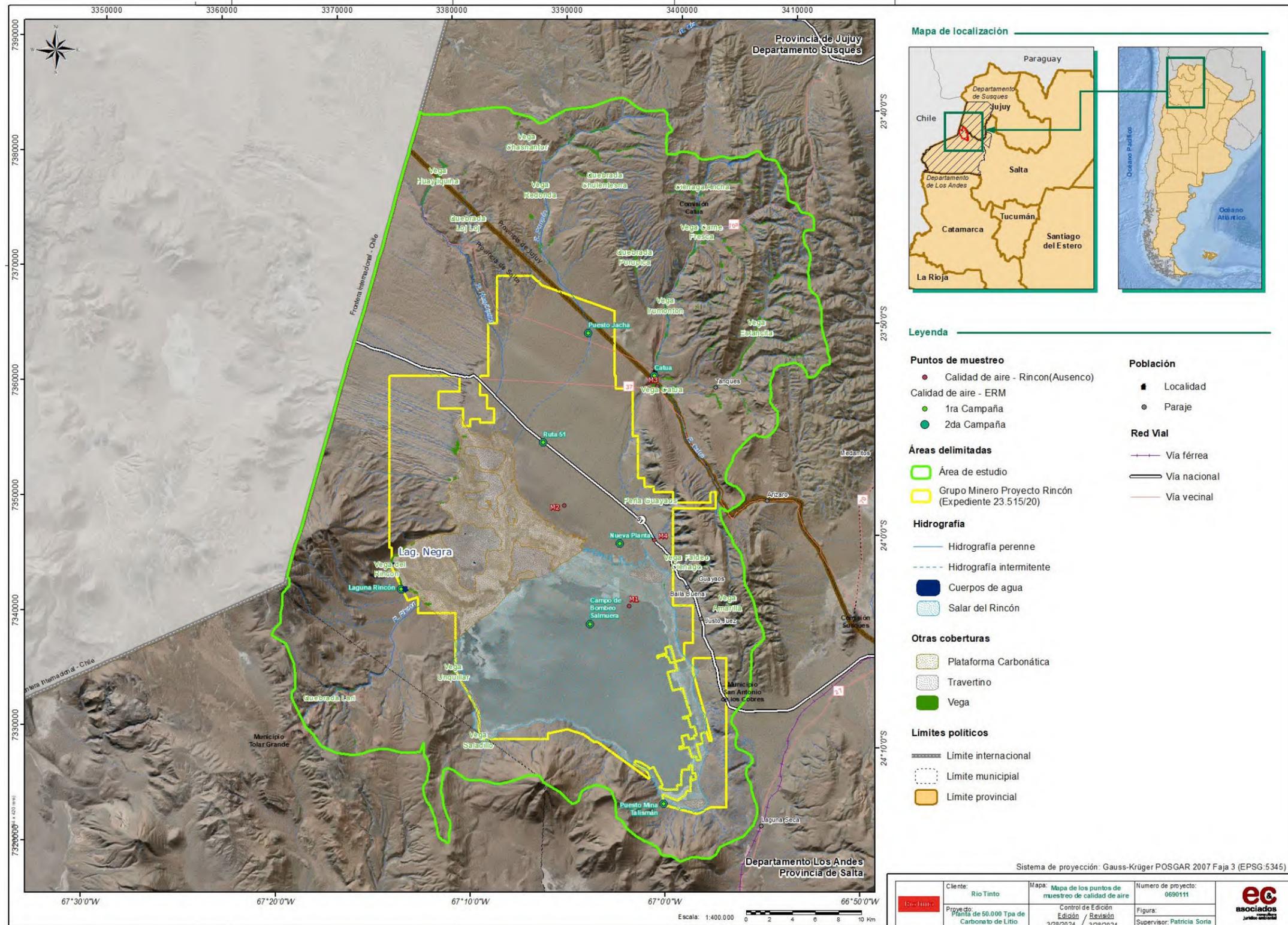
Tabla 9. Muestreo de calidad de aire: Años 2013, 2022 y 2023

Sitio	Fecha de Muestreo			Tiempo de Muestreo	
	2013	2022	2023		
M1 – Sotavento	22/10	-	-	24 horas	
M2 – Barlovento	22/10	-	-		
M3 – Catua	23/10	-	-		
M4 – RN 51	26/10	-	-		
Catua	-	16/11 al 17/11	3/04 al 4/04	24 horas	
Laguna Rincón	-	17/11 al 18/11	2/04 al 3/04		
Puesto Mina Talismán	-		3/04 al 4/04		
Puesto Jacha	-		18/11 al 19/11		1/04 al 2/04
Nueva Planta	-	4/04 al 5/04			
Campo de Bombeo Salmuera	-	-			31/03 al 1/04
Ruta 51	-				-
San Antonio de los Cobres (SAC)	-	-	-		
Olacapato	-	-	-		

En la figura siguiente, se muestra la ubicación de los sitios de muestreo de calidad de aire realizados desde el 2013 hasta marzo 2023. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.8.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Figura 11. Mapa de los puntos de muestreo de calidad de aire

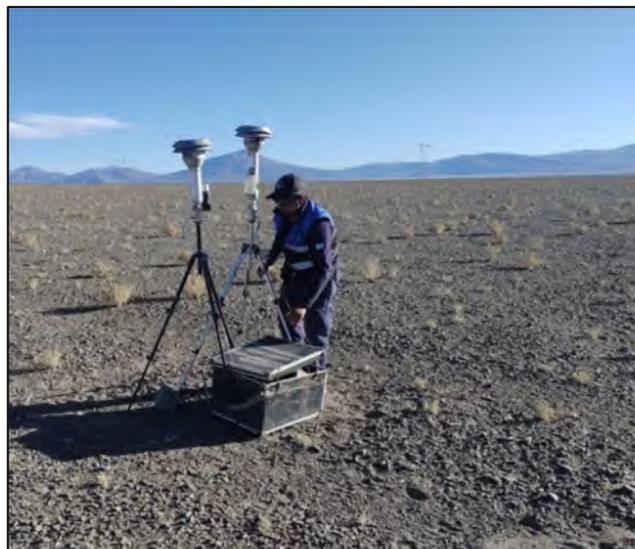


2
A
P
E
A
L
H
A
R

A continuación, se incluye el registro fotográfico correspondiente al momento de toma de muestras de las campañas actuales de noviembre 2022 y abril 2023:



Fotografía 29. Sitio Nueva Planta



Fotografía 30. Sitio Ruta 51



Fotografía 31. Campo de bombeo

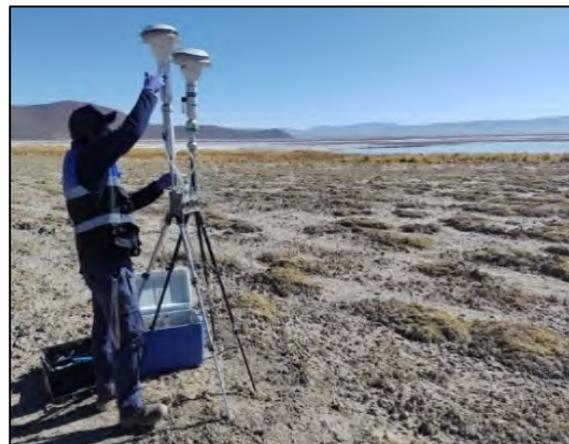


Fotografía 32. Sitio Catua

2
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R



Fotografía 33. Sitio Puesto Jacha



Fotografía 34. Sitio Laguna del Rincón



Fotografía 35. Sitio Mina Talismán

2
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

1.4.4 Resultados y comparativas

En las tablas siguientes se presentan los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de calidad de aire y la comparativas con los valores guías establecidos por la anteriormente citada Ley en el Anexo IV.

Primeramente, se presentan los resultados de los muestreos realizados en el 2013 (Ausenco, 2018) para luego presentar los resultados de las dos campañas de campo de noviembre 2022 y otra en el mes de abril 2023.

Tabla 10. Resultados de muestreos efectuados por RMPL en el 2013

Parámetro (*)	Unidad	M1 (Sotavento)	M2 (Barlovento)	M3 (Catua)	M4 (RN 51)	LDM	LCM	Niveles Guía
Dióxido de Azufre (SO₂)	µg/m ³	< 50	< 50	< 50	< 50	20	50	400 (24hs)
Dióxido de Nitrógeno (NO₂)	µg/m ³	< 5	< 5	< 5	< 5	2	5	180 (24hs)
Sulfuro de Hidrógeno (SH₂)	µg/m ³	< 5	< 5	< 5	< 5	2	5	8 (30 min)
Material Particulado PM10	µg/m ³	10,7	24,2	18,1	46,3	1	3	150 (24hs)

(*) Tabla N° 8 del Anexo IV de la Ley N° 24.585.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Tabla 11. Resultados obtenidos y comparativa con los Niveles Guía - Ley N° 24.585 - Noviembre 2022

Parámetros	Periodo de tiempo monitoreado	Q359338	Q359339			Q359340			Período de Tiempo Normado	Ley N° 24.585 Anexo IV - Tabla 8
		CAC (CATUA)	CA5 (LAGUNA RINCÓN)	CAMT (PUESTO MINA TALISMÁN)	CAJ (PUESTO JACHA)	CA2 (SITIO NUEVA PLANTA)	CA4 (CAMPO DE BOMBEO SALMUERA)	CA3 (RUTA 51)		
		Resultados (µg/m³)								
Material Particulado Total	24 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	24 h	150
									1 año	50
Material Particulado PM10 (**)	24 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	24 h	150
									1 año	50
Material Particulado PM2.5	24 h	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	24 h	150
									1 año	50
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	1 h	850
									24 h	400
									1 año	80
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂) (*)	1 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	1 h	400
									24 h	180
									1 año	100
Monóxido de Carbono	1 h	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	1 h	40 (1)
									8 h	10 (1)
Plomo	1 h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3 meses	1.5
Ozono (Sustancias Oxidantes Expresadas como Ozono)	8 h	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	1 h	235
									8 h	120

2
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 H
 J
 R

Parámetros	Periodo de tiempo monitoreado	Q359338	Q359339			Q359340			Período de Tiempo Normado	Ley N° 24.585 Anexo IV - Tabla 8
		CAC (CATUA)	CA5 (LAGUNA RINCÓN)	CAMT (PUERTO MINA TALISMÁN)	CAJ (PUERTO JACHA)	CA2 (SITIO NUEVA PLANTA)	CA4 (CAMPO DE BOMBEO SALMUERA)	CA3 (RUTA 51)		
		Resultados (µg/m³)								
Sulfuro de Hidrógeno (SH₂)	3 h	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	30 min	8

Observación: Los resultados obtenidos se encuentran corregidos a 25°C y 1 atm de Presión.

(*) Legislado como Óxidos de Nitrógeno.

(**) Legislado como Material Particulado Fracción Respirable.

Nota: Se estima que hay un error en la unidad aplicable al CO (unidad correcta mg/m3 y no ug/m3 como referencia tenemos distintas legislaciones nacionales e internacionales donde los Niveles Guía son:

Ley N° 5.965 Decreto N° 3.395/96 Anexo III - Tabla A de la Provincia de Bs As. Nivel guía 40.000 ug/m3 (1 h); 10.000 ug/m3 (8 h). Ley 1356 - Decreto 198/06. Anexo II, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires Nivel Guía 40.000 mg/m3 (1 h); 10.000 mg/m3 (8 h).

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 A
 R

Tabla 12. Resultados obtenidos y comparativa con los Niveles Guía - Ley N° 24.585 – Abril 2023

Parámetros	Periodo de Tiempo Monitoreado	SITIOS									Ley N° 24.585 Anexo IV - Tabla 8		
		CA OLACAPATO	CA SAC	CAC (CATUA)	CA5 (LAGUNA RINCÓN)	CAMT (PUESTO MINA)	CAJ (PUESTO JACHA)	CA2 (SITIO NUEVA PLANTA)	CA4 (CAMPO DE BOMBEO)	CA3 (RUTA 51)			
		RESULTADOS (µg/m³)									µg/m³		
Material Particulado Total	24 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	24 h	150	
												1 año	50
Material Particulado PM10 (**)	24 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	24 h	150	
												1 año	50
Material Particulado PM2.5	24 h	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	24 h	150	
												1 año	50
Dióxido de Azufre	3 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	1 h	850	
												24 h	400
												1 año	80
Dióxido de Nitrógeno (*)	1 h	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	1 h	400	
												24 h	180
												1 año	100
Monóxido de Carbono	1 h	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	< 1200	1 h	40 (1)	
												8 h	10 (1)
Plomo	1 h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3 meses	1.5	
Ozono	8 h	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	1 h	235	

2
 A
 P
 E
 ★
 A.C
 L
 H
 ★
 R

Parámetros	Periodo de Tiempo Monitoreado	SITIOS									Ley N° 24.585 Anexo IV - Tabla 8	
		CA OLACAPATO	CA SAC	CAC (CATUA)	CA5 (LAGUNA RINCÓN)	CAMT (PUERTO MINA)	CAJ (PUERTO JACHA)	CA2 (SITIO NUEVA PLANTA)	CA4 (CAMPO DE BOMBEO)	CA3 (RUTA 51)		
		RESULTADOS (µg/m³)									µg/m³	
(Sustancias Oxidantes Expresadas como Ozono)											8 h	120
Sulfuro de Hidrógeno	3 h	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	30 min	8

Observación: Los resultados se encuentran expresados en condiciones estándar de presión y temperatura (25°C y 1 atm)

(*) Legislado como Óxidos de Nitrógeno.

(**) Legislado como Material Particulado Fracción Respirable.

Nota: se estima que hay un error en la unidad aplicable al CO (unidad correcta mg/m3 y no ug/m3 como referencia tenemos distintas legislaciones nacionales e internacionales donde los Niveles Guía son:

Ley N° 5.965, Decreto N° 3.395/96 Anexo III Tabla A de la Provincia de Bs As. Nivel guía 40.000 ug/m3 (1 h); 10.000 ug/m3 (8 h). Ley 1356 – Decreto N° 198/06. Anexo II, de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires Nivel guía 40.000 mg/m3 (1 h); 10.000 mg/m3 (8 h).

e
 A
 P
 E
 A
 L
 H
 F

1.4.5 Conclusiones

La calidad del aire se muestreo en noviembre 2022 y abril 2023, en nueve sitios del Área de Estudio del Proyecto, durante 24 horas en cada uno de ellos.

Los valores obtenidos de las concentraciones de los parámetros que se encuentran normados en la Ley N° 24.585 Anexo IV - Tabla 8, se encuentran por debajo de los Niveles Guía detallados en dicha legislación. Esta condición se debe principalmente a que estos sitios de grandes dimensiones territoriales se encuentran muy poco influenciados antrópicamente, sea por fuentes generadoras de gases o de partículas que impacten negativamente en la calidad del aire (como pueden ser industrias, ciudades, entre otros). Los impactos que pudieran estar ocasionando las actuales actividades antrópicas que se desarrollan en estos sitios, son rápidamente dispersadas y depuradas en la atmosfera abierta y libre.

1.5 Ruidos.

De igual manera que en la sección de Calidad de Aire, se realizaron mediciones de Ruido en el Área de Estudio del Proyecto:

- **Ady Resources Límited, 2007:**

Para el momento de esos estudios, no se detectaron fuentes emisoras de ruido de origen antrópico en el área, por lo cual, no se efectuaron mediciones.

- **Rincon Mining PTY Limited, 2013:**

Se midieron los puntos establecidos para Calidad de Aire. Se concluyó que los niveles de ruidos registrados en los diferentes sitios del Área de Estudio del proyecto se encuentran por debajo del valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para áreas industriales y de tránsito. En estas mediciones utilizaron un Sonómetro Center 322 de rango de medición: 30 -130 dB y un calibrador modelo QC-10 que produce un nivel de presión acústica constante de 114 dB en una frecuencia fija de 1000 Hz.

- **Rio Tinto – Rincón Litio, noviembre 2022 y abril 2023:** se realizaron mediciones de ruido en el Área de estudios del Proyecto, para la Línea de Base

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Ambiental de la Proyecto Rincón. Estas mediciones y el análisis de estas se desarrollan a continuación.

1.5.1 Objetivos

Establecer las condiciones ambientales base referente a Ruido, previo a la construcción y operación del Proyecto Rincón.

1.5.2 Metodología

1.5.2.1 Equipos de medición

Para las mediciones de Ruido se empleó un medidor de presión sonora marca Standard Instruments, modelo ST-8852 del tipo 2, con certificación de calibración vigente (incluido como Anexo 2.a.9).

La toma de datos se realizó a una altura aproximada de 1,5 m respecto del nivel del piso, y a una distancia considerable de cualquier estructura reflectante del sonido.

Las mediciones se tomaron con respuesta dinámica "lenta" (slow), compensadas mediante la red ecualización "A", tomando registros cada un segundo, durante un periodo de 60 minutos por punto de muestreo.

1.5.2.2 Análisis de los datos

Durante los intervalos de tiempo que dura la medición por sitio, se obtuvo un nivel sonoro instantáneo que varía con el tiempo. Luego se determinó el nivel equivalente. Para ello, se calculó el nivel de sonido continuo que aporta la misma dosis de energía que el sonido variable, ponderado en A, durante el intervalo de tiempo dado.

Los registros obtenidos fueron procesados de manera de obtener el Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente ponderado en el tiempo ($L_{Aeq,T}$) mediante la siguiente fórmula (Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) 4062):

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_T (p_A^2(t) / P_0^2) dt \right] \quad (\text{dB})$$

Donde:

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

T = intervalo de integración (min)

$P_A(t)$ es la presión sonora instantánea ponderada según la curva A

P_0 es la presión acústica de referencia ($20\mu Pa$)

Cuando se tiene una serie de valores discretos, producto de haber realizado "n" mediciones de nivel sonoro con un determinado periodo de muestreo fijo, y asumiendo que el nivel sonoro se mantiene constante dentro de cada período, la integral de la ecuación anterior se reduce a una sumatoria:

$$L_{eq}(A) = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i(A)/10} \right]$$

Donde:

n = número de mediciones realizadas

$L_i(A)$ es la presión sonora instantánea ponderada según la curva A

1.5.2.3 Marco Normativo y Comparación de Resultados

a) Comparativa con Banco Mundial y USEPA

Los resultados obtenidos del Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NSCE) ponderado en el tiempo ($L_{Aeq,T}$), se compararon con los límites para zonas industriales establecidos en las normas estándares de organismos internacionales, como el Banco Mundial (BM), según lo establecido en las Guías IFC (Corporación Financiera Internacional) de Ambiente, Salud y Seguridad (*EHS Guidelines*) respecto al Manejo del Ruido en los proyectos (1.7 *Noise Management* del 2007) y del *Environmental Protection Agency* (US EPA).

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
P

Tabla 13. Normas de comparación para Ruido.

Zonas de aplicación	Valores expresados en dBA	
	Horario diurno	Horario nocturno
Banco Mundial		
Residencial – Institucional – Educacional	55	45
Industrial – comercial	70	70
US-EPA		
Residencia	75	65
Industrial – comercial	80	72

Fuente: ^aGuía IFC 1.7 Noise Management – Banco Mundial (2007, p.53). ^bInformation on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with An Adequate Margin of Safety – US EPA (1974).

b) Comparativa con Norma IRAM 4062/16 y OMS

Se realizó la comparación con la norma IRAM 4062/16 de Nivel Sonoro Continuo Equivalente usando la metodología empleada en informes anteriores y establecida por la norma mencionada.

El procedimiento de calificación se basa en la diferencia entre el nivel de evaluación total (L_E), para el horario que corresponda y el nivel de ruido de fondo (L_F), o nivel calculado (L_C). Para este caso, se obtuvo el nivel de ruido calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$L_c = L_b + K_z + K_U + K_h$$

Donde:

L_b = Nivel básico. La norma considera un nivel básico de 40 dB.

K_z = Término de corrección por zona, donde el valor se elige de acuerdo las características de la zona donde se realiza la medición (Tabla 14).

K_U = Término de corrección por ubicación de la finca (Tabla 15).

K_h = Término de corrección por horario (Tabla 16).

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

Tabla 14. Término de corrección por zona Kz para las diferentes zonas

Zona	Tipo	Término de corrección por zona Kz (dB)
Rural (residencial)	1	-5
Suburbano con poco tránsito	2	0
Urbano (residencial)	3	5
Residencial urbano con alguna industria liviana o rutas principales	4	10
Centro comercial o industrial intermedio entre tipos 4 y 6	5	15
Predominantemente industrial con pocas viviendas	6	20

Fuente: Norma IRAM 4062 (2016, p.13).

Tabla 15. Término de corrección por ubicación de la finca Ku

Ubicación de la finca	Término de corrección Ku (dB)
Interiores	
Locales linderos con la vía pública	0
Locales no linderos con la vía pública	-5
Exteriores	
Áreas descubiertas no linderas con la vía pública, por Ejemplo: jardines terrazas, patios. Etc.	5

Fuente: Norma IRAM 4062 (2016, p.13).

Tabla 16. Término de corrección por horario Kh según normas IRAM 4062

Periodo	Término de corrección (dB)
Días hábiles de 6 a 22 horas	5
Días feriados de 6 a 22 horas	0
Noche; de 22 a 6 horas	-5

Fuente: Norma IRAM 4062 (2016, p.14).

Por último, se compararon los resultados con valores sugeridos para áreas industriales según la OMS.

1.5.3 Resultados y comparativas

En la tabla siguiente se detallan las coordenadas de los sitios de mediciones de ruido ambiental realizados y el mapa con la ubicación correspondiente.

Tabla 17. Coordenadas de ubicación geográfica de los sitios de muestreo:
 Año 2013, 2022 y 2023

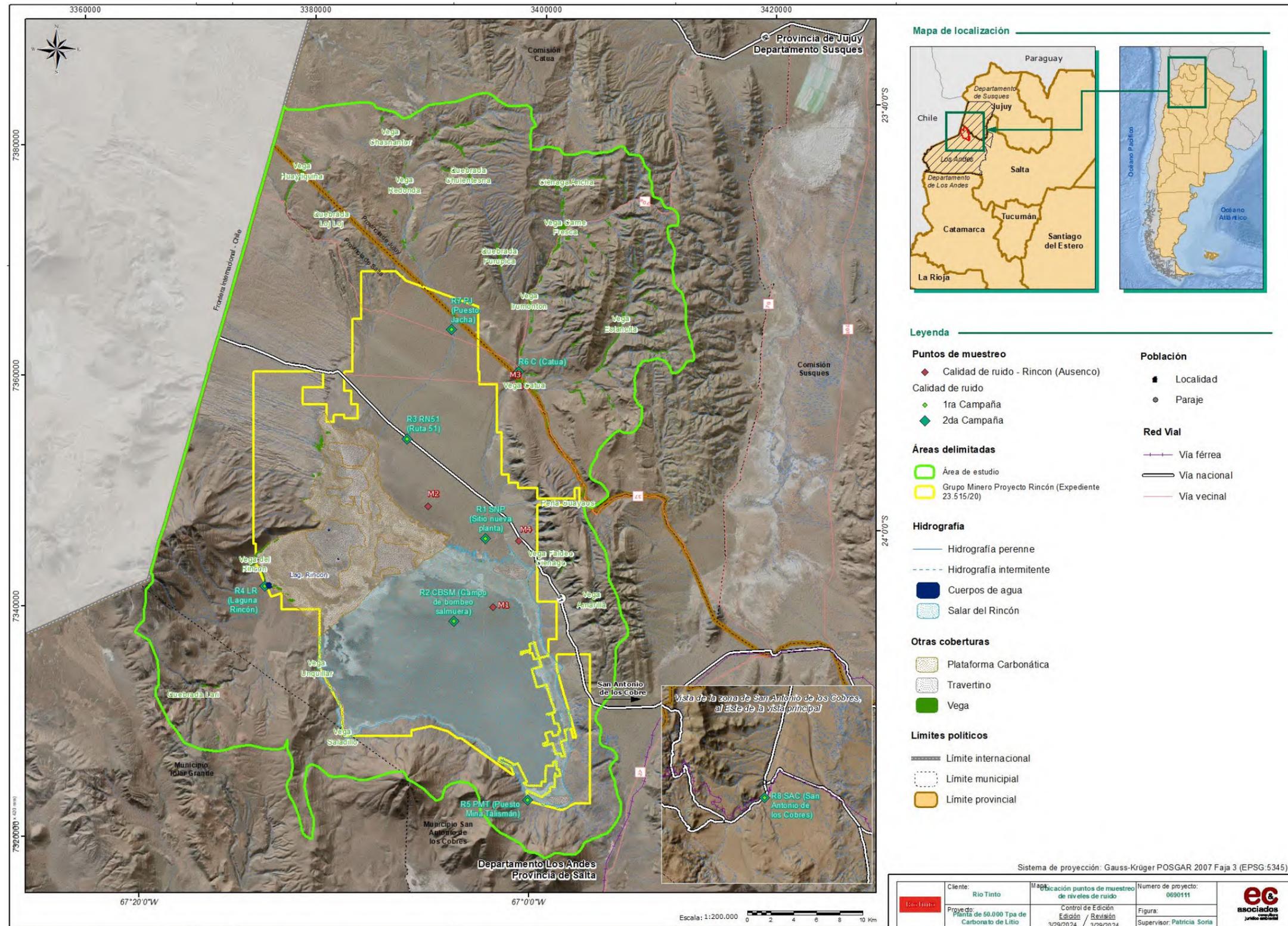
Fechas	Sitio	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
2013	M1 – Sotavento	24°3'15,25"S	67°1'43,04"W	7340287	3395376
	M2 – Barlovento	23°58'29,66"S	67°5'0,15"W	7349033	3389739
	M3 – Catua	23°52'55,28"S	67°0'10,68"W	7359382	3397850
	M4 – RN 51	24°0'8,74"S	67°0'23,83"W	7346042	3397573
Noviembre 2022 y Marzo 2023	R-1 Sitio Nueva planta	24°0'14,42"S	67°2'6,37"O	7345847	3394676
	R-2 Sitio Campo de Bombeo de Salmuera	24°4'6,36"S	67°3'44,92"O	7338689	3391944
	R-3 Sitio RN 51	23°55'31,93"S	67°6'3,94"O	7354488	3387893
	R-4 Sitio Laguna Rincón	24°2'22,96"S	67°13'24,48"O	7341738	3375542
	R-5 Sitio Puesto Mina Talismán	24°12'33,73"S	67°0'2,24"O	7360321	3397592
	R-6 Sitio Catua	23°52'24,71"S	67°0'19,58"O	7323124	3398347
	R-7 Sitio Puesto Jacha	23°50'24,70"S	67°3'44,58"O	7363972	3391764
	R-8 Sitio San Antonio de Los Cobres	24°13'51,17"S	66°19'15,36"O	7321068	3467403

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

En la figura siguiente, se muestra el mapa con la ubicación de los puntos de muestreo de niveles ruido realizados en el 2013 y en las dos campañas, noviembre 2022 y abril 2023. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.10.

2
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F

Figura 12. Mapa de ubicación puntos de muestreo de niveles ruido



2
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 H
 A
 R

A continuación, se presenta el registro fotográfico correspondiente a las mediciones de ruido en las campañas de noviembre 2022 y marzo 2022:



Fotografía 36. R-1 Punto de muestreo de nivel de ruido nueva planta



Fotografía 37. R-2 Punto de muestreo de nivel de ruido campo de bombeo de salmuera



Fotografía 38. R-3 Punto de muestreo de nivel de ruido RN 51

2
A
P
E
A
A.C
L
h
A
f



Fotografía 39. R-4 Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón



Fotografía 40. R-5 Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán

2
A
P
E
A
A.C
L
M
X
F



Fotografía 41. R-6 Punto de muestreo de nivel de ruido Catua



Fotografía 42. R-7 Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Jacha



Fotografía 43. R-8 Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de Los Cobres

1.5.4 Resultados

A continuación, en la siguiente tabla, se presentan los valores obtenidos para los puntos de muestreo de nivel de ruido y la respectiva comparación con los límites establecidos por el Banco Mundial y por USEPA.

Tabla 18. Valores obtenidos de niveles de ruido – RMPL 2013

Parámetro	Unidad	M1 (Sotavento)	M2 (Barlovento)	M3 (Catua)	M4 (RN 51)
Leq	dBA	29,66	39,58	23,25	37,56
Lmáx	dBA	33,4	64	45,4	80,5

e
 P
 B
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Tabla 19. Valores obtenidos de niveles de ruido – noviembre 2022 y marzo 2023

Sitio		Fecha-Hora	Laeq.10 NSCE	Máximo	Mínimo	DE
R-1 SNP	Sitio Nueva Planta	18/11/2022 08:44:32	31,9	44,4	17,5	3,7
		30/03/2023 07:37:59	57,5	61,1	37,4	3,2
R-2 BSM	Campo de Bombeo Salmuera	18/11/2022 12:07:08	29,2	49,1	21,8	4,0
		30/03/2023 18:28:54	52,8	70,6	0,00	12,3
R-3 RN 51	Ruta Nacional 51	18/11/2022 18:07:17	62,4	77,5	52,3	3,2
		30/03/2023 12:44:11	47,5	60,0	35,8	1,7
R-4 LR	Laguna Rincón	17/11/2022 9:25:56	37,0	56,9	25,6	5,2
		29/03/2023 11:12:44	44,6	54,9	24,5	2,4
R-5 PMT	Puesto Mina Talismán	17/11/2022 17:39:44	56,6	72,2	35,6	7,5
		29/03/2023 18:16:49	61,3	74,1	43,5	4,8
R-6 C	Catua	16/11/2022 18:31:43	61,0	96,2	18,9	5,0
		28/03/2023 17:14:40	53,2	78,4	34,2	4,1
R-7 PJ	Puesto Jacha	18/11/2022 15:55:59	48,7	63,4	29,8	7,8
		30/03/2023 9:39:28	42,8	51,9	10,9	3,0
R-8 SAC	San Antonio de Los Cobres	19/11/2022 11:44:27	62,3	93,6	32,0	8,5
		28/03/2023 10:38:00	58,9	81,2	39,9	7,2

Nota: en la tabla se muestran en color azul los valores por encima del límite del Banco Mundial y en rojo los valores que exceden los valores US EPA.

Tabla 20. NSCE (en dBa) en comparación con las normativas de referencia.

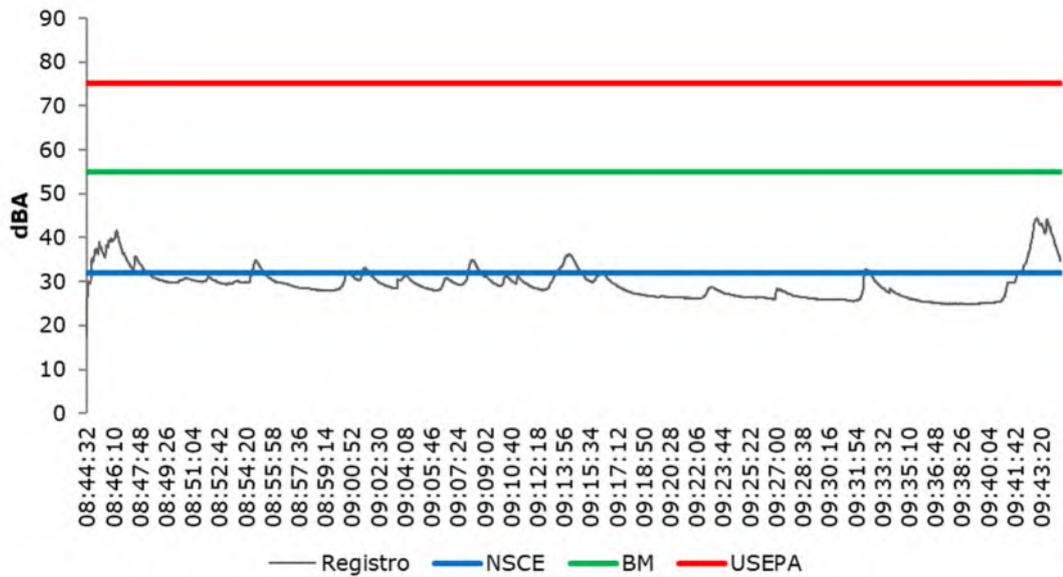
SITIO	Laeq.10 NSCE			BM	US EPA
	2013	2022	2023		
M1 – Sotavento	29,66	-	-	70	80
M2 – Barlovento	39,58	-	-		
M3 – Catua	23,25	-	-		
M4 – RN 51	37,56	-	-		
R-1 Sitio Nueva planta	-	31,9	57,5		
R-2 Sitio Campo de Bombeo de Salmuera	-	29,2	52,8		
R-3 Sitio RN 51	-	62,4	47,5		
R-4 Sitio Laguna Rincón	-	37,0	44,6		
R-5 Sitio Puesto Mina Talismán	-	56,6	61,3		
R-6 Sitio Catua	-	61,0	53,2		
R-7 Sitio Puesto Jacha	-	48,7	42,8		
R-8 Sitio San Antonio de Los Cobres	-	62,3	58,9		

e
 a
 p
 e
 e
 A.C
 L
 H
 J
 R

Tomando como referencia estos niveles guía, se analiza que:

- Punto de muestreo de nivel de ruido Nueva Planta: para la campaña realizada en el mes de noviembre 2022, se midió un valor de NSCE de 31.9 dBA, por lo cual, no excedió los límites establecidos por estas normativas.

Gráfico 8. Sitio Nueva Planta (Nov. 2022)

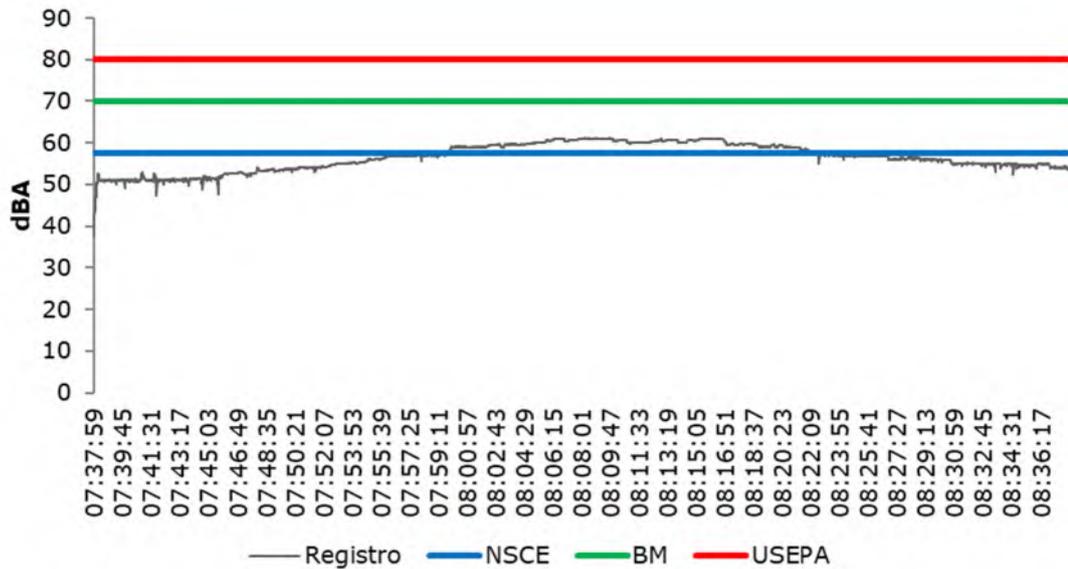


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

En la campaña de marzo 2023, se observa que el punto relevado tuvo un valor de NSCE de 57.5 dBA, registrándose un pico máximo de 61.1 dBA, por lo cual, no excede los límites establecidos. Al momento de la realización de la medición, las condiciones climáticas fueron favorables, con vientos leves, lo que permitió estimar que los valores obtenidos correspondían a ráfagas leves durante la medición. De igual manera, durante las mediciones se presentaron interferencias menores debido al paso vehicular por sus cercanías al sector en donde se está construyendo el nuevo campamento del Proyecto, aprobado por la DIA 062/2023, lo cual no es parte de este IIA.

e
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 A
 R

Gráfico 9. Sitio Nueva Planta. (marzo 2023)

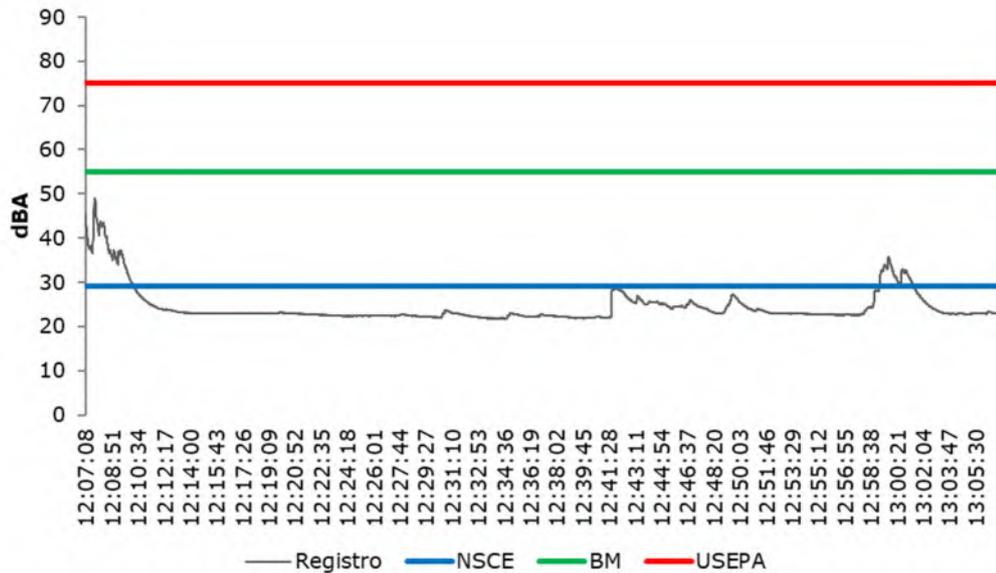


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA(áreas industriales o comerciales)

- Punto de muestreo de nivel de ruido Bombeo de Salmuera: para noviembre 2022 se observa que el punto relevado tuvo un valor de NSCE de 29,2 dBA, no excedió los límites establecidos por estas normativas.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Gráfico 10. Sitio de Bombeo de Salmuera (Nov.2022)

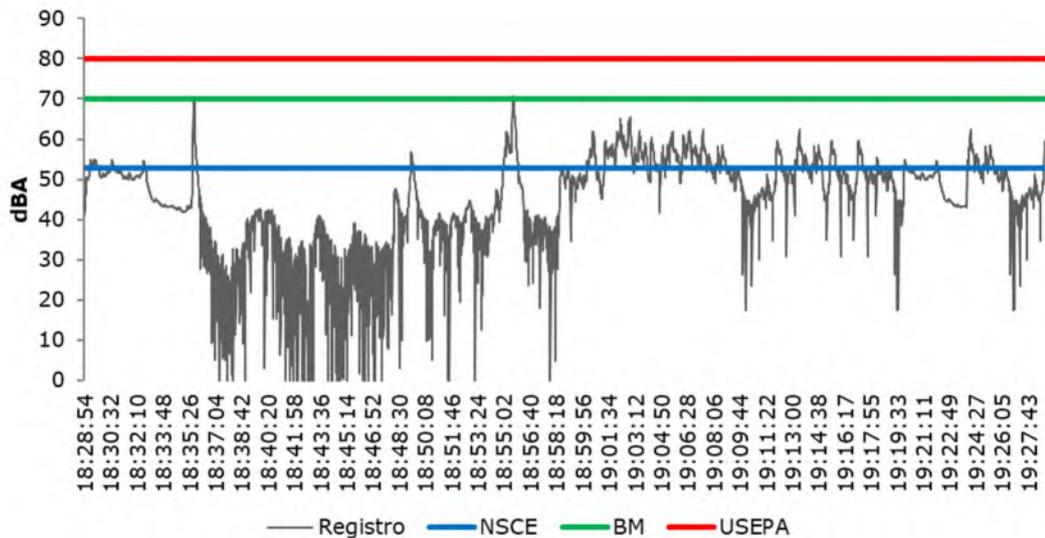


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

Para marzo 2023, se observa que el punto relevado no excedió los límites establecidos ya que el valor de NSCE fue de 52,8 dBA, por lo tanto, y a pesar de este leve incremento, se puede determinar que el mismo presenta valores por debajo de lo establecido en ambas normativas. Es importante destacar que en este sector existe presencia frecuente de tránsito vehicular de mediano porte, sumado a las condiciones climáticas en esta zona, como lo son las fuertes ráfagas de viento, por lo que se entiende que los picos máximos medidos corresponden a actividades antrópicas y a causas naturales propias del lugar.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

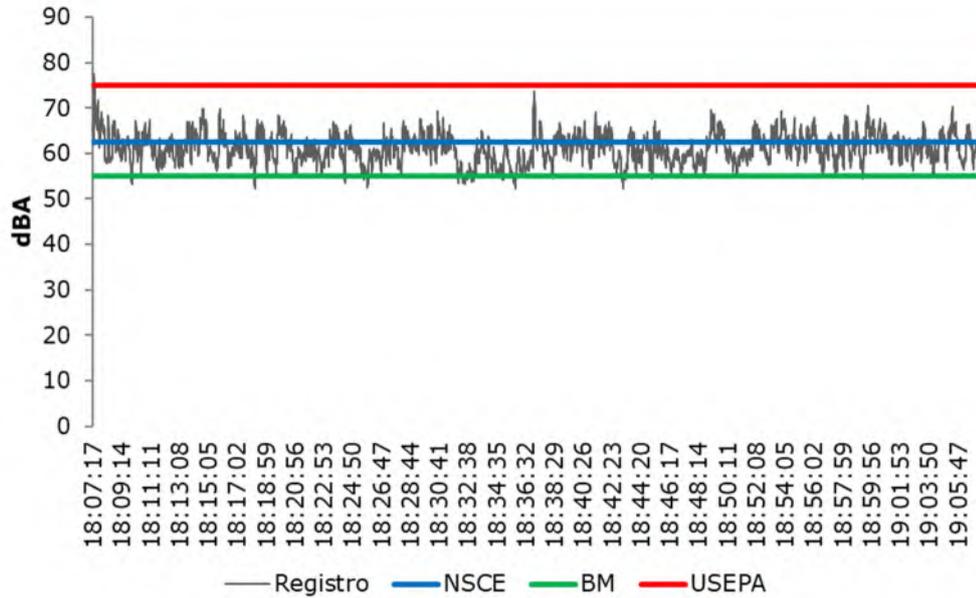
Gráfico 11. Punto de muestreo de nivel de ruido Bombeo de Salmuera (Marzo 2023)



NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

- Punto de muestreo de nivel de ruido RN N° 51: en noviembre 2022, se observa que el punto relevado tuvo un valor de NSCE de 62,4 dBA, por lo que no excedió el límite establecido por la USEPA (80 dBA) para ruido ambiente en zona industrial, pero sí el límite recomendado por el Banco Mundial (70 dBA), ya que en aproximadamente 7,5 dBA (77,5 dBa) por encima del registro permitido, pero de manera puntual ya que estos registros altos se debieron a causas de factores naturales, como las fuertes ráfagas de vientos.

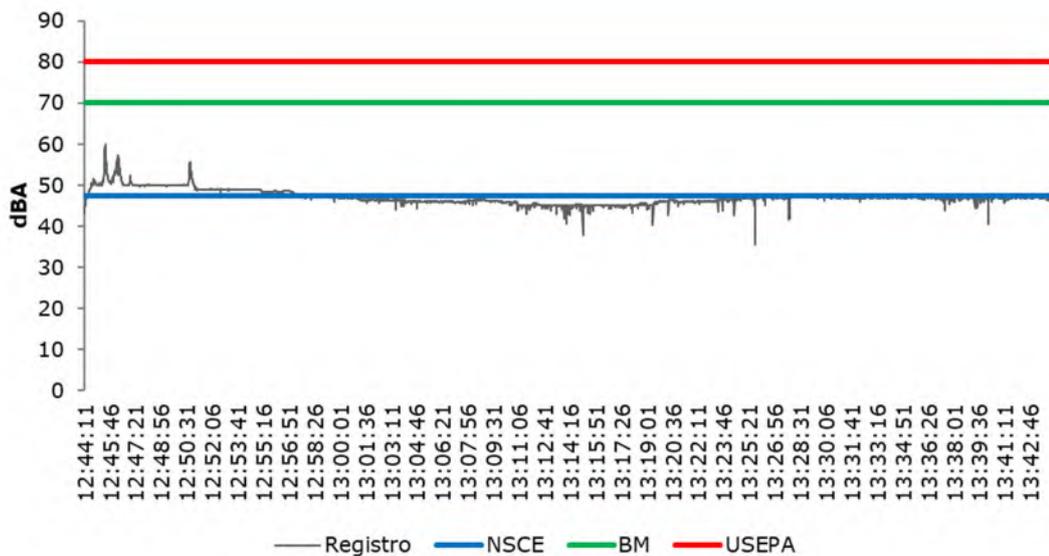
Gráfico 12. Punto de muestreo de nivel de ruido RN 51 (Nov. 2022)



NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

Para marzo 2023, el valor de NSCE para este punto fue de 47,5 dBA, por lo que no excedió los límites establecidos. Este sector, al ser una Ruta Nacional, existe presencia frecuente de tránsito vehicular.

Gráfico 13. Punto de muestreo de nivel de ruido RN 51 (Marzo 2023)

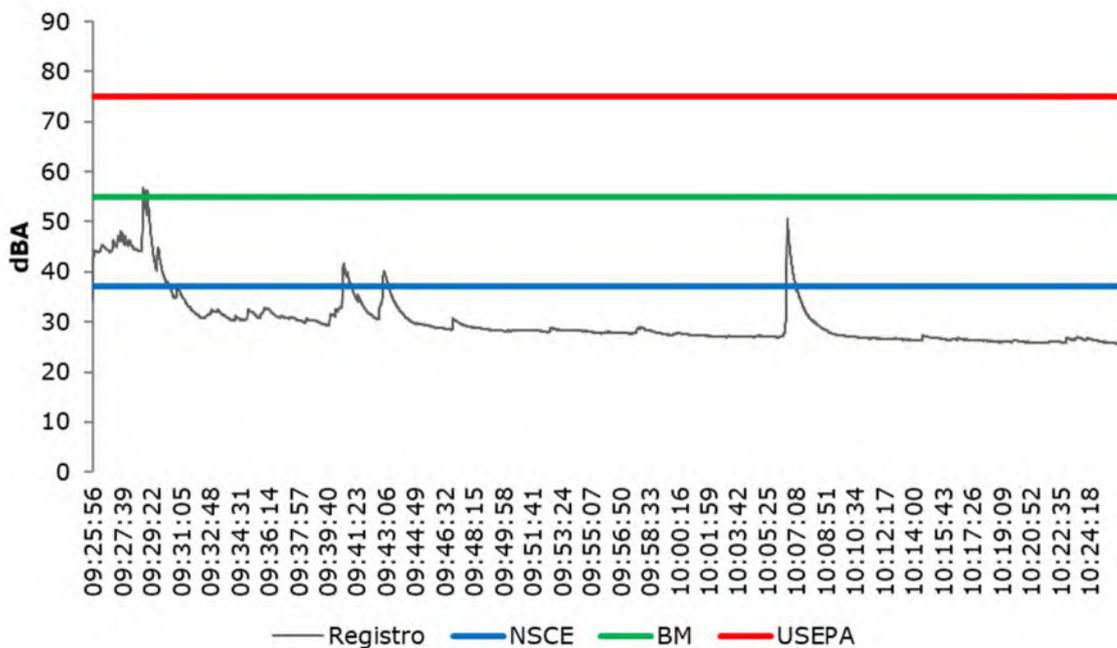


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 J
 R

- Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón: en noviembre 2022 se obtuvo un valor de NSCE de 37,0 dBA, no excedió los límites establecidos por estas normativas.

Gráfico 14. Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón (Nov. 2022)

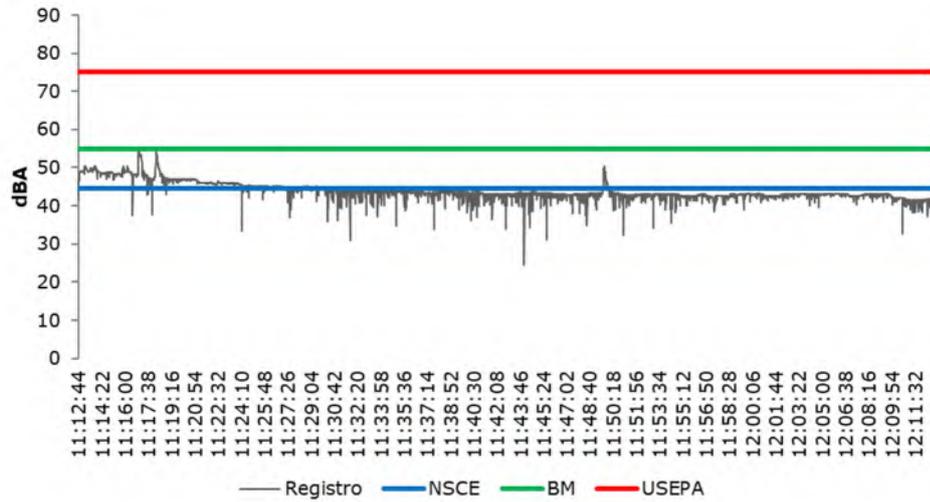


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

Para marzo 2023 se observa que el punto relevado no excedió el límite establecido, ya que el valor de NSCE fue de 44,6 dBA de NSCE. Estos registros menores, representan condiciones climáticas calmas (viento) y poca afluencia antrópica en el sitio de muestreo.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Gráfico 15. Punto de muestreo de nivel de ruido Laguna Rincón (Marzo 2023)

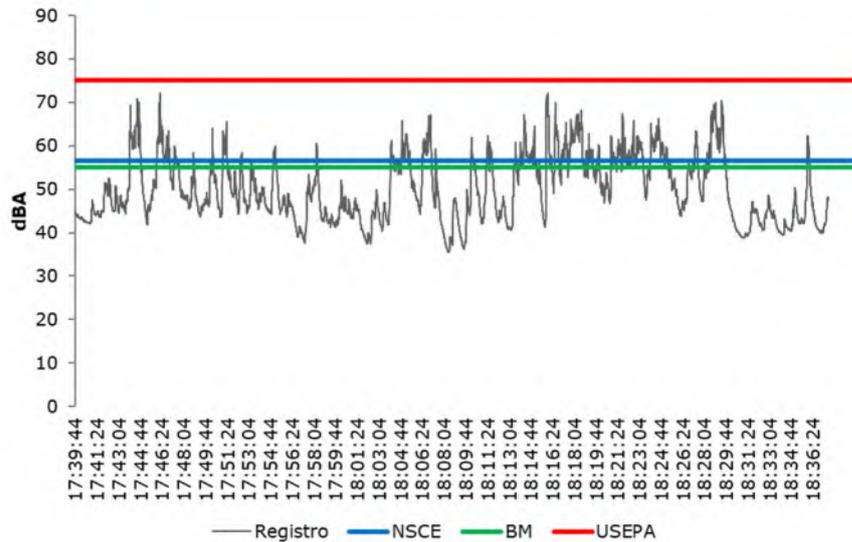


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

- Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán: en noviembre 2022 se observa que el punto relevado no excedió para el límite establecido por la USEPA (80 dBA) para ruido ambiente en zona industrial, pero si el límite recomendado por el Banco Mundial (70 dBA) de manera puntual con 72,2 dBA a causa de las fuertes ráfagas de vientos que ocurren en la zona de manera natural, por lo tanto, el mismo en general presenta valores por debajo de lo establecido por las mencionadas normativas. El valor de NSCE fue de 56,6 dBA.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Gráfico 16. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán (Nov. 2022)

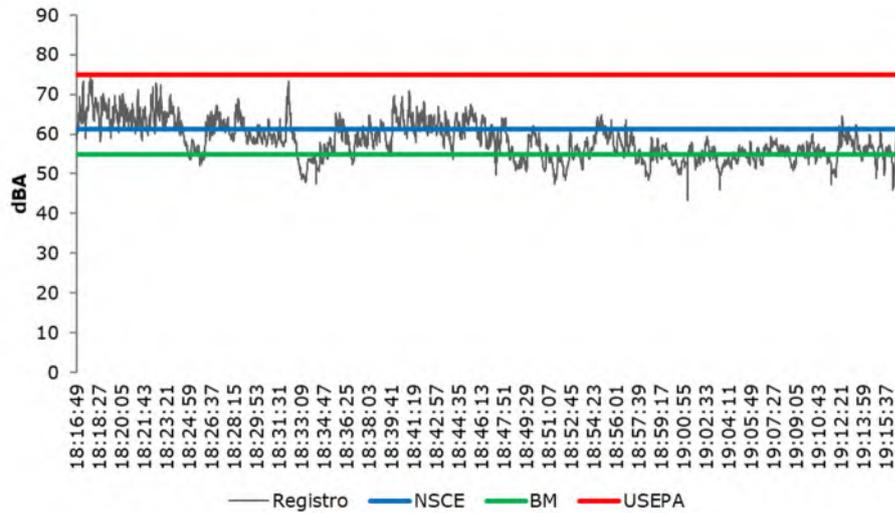


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA(áreas industriales o comerciales)

En marzo 2023 se tuvo un valor de NSCE de 61,3 dBA, siendo el pico máximo de 74,1 dBA. Por tanto, este punto no supera los límites establecidos por la USEPA (75 dBA) para ruido ambiente en zona residencial, pero sí el límite recomendado por el Banco Mundial (55 dBA). Esto se debe a las fuertes ráfagas de vientos que ocurren en la zona de manera natural y que se producen en mayor intensidad por la tarde.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Gráfico 17. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Mina Talismán. (Marzo 2023)

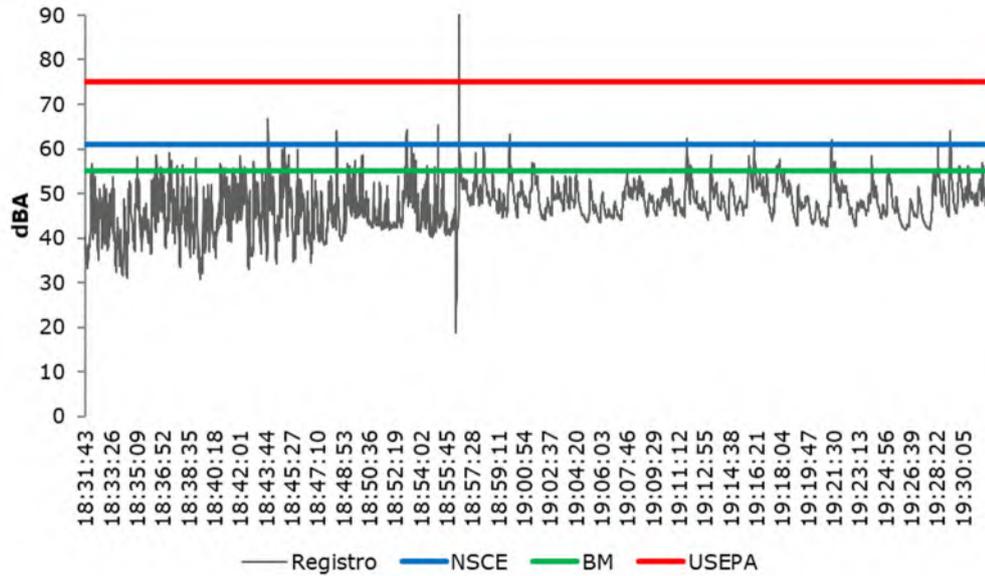


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

- Punto de muestreo de nivel de ruido Catua: noviembre 2022, el punto excedió el límite recomendado por el Banco Mundial (70 dBA), y también el de USEPA (80 dBA) para ruido ambiente en zona industrial con 96,2 dBA, debido a actividades antrópicas por el paso de camiones y también por la influencia natural de fuertes ráfagas de vientos. Pero en general el mismo presentó valores por debajo de lo establecido por las mencionadas normativas. El valor de NSCE fue de 61,0 dBA.

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 J
 R

Gráfico 18. Punto de muestreo de nivel de ruido pueblo de Catua (Nov. 2022)

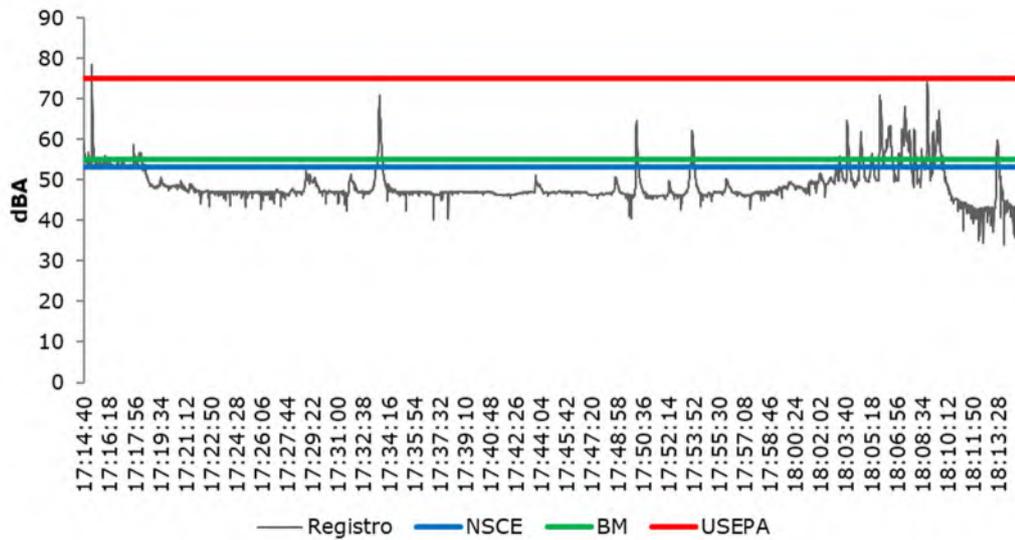


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA(áreas industriales o comerciales)

En marzo 2023, se observa que el punto relevado registró valores de NSCE de 53,2 dBA, con un pico máximo de 78,4 dBA, excediendo los límites establecidos por la USEPA (75 dBA) para ruido ambiente en zona residencial y los límites establecidos por el Banco Mundial (55 dBA). Cabe mencionar que el área de estudio está influenciada por actividades antrópicas las cuales comprenden el paso constante de vehículos de pequeño y mediano porte, y condiciones climáticas típicas de esta zona la cual genera, naturalmente, fuertes ráfagas de vientos después del mediodía y incrementando su velocidad en horas de la tarde.

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 J
 R

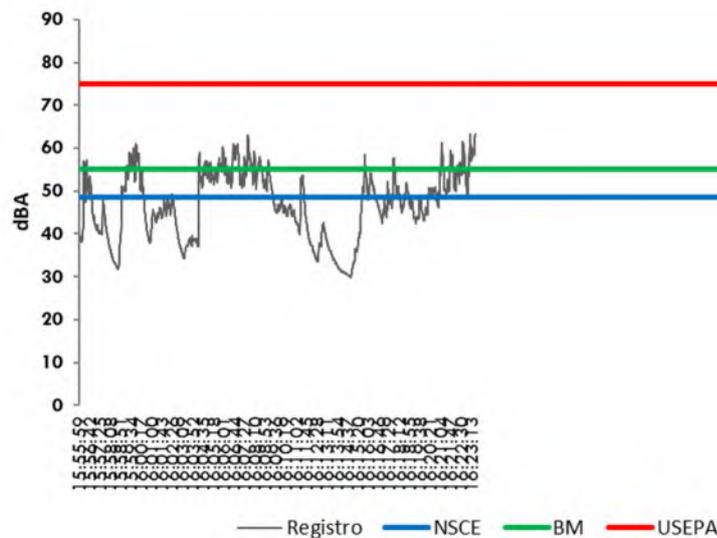
Gráfico 19. Punto de muestreo de nivel de ruido pueblo de Catua. (Marzo 2023)



NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente ; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA(áreas industriales o comerciales)

- Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto de Jacha: en noviembre 2022 el valor de NSCE fue de 48,7 dBA, por lo cual no excede los límites establecidos por las normativas.

Gráfico 20. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Jacha (Nov. 2022)

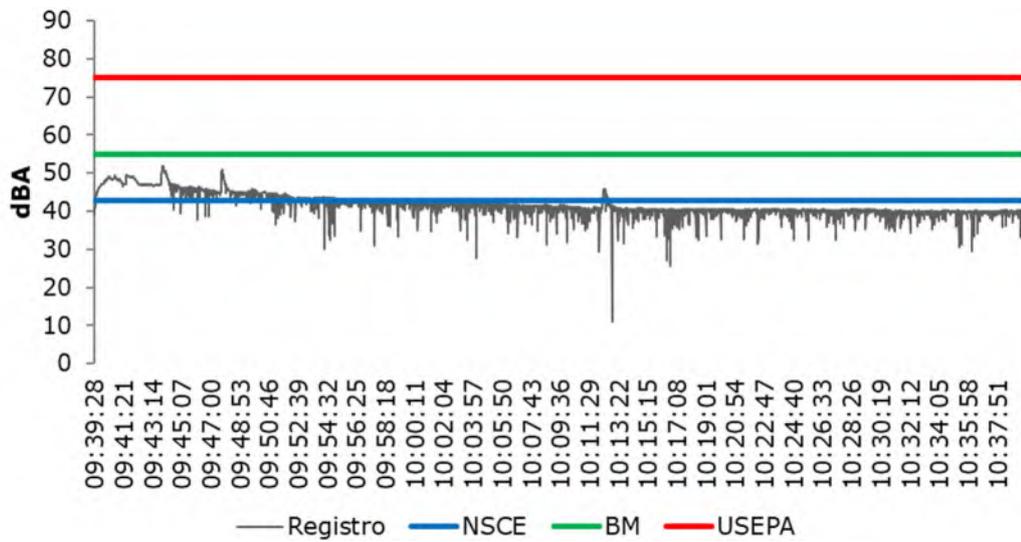


*Se registraron 27 minutos. NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente ; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA(áreas industriales o comerciales).

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

- En marzo 2023, se obtuvo un valor de NSCE para este punto de 42,8 dBA y de 51,9 dBA como máximo, sin exceder el límite establecido por la USEPA (75 dBA) para ruido ambiente en zona residencial, ni el límite recomendado por el Banco Mundial (55 dBA). El viento tuvo registro de una velocidad leve/moderada al momento de realizar las mediciones.

Gráfico 21. Punto de muestreo de nivel de ruido Puesto Jacha. (Marzo 2023)

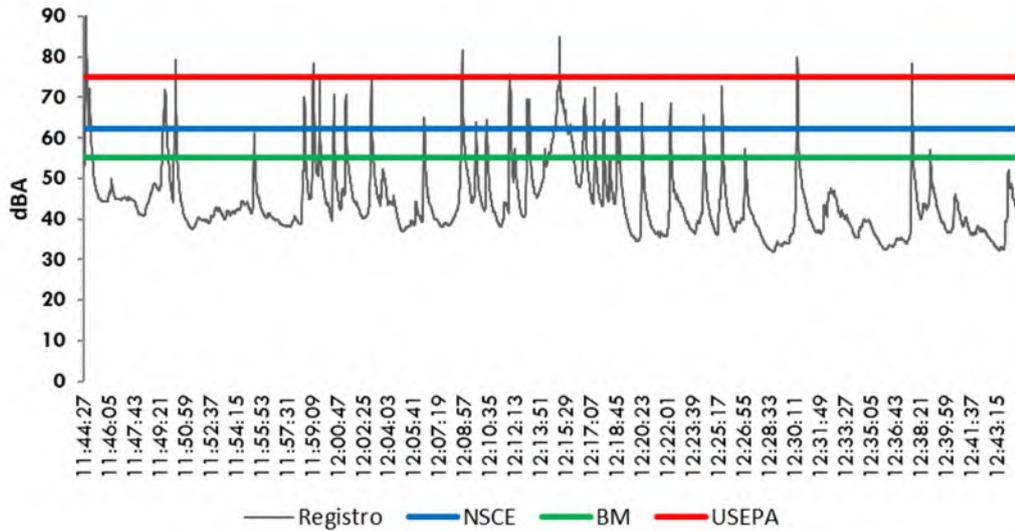


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

- Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de los Cobres: noviembre 2022, se observa que el punto relevado excedió el límite establecido por la USEPA (80 dBA) para ruido ambiente en zona industrial, y el límite recomendado por el Banco Mundial (70 dBA) de manera reiterada, por lo tanto, el mismo presentó valores por encima de lo establecido por las mencionadas normativas. Cabe mencionar que la RN 51 en este tramo de San Antonio de los Cobres posee tránsito regular de maquinarias y vehículos de mediano y gran porte, además del de las vías del ferrocarril. El valor de NSCE fue de 62,3 dBA.

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 A
 R

Gráfico 22. Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de Los Cobres sobre RN 51 (Nov. 2022)

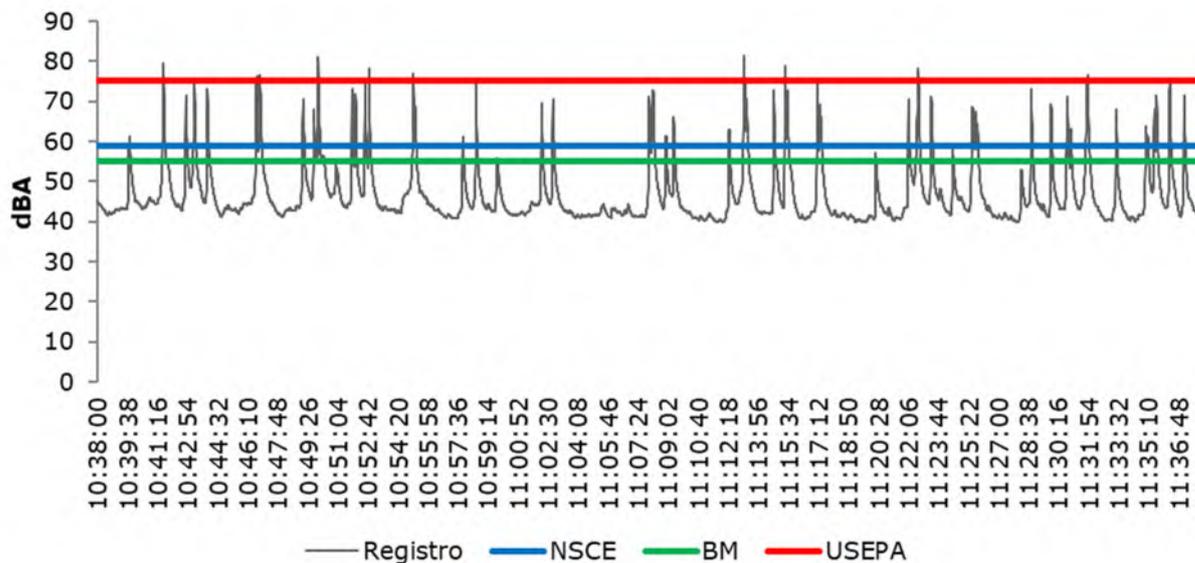


NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

Para marzo 2023, para este punto se obtuvieron valores de 58,9 dBA para el NSCE y un pico máximo de 81,2 dBA, por lo cual, se observa no se excedió el límite establecido por la US EPA (75 dBA) para ruido ambiente en zona residencial, de este modo también excede el límite recomendado por el Banco Mundial (55 dBA). Al momento de realizar las mediciones, se pudo observar que estas excedencias fueron de manera reiterada. Esto se debe a que la RN 51 en este tramo de SAC posee alto y constante tránsito de maquinarias y vehículos de mediano y gran porte, además de encontrarse en las cercanías de las vías del ferrocarril, siendo un área de paso de la mayor parte del tránsito vehicular que circula en el departamento Los Andes y representando el área de mayor población urbanizada de los puntos medidos.

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 A
 R

Gráfico 23. Punto de muestreo de nivel de ruido San Antonio de Los Cobres sobre RN 51. (Marzo 2023)



NSCE – Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente; BM – Límite de ruido Banco Mundial (áreas industriales o comerciales); USEPA – Límite de ruido de la agencia ambiental americana USEPA (áreas industriales o comerciales)

1.5.5 Conclusiones

Los valores de Nivel Sonoro Continuo Equivalente (NSCE) y los picos máximos registrados mostraron que los sitios de muestreo, Mina Talismán, Catua y San Antonio de los Cobres sobre Ruta 51 presentaron valores por encima de los valores umbrales fijados por el Banco Mundial, esto se debe a la presencia antrópica en estos lugares, sumado, como principal motivo, los fuertes vientos predominantes en la puna. Por otro lado, a los sitios San Antonio de los Cobre y Catua, se les añade como motivo de los registros el tránsito vehicular mediano o pesado y/o maquinarias, y a su vez para el caso de San Antonio de los Cobres el movimiento del ferrocarril.

2 Hidrología e hidrogeología

2.1 Caracterización de cuerpos de agua superficiales y subterráneos en el área de estudio del proyecto.

2.1.1 Hidrología superficial

La cuenca hidrológica del Salar del Rincón ocupa una superficie de unos 2.797 km² (Conhidro 2013), siendo el ambiente evaporítico de unos 435 km² (SEGEMAR, 2022, pág.22) y presenta un escurrimiento marcadamente endorreico producto del cerramiento generado por las serranías, cerros y volcanes que la limitan.

Los volcanes Pocitos, del Medio y Tul Tul marcan los límites hacia el sur de la cuenca hidrológica alcanzando cotas de 5.033, 4.835 y 5.265 m.s.n.m., respectivamente. Las serranías hacia el oeste con los Cerros Oscuro (5.155 m.s.n.m.) y Rincón (5.594 m.s.n.m.) constituyen el límite occidental sur; siendo los depósitos eruptivos (4.760 m.s.n.m.) cercanos al límite argentino-chileno, los que forman el límite del extremo oeste de la cuenca. Las serranías de Guayaos (4.800 m.s.n.m.), el Cerro Arizaro Chico (4.520 m.s.n.m.) el Cordón del Carmen (4.660 m.s.n.m.) y las serranías de los Cerros Siberia (4.800 m.s.n.m.) y Caballo (4.820 m.s.n.m.) constituyen los límites orientales. Las serranías colindantes de la pampa Loj Loj (4.480 m.s.n.m.) y el Cerro Bolsón (4.640 m.s.n.m.) comprenden el límite norte (SEGEMAR, 2022, pág.25).

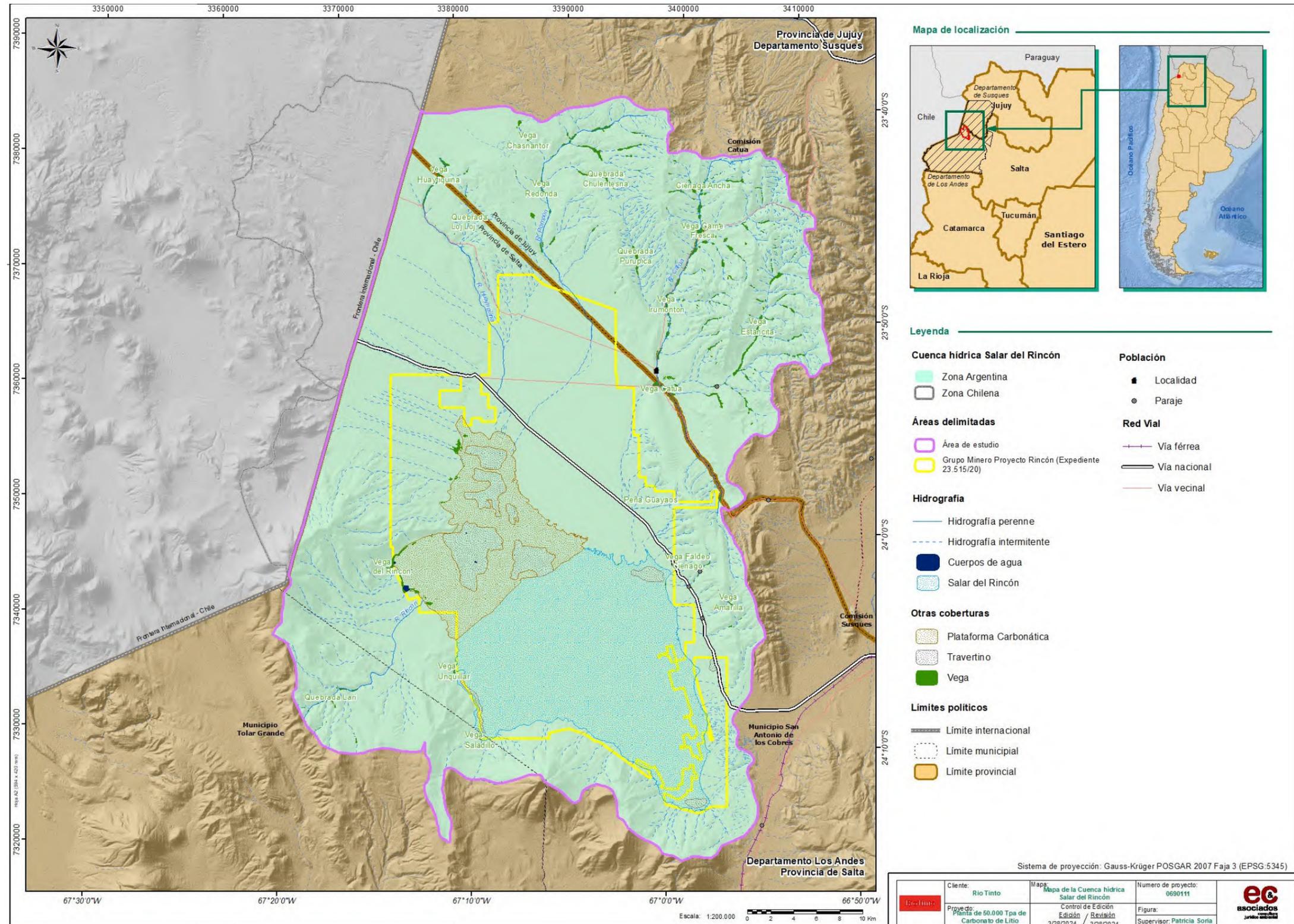
Las escasas precipitaciones y las condiciones climáticas dan lugar a un balance hídrico regional negativo (Paoli, H. 2002). Los escurrimientos superficiales son escasos y se generan, en su mayoría, durante el período húmedo. Los cuerpos de agua superficial permanente poseen escasos caudales manifestándose como las vegas o manantiales.

Los principales tributarios de la cuenca son los ríos Catua, Huaytiquina, Pompón y Rincón. Estos ríos generaron planicies aluviales que llegan hasta el borde norte del Salar del Rincón. Los cauces temporarios permanecen secos la mayor parte del año y sólo se activan durante los veranos húmedos.

En la figura siguiente, se muestra la cuenca hídrica del Salar del Rincón. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a. 11.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Figura 13. Mapa de la cuenca hídrica Salar del Rincón



e
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 R

De acuerdo con Igarzábal (1989) se pueden diferenciar nueve subcuencas, en función a los principales tributarios o zonas de aporte hídrico y Conhidro (2013) realizó una actualización de las características de cada una de ellas. En la tabla 21 se detallan las nueve subcuencas y el caudal medio estimado por Vinante y Vinante (2010).

Tabla 21. Subcuencas, superficies y caudales.

Subcuenca	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Caudal (m ³ /h)
Rampa Ignimbrítica	754	27	s/r
Central Evaporítica	435	16	s/r
Río Catua	385	14	30
Río Huaytiquina	255	9	70
Río Rincón	238	9	26,4
Planicie Aluvial	204	7	s/r
Río Pompón	192	7	s/r
Pedemontana	165	6	1,5
Volcánica	139	5	s/r
SUP. TOTAL	2767	-	

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 F

s/r: sin referencia

Fuente: Vinante y Vinante (2010).

2.1.1.1 Subcuenca del Río Catua

Abarca una superficie de 385 km² y ocupa el 14% de la superficie total de la cuenca hídrica. Las nacientes de esta unidad se localizan a unos 30 kilómetros al norte del depocentro salino. El río Catua, al emerger del sistema serrano, forma un extenso y potente cono aluvial que se extiende al norte del Salar. Este curso fluvial, según Vinante y Vinante (2010), posee un caudal medio de 30 m³/h o 720 m³/día, o a una lámina escurrida equivalente de 0,684 mm/año/km².

2.1.1.2 Subcuenca del Río Pompón

Se localiza en el sector norte del Salar del Rincón y al oeste del río Catua. Cubre una superficie aproximada de 192 km² y ocupa el 7% de la superficie total de la cuenca,

y presenta un escurrimiento discontinuo. En las cabeceras de la cuenca el río Pompón escurre sobre sedimentitas terciarias que modifican la calidad del agua al incrementar su salinidad. En los casos excepcionales que el río transporta caudal cuando surge de su alta cuenca, éste se infiltra rápidamente en la planicie aluvial.

2.1.1.3 Subcuenca del río Huaytiquina

Se desarrolla al noroeste del Salar abarcando un área aproximada de 255 km² y ocupa el 9% de la superficie total de la cuenca. El curso fluvial escurre a través de rocas ordovícicas y piroclastitas terciarias, adquiriendo un leve contenido salino, infiltrándose totalmente en los sedimentos de pie de monte antes de alcanzar el borde del Salar. Vinante y Vinante (2010) determinaron 70 m³/h o 1680 m³/día, o a una lámina escurrida equivalente de 2,96 mm/año/km² (SEGEMAR, 2022, pág.25).

2.1.1.4 Subcuenca Planicie aluvial

Abarca una superficie aproximada de 204 km² y ocupa el 7% de la superficie total de la cuenca. Este depósito es producto de los acarreos de los cursos fluviales descritos anteriormente. Debido a la condición climática actual y a su elevada porosidad, solo es recorrida durante la temporada de lluvias por pequeños cauces temporales y cárcavas. Según Igarzábal (1989) constituye una unidad de gran importancia hidrológica ya que actúa como un eficiente regulador de los caudales provistos al acuífero del Salar reponiendo, en gran medida, sus pérdidas por evaporación (SEGEMAR, 2022, pág.25).

2.1.1.5 Subcuenca Pedemontana

Presenta una extensión de 40 km cubriendo una superficie aproximada de 165 km² y ocupando el 6% de la superficie total de la cuenca ubicándose al pie de la sierra de Guayaos. Siguiendo los conceptos de Igarzábal (1989), desde el punto de vista hidrológico, presenta un comportamiento similar al de la subcuenca de la planicie aluvial, pero con menor capacidad de aporte.

El crecimiento y coalescencia de los conos aluviales ha desarrollado los depósitos de pie de monte. Sus caudales subterráneos son inferiores a los de la planicie aluvial y tendrían un mayor contenido salino. En esta unidad se encuentra la Vega Faldeo Ciénego que presenta un caudal medio de 1,5 m³/h o 36 m³/día o una lámina escurrida equivalente de 0,072 mm/año/km² (SEGEMAR, 2022, pág.25).

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

2.1.1.6 Subcuenca Volcánica

Se desarrolla al sudeste del Salar del Rincón, abarcando el faldeo norte de los volcanes Pocitos, Del Medio y Tul-Tul; cubre un área aproximada de 139 km² y ocupa el 5% de la superficie total de la cuenca. Por la naturaleza del relieve, las líneas de escurrimiento adquieren un diseño radial caracterizado por su marcada pendiente cónica. El escurrimiento concentrado raramente alcanza el pie de los volcanes. De acuerdo a Igarzábal (1989) los escasos caudales que se infiltran se incorporan como recarga al circuito hidrológico termal (SEGEMAR, 2022, pág.25).

2.1.1.7 Subcuenca del río Rincón

Se desarrolla en el sector occidental del Salar, abarcando una superficie aproximada de 238 km² y ocupando el 9% de la superficie total de la cuenca. A medida que sus afluentes se aproximan al borde del Salar construyen una pequeña planicie aluvial en cuyo extremo distal aparecen numerosos manantiales que alimentan pequeñas lagunas moderadamente salinas. Vinante y Vinante (2010) indican 26,4 m³/h o 633 m³/día, para la misma fuente de agua superficial, equivalente a una lámina escurrida de 0,97 mm/año/km² (SEGEMAR, 2022, pág.25).

2.1.1.8 Subcuenca Rampa Ignimbrítica

Cubre un área aproximada de 754 km² y ocupa el 27% de la superficie total de la cuenca. Su alta cuenca se extiende hacia oeste, más allá del límite con Chile. No presenta una estructura fluvial definida sino cortos e intermitentes canales labrados con la ayuda de la desagregación mecánica producida por el crioclastismo. Un denso sistema de grietas de retracción convierte la región en un verdadero mosaico en el que se infiltran las escasas precipitaciones estivales o las nevadas invernales por lo que su contribución al sistema hidrológico superficial carece de importancia (Igarzábal, 1989) (SEGEMAR, 2022, pág. 25). Sin embargo, el sistema posee importancia para acuíferos rasos, principalmente en el contexto del borde de las rampas ignimbríticas cerca del salar, a noroeste, dónde hay marcada presencia de puestos que utilizan el agua que surge en el contacto de las ignimbríticas con los travertinos.

2.1.1.9 Subcuenca Central Evaporítica

Abarca una superficie de 435 km² y ocupa el 16% de la superficie total de la cuenca. Incluye al núcleo de halita y a la playa limolítica. De acuerdo a Igarzábal, el más

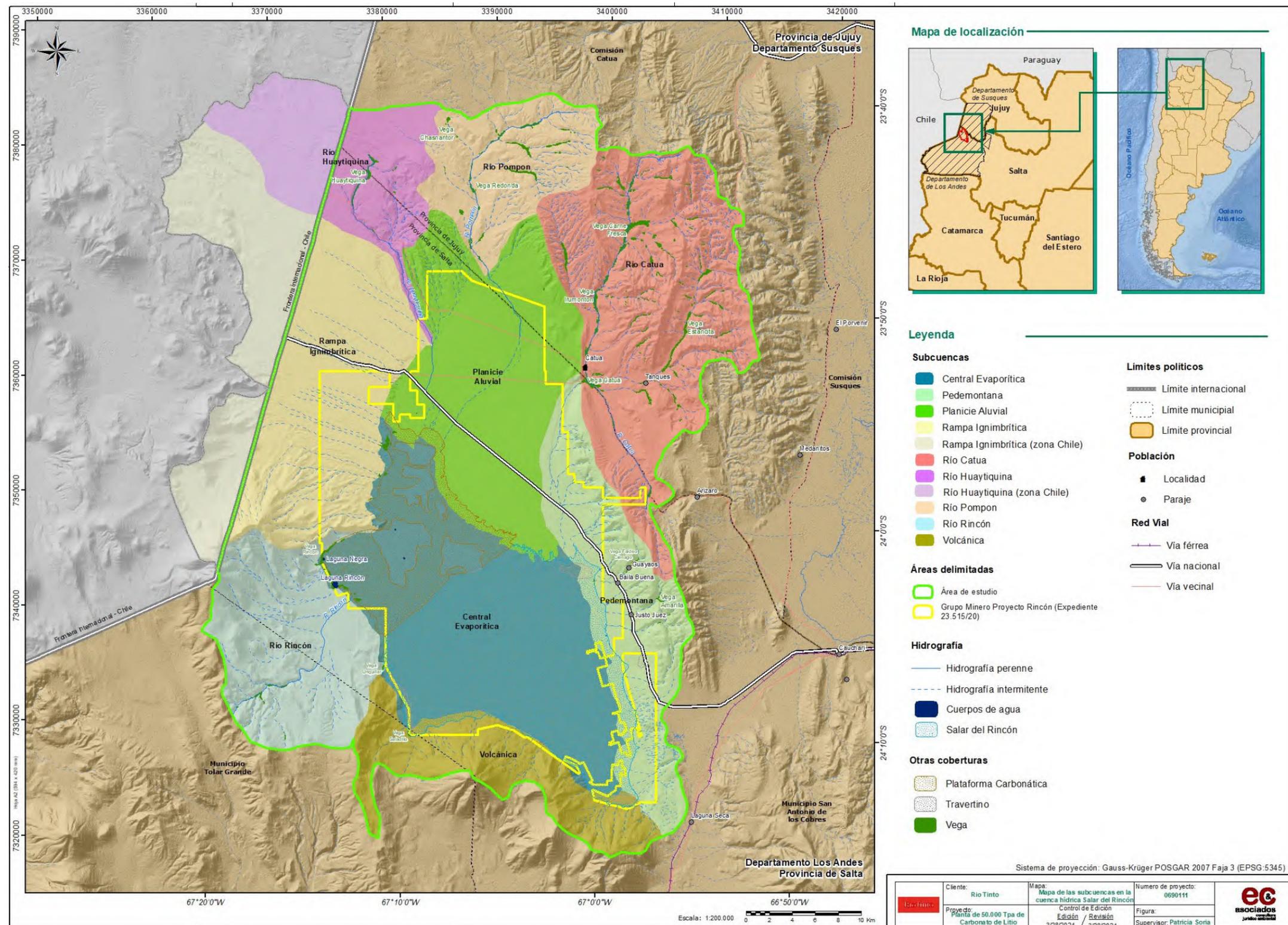
e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
P

importante de estos subambientes corresponde al Salar propiamente dicho que se expresa como una superficie rugosa ya que la intensa cavernosidad de la masa salina le permite incorporar casi totalmente los caudales de las precipitaciones pluviales (SEGEMAR, 2022, pág.25).

A continuación, se agrega un mapa con las subcuencas descriptas anteriormente (Anexo 2.a.12):

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Figura 14. Mapa de las subcuencas



CAPITAL

2.1.2 *Calidad del agua superficial*

En el Área de Estudio del Proyecto se ha realizado muestreos de calidad de agua superficial desde el año 2013 por parte de la empresa RMPL.

- **Ady Resources Limited, 2007:**

Para esta fecha, la empresa ADY Resources realizó una Línea de Base Ambiental que englobó el estudio del agua superficial y subterránea del área de estudio.

Agua Superficial:

Efectuaron una caracterización hidroquímica y caracterización fisicoquímica de las aguas superficiales del Salar con la finalidad de poder mostrar el comportamiento químico de las aguas de la cuenca, desde aquellas que afloran o fluyen encauzadas, hasta las que alcanzan al cuerpo evaporítico central donde se concentran y saturan, estableciendo los siguientes agrupamientos los cuales tuvieron como resultado:

- **Aguas de ríos y manantiales no termales (ARMNoT):** bajo valor de residuo seco, con predominio iónico del Cl⁻, Na⁺ y SO₄⁼; poseen bajos contenidos en B₂O₃, no contienen Li⁺ y el pH es moderadamente.
- **Aguas subterráneas de depósitos aluviales (ASubDA):** mismas características químicas de las ARMNoT, con un progresivo incremento de la salinidad a medida que se desplaza hacia el centro de la depresión. Cuando se aproximan al borde del salar, el residuo seco se incrementa notablemente y con ello aumentan los tenores salinos de sus iones mayoritarios. Las anomalías presentes son las de B y Li⁺ debido a su gran solubilidad, por lo que se localizan en sectores de descarga de los acuíferos.
- **Aguas termales y vinculadas a depósitos travertínicos (ATT):** bajo valor de residuos secos con respecto a las aguas del núcleo cristalino e invariables anomalías en B⁺³ y Li⁺, asociadas a pH altos (7,9 – 9,4), demostrando que son de origen termal, aunque no se encuentre reflejado por el valor de la temperatura. Justo a estas se encuentran las aguas que circulan por depósitos travertínicos, presentan un enriquecimiento de los iones mayoritarios en comparación con las precedentes.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F

- **Aguas superficiales del salar (ASupS):** aguas de ríos y manantiales no termales fuera del ámbito del núcleo cristalino - son de bajo valor de residuo seco con predominio iónico de Cl⁻, Na⁺ y SO₄⁼. Poseen escaso contenido de B₂O₃, no contienen litio y el pH es moderado.
- **Agua de la playa, sector oriental (APor) y sector occidental (APOc):** aflorantes en la playa provienen de influjos subterráneos y en forma mínima y de aportes directos de manantiales. El agua de la playa mostró asimetrías en la composición en el sector oriental y occidental. El agua del sector oriental posee un valor mayor de residuo seco y un incremento en la concentración de boro. Esto último, se debe a la presencia de boratos en dicho sector. La presencia de boratos al igual que litio demuestra que aún se producen aportes termales. En el sector occidental, generalmente se obtiene un valor menor de residuo seco, con valores para B⁺³ y Li⁺ inferiores a los de la franja oriental. También se observan valores elevados de Ca⁺⁺. Esto se debe a que este sector recibe aportes de agua del relieve volcánico (andesitas, tobas e ignimbritas), el cual es susceptible a aportar Ca⁺⁺ como ión mayoritario.
- **Agua del núcleo central (ANC):** constituyen soluciones sobre-saturadas, cuya superficie se sitúa a algunos centímetros por debajo de la costra de sal. Esta superficie representa el nivel freático del acuífero libre que embebe la masa cristalina subyacente. La salmuera posee un tenor salino promedio de 280 g/L, con una densidad de 1,2 y un pH de 7,1. Es una salmuera en equilibrio, de naturaleza cloruro sódica y sin estratificaciones.
- **Aguas del Núcleo Cristalino (QNC):** Constituyen soluciones sobre-saturadas, cuya superficie se sitúa a algunos centímetros por debajo de la costra de sal. Esta superficie representa e nivel freático del acuífero libre que embebe la masa cristalina subyacente. La salmuera posee un tenor salino promedio de 280 g/L, con una densidad de 1,2 y un pH de 7,1. Es una salmuera en equilibrio, de naturaleza cloruro sódica y sin estratificaciones.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

El detalle de las características físico – químicas de estos grupos de agua de la Cuenca del Salar del Rincón se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 22. Características físico-químicas de los grupos de agua de la cuenca del Salar del Rincón

Agua	ARMNoT	AS _{ub} DA	ATT	APO _r	APO _c	QNC
Propiedades						
Densidad	0,99	1,08	1,05	---	---	1,20
R.S. (gr l ⁻¹)	0,30	1,70	6,27	26,1	19,7	281,7
Cl ⁻ (gr l ⁻¹)	0,16	0,90	4,030	15,03	10,8	152
B ₂ O ₃ (gr l ⁻¹)	0,318	0,050	0,611	0,097	0,048	0,910
SO ₄ ²⁻ (gr l ⁻¹)	0,050	0,119	0,323	1,550	0,960	9,080
Li ⁺ (gr l ⁻¹)	0,0005	0,0065	0,007	0,025	0,012	0,373
Ca ⁺⁺ (gr l ⁻¹)	0,0105	0,0097	0,029	0,035	0,126	0,44
Mg ⁺⁺ (gr l ⁻¹)	0,027	0,009	0,119	0,400	0,147	2,790
K ⁺ (gr l ⁻¹)	0,00082	0,0309	0,132	0,463	0,23	6,36
Na ⁺ (gr l ⁻¹)	0,1868	0,572	1,918	6,3	6,19	96,2
pH	8,30	8,63	8,05	8,00	7,50	7,10

Fuente: ADY Resources Limited, IIA Proyecto Rincón - Etapa de Explotación (2007, Tabla N| 17, pág 63).

En líneas generales, determinaron que en sectores muy próximos al Salar y dentro del Salar mismo la hidroquímica es mucho más rica donde los parámetros para consumo humano son sobrepasados ampliamente.

Respecto a la caracterización y clasificación desde el punto de vista químico de las aguas superficiales que llegan directamente al cuerpo salino, colectaron un total de 12 muestras de agua en vertientes, lagunas y pozos someros, localizados alrededor del Salar. Las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio de Ady Resources Limited (a excepción del contenido de arsénico, el cual fue analizado en el laboratorio de Saneamiento Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Salta). Los resultados fueron comparados con los valores admisibles y tolerables para el consumo humano establecidos por el Código Alimentario Nacional. Estos resultados indicaron que sólo el 33% de las muestras (superficiales y subterráneas) se encuentran dentro de los parámetros tolerables y admisibles para el consumo humano. Entre estos resultados está el punto de agua superficial "Vertiente Puesto El Rincón". Para la clasificación del tipo de agua, los parámetros analizados los volcaron en un diagrama de Piper, donde participan los

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

principales cationes y aniones, siendo el 84% de las muestras pertenecen al grupo de clorurada y/o sulfatadas sódicas, el 8,3% a clorurada cálcica y/o magnésica, mismo porcentaje para bicarbonatada sódica.

Cabe destacar que, para el momento de realización de estos estudios, no se hacía uso de los recursos hídricos superficiales.

Agua subterránea

No realizaron estudio Piezométricos Dinámicos para cuerpos de agua subterránea para este momento. Respecto Al estudio Piezométricos Estático, fueron realizados en la Etapa de Exploración del proyecto.

- **Rincon Mining PTY Limited, 2013:**

En 2013, RMPL continuó con los estudios en el Área de Estudio del Proyecto en las fechas: febrero 2013; octubre 2013; marzo y agosto 2015; mayo y septiembre del 2016; enero, mayo, octubre y diciembre del 2017, siguiendo lo establecido en el Anexo IV de la Ley N° 24.585.

En líneas generales concluyeron que, para las fechas de muestreo, las aguas se encontraban sulfatadas y cloruradas de tipo sódico o cálcico en función de su ubicación con respecto al Salar del Rincón. Las características de los sitios Vega del Rincón, Faldeo Ciénago, Laguna del Rincón y el pozo del campamento (PC1) no mostraron variaciones significativas a lo largo de los periodos de muestreo. Observaron que, tanto los Pozos de agua del Campamento como Laguna Rincón presentaron aguas cloruradas sódicas, mientras que el Faldeo Ciénago presentó aguas de tipo sulfatadas cálcicas. La Vega del Rincón presentó aguas mixtas, al igual que la Vega Unquilla. Por último, la Vega Saladillo presentó aguas sulfatadas cálcicas.

En cuanto a los resultados y su comparación con los niveles guía, observaron que, en todas las campañas de muestreo realizadas por RMPL, los sitios muestreados presentaron concentraciones de boro por encima de los valores máximos establecidos por la legislación. Con respecto a los niveles de cloruro, sulfato y TDS, todas las muestras obtenidas en la Vega Saladillo, la Laguna Rincón y el pozo de campamento PC1, presentaron niveles superiores a las concentraciones máximas establecidos por la legislación vigente. Los valores de hierro y manganeso sobrepasaron los límites máximos permitidos en las muestras obtenidas en el Faldeo Ciénago, la Laguna

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Rincón y el pozo de campamento PC1, mientras que, en la Vega Rincón, solo observaron valores superiores de hierro. En todas las muestras provenientes de la Laguna Rincón se registraron valores de nitrato superiores a los límites máximos permitidos en la legislación vigente.

- **Rio Tinto – Rincón Litio, 2022 y 2023:**

En aras de efectuar un muestreo amplio del Área de Estudios del Proyecto Proyecto Rincón, y siguiendo lo establecido en el Anexo IV de la Ley N° 24.585, RMPL realizó dos campañas: noviembre 2022 (temporada seca) y marzo 2023 (temporada húmeda), las cuales se presentan a continuación:

2.1.2.1 Objetivos

Evaluar la calidad del agua superficial en puntos estratégicos en el Área de Estudios del Proyecto.

Objetivos específicos:

- ✓ Analizar los parámetros fisicoquímicos seleccionados para caracterizar la calidad del agua en los puntos de muestreo ya definidos.
- ✓ Comparar dichos valores con los Niveles Guía establecidos en la Ley de Actividad Minera – Impacto Ambiental (N° 24.585), para identificar potenciales desvíos.

2.1.2.2 Marco normativo aplicable

Para el análisis de los valores obtenidos de los resultados, se utiliza toma en cuenta lo establecido en el Anexo IV de la Ley Nacional N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera. Dicho anexo incluye los niveles guía de calidad de agua superficial, según los usos que se listan a continuación:

- Tabla 1. Fuentes de agua para bebida humana.
- Tabla 2. Para protección de vida acuática en agua superficial.
- Tabla 3. Para protección de vida acuática en aguas saladas superficiales.
- Tabla 4. Para protección de vida acuática en aguas salobres superficiales.
- Tabla 5. Para irrigación.
- Tabla 6. Para bebida de ganado.

Todas las muestras fueron contrastadas con las seis tablas citadas.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

2.1.2.3 Metodología

a) Selección de los sitios de muestreo

Previo a la realización del muestreo en campo, se procedió a definir los puntos de muestreo, los cuales pueden observarse en la Tabla siguiente en donde se detallan las ubicaciones de estos (para fines de unificación y comparación histórica, se presentan también las ubicaciones de los muestreos pasados).

e
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F

Tabla 23. Puntos de ubicación de toma de muestras de agua superficial – Ady Resources Limited (2007)

Sitio (Puntos)	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas	
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
1	24°12'33,98"O	66°59'34,07"S	7323121	3399142
2	24°12'30,88"O	66°59'49,34"S	7323214	3398710
3	24°9'23,1"O	67°3'37,06"S	7328945	3392240
4	24°6'6,86"O	67°10'24,52"S	7334891	3380686
5	24°2'22,36"O	67°13'7,17"S	7341760	3376031
6	24°2'19,92"O	67°12'47,31"S	7341840	3376591
7	24°2'17,47"O	67°12'27,48"S	7341920	3377151
8	24°2'29,12"O	67°13'28,92"S	7341547	3375418
9	24°1'27,36"O	67°13'58,53"S	7343440	3374565
10	24°0'17,63"O	67°13'0,33"S	7345600	3376191
11	24°4'4,97"O	66°59'14,68"S	7338787	3399579
12	24°5'54,67"O	66°58'34,5"S	7335420	3400738

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 ✓
 R

Tabla 24. Puntos de ubicación de toma de muestras de agua superficial – RMPL (2013, 2022 y 2023)

Sitio	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas	
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
Faldeo Ciénago	24° 1' 46,17" S	66° 58' 12,79" O	7343070	3401298
Pozo WW1	23° 58' 29,53" S	67° 5' 0,13" O	7349037	3389740
Vega Catua	23°52'48,42"S	67°0'20,39"O	7362300	3397853
Vega Catua 2	23°52'55,97"S	67°0'14,27"O	7359877	3397779
Vega Del Rincón	24°1'24,95"S	67°14'4,18"O	7343589	3374619
Laguna Del Rincón	24°2'25,03"S	67°13'14,89"O	7341593	3375814
*Bailabuena	24°1'46,17"S	66°58'12,79"O	7343017	3401175
Alto Huatiquina	23°44'24,5"S	67°12'8,0"O	7374941	3377421
*Saladillo	24°9'29,54"S	67°9'28,59"O	7328668	3382317

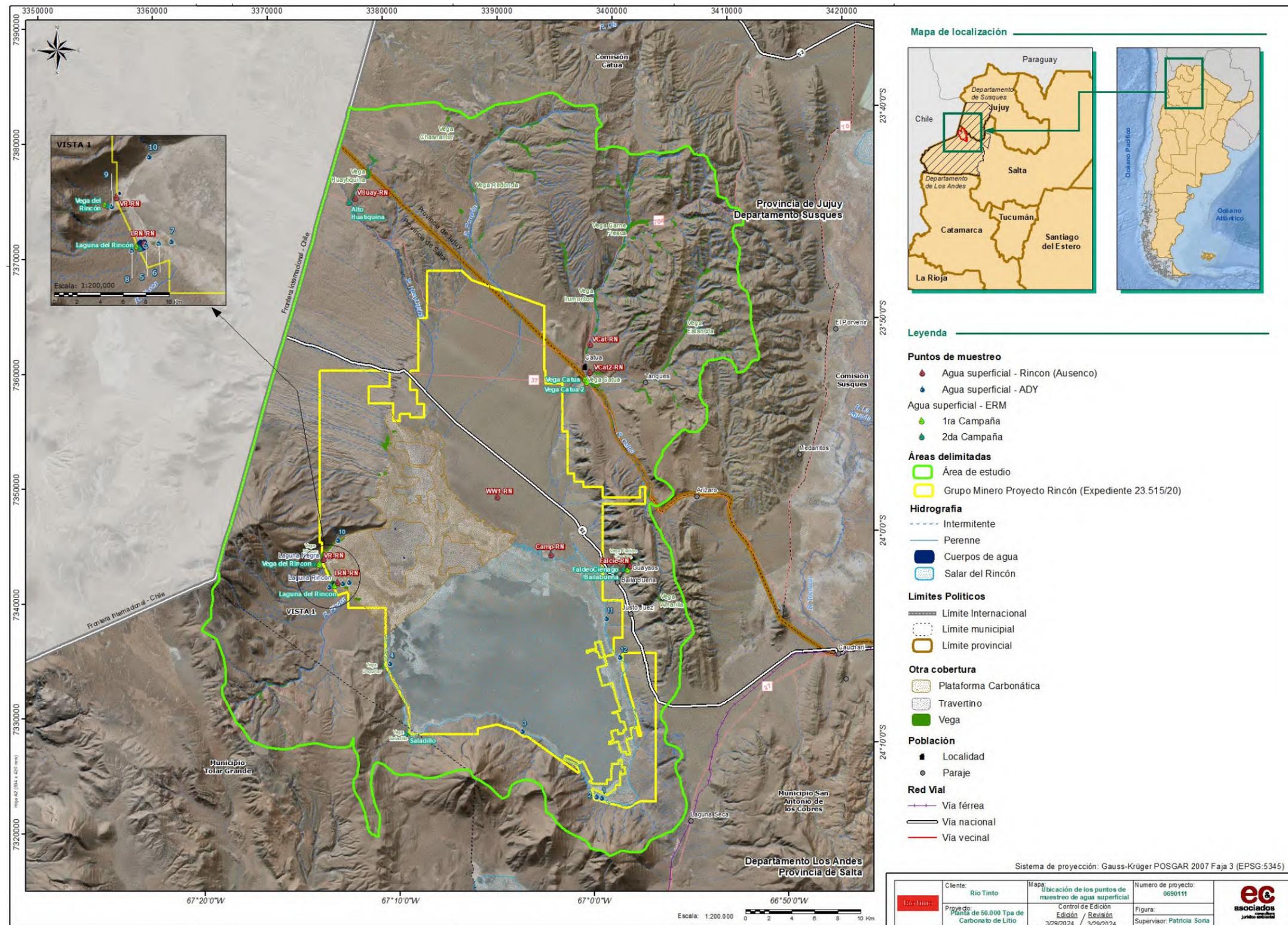
Nota: Esta tabla de ubicaciones engloban los muestreos desde el 2013 y las Campañas: noviembre 2022 y marzo 2023.

*Puntos agregados en los muestreos del 2022 y 2023.

En el mapa siguiente, se muestra la ubicación de los sitios de muestreos (Anexo 2.a.13).

e
A
P
E
A.
L
H
A
R

Figura 15. Mapa de la ubicación de los puntos de muestreo de agua superficial



2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

a) Equipos y materiales

Luego de la definición de los puntos de muestreo, se realizó la selección y preparación de los equipos y materiales:

- (1) Botella de vidrio ámbar de un litro (con previo enjuague con Percloroetileno) y con Ácido Sulfúrico concentrado como preservante.
- (1) Botella de plástico de 100 mL con Ácido Nítrico concentrado (como preservante) apto para análisis de trazas de metales pesados.
- (1) Botella de plástico de 500 mL con Hidróxido de Sodio como preservante (para cianuro).
- (1) Botella de plástico de 250 mL sin preservante.
- (1) Recipiente estéril de 250 mL.

b) Trabajo de campo y toma de muestras

Se realizaron dos campañas de campo, una en el mes de noviembre 2022 y otra en el mes de marzo 2023, realizando las siguientes actividades de campo y muestreo:

- Levantamiento de coordenadas o corroboración de estas en el sitio.
- Relevamiento fotográfico del sitio.
- Anotación de observaciones relevantes de las condiciones climáticas y el entorno de los sitios de muestreos:

Debido a los preservantes químicos contenidos dentro de los frascos para la toma de muestra, se utilizó una jarra para esta toma de muestras, que previamente debió ser lavada con la misma agua a muestrear.

Para efectuar la muestra, se siguió el siguiente procedimiento:

- Colocar guantes vinílicos (muestreador).
- Enjuagar la jarra tres veces con el agua del sitio de muestreo, la cual es descartada sin alterar el punto definido para la toma de muestras y luego se procede a cargar la jarra con agua del sitio.
- En cada sitio se llenan cuatro recipientes hasta el cuello de la botella, evitando desbordes. Se tratan de cuatro recipientes plásticos, entregados por el Laboratorio, dos de los cuales contienen sustancias preservantes, que tienen la función de estabilizar la muestra.
- Rotular y conservar las muestras.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

- Confeccionar la hoja de campo y cadena de custodia correspondiente, las cuales se anexan al informe (Anexo 2.a.15).
- Trasladar las muestras hasta el laboratorio para proceder al análisis físico – químico de las mismas.

Las fechas de la toma de muestras se presentan a continuación:

Tabla 25. Muestreo de agua superficial

Sitio	FECHA DE TOMA DE MUESTRA					
	2013	2015	2016	2017	Campaña (1) 2022	Campaña (2) 2023
Campamento (**)	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	-	-
				05/2017		
	26/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		
				12/2017		
Faldeo Ciénago (**)	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	-	-
				05/2017		
	26/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		
				12/2017		
Pozo WW1 (**)	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	-	-
				05/2017		
	22/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		
				12/2017		
Vega Catua	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	16/11/22	-
				05/2017		
	23/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		
				12/2017		
Vega Catua 2	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	16/11/22	-
				05/2017		
	26/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		
				12/2017		
Vega Del Rincón (**)	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	17/11/22	29/03/23
				05/2017		
	22/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 ✓
 F

Sitio	FECHA DE TOMA DE MUESTRA					
	2013	2015	2016	2017	Campaña (1) 2022	Campaña (2) 2023
				12/2017		
Laguna Del Rincón	02/2013	03/2015	05/2016	01/2017	17/11/22	29/03/23
				05/2017		
	22/10/2013	08/2015	09/2016	10/2017		
				12/2017		
Bailabuena	-				18/11/22	31/03/23
Alto Huaytiquina	-				-	30/03/23
Saladillo	-				-	29/03/23

(**) Incluye muestreo bacteriológico en los muestreos de octubre de 2013.

Nota: no se cuenta con las fechas exactas de muestreo de agua superficial realizados por ADY Resources Limited en el 2007.

A continuación, se presentan las fotografías referentes a los muestreos realizados para las Campañas del 2022 y 2023:



Fotografía 44. Vega Rincón (Nov/22)



Fotografía 45. Vega Rincón (Mar/23)

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 F



Fotografía 46. Laguna Rincón (Nov 22)



Fotografía 47. Laguna Rincón (Mar 23)



Fotografía 48. Bailabuena (Nov 22)



Fotografía 49. Bailabuena (Mar 23)



Fotografía 50. Vega Catua (Nov 22)



Fotografía 51. Vega Catua (Mar 23)

2
A
P
E
A.C
L
M
F
F



Fotografía 52. Vega Catua 2 (Nov 22)



Fotografía 53. Vega Saladillo (Mar 23)



Fotografía 54. Alto Huaytiquina (Mar 23)



Fotografía 55. Alto Huaytiquina (Mar 23)

Resultados y comparativas - noviembre 2022 y marzo 2023

En las tablas siguientes se presentan los resultados de los análisis de laboratorio de las muestras de agua superficial, las que fueron tomadas entre los días 16 y 18 de noviembre de 2022 (primera campaña) y 29 y 30 de marzo del 2023 (segunda campaña). En cada caso, se compara con las tablas de Niveles Guía de la anteriormente citada ley en el Anexo IV. De igual manera, se presentan las tablas de resultados de los muestreos realizados en el 2007 y 2013.

2
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 J
 F

Tabla 26. Resultados de ADY Resources Limited (2007)

Parámetros analizados	Dureza Total (CO ₃ Ca) [mg l-1]	pH	Conduct. eléctrica [µs cm ⁻¹]	Sodio [mg l ⁻¹]	Potasio [mg l ⁻¹]	Calcio [mg l ⁻¹]	Magnesio [mg l ⁻¹]	Cloruros [mg l-1]	Bicarbonatos [mg l ⁻¹]	Sulfatos [mg l ⁻¹]	Fe (total) [mg L ⁻¹]	Mn [mg l ⁻¹]	B ₄ O ₇ [mg l-1]	Li [mg l ⁻¹]	As [mg l ⁻¹]
Pozo I															
Campamento	1365	7,79	11120	1470	109	191	216	3575	414	419	0,29	1,25	14	1,8	0,11
Talismán															
Pozo II															
Campamento	59699	7,49	17000	30840	2216	7040	10247	104610	313	3403	0,27	1,46	450	46	0,25
Talismán															
Vega Sur	1076	7,78	7130	867	0,3	316	70	1279	688	1971	0,64	0,05	18	0,4	0,16
Pozo Lucio	177	7,76	1070	88	0,1	51	12	188	203	94,6	0,22	0,18	0	0,2	0,08
Laguna I - Rincón	583	7,69	17740	3418	24	54	109	6021	157	514	0,3	0,04	0	15	0,05
Laguna II - Rincón	14427	7,32	233000	85982	5209	1163	2803	148260	1058	5847	0,34	0,49	860	297	0,18
Laguna III - Rincón	15671	7,34	238000	89971	5702	1289	3029	169330	1159	6847	0,33	0,56	1547	321	0,27
Vega Laguna Rincón	218	8,06	7290	1309	84	20	41	2333	94	61,7	0,13	0,01	0	5	0,04
Vertiente Puesto Rincón	31	7,82	300	41	5	5	4,5	18,6	136	8,2	0,04	<0,01	0	0,3	0,1
Vega Norte	1057	8,09	29600	6056	386	84	206	10325	646	835	0,06	0,08	89	0,2	0,07
Pozo Campamento	237	8,01	1150	83	10	62	20	109,7	219	41	0,02	<0,01	0	0,1	0,03
Pozo Campamento	135	8,02	750	67	14	36	11	108	169	106	0,01	<0,01	6	0,1	0,05
Viveros															
Consumo Humano															
<i>Tolerable</i>	200	6,5-8,8		200				250	488	200	0,1	0,05			0,05
<i>Admisible</i>	400	6,5-8,5	2000					400-700	9476	400	0,2	0,1-0,5	0,1	45	0,1
Consumo Animal															
<i>Tolerable</i>								2000		2000				1000	0,15
<i>Admisible</i>								250	4000	4000			10	3000	0,3

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 F

Tabla 27. Resultados de RMPL (2013)

- Parámetros de calidad de agua medidos in situ.

	CE (mS/cm)	TDS (ppm)	OD %	OD (ppm)	Temp (°C)	pH
Faldeo Ciénago	0,88	430	10	0,67	11,8	6,8
WW1	8,2	4102	5	0,28	18	7,1
Vega Rincón	0,234	117	2,7	0,17	13,5	6,5
Laguna Rincón	24,5	12,2	8,6	0,5	14,55	8,2
Vega Catua 1	1,65	825	3,9	0,31	3,26	7,1
Vega Catua 2	1,45	798	3,5	0,29	4,3	7,3
Vega Huaitiquina	0,95	474	5,1	0,33	11,5	6,78

- Análisis químico. Muestras Faldeo Ciénago, Vega Rincón y Laguna Rincón.

Parámetros	Unidad	Faldeo Ciénago	Vega Rincón	Laguna Rincón	Agua para bebida humana	Protección de vida acuática	Agua potable (*)
Sólidos Disueltos Totales 180 °C	mg/l	684	211	19230	1000	1000	< 15
Dureza Total	mg/l	464	64,0	1650	--	--	--
Calcio	mg/l	140	18,2	230	--	--	--
Potasio	mg/l	6,9	2,8	452	--	--	--
Magnesio	mg/l	27,9	4,5	263	--	--	--
Sodio	mg/l	40	25	6810	--	--	--
Cloruro	mg/l	60,7	16,2	11100	--	--	< 35
Alcalinidad de Bicarbonato	mg/l	206	48,4	95,8	--	--	--
Alcalinidad de Carbonato	mg/l	Ausencia	Ausencia	67,0	--	--	--
Sulfato	mg/l	237	31,8	1240	--	--	< 4
Nitrito	mg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1	--	< 0,1
Nitrato	mg/l	< 5,0	< 5,0	54,4	10	--	< 45
Detergentes (S.A.A.M)	mg/l	< 0,10	< 0,10	0,56	--	--	--
Hierro	mg/l	0,41	0,41	1,74	--	--	< 0,3
Boro	mg/l	1,4	0,7	29,7	--	0,75	< 0,5
Litio	mg/l	< 0,10	< 0,10	30,7	--	--	--
Aluminio	mg/l	< 0,10	0,20	1,79	0,2	--	< 0,2
Arsénico	mg/l	< 0,010	< 0,010	< 0,050	0,050	0,050	< 0,1
Cadmio	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,005	5	0,2	< 0,5
Cromo Total	mg/l	< 0,002	< 0,002	< 0,05	50	2	< 0,5
Manganeso	mg/l	0,88	< 0,05	0,28	--	0,10	< 0,1
Plomo	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,010	50	1	< 0,5

e
 A
 P
 E
 A
 A.
 L
 H
 ✓
 R

Tabla 28. Resultados de RMPL (2013)

Parámetros	UN	Noviembre 2022					Marzo 2023					Agua para bebida humana	Protección vida acuática agua dulce	Protección vida acuática agua salada superficial	Protección vida acuática agua salobre superficial	Para irrigación	Para bebida de ganado
		Vega Catua	Vega Catua 2	Vega del Rincón	Laguna del Rincón	Bailabuena	Alto Huaytiquina	Saladillo	Vega del Rincón	Laguna del rincón	Bailabuena						
Oxígeno Disuelto	µg/l	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5000	5000	5000	5000	5000	5000
pH	UpH	7,9	8,2	7,6	8,3	7,9	7,8	7,5	7,4	8,5	7,5	6,5 - 8,5	6,5 - 9,0	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Conductividad a 25 °C	µS/cm	1875	2022	177	25480	905	1082	3380	193	20550	902						
Sólidos Totales Disueltos 180 °C	µg/l	1288000	1304000	108000	18300000	482000	700000	2126000	124000	12170000	742000	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁶	1 x 10 ⁶
Aluminio	µg/l	< 100	350	< 100	180	< 100	< 100	390	540	870	110	200		1500		5000	5000
Antimonio	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	10	16				
Arsénico	µg/l	27	17	8	84	< 0,5	< 0,5	35	19	28	< 0.5	50	50	0,5		100	500
Bario	µg/l	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	1000		1000			
Berilio	µg/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0.03	0,039					100
Boro	µg/l	4600	11000	470	19800	1610	1230	1470	410	17700	1470		750	500		500	5000
Calcio	µg/l	200000	71000	10000	109000	63900	113000	469000	9100	91300	98800						
Cadmio	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0.1	5	0,2	5		10	20
Cianuro Total	µg/l	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	100	5	5	5		
Zinc	µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0.1	5000	30	0,2	170	2000	50
Cobre	µg/l	2	5	< 1	16	2	< 1	< 1	2	11	< 1	1000	2	4	50	200	1000
Cromo Total	µg/l	< 1	< 1	< 1	3	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	50	2			100	1000
Cromo Hexavalente	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	50		18	50		
Cobalto	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5					50	1000
Fluoruro	µg/l	700	600	< 500	800	< 500	820,0	< 500	< 500	< 500	1.000	1.500		1.400	1.400		
Mercurio	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0.05	1	0,1	0,1		2	2
Molibdeno	µg/l	3	2	2	9	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1					10	500
Níquel	µg/l	2	2	1	47	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	25	25	7,1	100	200	1000
Nitrato	µg/l	24.400	< 5.000	< 5.000	45.500	< 5.000	< 5.000	< 5.000	< 5.000	< 5.000	< 50.00	10.000					

e
 A
 P
 B
 E
 A
 A.C
 L
 H
 R

Parámetros	UN	Noviembre 2022					Marzo 2023					Agua para bebida humana	Protección vida acuática agua dulce	Protección vida acuática agua salada superficial	Protección vida acuática agua salobre superficial	Para irrigación	Para bebida de ganado
		Vega Catua	Vega Catua 2	Vega del Rincón	Laguna del Rincón	Bailabuena	Alto Huaytiquina	Saladillo	Vega del Rincón	Laguna del rincón	Bailabuena						
Nitrito	µg/l	< 20	< 20	< 20	90	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	1.000					
Paladio	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10					5000	
Plata	µg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	50	0,1	5			
Plomo	µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	50	1	10	10	200	100
Selenio	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	10		10		20	50
Uranio	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	100	20	500		10	200
Vanadio	µg/l	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50		100			100	100

Nota: En la Tabla precedente se resalta con rojo los resultados obtenidos que superan el nivel guía para uno o varios usos.

Los resultados de los análisis estuvieron a cargo del laboratorio del Grupo Induser SRL. Los resultados analíticos de los muestreos de agua superficial (protocolos de laboratorio) se encuentran adjuntos en el Anexo 2.a.16.

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

a) Sitio de muestreo: Vega Catua

Noviembre 2022

En el caso de los Sólidos Totales Disueltos, el valor obtenido supera todos los usos normados, para el caso del Nitrato supera el valor de referencia para uso como agua para bebida humana, en cuanto al Arsénico supera los valores normados para la protección de la vida acuática agua salada superficial y para el Boro superó los valores para todos los usos menos para bebida de ganado.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

b) Sitio de muestreo: Vega Catua 2

Noviembre 2022

El valor obtenido de Sólidos Totales Disueltos supera el parámetro de referencia, para todos los usos normados. En el caso del Aluminio, se sobrepasan los valores respecto al uso como agua para bebida humana. El Arsénico supera los valores normados para la protección de la vida acuática y agua salada superficial. El Cobre supera los valores para protección de la vida acuática para agua dulce y salada, y por último el Boro superó los valores para todos los usos menos para bebida de ganado.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

c) Sitio de muestreo: Vega del Rincón

Noviembre 2022

Para el sitio Vega del Rincón todos los valores obtenidos, son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

Marzo 2023

Para el sitio Vega del Rincón, los parámetros con resultados por encima de los Niveles Guías son: el Aluminio que supera para el agua para bebida humana y el Arsénico supera los valores normados para la protección de la vida acuática agua salada superficial.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

d) Sitio de muestreo: Laguna del Rincón

Noviembre 2022

Los Sólidos Totales Disueltos, superan los parámetros de referencia de todos los usos normados. En cuanto al Arsénico y Níquel, los resultados obtenidos son superiores a los valores normados para el agua para bebida humana, para la protección de la vida acuática agua dulce y salada superficial. El Cobre supera los valores para protección de la vida acuática para agua dulce y salada, el Cromo total y Plomo supera para la protección de la vida acuática dulce, los Nitratos superan el uso para bebida humana y para el Boro se superan los valores para todos los usos menos para bebida de ganado.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

Marzo 2023

Para el sitio Laguna del Rincón, los parámetros con resultados por encima de los Niveles Guías son: Sólidos Totales Disueltos, que es superior para todos los usos normados; el Aluminio que supera los valores de referencia para el agua para bebida humana; el Arsénico que supera los valores normados para la protección de la vida acuática agua salada superficial; el Boro se encuentra por encima del valor fijado por la normativa como nivel guía para todos los usos, y el Cobre que supera los valores establecidos, para la protección de la vida acuática en agua dulce como salada.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

e) Sitio de muestreo: Bailabuena

Noviembre 2022

Para este sitio el único parámetro que superó el nivel guía es el Boro, el cual fue mayor para todos los valores de referencia, excepto para el uso como bebida de ganado.

e
A
B
E
A
A.C
L
H
A
F

Marzo 2023

Como se puede observar en la anterior Tabla, el Boro se encuentra por encima del valor fijado por la normativa como nivel guía, para protección de la vida acuática en agua dulce como salada y para irrigación.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

f) Sitio de muestreo: Alto Huaytiquina

Marzo 2023

Como se puede observar en la anterior tabla, el Boro se encuentra por encima del valor fijado por la normativa como nivel guía, para protección de la vida acuática en agua dulce como salada y para irrigación.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos se encuentran por debajo de los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

g) Sitio de muestreo: Saladillo

Noviembre 2022

Para el sitio Saladillo, los parámetros con resultados por encima de los Niveles Guías son: Sólidos Totales Disueltos, que es superior para todos los usos normados, el Aluminio que supera los valores de uso del agua para bebida humana, en cuanto al Arsénico supera los valores normados para la protección de la vida acuática agua salada superficial, y el Boro se encuentra por encima del valor fijado por la normativa como nivel guía para protección de la vida acuática en agua dulce como salada y para irrigación.

Para el resto de los parámetros, los valores obtenidos son menores a los Niveles Guía que fija la Ley N° 24.585 para los distintos usos.

2.1.2.4 Conclusiones

El recurso hídrico en rasgos generales presenta una calidad eventualmente apta para usos específicos, ya que se observaron desvíos puntuales para determinados

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

parámetros (sólidos totales disueltos, Arsénico, Níquel, Cobre) en los distintos sitios, siendo el Boro el que se destaca por superar ampliamente los valores normados (excepto en Vega del Rincón) para todos los usos, salvo para bebida de ganado.

Otros elementos que se destacan son el Arsénico y el Aluminio, los cuales superan los Niveles Guías en los sitios Saladillo, Vega del Rincón y Laguna del Rincón, para los usos de bebida humana y protección de la vida acuática salada, respectivamente.

El análisis de las posibles causas de desvío de los valores con respecto a lo establecido en la Norma para los distintos usos tabulados se realiza partiendo de los siguientes supuestos:

- Cada medición corresponde a un análisis puntual, en el cual las condiciones ambientales difieren con el tiempo y demás variables ambientales, aun cuando se trate de una misma estación.
- Las mediciones se enmarcan en una Línea de Base Ambiental que la empresa lleva adelante en condición de pre-proyecto, es decir, antes de iniciar sus actividades de producción. Por lo tanto, los resultados obtenidos de las muestras de agua superficial no pueden atribuirse a la explotación del Proyecto Rincón, sino a las condiciones naturales del área.

Con respecto a los Sólidos Totales Disueltos (STD), los valores por encima del Nivel Guía se justifican por la litología de sus cauces, la capacidad erosiva de estos cursos en sus cuencas altas y el consecuente arrastre de sedimentos y sales, especialmente en un régimen climático donde hay mayor evapotranspiración que precipitación, favoreciendo la concentración de sales en el agua.

En el caso del Boro se infiere que los valores que se encuentran por encima de los Niveles Guías es consecuencia de la litología de las rocas de la zona, especialmente las de origen volcánico (tobas, ignimbritas, etc.). El agua que circula por la superficie se va enriqueciendo por lixiviación con iones que luego son depositados y concentrados en las cuencas endorreicas (Salares), dando origen a las evaporitas de diferentes composiciones.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

Un análisis similar puede hacerse para el Arsénico, Cobre y Níquel, con valores superiores a lo que la normativa estipulada. No obstante, pueden presentarse variaciones de acuerdo con la época en relación con la ocurrencia de precipitaciones. Específicamente el Aluminio, comúnmente se relaciona con la presencia de minerales de arcilla en suspensión, ya que estos son esencialmente aluminosilicatos.

Lecomte, K. et al (2011) analiza la hidroquímica en ríos de montaña, concluyendo que la variación estacional de las precipitaciones ejerce un control principalmente sobre los elementos mayoritarios, cuyas concentraciones se diluyen en épocas húmedas y se incrementan durante el período seco, bajo condiciones de caudal de base. La dinámica de los iones mayoritarios se basa en los procesos geoquímicos que controlan el transporte de estos. Según Seggiaro (et al, 2015) y Alonso (2017), las aguas que escurren superficialmente están cargadas con iones que luego se concentran y precipitan por evaporación al llegar al Salar.

En conclusión, respecto al agua de la Puna, es escasa y frecuentemente contiene elementos en su composición (de manera natural) que la condiciona para los diferentes usos, inclusive en muchos casos no es viable para el consumo humano, y hasta mismo con limitaciones para usos industriales, especialmente en relación con la alta dureza o salinidad, lo que exige de los procesos industriales como un pretratamiento.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
F

2.1.3 Hidrogeología – aguas subterráneas

Desde el punto de vista de la génesis del agua subterránea, el área de estudio pertenece a una Provincia Hidrogeológica de Frente Montañoso, siguiendo el criterio de Issar y Passchier (1990). Los acuíferos que caracterizan a esta provincia se encuentran en ambientes aluviales modernos a subactuales, situados al pie de un relieve montañoso. La superficie del área de aporte a la recarga es mucho más importante que la del reservorio y se encuentra fuera de los límites de este.

Localmente, se considera que los depósitos fluviales de los ríos Catua y Huaytiquina (conos aluviales) conforman los principales reservorios de agua subterránea ya que presentan facies sedimentarias propicias para el almacenamiento. Si bien todavía no hay información precisa sobre estos aspectos, se puede inferir que la principal zona

de recarga proviene de la infiltración del agua de los ríos Catua, Pompón y Huaytiquina, que se infiltran rápidamente al ingresar a la zona apical de los conos y abandonar el sistema serrano, García (2011).

2.1.3.1 Unidades hidrogeológicas

Los reservorios de agua subterránea de la región están representados (en forma simplificada) por tres grandes unidades que interactúan entre sí de distintas formas, en función de la dinámica global del ambiente hidrogeológico. Estas tres grandes unidades se han denominado (Conhidro, 2013):

- Sistema Acuífero Catua (1.165 km²).
- Complejo Acuífero Volcánico (1.009 km²).
- Sistema Acuífero Salar del Rincón (435 km²).

2.1.3.2 Sistema acuífero Catua

Los depósitos aluviales formado por los ríos Catua, Pompón, Huaytiquina (la planicie aluvial de Igarzabal (1989) y parte de la baja subcuenca del río Huaytiquina) y los depósitos modernos al pie del extremo norte de las sierras de Guayaos, constituyen la unidad morfológica que conformaría el reservorio de agua más importante de la cuenca del Salar del Rincón, con una superficie de aproximadamente 259 km² y con un espesor saturado medio (agua cruda para el proceso <4.000µS/cm de conductibilidad eléctrica) determinado a partir de datos geofísicos y pozos de 35 metros.

El área de aporte a la recarga (1.165 km²) está conformado por las altas subcuencas de los ríos Catua, Pompón, Huaytiquina; extremo norte de las sierras de Guayaos y una parte de la superficie de la subcuenca Rampa Ignimbrítica.

De acuerdo con la información de subsuelo (pozos y geofísica), se considera que el Sistema Acuífero Catua es un reservorio de tipo libre a semilibre, caracterizado por la presencia de facies de rodados, gravas, gravas arenosas y arenas en el sector apical a gravas arenosas y arenas de todos los tamaños en la parte media y distal.

Por otra parte, el nivel piezométrico en el sector donde se localiza la batería de pozos (zona apical y media) se encuentra a una profundidad variable entre 54 y 80 metros, dependiendo de la posición topográfica. En el sector distal (en relación con el área

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

fuentes sedimentario, o sea, aguas abajo) el nivel piezométrico se encuentra a 0,82 metros. Esto indica que el nivel de agua levanta progresivamente hacia el borde del Salar y, eventualmente, se interdigita con este último aportando así el agua subterránea al cuerpo salino propiamente dicho.

Con los datos de Permeabilidad Darciana (KD), el área drenante (A) y el gradiente hidráulico (i), se calculó un caudal medio darciano aproximado en 477,5 m³/h, 11.460 m³/día o 4.182.900 m³/año (4,18 Hm³/año) de aporte de agua dulce proveniente de este reservorio.

$$Q = KD \cdot i \cdot A$$

$$Q = 8,5 \frac{m}{d} \times 0,00214 \times 630.000 m^3 = 11.459,7 \frac{m^3}{d} = 4,18 \frac{Hm^3}{año}$$

En la parte distal del cono aluvial de los ríos Catua, Pompón y Huaytiquina, se produciría la mezcla natural de agua menos saturado proveniente del Sistema Acuífero Catua y el agua salada del Sistema Acuífero Salar del Rincón.

La hidrodinámica de estos ambientes de mezcla de agua de distintas densidades es compleja y está en función de la densidad del agua dulce (parte superior de la solución) y del agua salada (parte inferior de la solución), del equilibrio que existe entre la altura del nivel piezométrico sobre un plano de referencia (nivel del Salar, por ejemplo) y la profundidad desde el nivel de referencia hasta la interfase de agua dulce/salada.

Un ambiente de estas características es metaestable ya que una modificación de las condiciones hidrodinámicas del reservorio de agua dulce o del cuerpo de agua salada, en las inmediaciones de la interfaz agua dulce/salada puede determinar el desplazamiento y avance del agua salada sobre el agua dulce. Este es el caso del sector distal del cono aluvial, donde este efecto podría llegar a ocurrir por la presencia de la paleo ribera del Salar.

2.1.3.3 Complejo Acuífero Volcánico

Bajo esta denominación se incluyen a los potenciales reservorios de agua subterránea que se desarrollarían en la zona sudeste al pie del extremo sur de las sierras de Guayaos, sur y oeste del Salar del Rincón. El medio de circulación de esta unidad

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
P

está conformado principalmente por amplios y potentes mantos de ignimbritas, algunas coladas de lavas y pequeños conos y bajadas aluviales.

La unidad ocupa una superficie aproximada de 1.009 km² de los cuales, parte está ocupada por el *Plateau* de ignimbritas de Huaytiquina, aglomerados volcánicos e ignimbritas del Cerro Rincón. Hacia el sur aparecen los afloramientos volcánicos del complejo Tumepo y hacia el este, la zona sur de las sierras de Guayaos.

Únicamente en sectores muy localizados se desarrollan facies clásticas sedimentarias como las de la Quebrada Lare y Puesto Rincón que, por sus dimensiones, debe ser considerada como la más importante desde el punto de vista del agua subterránea. Hacia el sur, al pie de los cuerpos volcánicos de Tul Tul, Del Medio y Pocitos, se presentan pequeños conos de detritos sin mayor importancia hidrogeológica.

En la zona sudeste y este, se desarrollan pequeños conos aluviales cuya longitud axial no supera los 3 km como el de Puesto El Talismán y hacia el norte, al pie occidental del sector sur de la sierra de Guayaos, se presentan pequeños conos aluviales que se interdigitan lateralmente con otros de dimensiones similares.

Conhidro (2013) estima que la recarga total de agua representa un 17,6% de la precipitación promedio anual en el sistema acuífero Catua. En ausencia de datos para aplicar la ley de Darcy, la estimación de la recarga total de agua del Complejo Acuífero Volcánico se realizó asumiendo los siguientes valores:

- Promedio de precipitaciones anuales: 50 mm/año.
- Superficie del complejo acuífero volcánico: 1.009 km².

Alcanzando una recarga total de agua de 8,9 Hm³/año para el Sistema Acuífero Volcánico.

2.1.3.4 Sistema Acuífero Salar del Rincón

El Salar del Rincón, con una superficie aproximada de 435 km² (núcleo salino, costra activa y playa limolítica) recibe el aporte de agua superficial y subterránea de una cuenca hidrológica de aproximadamente 2.767 km². La recarga más importante del sistema es a través del agua subterránea, fundamentalmente por aquella que proviene del Sistema Acuífero Catua y, en segundo término, del Complejo Acuífero Volcánico.

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F

Desde el punto de vista de las facies que conforman el reservorio de salmueras en la zona del núcleo salino, este ambiente está representado casi en su totalidad por halita masiva, halita fracturada y halita con procesos de disolución donde se intercalan escasos niveles de arcillas y arenas. Hidráulicamente, el movimiento del agua subterránea se produciría a través de sistemas de fracturas, oquedades y cavernas, lo que le imprime propiedades pseudokársticas.

Bordeando el núcleo se encuentran facies de sulfatos, principalmente yeso y thenardita, con inclusiones de halita y algunos niveles de limos. Hacia los márgenes se presentan facies clásticas principalmente arenas, limos y arcillas de origen fluvial, parcialmente cementadas por sales. El espesor máximo determinado por gravimetría del relleno evaporítico es de aproximadamente 700 metros conformando la base del depósito rocas volcánicas.

En el Sistema Acuífero Salar del Rincón (Salar propiamente dicho), existen numerosos pozos que alcanzan profundidades variables y se encuentran distribuidos en varios sectores del Salar.

Estas mediciones señalan que, en condiciones naturales, los niveles piezométricos se localizan muy cerca de la superficie en la zona del núcleo del Salar y están sometidos a variaciones interanuales, respondiendo a la estacionalidad de las precipitaciones. Cuando éstas no se producen, los descensos se originan por evaporación.

- Informe sobre Modelación Numérica de Aguas Subterráneas

CSA Global, una empresa del grupo ERM, desarrolló un modelo numérico de flujo de aguas subterráneas de la cuenca del Rincón centrado en el agua cruda y el impacto ambiental, basado en los conocimientos hidrológicos e hidrogeológicos actuales de la cuenca, Paralelamente, y en colaboración con Montgomery & Associates, desarrollaron un modelo numérico de aguas subterráneas centrado específicamente en el núcleo del Salar y en el recurso de salmuera de litio que existe dentro del Salar.

Específicamente, el objetivo principal de la modelación de las aguas subterráneas que se analiza en este informe es evaluar los posibles impactos combinados sobre los niveles de aguas subterráneas asociados a los tres aspectos clave siguientes:

- Extracción de agua cruda del Abanico Aluvial de Catua con fines de abastecimiento de agua. Se consideró una extracción total de agua cruda de

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

hasta 300 L/s de agua con una conductividad eléctrica inferior a 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de 37 pozos de producción.

- Extracción de salmuera de litio del Salar del Rincón, que comprende un campo de pozos de producción con hasta 75 pozos de bombeo. El campo de pozos propuesto consta del pozo de producción PW1 existente, más 10 pozos de bombeo de halita fracturada situados en la zona norte del Salar, 6 pozos de bombeo de Halita Fracturada situados en la zona central del Salar y 58 pozos de bombeo de arena negra.
- Infiltración de la salmuera gastada en los sedimentos del Salar, con bombeo de la salmuera gastada a la Instalación de Eliminación de Salmuera Gastada – *Spent Brine Disposal Facility* (SBDF) a un ritmo de hasta 116.000 $\text{m}^3/\text{día}$ aproximadamente.

El modelo se utilizó para generar predicciones de descenso del nivel de las aguas subterráneas para las operaciones a 40 años en toda la cuenca del Rincón y evaluó resultados en puntos de agua potencialmente sensibles situados alrededor del salar. El modelo también se utilizó para evaluar el alcance y la velocidad de recuperación del nivel de las aguas subterráneas tras el cese de las operaciones.

La modelación de las aguas subterráneas sugiere que el descenso del nivel de las aguas subterráneas en el Abanico Aluvial de Catua, asociado a la extracción de agua cruda para el proceso, será inferior a 10 m tras 40 años de explotación. El modelo predice que:

- No se producirá una interacción significativa entre el campo de pozos de agua cruda y el SBDF o el campo de pozos de salmuera de litio.
- El descenso del nivel del agua cruda se restringirá principalmente a los sedimentos aluviales del abanico.
- No habrá impactos en relación con el agua subterránea o superficial en el área del pueblo de Catua o en el suministro de agua del poblado de Catua.
- Ningún descenso significativo del nivel del agua se extenderá más allá de la frontera provincial Jujuy/Salta.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

- Sugiere que la extracción de salmuera de litio del Salar será el factor que más contribuya al descenso del nivel de las aguas subterráneas en la cuenca del Rincón.
- La infiltración de salmuera gastada (procedente del SBDF) provoque la elevación localizada de los niveles de aguas subterráneas en las inmediaciones del SBDF.
- El descenso del nivel de las aguas subterráneas saladas (salmuera) aumentará con el tiempo en respuesta a la extracción de salmuera de litio, con un descenso previsto de hasta aproximadamente 40 m (en la zona central del área de extracción por pozos), tras 40 años de funcionamiento.
- Sugiere que habrá interacción incipiente entre el depósito de salmuera de litio y la infiltración de salmuera gastada procedente del SBDF, causada por la infiltración de salmuera agotada, aunque en cantidades pequeñas en comparación con los volúmenes extraídos.
- Sugiere que el descenso del nivel del agua se extenderá más allá de los márgenes del Salar, especialmente hacia el este en el área de los abanicos aluvionales vinculados al borde oeste del Faldeo Ciénago. Este comportamiento se relacionó en gran parte con el bombeo de la operación vecina de Argos (ubicada en ese sector), y cuyos volúmenes extraídos fueron considerados en el modelado numérico de forma acumulativa.
- El descenso del nivel de las aguas subterráneas aumenta con el tiempo a lo largo de la vida de la explotación, y que los mayores descensos de la napa se produzcan alrededor del área de la Vega Unquillar (20,78 m después de 40 años), Vega Amarilla (3,47 m después de 40 años), Alijibe en campamento de Chocobar (9,26 m después de 40 años) y Pozo en campamento de Mina Talismain (5,05 m después de 40 años).

e
A
B
E
★
A.C
L
H
★
F

En relación con la interpretación de estos resultados, especialmente en lo que resulta de los puntos de observación del modelo de mayor intensidad de rebajo de la napa alrededor de áreas de vegas, cabe subrayar que los mismos expresan el resultado numérico del comportamiento esperado para las aguas subterráneas profundas. La relación de este comportamiento con el agua superficial de las vegas, sin embargo, no es clara en el modelado.

En este sentido, el modelado posee como limitación su alcance a nivel cuenca, ya que sus celdas de cálculo presentan tamaño alineado a esta escala. Eso genera incertidumbres al llegar al nivel de detalle para las unidades acuíferas superiores y de menor extensión (abanicos aluvionales menores y vegas del sector sur y suroeste). Bajo esta observación, la interpretación de los datos debe ser hecha cuidadosamente ya que una disminución de la napa en los alrededores de las vegas puede no ser el resultado de una influencia directa (impacto) en la unidad ambiental "vega" – sino más bien vinculada a sectores superficiales de acuíferos someros, y a la dinámica de agua superficial.

Sin embargo, como parte de los estudios hidrogeológicos realizados, se buscó disminuir esta incertidumbre a través de la instalación de piezómetros someros alrededor de la laguna Rincón. Estos piezómetros presentaron datos que indican, preliminarmente, un aislamiento entre las unidades acuíferas superiores (directamente vinculadas a vegas) y el acuífero profundo – básicamente datos de nivel (incluyendo distintos comportamientos como artesianismo), y calidad de aguas – que soportan dicha conclusión ya que se registran diferencias significativas de conductividad eléctrica. La siguiente tabla presenta los resultados obtenidos de los muestreos realizados en Noviembre 2023, en dichos piezómetros someros. En la Figura 16 está la ubicación de los puntos piezómetros ambientales someros (Anexo 2.a.14).

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

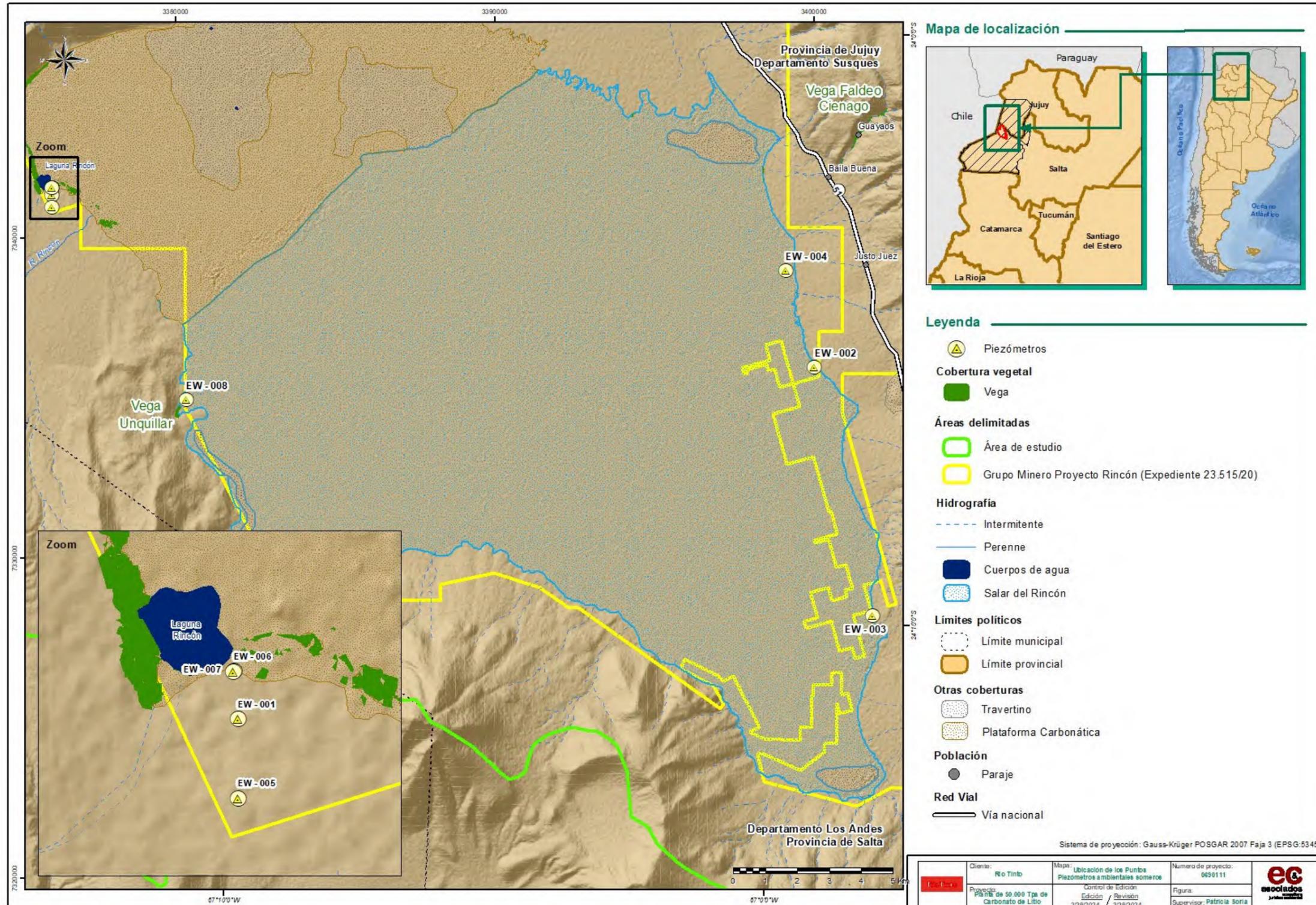
Tabla 29. Datos de los piezómetros ambientales someros (Noviembre, 2023)

Pozo	UTM X	UTM N	Altura (m)	Profundidade (m)	Sección filtrante (m)	Nivel de agua (m.b.s)	Conductividad Electrica (uS/cm)
EW - 001	3376116	7341349	3770	11,5	2-10,32	1,47	410
EW - 002	3400027	7335981	3766	12,5	5,92-11,92	N/A	-
EW - 003	3401858	7328203	3765	6	2,92-5,92	N/A	-
EW - 004	3399134	7338998	3765	8,5	4,42-7,42	N/A	-
EW - 005	3376131	7340978	3779	10,5	4,42-10,42	9,648	210
EW - 006	3376113	7341575	3766	10	4-9,92	Artesianismo	700
EW - 007	3376110	7341573	3766	7	1,5-4,42	0,6	480
EW - 008	3380342	7334949	-	6,5	1,42-4,42	0,455	>200,000

Fuente: CSA Global, 2023 – Empresa del grupo ERM

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Figura 16. Mapa de la ubicación de los puntos piezómetros ambientales someros

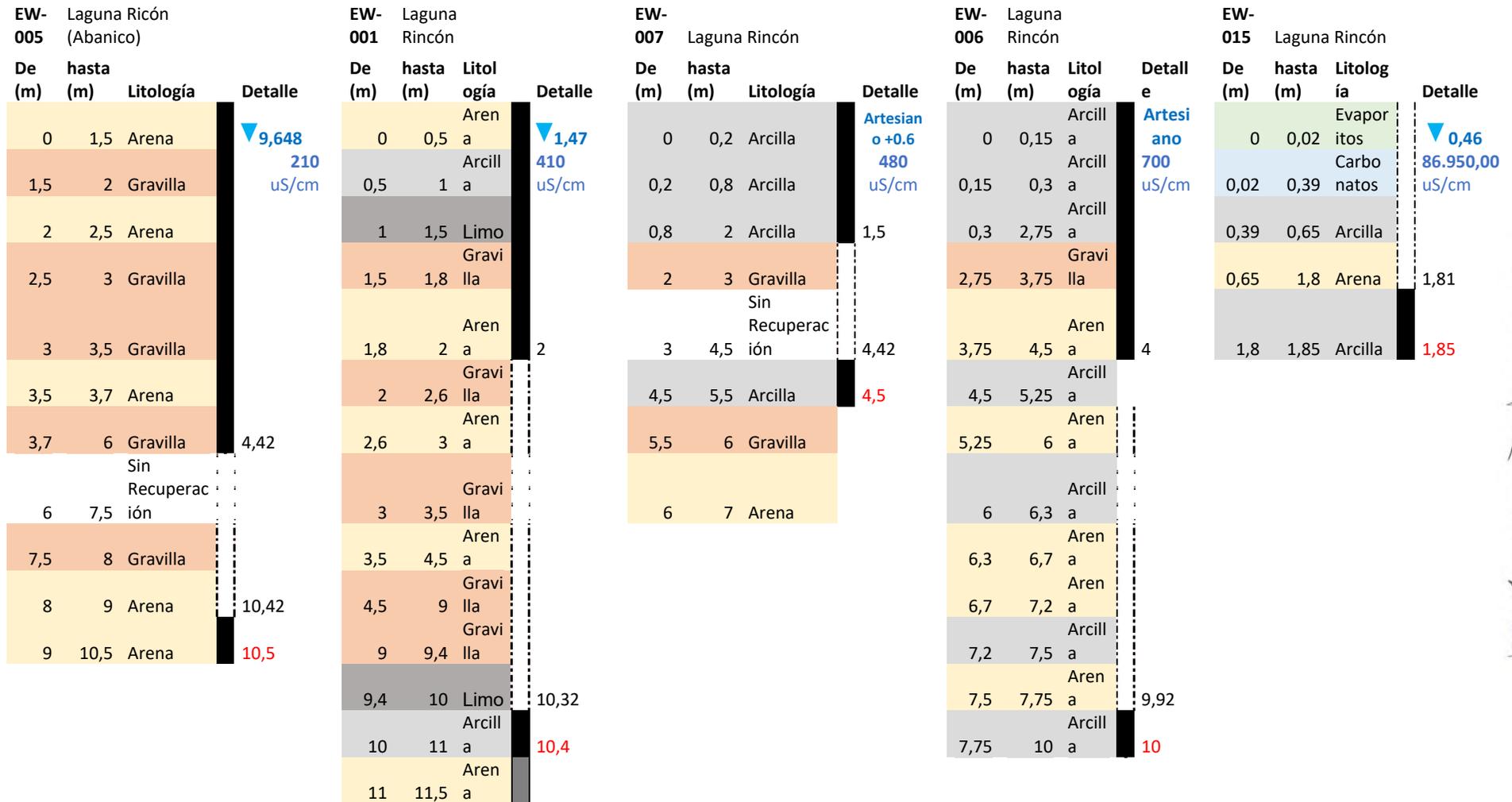


e
 A
 B
 E
 A
 C
 L
 H
 R

La siguiente figura abajo representa, adicionalmente, las capas sedimentarias interceptadas por dichos piezómetros, comprobando la existencia de capas de arcillas de baja permeabilidad inmediatamente debajo de los niveles de agua más someros, sugiriendo un aislamiento de las capas más profundas de salmuera.

2
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F

Figura 177. Columnas estratigráficas con capas de arcilla en los piezómetros someros.



Como conclusión de estos datos, se puede concluir que:

- Los piezómetros fueron construidos en forma contigua, pero con profundidades distintas para verificar el comportamiento de los niveles de agua a distintas profundidades: nivel somero, vinculado a las aguas superficiales (vegas) y a la laguna Rincón y nivel más profundo, vinculado al sector hidrogeológico del salar;
- Las capas geológicas presentan la ocurrencia de arcillas de baja permeabilidad en los alrededores de la vega y laguna Rincón, lo que dificulta la interacción de las unidades acuíferas someras con el sistema subyacente; y
- Los datos de los piezómetros presentaran diferencias importantes en los niveles, como importantes diferencias de presión confinante (artesianismo entre pozos EW-006 y 007), y de calidad de agua (diferencias marcadas de conductividad eléctrica en los mismos pozos).

De esta manera, los datos preliminares sugieren que no existe, al menos en el entorno inmediato de la laguna y vega Rincón, conexión entre el sistema acuífero superior y el profundo – siendo este último el sistema acuífero objetivo del Proyecto desde donde extraerá la salmuera enriquecida en litio.

Por otro lado, el modelado pudo determinar la recuperación del nivel de las aguas subterráneas a escala de la Cuenca del Rincón, con una recuperación prevista del 90% entre de 22 y 35 años en la mayoría de los lugares, incluidos Vega Unquillar, Alijibe en campamento de Chocobar y Pozo en campamento de Mina Talismain (lugares en los que se prevén los descensos más importantes).

El modelado identificó también que la recuperación al 90% podrá ser superior a 40 años en la región del abanico aluvional de la parte inferior del río Huaytiquina y en las cercanías de la laguna Rincón.

Este modelado se encuentra como Anexo 2.a.17 del presente informe.

2.1.4 Calidad de agua subterránea

De igual manera que en la sección de Calidad de Agua Subterránea se cuentan con los siguientes antecedentes:

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
P

- **Ady Resources Limited, 2007:**

De acuerdo con el IIA de Ady, a la fecha se encontraban trabajando en la exploración para explotación de agua subterránea en el abanico de Catua para obtener agua para la futura planta de tratamiento (de aquel momento). Sin embargo, el estudio piezométrico dinámico para fuentes de agua subterránea no correspondía para esta instancia del Proyecto, y por ello, no fue presentado.

- **Rincon Mining PTY Limited, 2013:**

En lo que respecta a aguas subterráneas, entre el año 2010 y 2012 RMPL realizó 4 pozos para explotación de uso industrial. Durante febrero de 2013, se realizó el muestreo de agua subterránea proveniente de estos pozos denominados: W2, W3, W4 y W5. En las campañas de muestreos subsiguientes (2013, 2015, 2016 y 2017) se monitoreó únicamente el Pozo Campamento – PC1, los resultados obtenidos se compararon con los Niveles Guía de Calidad de Agua (Anexo IV) de la Ley N° 24.585 Marco Jurídico ambiental para la Actividad Minera, tanto para agua de bebida humana como para protección de la vida acuática en agua dulce superficial y con los valores especificados en el Código Alimentario Argentino actualizado para agua de bebida.

- **Rio Tinto – Rincón Litio, 2022 y 2023:**

Continuando con los muestreos que se han realizado en el Área de Estudio del Proyecto Rincón, RMPL sigue realizando muestreos en el Pozo W2 perteneciente al Proyecto.

2.1.4.1 Objetivos

Evaluar la calidad del agua subterránea en puntos estratégicos en el área de estudios del Proyecto.

Objetivos específicos:

- ✓ Analizar los parámetros fisicoquímicos seleccionados para caracterizar la calidad del agua en los puntos de muestreos ya definidos.
- ✓ Comparar dichos valores con los Niveles Guía establecidos en la Ley de Actividad Minera – Impacto Ambiental (N° 24.585), para identificar potenciales desvíos.

2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

2.1.4.2 Marco normativo aplicable

Para el análisis de los valores obtenidos de los resultados, se utiliza toma en cuenta lo establecido en el Anexo IV de la Ley Nacional N° 24.585 de Protección Ambiental para la Actividad Minera. Dicho anexo incluye los niveles guía de calidad de agua subterránea para:

- Agua para consumo humano.
- Agua para irrigación.
- Agua para consumo de ganado.

2.1.4.3 Ubicación de los muestreos

Tabla 30. Ubicaciones Históricas y Actuales de los Sitios de Muestreos de Agua Subterránea

Pozo	Coordenadas Geograficas		Coordenadas Planas	
	Longitud	Latitud	Este (m)	Norte (m)
W2	67° 2' 11,788" O	23° 58' 45,950" S	3394499	7348556
W3	67° 2' 34,525" O	23° 58' 9,777" S	3393863	7349697
W4	67° 3' 13,425" O	23° 57' 39,806" S	3392923	7350563
W5	67° 1' 42,787" O	23° 58' 47,632" S	3395273	7348629
PC1 Campamento	67° 2' 9,817" O	23° 59' 1,445" S	3394429	7343997

Nota: En el 2013 fueron muestreados los pozos W2, W3, W4 y W5 como agua de uso industrial. PC1 Campamento fue muestreado como agua de consumo. En la actualidad, se han realizado muestreos del Pozo W2.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tanto para los muestreos en el 2013:

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 J
 F

Tabla 31. Resultados de Muestras de Agua subterránea (RMPL, 2013)

Parámetros	Campamento Rincón	Agua para bebida humana (*)	Agua potable (**)
Sólidos Disueltos Totales 180 °C (µg/l)	2.096	1.000	1500
Dureza Total (µg/l equiv. CaCo3)	594	--	--
Calcio(µg/l)	181	--	--
Potasio (µg/l)	12	--	--
Magnesio (µg/l)	34.5	--	--
Sodio (µg/l)	523	--	--
Cloruro (µg/l)	670	--	350
Alcalinidad de Bicarbonato (µg/l)	Ausencia	--	--
Alcalinidad de Carbonato (µg/l)	123	--	--
Sulfato (µg/l)	668	--	400
Nitrito (µg/l)	< 0,02	1	0,10
Nitrato (µg/l)	8,9	10	45
Detergentes (S.A.A.M) (µg/l)	< 0,10	--	0,5
Hierro (µg/l)	< 0,10	--	0,3
Boro (µg/l)	0,6	--	0,5
Litio (µg/l)	1,22	--	
Aluminio (µg/l)	< 0,10	0,2	0,2
Arsénico (µg/l)	0,010	0,050	0,01
Cadmio (µg/l)	< 0,0005	0,005	0,005
Cromo Total (µg/l)	< 0,005	0,05	0,05
Manganeso (µg/l)	< 0,05	--	0,10
Plomo (µg/l)	< 0,010	0,05	0,05

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 X
 R

Tabla 32. Comparativa de parámetros para análisis de calidad de agua en base a la Ley N° 24.585. Pozo W2. Rincon Mining PTY Limited

Niveles Guía de Calidad de Agua					Pozo	
Parámetro	Unidad	Para bebida humana	Para Irrigación	Para bebida de ganado	W2 Mayo 20	W2 Dic 21
pH	UpH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	7,7	7,5
SDT	µg/l	1000000	1000000	1000000	2010000	2500000
Aluminio	µg/l	200	5	5	-	-
Antimonio	µg/l	10	NE	NE	-	-
Arsénico	µg/l	50	100	500	10	-
Bario	µg/l	1	NE	NE	-	<10000
Berilio	µg/l	0,039	NE	100	-	-
Boro	µg/l	NE	500	5	9100	<10000
Cadmio	µg/l	5	10	20	-	-
Cianuro	µg/l	100	NE	NE	-	-
Zinc	µg/l	5	2	50	-	<10000
Cobalto	µg/l	NE	50	1	-	-
Cobre	µg/l	1	200	1	-	-
Cromo	µg/l	50	100	1	-	-
Cromo Hexavalente	µg/l	50	NE	NE	-	-
Flúor	µg/l	NE	1	1	-	-
Fluoruro	µg/l	1,5	NE	NE	500	-
Manganeso	µg/l	NE	NE	NE	30	<10000
Mercurio	µg/l	1	2	2	-	-
Molibdeno	µg/l	NE	10	500	-	-
Níquel	µg/l	25	200	1	-	-
Nitrato	µg/l	10	NE	NE	8400	-
Nitrito	µg/l	1	NE	NE	20	-
Paladio	µg/l	NE	5	NE	-	-
Plata	µg/l	50	NE	NE	-	-
Plomo	µg/l	50	200	100	10	-
Selenio	µg/l	10	20	50	-	-
Uranio	µg/l	100	10	200	-	-
Vanadio	µg/l	NE	100	100	-	-
Conductividad	µS/cm	NE	NE	NE	2930	2900

Fuente: Laboratorios Induser y SGS

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 X
 R

En función de los resultados de laboratorio obtenidos, se resaltan en color los parámetros cuyos niveles superan a los valores guía de la Ley N° 24.585. A continuación, se analizan dichos valores.

De acuerdo con los resultados, la cantidad de SDT para ambos análisis supera los niveles guía especificados por la Ley N° 24.585 respecto a los tres tipos de usos que puede tener el agua.

Por otra parte, se registraron valores por encima del valor de referencia para los parámetros Boro, Fluoruro y Nitrato. El agua analizada no es apta para consumo humano sin previo tratamiento buscando la remoción de estos componentes.

2.2 Uso actual y potencial

El uso de agua cruda por tonelada de carbonato de litio producido es: 158 t agua / t producto. El consumo de agua cruda por año es 7.897.700 t/a, asumiendo una producción anual de 50.000 t/a.

La única fuente de provisión de agua cruda utilizada hasta la fecha es el agua subterránea extraída del pozo W2, localizado en el Sistema Acuífero Catua. Rincon Mining PTY Limited no utiliza ni tiene previsto utilizar ninguna fuente de agua superficial.

De acuerdo con el **Capítulo 3: Descripción del Proyecto**, se considera, en futuro, la provisión de agua cruda desde 37 pozos localizados todos en la parte apical y central del abanico de Catua. Estos pozos garantizarán la provisión tanto de agua cruda para el proceso industrial, como el agua para consumo en los campamientos, baños y comedores.

La selección del área de ubicación de estos 37 pozos fue resultado de un detallado estudio hidrogeoquímico, presentándose el resumen en el Anexo 2.a.17. El estudio hidrogeológico y hidrogeoquímico desarrollado por CSA Global, empresa del grupo ERM, incluyó la evaluación del parámetro de conductibilidad eléctrica al largo de perfiles geoelectrónicos bajo la profundidad de los pozos.

El modelado posibilitó la ubicación y selección de altitudes de instalación de bombas, caudales de extracción y régimen de trabajo, de manera que se garantizase el límite

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

aceptable para el proyecto en términos de calidad (4.000 µS/cm máximo), y que hubiera la menor chance posible de sobrelevación del agua salada, así como respetará el límite autorizado máximo de extracción de 300l/s. Este abordaje buscó garantizar la optimización de la utilización de este precioso recurso, frente a los estándares de sustentabilidad de Rio Tinto y requisitos legales locales.

2.3 Estudio piezométrico estático para cuerpos de agua subterránea

Desde enero 2020 hasta septiembre 2023, RMPL ha realizado controles periódicos de los niveles estáticos de los distintos pozos que se encuentra dentro del Grupo Minero, ubicados tanto en el Salar como en el Cono Aluvial Catua.

Estas mediciones se han dividido en dos periodos:

- Enero 2020 a febrero 2022: las ubicaciones de los pozos existentes para este periodo pueden observarse en la Tabla 33 y en la Figura 18.

Tabla 33. Ubicación de puntos de muestreo de niveles estáticos – Periodo enero 2020 a febrero 2022

Pozos	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas	
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
WR3000	24° 5' 43,462" S	67° 5' 53,398" O	3388337,60	7335673,08
P4	24° 2' 27,265" S	67° 2' 10,048" O	3394602,00	7341758,00
Pz1	24° 2' 27,730" S	67° 2' 47,977" O	3393530,27	7341735,76
B2	24° 5' 49,338" S	67° 0' 32,303" O	3397408,76	7335560,37
P1	24° 8' 17,683" S	66° 59' 52,508" O	3398565,30	7331003,88
NW12	23° 58' 53,548" S	67° 9' 18,563" O	3382438,65	7348239,84
H4	24° 0' 31,999" S	67° 4' 39,553" O	3390350,00	7345273,00
Pz9	24° 1' 35,485" S	67° 2' 9,657" O	3394601,30	7343351,35
Pla1	24° 3' 52,534" S	66° 59' 29,618" O	3399154,00	7339167,00
Pla2	24° 9' 47,447" S	66° 58' 0,647" O	3401743,00	7328264,00
W1	23° 59' 1,464" S	67° 2' 9,824" O	3394561,71	7348090,49
W3	23° 58' 9,795" S	67° 2' 34,532" O	3393851,44	7349675,14
W4	23° 57' 39,824" S	67° 3' 13,432" O	3392744,66	7350589,16
W5	23° 58' 47,650" S	67° 1' 42,794" O	3395322,77	7348521,12
WS-3	23° 52' 37,517" S	67° 8' 2,014" O	3384509,97	7359827,87
WS-8	23° 56' 26,055" S	67° 4' 54,066" O	3389881,73	7352837,47
WS-9	23° 52' 49,207" S	67° 4' 52,052" O	3389887,64	7359510,24

Fuente: RMPL

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F

- Noviembre 2022 a septiembre 2023: en noviembre de 2022 se realizó la primera campaña de monitoreo hidrogeológico y climático en el área. El alcance de estas tareas consistió en realizar un monitoreo mensual que obtuvo la medición de niveles de agua en pozos ubicados en la zona del Salar, Abanico Aluvial y zonas de transición entre estos dos sistemas (interzona). En paralelo al muestreo mensual de niveles, se realizaron muestreos trimestrales en donde se efectuaron mediciones *in situ* de parámetros de calidad de agua y toma de muestra para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.

En pozos de agua determinados se realizaron perfiles de conductividad, la cual consistió en la medición de conductividad del agua versus la profundidad para evaluar estratificación del agua respecto a la salinidad - con fines de incluirse como datos de salinidad para el modelado hidrogeológico.

Las ubicaciones de estos pozos se pueden observar en la Tabla 34 y en la Figura 18 (Anexo 2.a.18).

Tabla 34. Ubicación de puntos de muestreo de niveles estáticos - Periodo noviembre 2022 a septiembre 2023

Pozo	Coordenadas Geograficas		Coordenadas Planas	
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
W1	23° 59' 1,445" S	67° 2' 09,817" O	7348090	3394562
W2	23° 58' 45,950" S	67° 2' 11,788" O	7348567	3394502
PzW2	23° 58' 45,943" S	67° 2' 12,494" O	7348567	3394483
W3	23° 58' 9,777" S	67° 2' 34,525" O	7349675	3393851
W4	23° 57' 39,806" S	67° 3' 13,425" O	7350589	3392745
W5	23° 58' 47,632" S	67° 1' 42,787" O	7348521	3395323
PzW5	23° 58' 48,150" S	67° 1' 43,251" O	7348505	3395310
WS-3	23° 52' 37,499" S	67° 8' 2,007" O	7359828	3384510
WS-4	23° 52' 57,299" S	67° 2' 30,717" O	7359291	3393888
WS-5	23° 50' 23,242" S	67° 4' 56,393" O	7364000	3389730
WS-6	23° 55' 49,188" S	67° 1' 56,373" O	7354009	3394898
WS-7	23° 51' 32,013" S	67° 8' 14,643" O	7361840	3384136
WS-8	23° 56' 26,037" S	67° 4' 54,059" O	7352837	3389882
WS-9	23° 52' 49,188" S	67° 4' 52,046" O	7359510	3389888
WW-1	23° 58' 21,280" S	67° 4' 48,759" O	7349293	3390059
Pz 9	24° 1' 35,202" S	67° 2' 9,493" O	7343360	3394606
WR3000	24° 5' 43,458" S	67° 5' 53,269" O	7335673	3388341
P4	24° 2' 27,157" S	67° 2' 10,075" O	7341761	3394601
Pz1	24° 2' 27,957" S	67° 2' 48,093" O	7341728	3393527
B2	24° 5' 48,796" S	67° 0' 32,568" O	7335576	3397401
P1	24° 8' 17,595" S	66° 59' 52,161" O	7331006	3398575
NW12	23° 58' 53,073" S	67° 9' 18,766" O	7348254	3382433

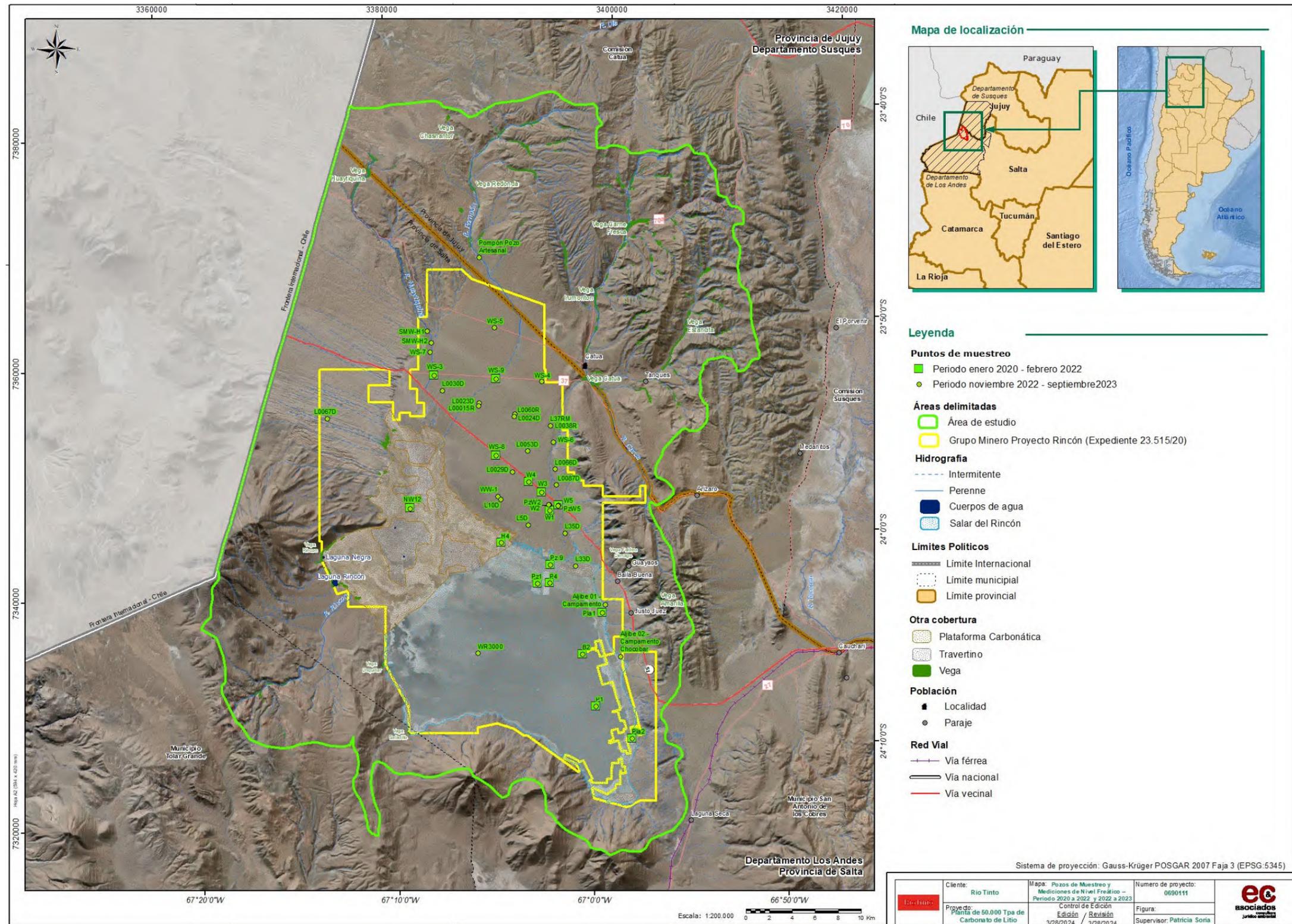
e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Pozo	Coordenadas Geograficas		Coordenadas Planas	
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
H4	24° 0' 32,070" S	67° 4' 38,942" O	7345270	3390367
Pla1	24° 3' 52,495" S	66° 59' 29,605" O	7339168	3399154
Pla2	24° 9' 48,399" S	66° 58' 00,631" O	7328234	3401743
SMW-H2	23° 51' 5,576" S	67° 8' 09,506" O	7362655	3384275
SMW-H1	23° 50' 32,632" S	67° 8' 22,223" O	7363665	3383907
L0024D	23° 54' 28,316" S	67° 3' 55,154" O	7356472	3391520
L0023D	23° 53' 56,523" S	67° 5' 44,866" O	7357427	3388409
L00015R	23° 54' 4,217" S	67° 5' 45,609" O	7357190	3388390
L37RM	23° 55' 2,057" S	67° 2' 6,481" O	7355457	3394602
Pompón Pozo Artesanal	23° 47' 5,948" S	67° 5' 40,363" O	7370061	3388439
L0029D	23° 57' 11,478" S	67° 4' 4,248" O	7351450	3391301
L0030D	23° 53' 20,420" S	67° 7' 36,260" O	7358513	3385249
L10D	23° 58' 29,101" S	67° 4' 39,443" O	7349054	3390324
L5D	23° 59' 42,179" S	67° 3' 15,291" O	7346823	3392720
L35D	24° 0' 6,073" S	67° 1' 23,058" O	7346112	3395898
L33D	24° 1' 39,189" S	67° 0' 51,103" O	7343253	3396822
Aljibe 01 - Campamento	24° 3' 28,821" S	66° 59' 20,085" O	7339898	3399418
Aljibe 02 - Campamento Chocobar	24° 5' 55,297" S	66° 58' 34,476" O	7335400	3400738
L0038R	23° 55' 2,057" S	67° 2' 6,481" O	7355457	3394602

Fuente: ERM (2023) *Sistema de coordenadas Posgar 94

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Figura 18. Mapa de los pozos de muestreo y mediciones de nivel freático – Periodo 2020 a 2022 y 2022 a 2023



CAPITAL

2.3.1 Mediciones de Nivel Estático – Periodo enero 2020 a febrero 2022

2.3.1.1 Sistema Acuífero Salar del Rincón

Los seguimientos del nivel estático del Sistema Acuífero Salar del Rincón se realizaron sobre 10 pozos en el Salar, divididos según las siguientes zonas:

- Núcleo halítico (WR3000-B2-P1-P4-Pz-1).
- Playa tavertería (NW12-H4).
- Playa limolítica salina (Pz9).
- Playa limonítica boratífera (Inundable-Pla1-Pla2).

En la tabla y gráfico siguiente, se muestran los resultados de las mediciones en metros bajo boca de pozo (mbbp) para los distintos puntos. A los fines gráficos los valores se muestran con signo negativo, de manera de evidenciar la profundidad en las mediciones.

Tabla 35. Niveles estáticos-Sistema Acuífero Salar del Rincón (mbbp)

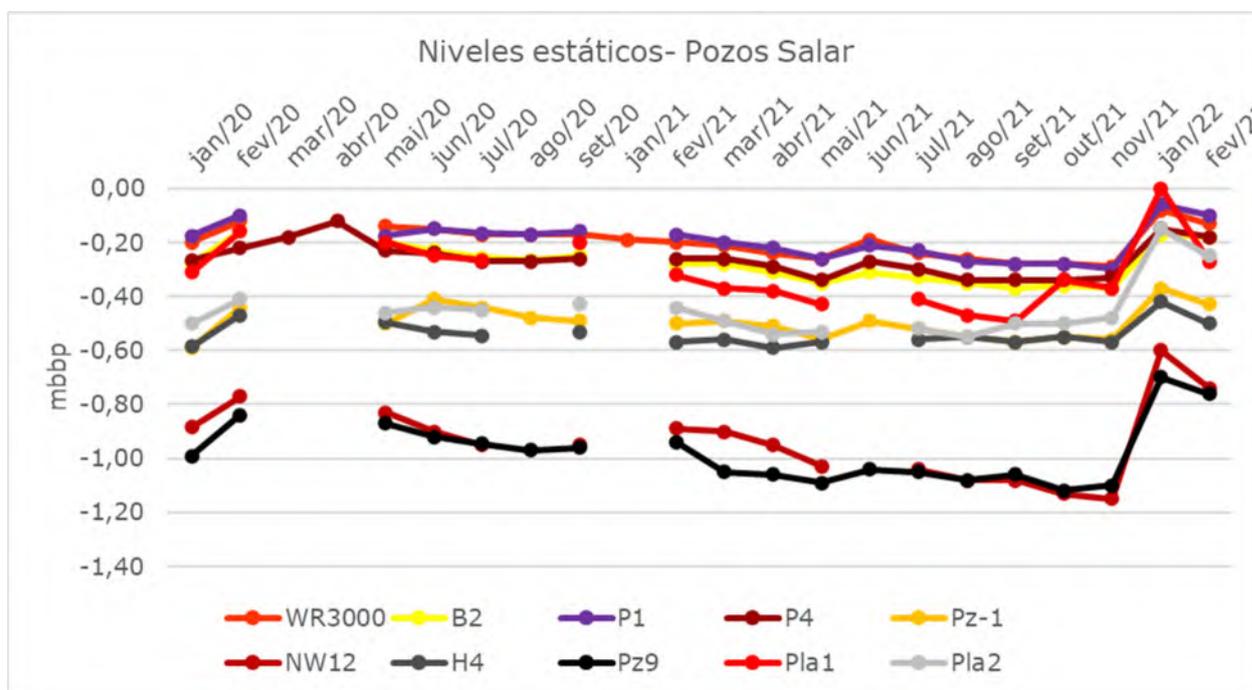
Mes	Núcleo halítico					Playa travertina		Playa limonítica Salina	Playa limonítica boratífera (Inundable)	
	WR3000	B2	P1	P4	Pz-1	NW12	H4	Pz9	Pla1	Pla2
ene-20	-0,20	-0,28	-0,18	0,27	-0,59	-0,89	-0,59	-0,99	-0,31	-0,50
feb-20	-0,12	-0,16	-0,10	-0,22	-0,44	-0,77	-0,47	-0,84	-0,16	-0,41
mar-20				-0,18						
abr-20				-0,12						
may-20	-0,14	-0,20	-0,18	-0,23	-0,50	-0,83	-0,50	-0,87	-0,20	-0,46
jun-20	-0,15	-0,23	-0,15	-0,24	-0,41	-0,90	-0,53	-0,92	-0,25	-0,44
jul-20	-0,17	-0,26	-0,17	-0,27	-0,44	-0,95	-0,55	-0,95	-0,27	-0,45
ago-20	-0,17	-0,27	-0,17	-0,27	-0,48			-0,97		
sep-20	-0,17	-0,25	-0,16	-0,26	-0,49	-0,95	-0,53	-0,96	-0,20	-0,43
ene-21	-0,19									
feb-21	-0,20	-0,28	-0,17	-0,26	-0,50	-0,89	-0,57	-0,94	-0,32	-0,44
mar-21	-0,21	-0,28	-0,20	-0,26	-0,49	-0,90	-0,56	-1,05	-0,37	-0,49
abr-21	-0,24	-0,31	-0,22	-0,29	-0,51	-0,95	-0,59	-1,06	-0,38	-0,54
may-21	-0,26	-0,35	-0,26	-0,34	-0,56	-1,03	-0,57	-1,09	-0,43	-0,53
jun-21	-0,19	-0,31	-0,21	-0,27	-0,49			-1,04		
jul-21	-0,24	-0,33	-0,23	-0,30	-0,52	-1,04	-0,56	-1,05	-0,41	-0,52
ago-21	-0,26	-0,35	-0,27	-0,34	-0,55	-1,08	-0,55	-1,08	-0,47	-0,55

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 J
 R

Mes	Núcleo halítico					Playa travertina		Playa limonítica Salina	Playa limonítica boratífera (Inundable)	
	WR3000	B2	P1	P4	Pz-1	NW12	H4	Pz9	Pla1	Pla2
sep-21	-0,28	-0,37	-0,28	-0,34	-0,57	-1,08	-0,57	-1,06	-0,49	-0,50
oct-21	-0,28	-0,36	-0,28	-0,34	-0,55	-1,13	-0,55	-1,12	-0,34	-0,50
nov-21	-0,29	-0,37	-0,30	-0,33	-0,56	-1,15	-0,57	-1,10	-0,37	-0,48
ene-22	-0,08	-0,17	-0,06	-0,15	-0,37	-0,60	-0,42	-0,70	Inundado	-0,15
feb-22	-0,13	-0,18	-0,10	-0,18	-0,43	-0,74	-0,50	-0,76	-0,27	-0,25

Fuente: RMPL

Gráfico 24. Niveles estáticos - Pozo Salar



Fuente: EC&Asociados (2023)

Según puede observarse en el gráfico anterior, los niveles estáticos del Salar tienen un marcado comportamiento estacional. Los valores de menor profundidad de las mediciones son coincidentes con los meses de enero y febrero (época lluviosa).

Particularmente, se observa en enero de 2022 que el nivel freático se encuentra más cerca de la superficie, coincidente con las altas concentraciones pluviométricas registradas. Según los datos medidos por la estación meteorológica de RMPL, en diciembre 2021 se registraron 69,23 mm de precipitaciones, mientras que, para enero 2022 el valor fue de 54,02 mm. Para los mismos meses, pero del año anterior (dic-20/ene21) solamente se registraron 13,68 mm.

E
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 A
 R

2.3.1.2 Sistema Acuífero Catua

Las mediciones de nivel estático sobre el Cono Aluvial se llevaron a cabo en siete pozos (W1, W3, W4, W5, WS-3, WS-8, WS-9).

En la tabla, se muestran los valores obtenidos para este periodo:

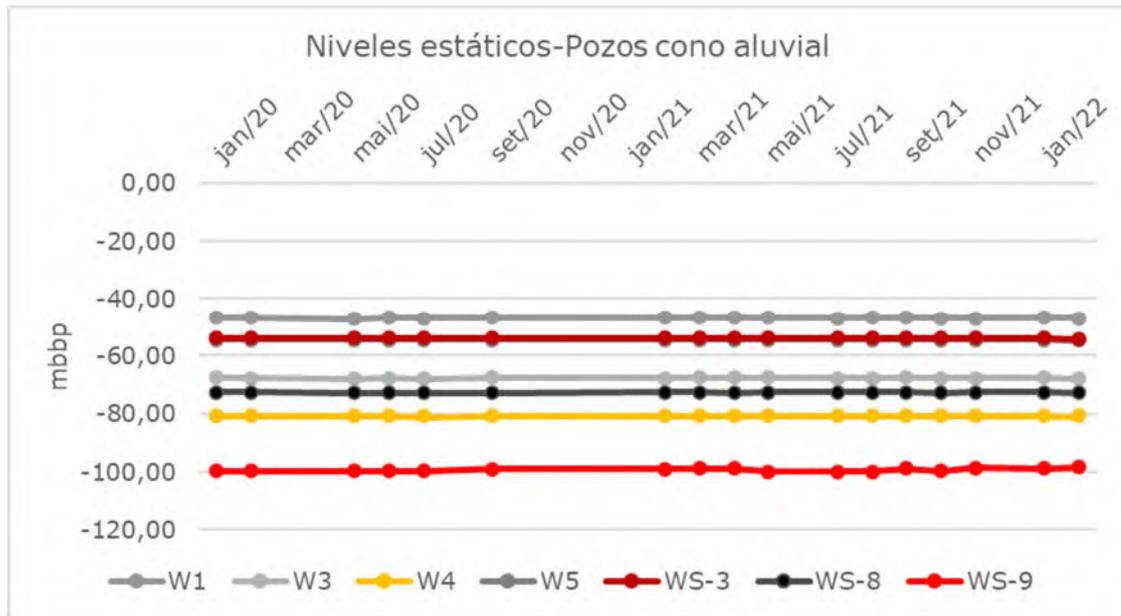
Tabla 36. Mediciones niveles estáticos - Cono aluvial (mbbp)

Mes	W1	W3	W4	W5	WS-3	WS-8	WS-9
ene-20	-46,73	-67,53	-80,71	-54,39	-53,78	-72,61	-99,61
feb-20	-46,75	-67,55	-80,72	-54,39	-53,78	-72,61	-99,68
may-20	-46,77	-67,56	-80,73	-54,40	-53,79	-72,79	-99,68
jun-20	-46,75	-67,54	-80,74	-54,41	-53,80	-72,63	-99,67
jul-20	-46,76	-67,56	-80,75	-54,41	-53,81	-72,63	-99,68
sep-20	-46,74	-67,53	-80,73	-54,40	-53,80	-72,62	-99,03
feb-21	-46,75	-67,54	-80,72	-54,40	-53,78	-72,61	-98,99
mar-21	-46,73	-67,51	-80,69	-54,38	-53,77	-72,59	-98,84
abr-21	-46,75	-67,53	-80,74	-54,40	-53,79	-72,62	-98,83
may-21	-46,74	-67,53	-80,72	-54,41	-53,78	-72,60	-99,81
jul-21	-46,76	-67,54	-80,72	-54,41	-53,78	-72,61	-99,80
ago-21	-46,74	-67,54	-80,72	-54,40	-53,77	-72,60	-99,80
sep-21	-46,75	-67,53	-80,71	-54,39	-53,76	-72,60	-98,81
oct-21	-46,76	-67,54	-80,73	-54,42	-53,79	-72,63	-99,69
nov-21	-46,76	-67,54	-80,72	-54,42	-53,78	-72,61	-98,58
ene-22	-46,75	-67,53	-80,71	-54,42	-53,81	-72,61	-98,89
feb-22	-46,76	-67,56	-80,75	-54,43	-53,84	-72,64	-98,42

Fuente: RMPL

2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 J
 R

Gráfico 25. Niveles estáticos - Pozos cono aluvial (mbbp)



Fuente: EC&Asociados (2023)

Como puede observarse en el gráfico arriba, las mediciones de niveles estáticos sobre el Cono Aluvial no presentan mayores variaciones. Dada la profundidad del nivel freático, no se ve influenciado en manera inmediata por los aportes pluviométricos.

2.3.2 Mediciones de nivel estático y mediciones de nivel freático – periodo noviembre 2020 a septiembre 2023

En la Tabla 35 se presentan las mediciones de niveles de agua subterránea y el registro de todos los niveles de agua subterránea. Es importante subrayar que esta base de datos representa un conocimiento de alta relevancia para la línea de base ambiental, ya que, a través del muestreo mensual a lo largo de un año, fue posible conocer, mínimamente, el comportamiento de las grandes unidades acuíferas del área durante un ciclo hidrológico completo.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Tabla 37. Mediciones de niveles estáticos en pozos -Abril 23 hasta Septiembre 23

Pozo	Elevación terreno (ms.n.m.)	Elevación boca de pozo	Septiembre 2023		Agosto 2023		Julio 2023		Junio 2023		Mayo 2023		Abril 2023	
			Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)
W1	3816,818**	0,660	23/9/2023	47,640	16/8/2023	47,000	18/7/2023	46,866	25/6/2023	46,800	18/5/2023	46,790	20/4/2023	46,775
W2	3824,368**	0,780	24/9/2023	54,385	18/8/2023	54,345	20/7/2023	54,340	28/6/2023	54,639 ^f	20/5/2023	54,697 ^f	22/4/2023	54,690 ^f
PzW2	3824,184**	0,427	24/9/2023	53,975	18/8/2023	54,000	20/7/2023	53,875	28/6/2023	53,905	20/5/2023	53,885	20/4/2023	53,890
W3	3837,724**	0,990	23/9/2023	57,560	18/8/2023	68,000	19/7/2023	65,575	26/6/2023	67,585	20/5/2023	67,580	20/4/2023	67,556
W4	3851,683**	0,610	22/9/2023	80,747	18/8/2023	81,000	19/7/2023	80,763	27/6/2023	80,740	20/5/2023	80,750	20/4/2023	80,727
W5	3824,268**	0,983	22/9/2023	54,430	18/8/2023	54,000	20/7/2023	54,455	28/6/2023	54,475	20/5/2023	54,440	22/4/2023	54,470
PzW5	3824,111**	0,550	22/9/2023	53,755	18/8/2023	54,000	20/7/2023	53,777	28/6/2023	53,786	20/5/2023	53,745	22/4/2023	53,770
WS-3	3884,046**	0,633	22/9/2023	53,870	18/8/2023	54,000	19/7/2023	53,896	27/6/2023	53,896	19/5/2023	53,900	21/4/2023	53,860
WS-4	3995,093**	0,900	22/9/2023	149,710	18/8/2023	150,000	19/7/2023	149,736	27/6/2023	149,748	19/5/2023	149,769	21/4/2023	149,720
WS-5	4058,981**	0,475	23/9/2023	95,504	18/8/2023	95,000	19/7/2023	95,495	27/6/2023	95,488	19/5/2023	95,475	21/4/2023	95,435
WS-6	3907,023**	0,430	22/9/2023	121,020	18/8/2023	121,000	19/7/2023	121,026	27/6/2023	121,005	19/5/2023	121,000	20/4/2023	121,020
WS-7	3922,870**	0,377	22/9/2023	82,320	18/8/2023	82,000	19/7/2023	82,357	27/6/2023	82,365	19/5/2023	82,365	20/4/2023	82,330
WS-8	3845,954**	0,510	21/9/2023	ND	16/8/2023	73,000	19/7/2023	72,644	27/6/2023	72,639	20/5/2023	72,645	20/4/2023	72,639
WS-9	3942,731**	0,430	22/9/2023	99,335	18/8/2023	99,000	19/7/2023	99,235	27/6/2023	99,157	19/5/2023	99,145	21/4/2023	98,955
WW-1	3800,000**	0,500							27/6/2023	29,240	18/5/2023	29,248	20/4/2023	29,250
Pz 9	3724,000***	0,500	21/9/2023	1,470	16/8/2023	1,468	18/7/2023	1,460	27/6/2023	1,447	18/5/2023	1,430	19/4/2023	1,380
WR3000	3722,362***	0,150	21/9/2023	0,390	16/8/2023	0,400	18/7/2023	0,386	24/6/2023	0,370	18/5/2023	0,350	19/4/2023	0,346
P4	3723,000***	0,344	21/9/2023	0,665	16/8/2023	0,670	18/7/2023	0,668	24/6/2023	0,650	18/5/2023	0,620	19/4/2023	0,610
Pz1	3722,991***	0,320	21/9/2023	0,875	16/8/2023	0,870	18/7/2023	0,865	24/6/2023	0,854	18/5/2023	0,845	19/4/2023	0,830
B2	3722,012***	0,290	21/9/2023	0,550	16/8/2023	0,545	18/7/2023	0,535	24/6/2023	0,530	18/5/2023	0,500	19/4/2023	0,485
P1	3722,875***	0,395	21/9/2023	0,588	16/8/2023	0,585	18/7/2023	0,585	24/6/2023	0,560	18/5/2023	0,540	19/4/2023	0,540
NW12	3728,000***	0,115	23/9/2023	1,060	17/8/2023	0,800	19/7/2023	1,090	25/6/2023	1,080	20/5/2023	1,040	21/4/2023	0,975
H4	3726,342***	0,190	21/9/2023	0,750	16/8/2023	0,720	18/7/2023	0,760	25/6/2023	0,775	18/5/2023	0,770	21/4/2023	0,740
Pla1	3726,577***	0,614	24/9/2023	0,765	19/8/2023	0,820	20/7/2023	0,830	26/6/2023	0,830	20/5/2023	0,835	19/4/2023	0,885
Pla2	3725,256***	0,170	24/9/2023	0,590	19/8/2023	0,590	20/7/2023	0,590	26/6/2023	0,590	20/5/2023	0,588	19/4/2023	0,582
SMW-H2	3936,235**	0,483	22/9/2023	55,860	18/8/2023	56,035			27/6/2023	56,060	19/5/2023	56,143	21/4/2023	56,165
SMW-H1	3968,820**	1,167					19/7/2023	17,186	27/6/2023	17,167	19/5/2023	17,109	21/4/2023	17,150
L0024D	3871,814***	0,780	22/9/2023	35,020	17/8/2023	35,000	19/7/2023	35,455	26/6/2023	34,170 ^h	19/5/2023	34,230 ^h	20/4/2023	34,760 ^h
L0023D	3846,749***	0,600	22/9/2023	54,837	17/8/2023	55,000	19/7/2023	54,945	26/6/2023	54,945	19/5/2023	54,955 ^a	20/4/2023	54,915 ^a
L00015R	3840,197***	0,620	22/9/2023	57,855	17/8/2023	57,905	19/7/2023	57,930	26/6/2023	57,940	19/5/2023	57,947	20/4/2023	58,075
L37RM	3898,858***	0,520	22/9/2023	146,010	18/8/2023	146,000	19/7/2023	146,045	26/6/2023	146,480	19/5/2023	146,020	20/4/2023	145,830
Pompón Pozo Artesanal	4138,721***												21/4/2023	0,930
L0029D	3813,363***	0,900					18/7/2023	51,210	26/6/2023	51,000	20/5/2023	50,620 ^b		
L0030D	3819,963***	0,740	22/9/2023	34,190	17/8/2023	34,000	19/7/2023	34,205	26/6/2023	34,700	19/5/2023	34,240 ^c	21/4/2023	33,800 ^c
L10D	3766,276***	1,010	23/9/2023	38,910	16/8/2023	39,000	18/7/2023	38,978	27/6/2023	38,970	18/5/2023	38,000 ^d	20/4/2023	39,220 ^d

e
 p
 p
 e
 A.C
 L
 H
 J
 R

Tabla 37. Mediciones de niveles estáticos en pozos -Abril 23 hasta Septiembre 23

Pozo	Elevación terreno (ms.n.m.)	Elevación boca de pozo	Septiembre 2023		Agosto 2023		Julio 2023		Junio 2023		Mayo 2023		Abril 2023	
			Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)
L5D	3747,802***	0,895	21/9/2023	7,960	16/8/2023	8,000	18/7/2023	7,956	25/6/2023	7,955	18/5/2023	7,960	20/4/2023	7,950
L35D	3746,305***	0,725	24/9/2023	16,160	19/8/2023	15,870	20/7/2023	15,900	26/6/2023	16,190	20/5/2023	16,170	22/4/2023	15,900
L33D	3725,283***	0,810	24/9/2023	2,220	19/8/2023	2,242	20/7/2023	2,240	26/6/2023	2,240	20/5/2023	2,240 ^e	19/4/2023	2,237 ^e
Aljibe 01 - Campamento	3732,079***	0,100											19/4/2023	1,510
Aljibe 02 - Campamento Chocobar	3728,289***	0,380											19/4/2023	3,060
L0038R	3898,858***	0,420	22/9/2023	145,844	18/8/2023	145,838	19/7/2023	145,960			19/5/2023	145,860 ^g		
L0060R	3869,980***	0,795	22/9/2023	101,070	17/8/2023	101,050	19/7/2023	101,000	26/6/2023	94,235				
L0053D	3848,569***	0,850	22/9/2023	115,728	17/8/2023	115,705								
L0066D	3833,493***	0,610	23/9/2023	98,587	17/8/2023	98,560								
L0087D	3812,317***	0,360	23/9/2023	81,170	17/8/2023	79,930								
L0067D	3919,630***				17/8/2023	71,210								

Fuente: ERM (2023)

* Sistema de coordenadas: Posgar 1994 Argentina faja 3

**Información obtenida de perfiles de pozo

***Información obtenida SRTM Worldwide Elevation Data (3-arc-secod resolution, SRTM Plus V3)

^aAltura boca de pozo 0,625m

^bAltura boca de pozo 0,00m

^cAltura boca de pozo 0,560m

^dAltura boca de pozo 0,00m

^eAltura boca de pozo 0,830m

^fAltura boca de pozo 1,090m

^gAltura boca de pozo 0,520m

^hAltura boca de pozo 0,665m

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 R

Tabla 38. (Continuación) Mediciones de niveles estáticos en pozos -Nov 22 hasta Marzo 23

Pozo	Elevación terreno (m.s.n.m.)	Elevación boca de pozo	Marzo 2023		Febrero 2023		Enero 2023		Diciembre 2022		Noviembre 2022	
			Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)
W1	3816,818**	0,660	25/3/2023	46,770	27/2/2023	46,770	17/1/2023	46,780	13/12/2022	46,800	30/11/2022	46,805
W2	3824,368**	0,780	25/3/2023	54,690 ^f	1/3/2023	54,690 ^f	17/1/2023	54,680 ^f	13/12/2022	54,725 ^f	-	-
PzW2	3824,184**	0,427	25/3/2023	53,793	28/2/2023	53,793	17/1/2023	53,870	13/12/2022	53,970	29/11/2022	53,820
W3	3837,724**	0,990	25/3/2023	67,555	27/2/2023	67,555	17/1/2023	67,520	13/12/2022	67,550	29/11/2022	67,565
W4	3851,683**	0,610	25/3/2023	80,730	27/2/2023	80,730	17/1/2023	80,740	13/12/2022	80,742	29/11/2022	80,704
W5	3824,268**	0,983	25/3/2023	54,418	27/2/2023	54,418	17/1/2023	54,435	13/12/2022	54,430	30/11/2022	54,448
PzW5	3824,111**	0,550	25/3/2023	53,730	27/2/2023	53,730	17/1/2023	53,765	13/12/2022	53,753	30/11/2022	53,768
WS-3	3884,046**	0,633	26/3/2023	53,860	25/2/2023	53,860	18/1/2023	53,850	14/12/2022	53,850	30/11/2022	53,845
WS-4	3995,093**	0,900	26/3/2023	149,705	25/2/2023	149,705	18/1/2023	149,740	14/12/2022	149,750	30/11/2022	130,650
WS-5	4058,981**	0,475	26/3/2023	95,440	26/2/2023	95,440	18/1/2023	95,400	14/12/2022	95,387	30/11/2022	95,356
WS-6	3907,023**	0,430	25/3/2023	121,015	25/2/2023	121,015	19/1/2023	121,020	13/12/2022	120,985	29/11/2022	120,920
WS-7	3922,870**	0,377	26/3/2023	82,325	25/2/2023	82,325	18/1/2023	82,353	14/12/2022	82,332	30/11/2022	82,300
WS-8	3845,954**	0,510	25/3/2023	72,615	26/2/2023	72,615	19/1/2023	72,626	14/12/2022	72,939	30/11/2022	72,587
WS-9	3942,731**	0,430	26/3/2023	98,955	25/2/2023	98,955	18/1/2023	99,150	14/12/2022	99,213	30/11/2022	99,188
WW-1	3800,000**	0,500	26/3/2023	29,225	28/2/2023	29,225	19/1/2023	29,565	15/12/2022	29,265	30/11/2022	29,220
Pz 9	3724,000***	0,500	26/3/2023	1,338	28/2/2023	1,294	19/1/2023	1,360	13/12/2022	1,260	29/11/2022	1,510
WR3000	3722,362***	0,150	27/3/2023	0,313	27/2/2023	0,310	19/1/2023	0,350	13/12/2022	0,342	29/11/2022	0,403
P4	3723,000***	0,344	27/3/2023	0,588	27/2/2023	0,575	19/1/2023	0,600	13/12/2022	0,577	29/11/2022	0,643
Pz1	3722,991***	0,320	27/3/2023	0,819	27/2/2023	0,800	19/1/2023	0,820	14/12/2022	0,773	29/11/2022	0,862
B2	3722,012***	0,290	27/3/2023	0,469	27/2/2023	0,475	19/1/2023	0,920	13/12/2022	0,498	29/11/2022	0,560
P1	3722,875***	0,395	27/3/2023	0,507	27/2/2023	0,500	19/1/2023	0,520	13/12/2022	0,530	29/11/2022	0,576
NW12	3728,000***	0,115	27/3/2023	0,925	28/2/2023	0,900	19/1/2023	0,950	15/12/2022	0,966	30/11/2022	1,008
H4	3726,342***	0,190	27/3/2023	0,690	28/2/2023	0,670	19/1/2023	0,685	14/12/2022	0,565	30/11/2022	0,755
Pla1	3726,577***	0,614	27/3/2023	0,609	28/2/2023	0,840	20/1/2023	0,835	13/12/2022	0,583	29/11/2022	0,869
Pla2	3725,256***	0,170	27/3/2023	0,570	28/2/2023	0,580	20/1/2023	0,570	13/12/2022	0,497	29/11/2022	0,645
SMW-H2	3936,235**	0,483	26/3/2023	56,245	25/2/2023	56,280	18/1/2023	56,375	14/12/2022	56,433	30/11/2022	56,480
SMW-H1	3968,820**	1,167	26/3/2023	17,116	25/2/2023	17,090	18/1/2023	17,090	14/12/2022	17,054	30/11/2022	17,030
L0024D	3871,814***	0,780	26/3/2023	35,495 ^h	25/2/2023	35,95 ^h						
L0023D	3846,749***	0,600	26/3/2023	54,912 ^a	25/2/2023	54,900 ^a						
L00015R	3840,197***	0,620	26/3/2023	55,910	25/2/2023	55,805						
L37RM	3898,858***	0,520	26/3/2023	135,990								
Pompón Pozo Artesanal	4138,721***		26/3/2023	1,015								
L0029D	3813,363***	0,900										
L0030D	3819,963***	0,740	26/3/2023	34,220 ^c								
L10D	3766,276***	1,010	26/3/2023	38,334 ^d								
L5D	3747,802***	0,895	26/3/2023	7,947								

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 J
 F

Tabla 38. (Continuación) Mediciones de niveles estáticos en pozos -Nov 22 hasta Marzo 23

Pozo	Elevación terreno (m.s.n.m.)	Elevación boca de pozo	Marzo 2023		Febrero 2023		Enero 2023		Diciembre 2022		Noviembre 2022	
			Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)	Fecha	Nivel estático (mbbp)
L35D	3746,305***	0,725	26/3/2023	15,895								
L33D	3725,283***	0,810	26/3/2023	1,243 ^e								
Aljibe 01 - Campamento	3732,079***	0,100	27/3/2023	1,260								
Aljibe 02 - Campamento Chocobar	3728,289***	0,380	27/3/2023	3,585								
L0038R	3898,858***	0,420										
L0060R	3869,980***	0,795										
L0053D	3848,569***	0,850										
L0066D	3833,493***	0,610										
L0087D	3812,317***	0,360										
L0067D	3919,630***											

Fuente: ERM (2023)

* Sistema de coordenadas: Posgar 1994 Argentina faja 3

**Información obtenida de perfiles de pozo

***Información obtenida SRTM Worldwide Elevation Data (3-arc-secod resolution, SRTM Plus V3)

^aAltura boca de pozo 0,625m

^bAltura boca de pozo 0,00m

^cAltura boca de pozo 0,560m

^dAltura boca de pozo 0,00m

^eAltura boca de pozo 0,830m

^fAltura boca de pozo 1,090m

^gAltura boca de pozo 0,520m

^hAltura boca de pozo 0,665m

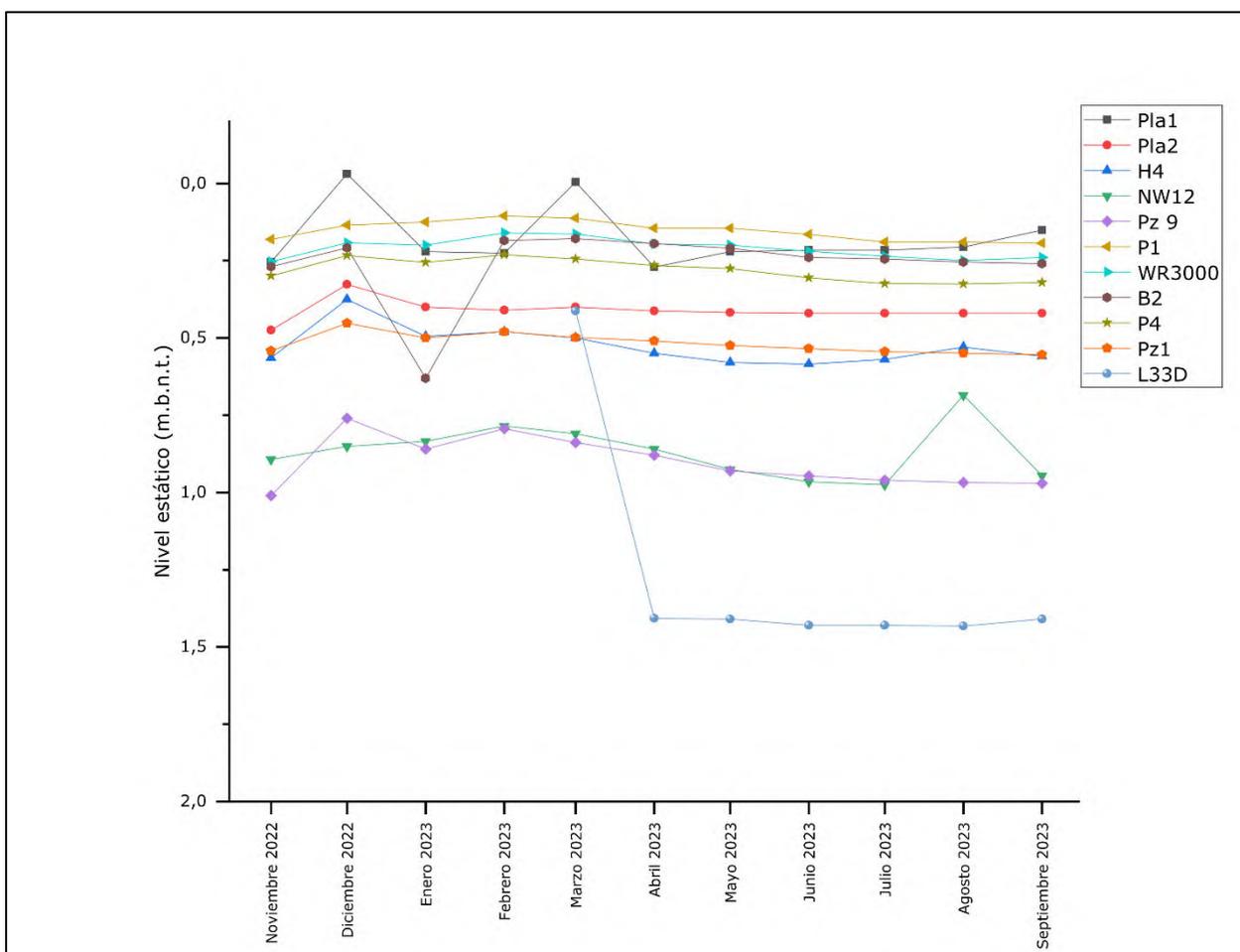
e
 p
 e
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

A continuación, se muestran gráficos separados por zonas y por profundidades de los niveles estáticos medidos y referenciados a mbnt (Metros Bajo el Nivel del Terreno), es decir, carga hidráulica.

2.3.2.1 Pozos del Salar e Interzona

En los pozos del Salar e Interzona (Gráfico 26) puede observarse una tendencia general creciente del nivel estático (niveles con tendencia a *somerizarse*) hasta el mes de febrero donde la tendencia se invierte. Esta zona registra niveles más someros la temporada de lluvias y en un intervalo más deprimido la época seca. Al tratarse de niveles de agua muy cercanos a la superficie puede considerarse instantánea la variación ante cualquier precipitación pluvial.

Gráfico 26. Niveles estáticos - Pozos del Salar e Interzona



Fuente: ERM (2023)

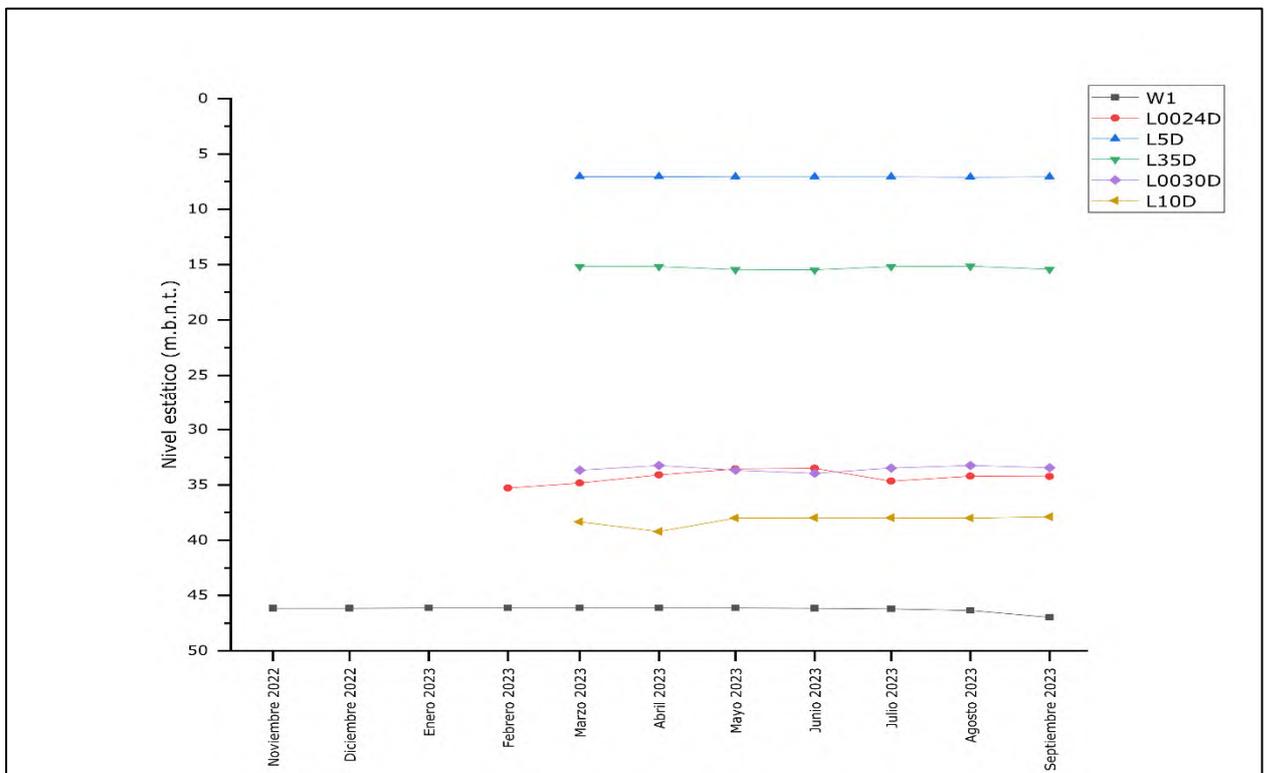
2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 R

2.3.2.2 Pozos Abanico Aluvial, zona Huaytiquina y zona Ignimbritas

Los pozos ubicados en el Abanico Aluvial, zona Huaytiquina y zona Ignimbritas muestran una tendencia levemente creciente en todo el intervalo de tiempo de registrado. Los pozos con niveles más superficiales muestran variaciones con pendientes algo más pronunciadas que los más profundos.

Se destaca que los pozos ubicados en la zona distal del Abanico Aluvial, Zona de Transición (Interzona) y del Salar presentan los niveles más someros registrados, mostrando un marcado aumento hacia la zona proximal del abanico con hasta 150 m de diferencia. En los primeros, como se comentó anteriormente, la infiltración puede considerarse prácticamente instantánea con cualquier precipitación pluvial y además al considerarse dentro de la cuenca pueden considerarse puntos de acumulación. En cambio, en las zonas de Abanico Proximal alejados del centro de cuenca, la infiltración demandará más tiempo debido al grande espesor de sedimentos no saturados, y el acuífero podrá considerarse como agua en transporte hacia zona de cuenca (Salar).

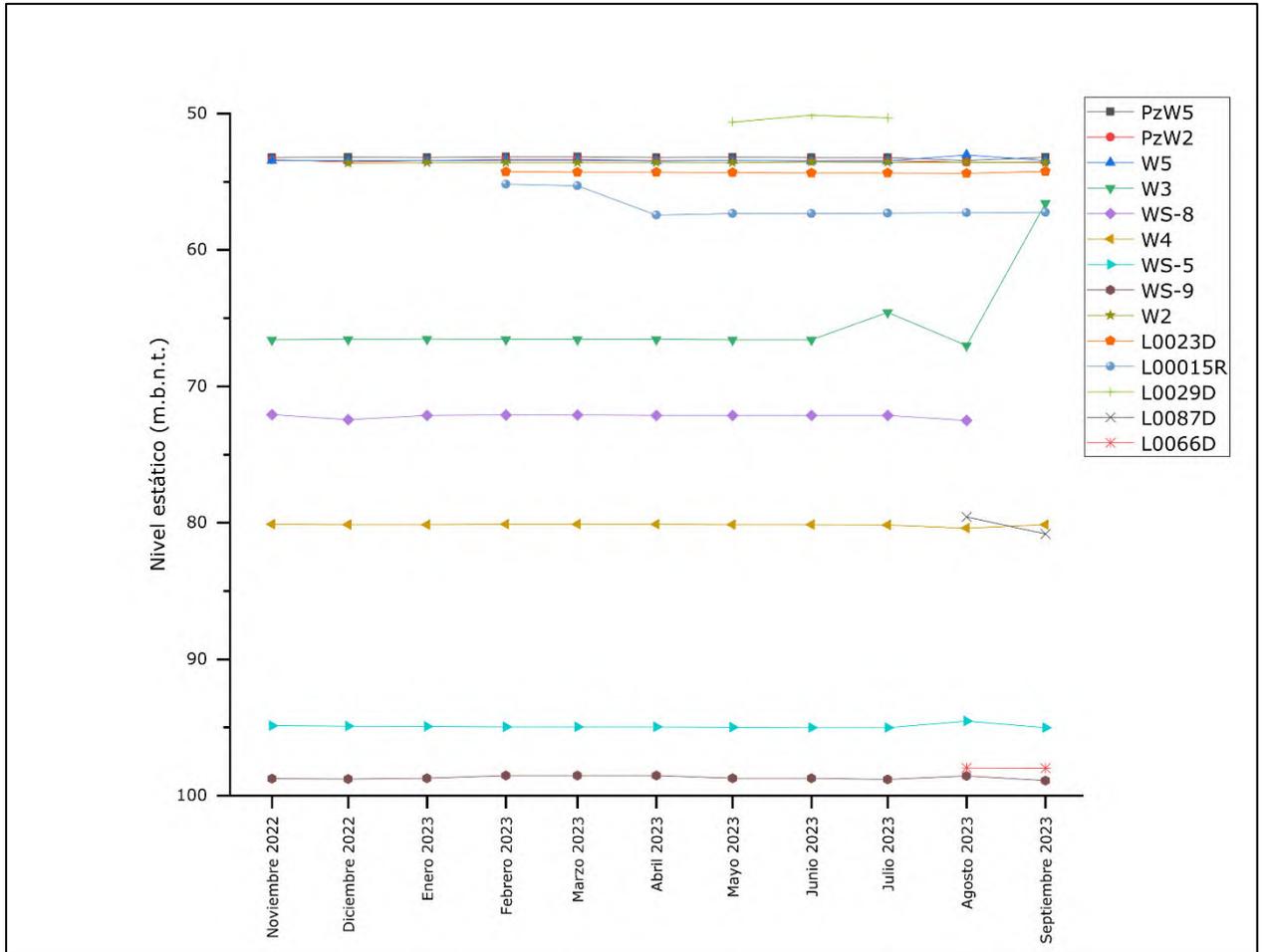
Gráfico 27. Niveles estáticos - Pozos del Abanico Aluvial (0-50m)



Fuente: ERM (2023)

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

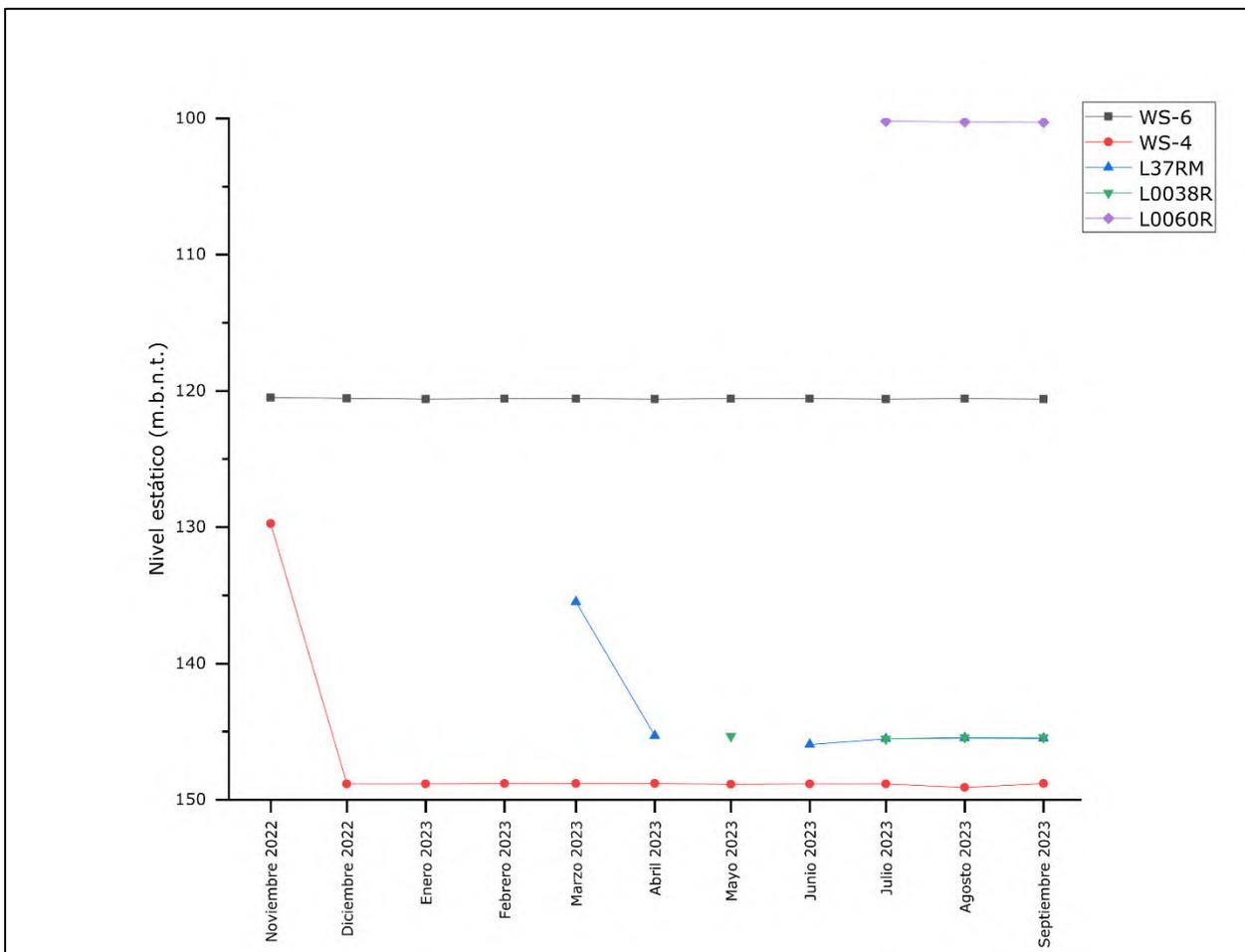
Gráfico 28. Niveles estáticos - Pozos del Abanico Aluvial (50-100m)



Fuente: ERM (2023)

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 A
 R

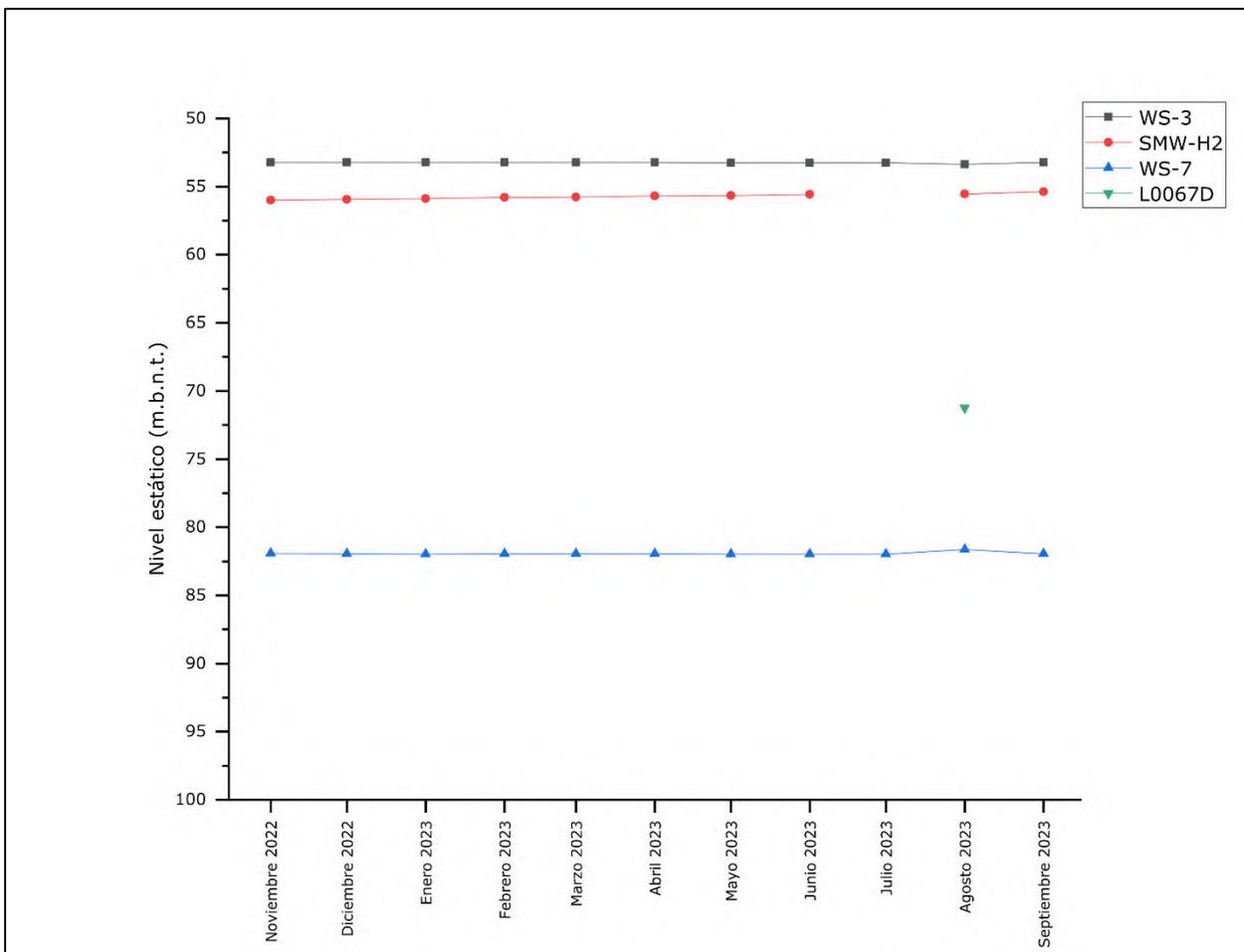
Gráfico 29. Niveles estáticos - Pozos del Abanico Aluvial (100-150m)



Fuente: ERM (2023)

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Gráfico 30. Niveles estáticos – Pozos Huaytiquina e Ignimbritas



Fuente: ERM (2023)

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

2.4 Agua Superficial

En noviembre de 2022 se realizó la primera campaña de monitoreo hidrogeológico y climático en el área.

El alcance de estas tareas consistió en realizar un monitoreo mensual, que consistió en la medición de niveles de agua en pozos ubicados en la zona del Salar, abanico aluvial y zonas de transición (interzona) – puntos anteriores.

Además de los pozos de agua se monitorearon lagunas, piletas y cursos fluviales con mediciones *in situ* de caudales, niveles y parámetros de calidad de agua (pH, conductividad, potencial Redox, oxígeno disuelto, etc.).

Con posterioridad a un muestreo inicial, se realizaron muestreos trimestrales a ciertos pozos y cuerpos de agua superficial. Los muestreos consistieron en la medición *in situ* de parámetros de calidad de agua y toma de muestra para análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Se realizaron análisis separados en distintas *Suites* analíticas que involucraron distintos analitos para diferentes puntos de muestreo y trimestre muestreado.

2.4.1 Niveles y caudales de agua

En la Tabla 39 se presentan las mediciones de niveles de agua superficial medidos con regla en los meses relevados y en la Tabla 40 las mediciones de caudales (aforo). Y en la Figura 17 se muestran las ubicaciones de estos muestreos (Anexo 2.a.19).

e
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F

Tabla 39. Puntos de mediciones de profundidad de Agua Superficial y Resultados

Agua superficial	Coordenadas				Noviembre 2022	Diciembre 2022	Enero 2023	Febrero 2023	Marzo 2023	Abril 2023	Mayo 2023	Junio 2023	Julio 2023	Agosto 2023	Septiembre 2023
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)	Prof. (m)
Rio Huaytiquina 1	23°50'28,58"S	67°08'21,24"O	3383934	7363791	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
Rio Huaytiquina 2	23°46'33,69"S	67°10'07,47"O	3380868	7370995	0,04	0,06	Sin dato	0,08	0,05	0,11	0,02	0,01	0,01	0,02	0,027
Rio Huaytiquina 3	23°44'24,65"S	67°12'08,05"O	3377420	7374937					0,08	0,13	0,13	0,12	Congelado	0,075	0,077
Rio Pompón	23°47'14,77"S	67°05'31,58"O	3388690	7369793	Seco	Sin dato	Sin dato	Seco	Seco	Seco	Seco	0,03	0,02	0,025	0,03
Rio Catua	23°53'08,28"S	67°00'49,70"O	3396749	7358975	Seco	Sin dato	Sin dato	0,05	0,04	0,03	0,04	0,08	0,1	0,046	0,04
Rio Rincón	24°01'24,56"S	67°14'02,39"O	3374455	7343526	0,030	Sin dato	Sin dato	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Faldeo Ciénago	24°02'13,27"S	66°58'31,27"O	3400782	7342234	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco	Seco
Tanque del Salar	24°00'47,50"S	67°02'04,33"O	3394741	7344829	Sin dato	Sin dato	Sin dato	0,41	0,38	0,37	0,38	0,45	0,48	0,5	0,46
Tanque de la Localidad de Catua	23°51'42,93"S	67°00'11,89"O	3397800	7361609	0,100	Sin dato	Sin dato	0,1	0,12	0,11	0,12	0,12	0,08	0,04	0,054
Laguna Rincón	24°02'25,45"S	67°13'11,54"O	3375909	7341665	0,34	0,37	0,34	0,34	0,38	0,36	0,35	0,34	0,42	0,46	0,45

Fuente: ERM (2023)

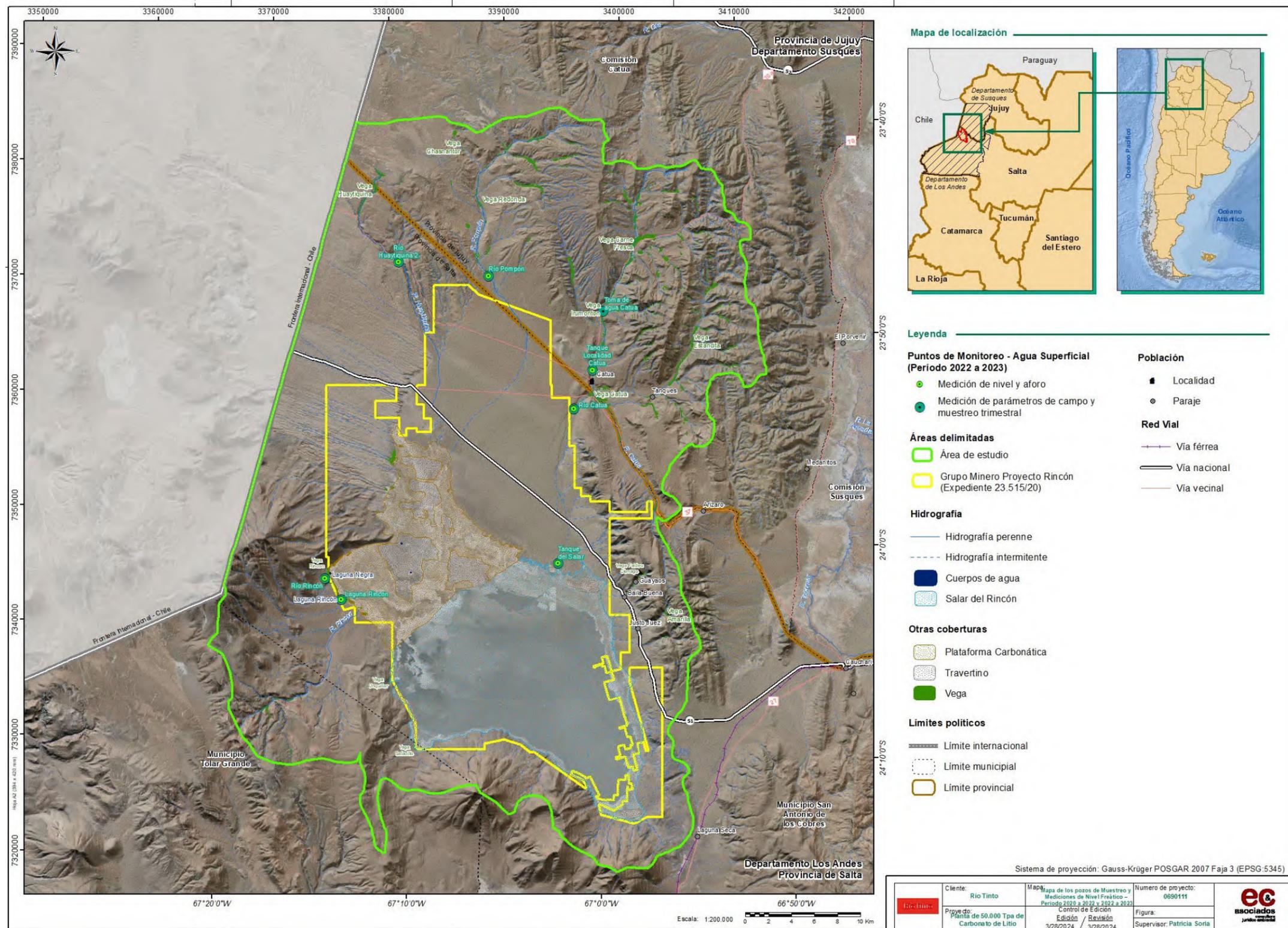
Tabla 40. Medición de Caudales

Agua superficial	Coordenadas				Noviembre 2022	Diciembre 2022	Enero 2023	Febrero 2023	Marzo 2023	Abril 2023	Mayo 2023	Junio 2023	Julio 2023	Agosto 2023	Septiembre 2023
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	Caudal (dm³/s)										
Huaytiquina 1	23°50'28,59"S	67°08'21,25"O	3383934	7363791	Sin dato	0,758	0,895	1,11	2,23	1,78	1,53	1,42	17,63	2	1,6
Huaytiquina 2	23°46'33,70"S	67°10'07,47"O	3380868	7370994	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	13,56	36,21	35,08	29,66	Sin dato	33,77	15,25
Río Pompón	23°44'40,93"S	66°13'17,33"O	3477420	7374936	Sin dato	50,47	Seco	Seco	Seco	Sin dato	Seco	4,21	9,4	10,15	5,1
Río Pompón	23°47'14,79"S	67°05'31,59"O	3388690	7369792	Sin dato	1,64	0	7,69	9,98	7,83	12,89	9,63	41,59	16,65	5,57
Río Catua	23°53'08,30"S	67°00'49,70"O	3396749	7358974	3,086	3,15	1,84	2,1	1,33	2,13	2,9	2,45	2,3	2,55	2,57

Fuente: ERM (2023)

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

Figura 19. Mapa de los puntos de muestreo y Mediciones de Caudal y Profundidad de Agua Superficial - Periodo 2022 a 2023



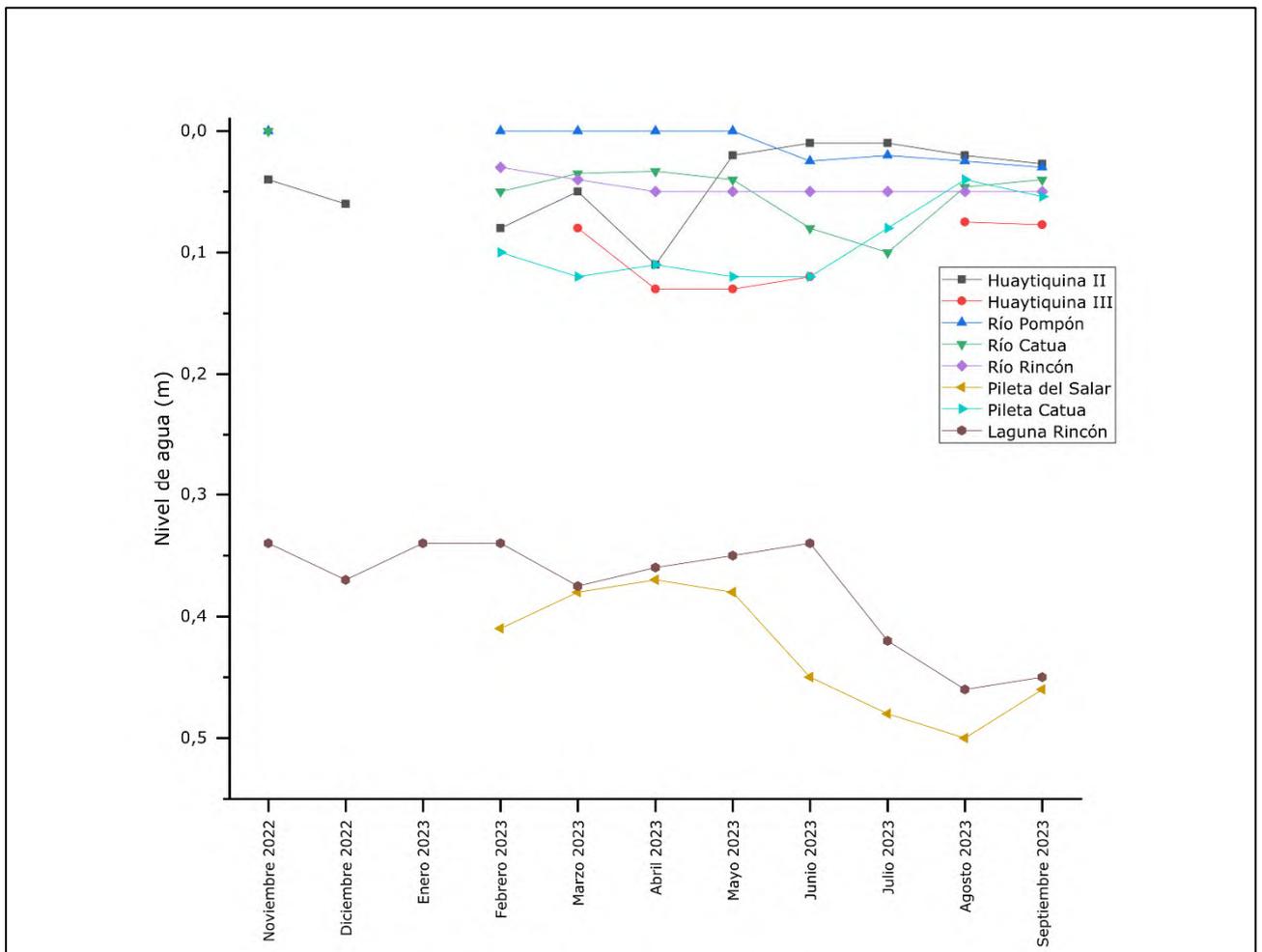
e
 p
 b
 e
 a
 a.c
 l
 h
 r

En el Gráfico 31 se muestra la evolución de los niveles de agua superficial medidos y en el Gráfico 32 los caudales medidos en los cursos de agua.

Los cursos de agua mostraron condiciones hidrológicas diferentes a lo largo del año. Pasando por estados de sequía absoluta, condición de río de un solo canal a multi canal y hasta congelados. Por lo tanto, las mediciones de caudales tuvieron que moverse a otro sitio que respetara las condiciones originales. En el gráfico se observan estas mediciones que no muestran ninguna tendencia definida, lo cual se explica por lo anteriormente expuesto.

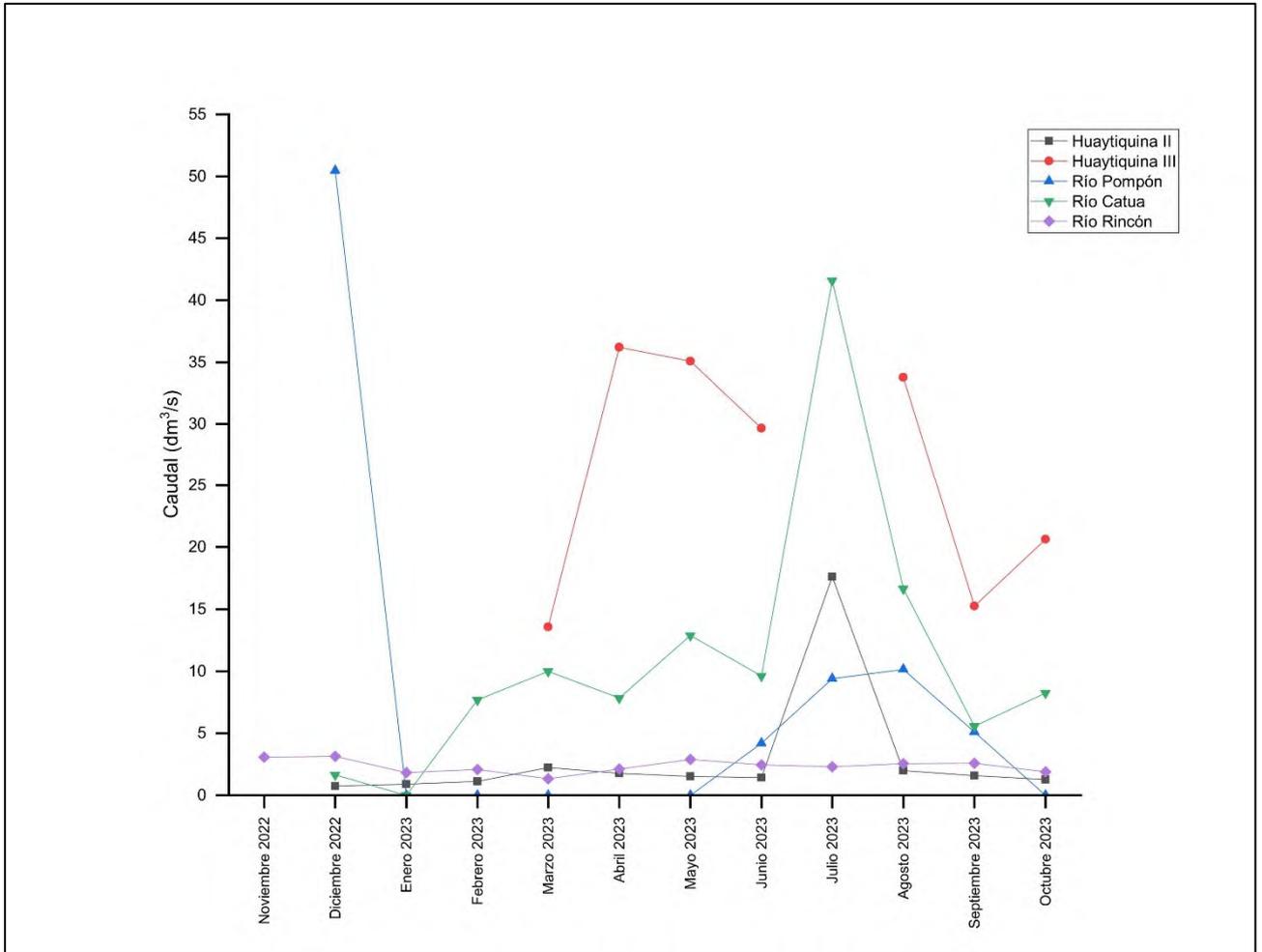
e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 R

Gráfico 31. Niveles de agua superficial



Fuente: ERM (2023)

Gráfico 32. Aforo de cursos de agua



Fuente: ERM (2023)

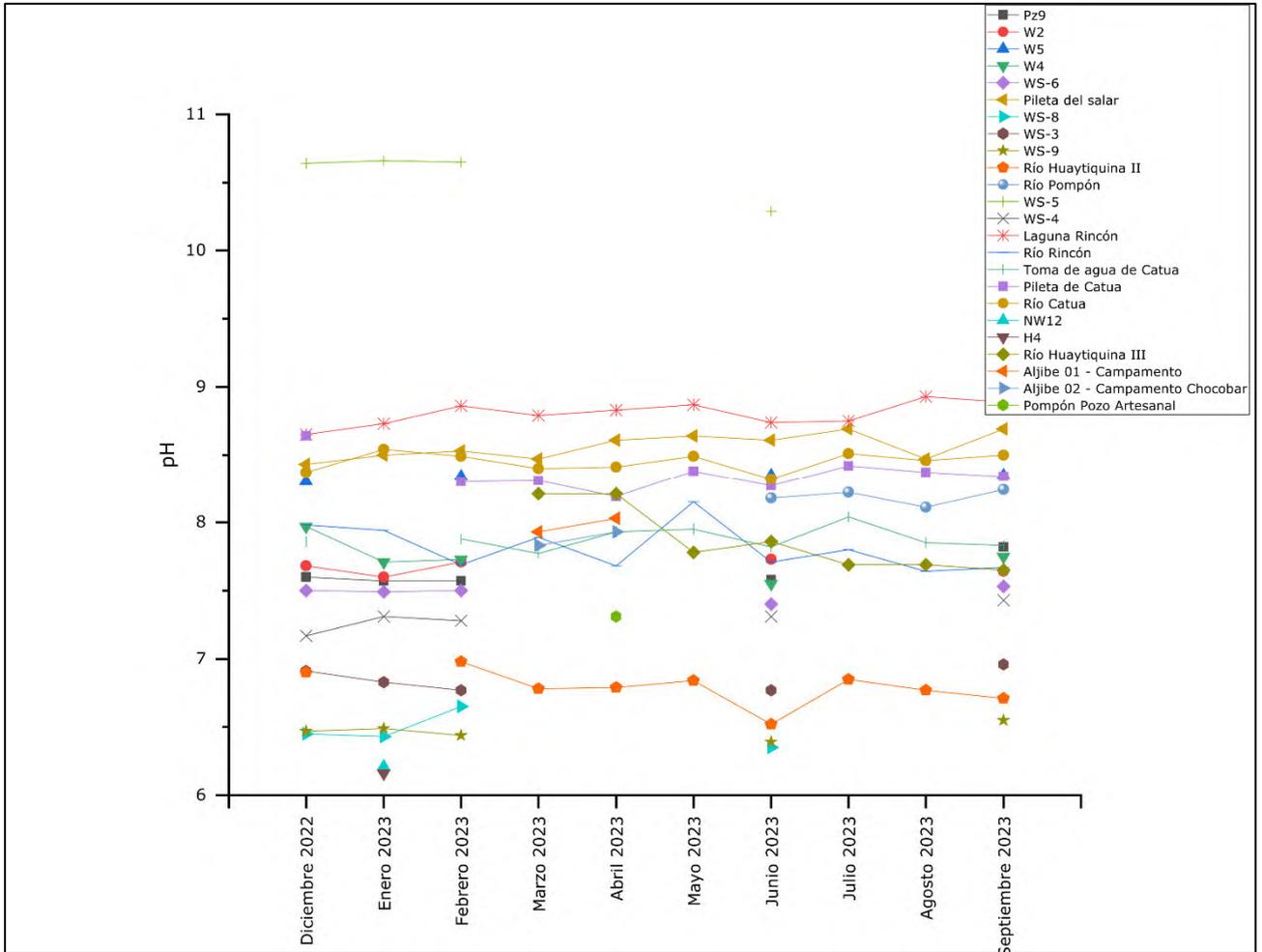
2.4.2 Evolución Química

2.4.2.1 Parámetros de calidad en campo

Se realizaron mediciones de parámetros de calidad *in situ* mensualmente mediante un medidor multiparamétrico Hanna en los cuerpos y cursos de agua superficial y trimestralmente en los pozos de agua subterránea que fueron muestreados. En el Anexo 2.a.20 se incluyen los parámetros medidos en campo y en los gráficos siguientes la evolución mensual del pH, Conductividad y Oxígeno disuelto.

2
 A
 P
 E
 ☆
 A.C
 L
 H
 ☆
 R

Gráfico 33. Valores de pH medidos en campo

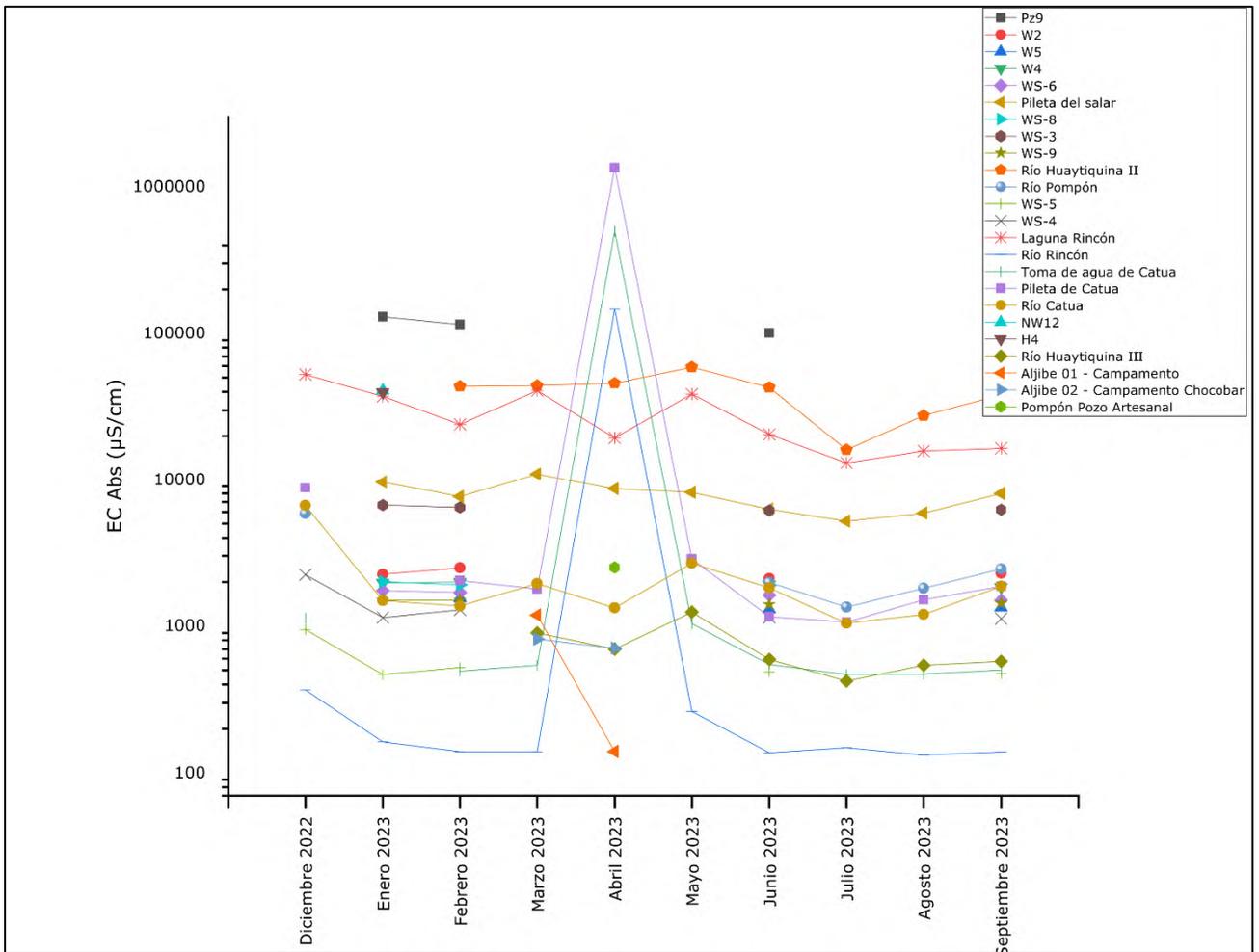


Fuente: ERM (2023)

El pH presentó un rango entre ~6 y ~10,5 entre los puntos medidos (incluyendo ríos, cuerpos de agua superficial y pozos) y la evolución temporal muestra que aproximadamente se mantuvieron constantes a través del tiempo.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 h
 A
 R

Gráfico 34. Valores de conductividad eléctrica medidos en campo

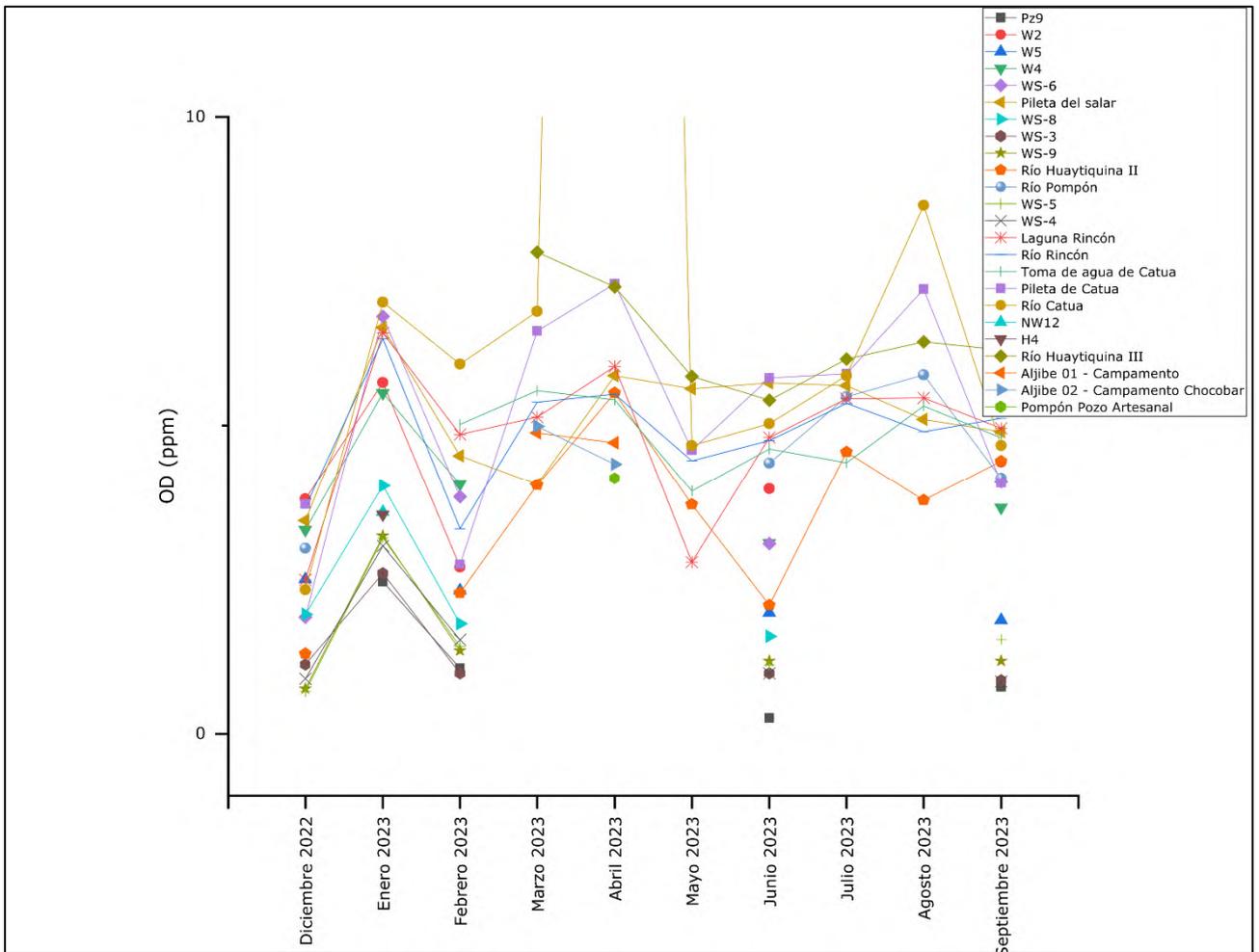


Fuente: ERM (2023)

La conductividad eléctrica también se mostró constante, salvo valores más altos en el mes de marzo y más bajos en julio, al mostrar esta tendencia en aguas superficiales podría tratarse de altos de evaporación y bajos de evaporación por bajas temperaturas respectivamente. En el mes de abril, tres mediciones presentaron valores elevados de conductividad eléctrica: Pileta de Catua, Toma de agua de Catua y Río Rincón.

e
 P
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 X
 R

Gráfico 35. Valores de oxígeno disuelto medidos en campo



Fuente: ERM (2023)

2.4.2.2 Análisis de laboratorio

En el Anexo 2.a.20 se presenta la tabla de resultados de los muestreos trimestrales realizados en diversos pozos y puntos de agua superficial (lagunas, piletas y ríos). Los analitos se separaron en *Suites Analíticas* que contemplaron diferentes análisis para diferentes puntos de muestreo y distinto trimestre de muestreo involucrado.

Las muestras de pozo se tomaron mediante *hydrasleeves*: bolsas que permiten tomar muestra de agua a una profundidad determinada sin la necesidad de purga y perturbando la columna de agua lo menos posible.

El laboratorio involucrado fue Grupo Induser S.R.L. radicado en Buenos Aires y con sede en Salta, donde se analizaron las muestras por análisis bacteriológicos.

2
 A
 B
 E
 A
 A.C
 L
 H
 X
 R

2.4.2.3 Diagramas de Piper

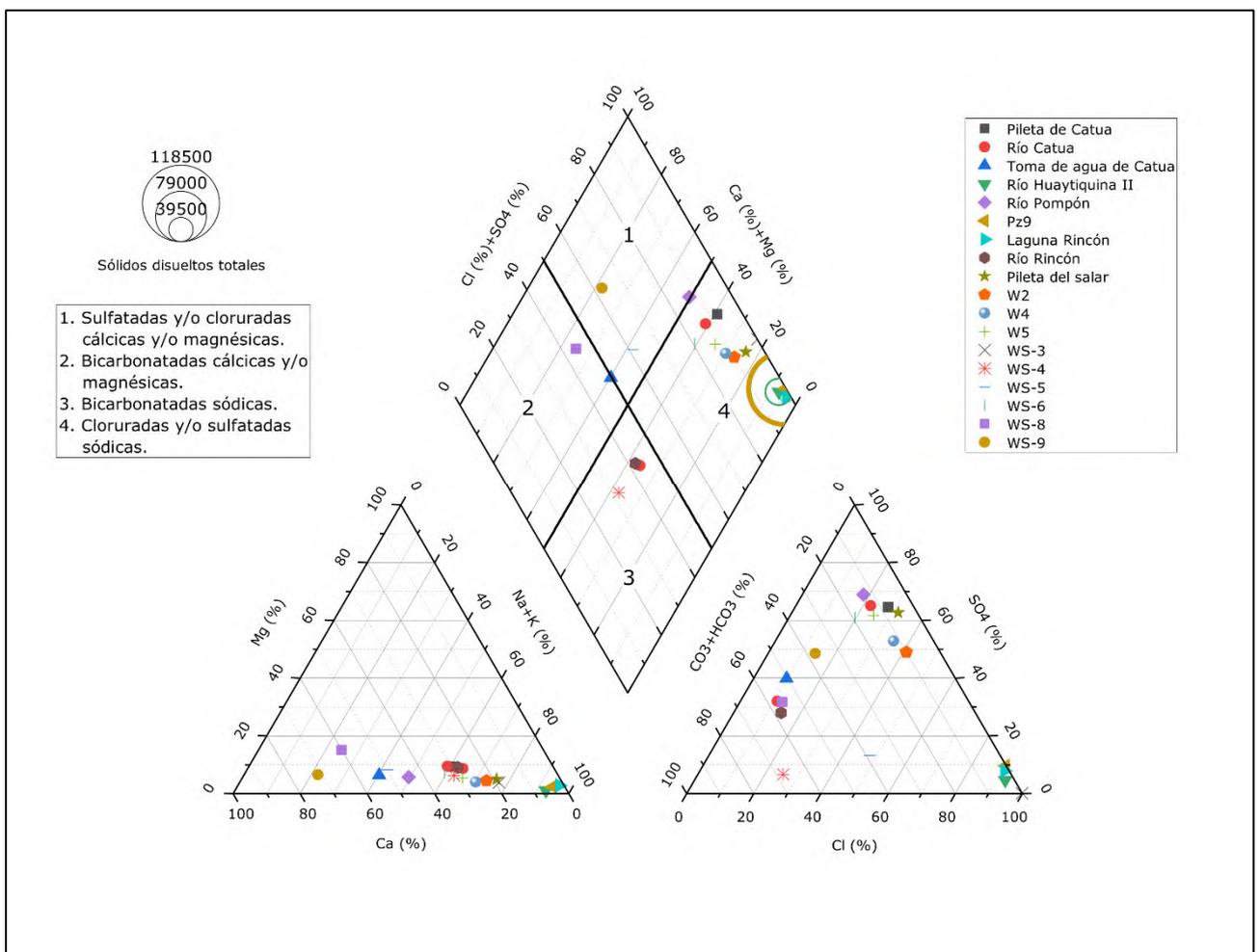
Se realizaron diagramas de clasificación de aguas de Piper para cada uno de los muestreos y análisis trimestrales.

La mayor cantidad de muestras se concentran en el campo de "Aguas Cloruradas y/o sulfatadas sódicas".

El agua del río Rincón clasifica como "Bicarbonatada Sódica". Algunos pozos como el WS-9 clasificaron como "Sulfatadas y/o Cloruradas Cálcidas y/o Magnésicas" y el campo de "Bicarbonatadas Cálcidas y/o Magnésicas" clasificó distintas muestras en distintos trimestres.

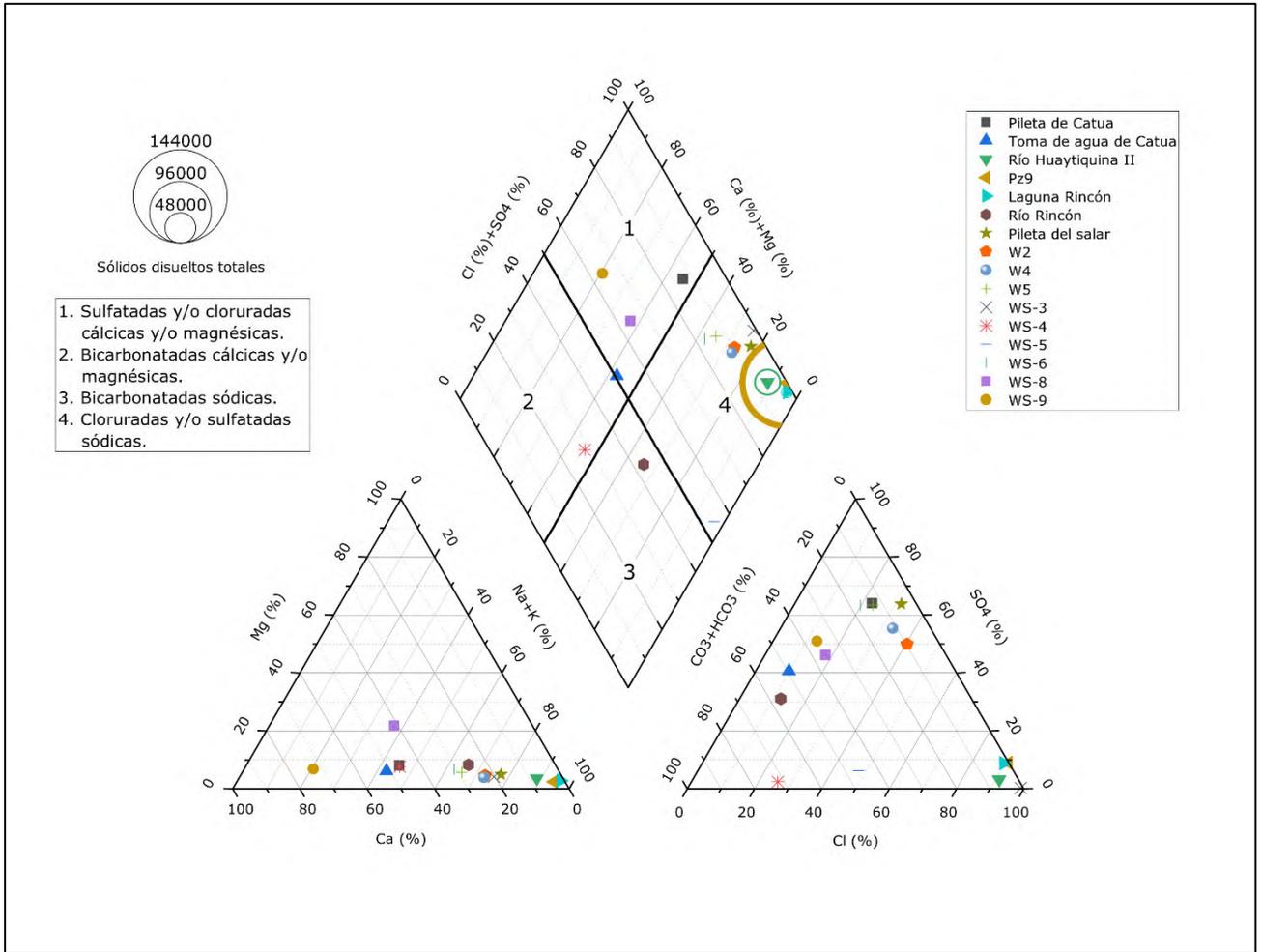
e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 J
 F

Gráfico 36. Diagrama de Piper - Muestreo diciembre 2022



Fuente: ERM (2023)

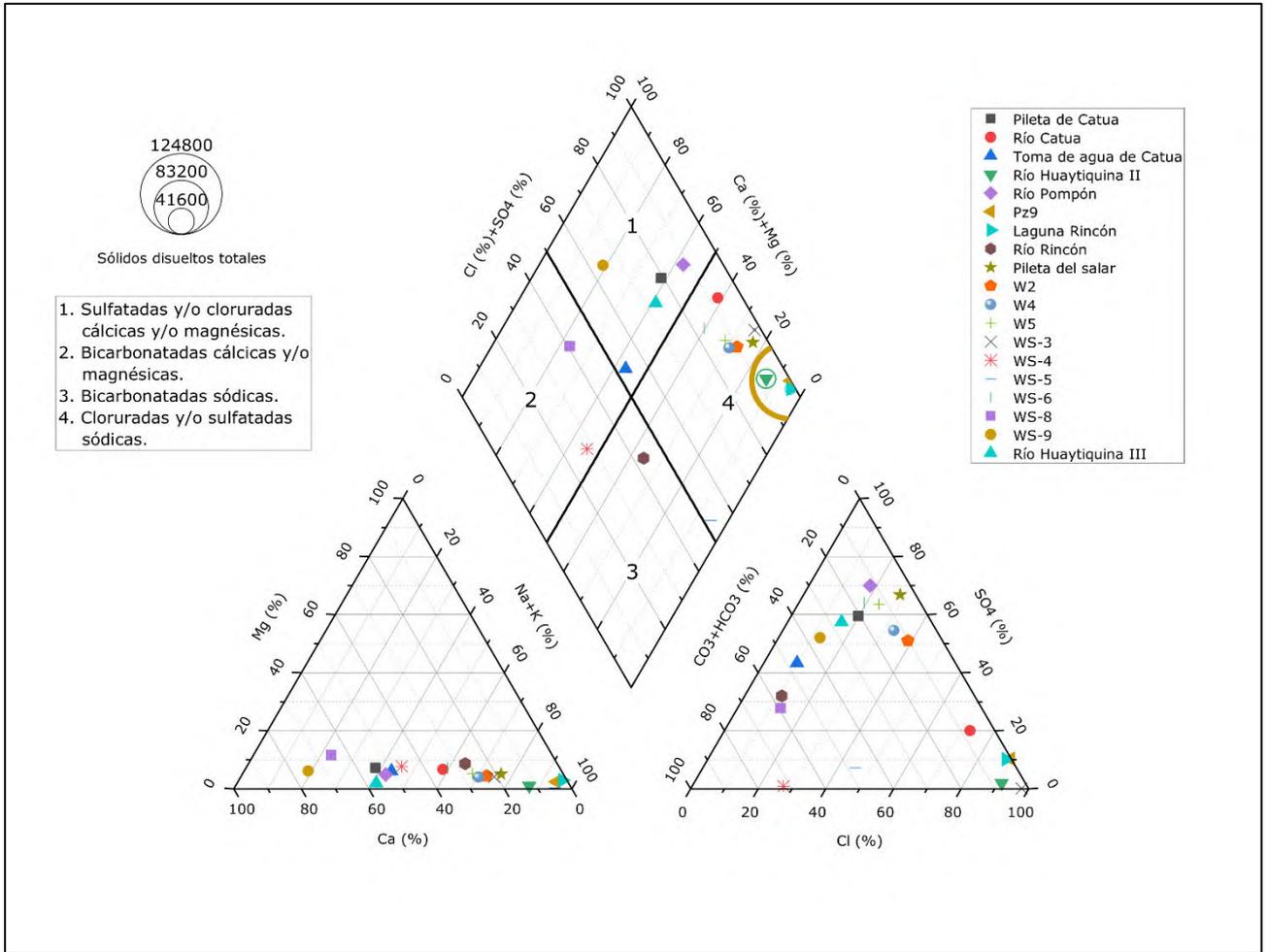
Gráfico 37. Diagrama de Piper - Muestreo febrero 2023



Fuente: ERM (2023)

E
 P
 E
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

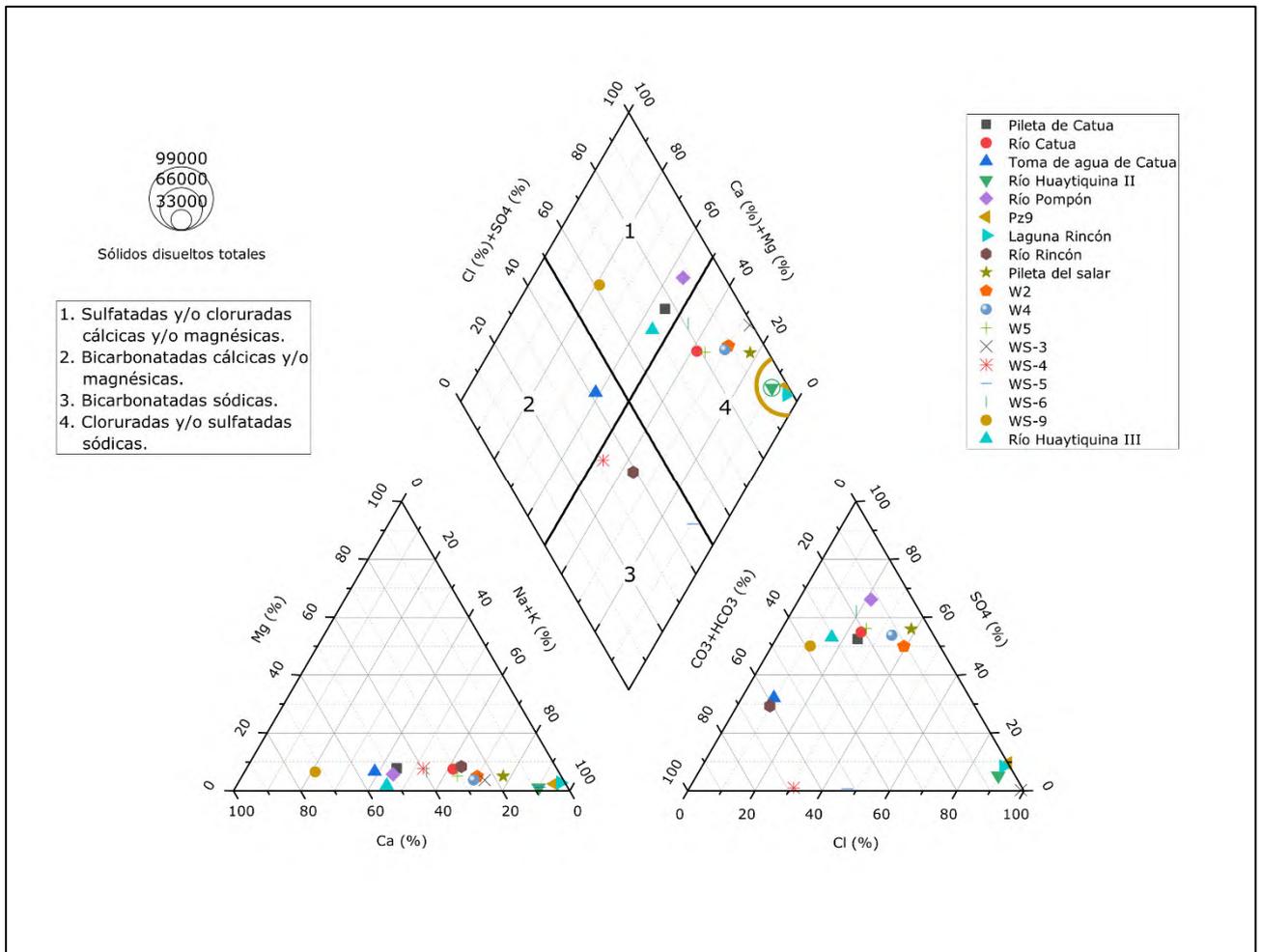
Gráfico 38. Diagrama de Piper - Muestreo Junio 2023



Fuente: ERM (2023)

e
A
P
E
★
A.C
L
M
★
R

Gráfico 39. Diagrama de Piper - Muestreo septiembre 2023



Fuente: ERM (2023)

2.4.2.4 Evolución Analitos de interés

La ocurrencia natural de metales (metaloides estrictamente) en aguas superficiales y subterráneas suele estar estrechamente relacionada con la geología y composición del suelo de la región, la cual está marcadamente sustentada por rocas volcánicas en un ambiente volcánicamente activo, favoreciendo la interacción roca-agua, generando concentraciones de metales atípicas en el agua.

Se analizó la evolución en los trimestres analizados del Arsénico, Boro, Litio y Calcio. La evolución de concentraciones de Arsénico y Boro a los que se les impusieron los límites del Código Alimentario Argentino (CAA) para "Agua Potable" y "Agua Mineral". Casi la totalidad de las muestras para ambos analitos se ubican entre los dos límites mencionados. Los valores más altos de Arsénico se muestrearon en el río Huaytiquina

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

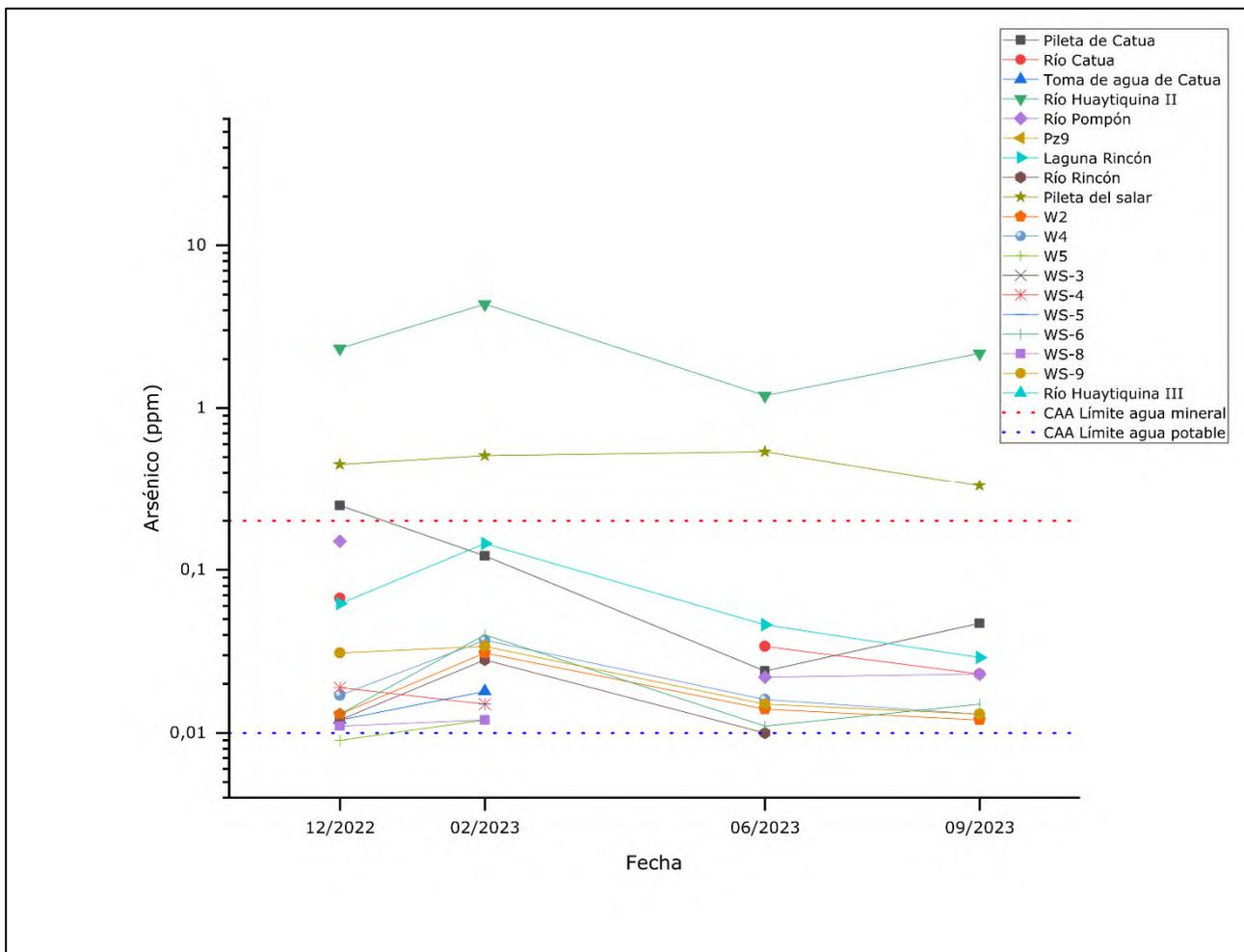
(punto de muestreo II) y de acuerdo con Coira, B. y Barber, E. (1989) una secuencia ordovícica, disectada por el río evidencia depósitos de flujos piroclásticos de vulcanismo explosivo ácido es lo que predomina en el sector, probable origen del Arsénico.

En los cuatros analitos estudiados se evidencian variaciones estacionales poco significativas, manteniéndose las tendencias de altas concentraciones. Todos los analitos, así como el Arsénico y el Boro, se consideran de origen natural.

La tendencia de poca variación es sostenida también cuando se evalúan los diagramas de Piper en distintas épocas del año. Mismo con las lluvias de febrero (Grafico 37), no se observan cambios significativos en relación con el mes de seca más intensa, es decir, junio (Grafico 38). Suele comprender que esta variación poco expresiva es resultado de la alta evaporación y de eventos de lluvias muy concentrados, los cuales llegan a generar cambios inmediatos y puntuales en la calidad de las aguas, pero con efecto limitado por una rápida estabilización del ambiente.

2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

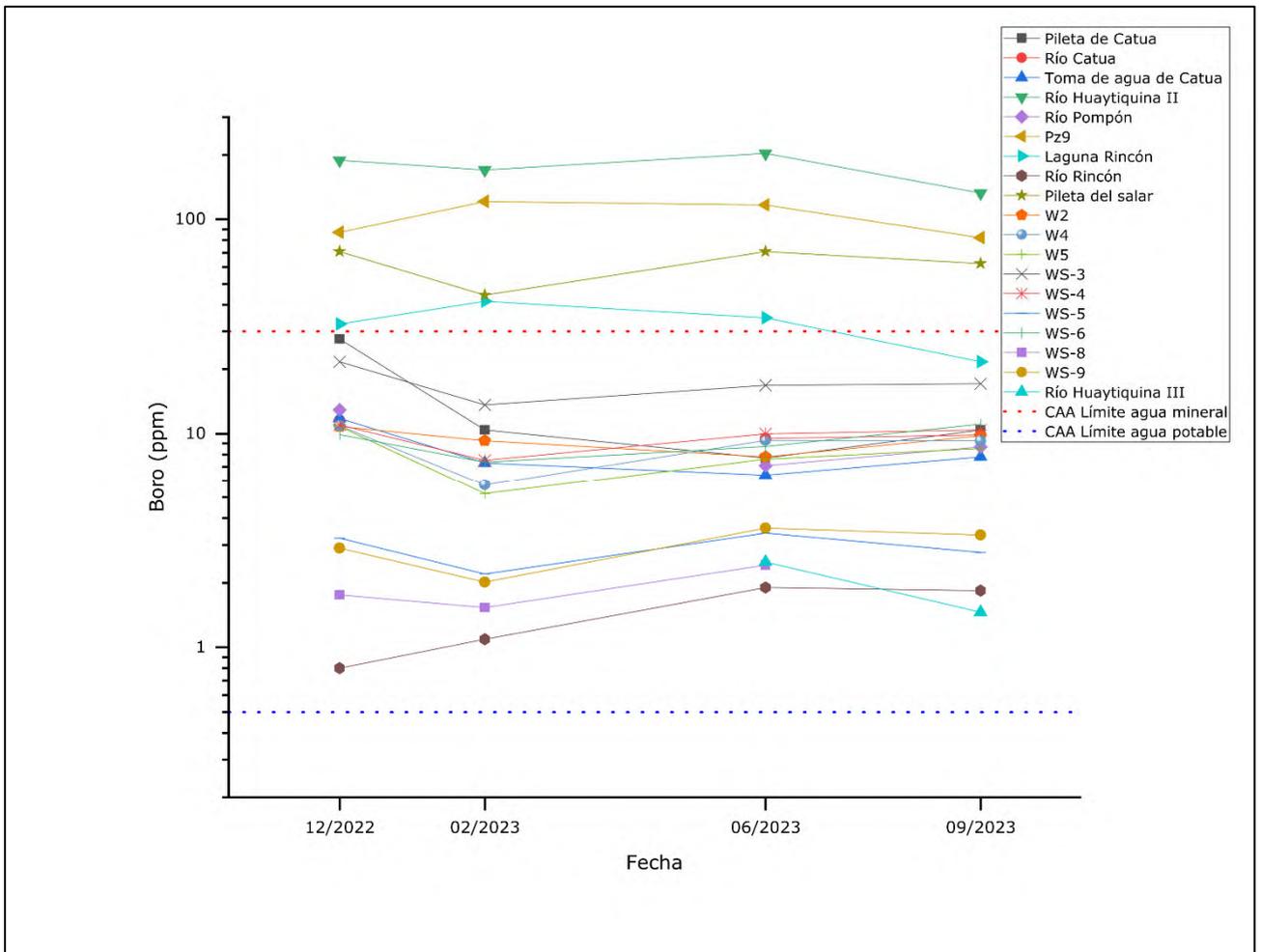
Gráfico 40. Evolución Arsénico



Fuente: ERM (2023)

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

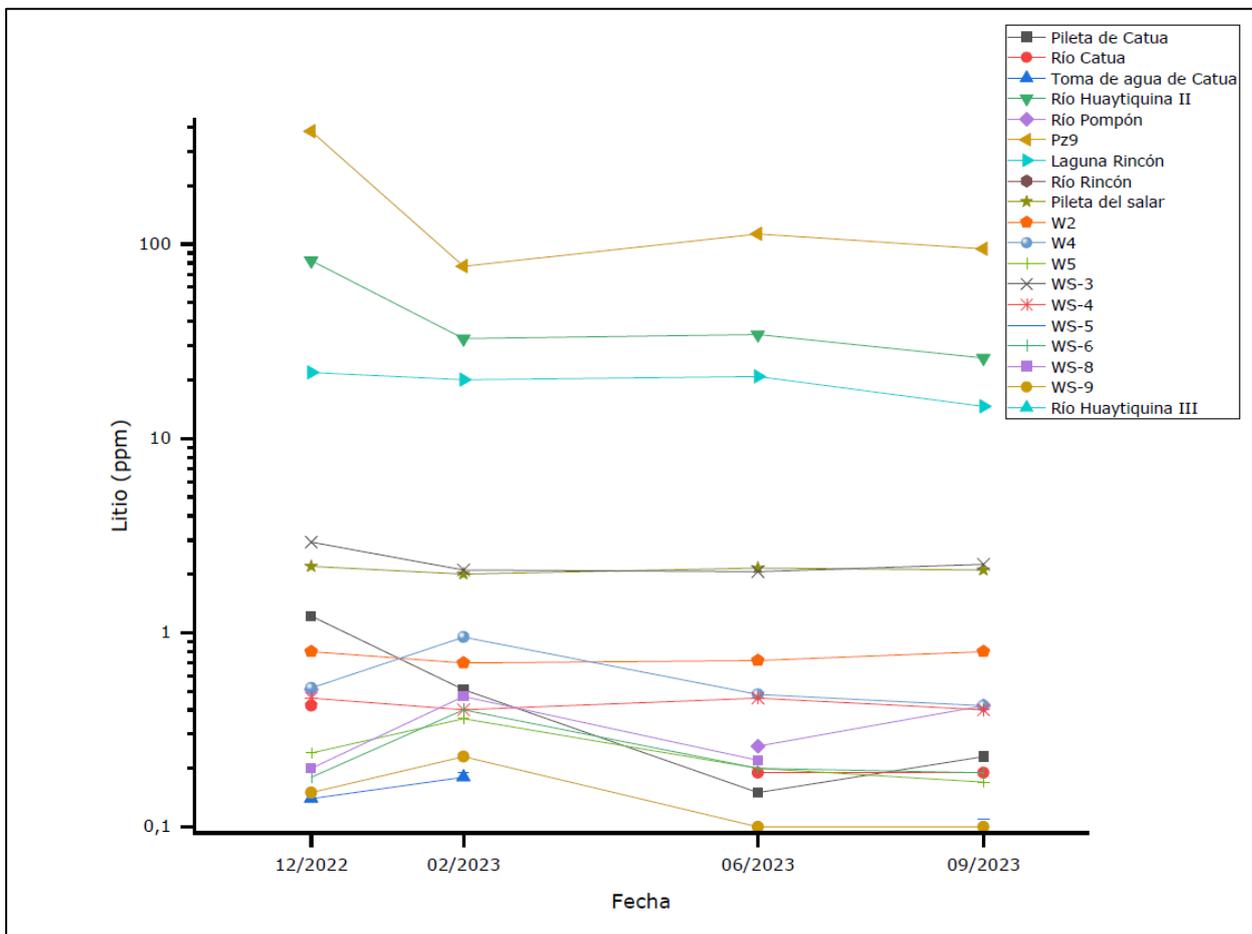
Gráfico 41. Evolución Boro



Fuente: ERM (2023)

CAP E A.C L M R

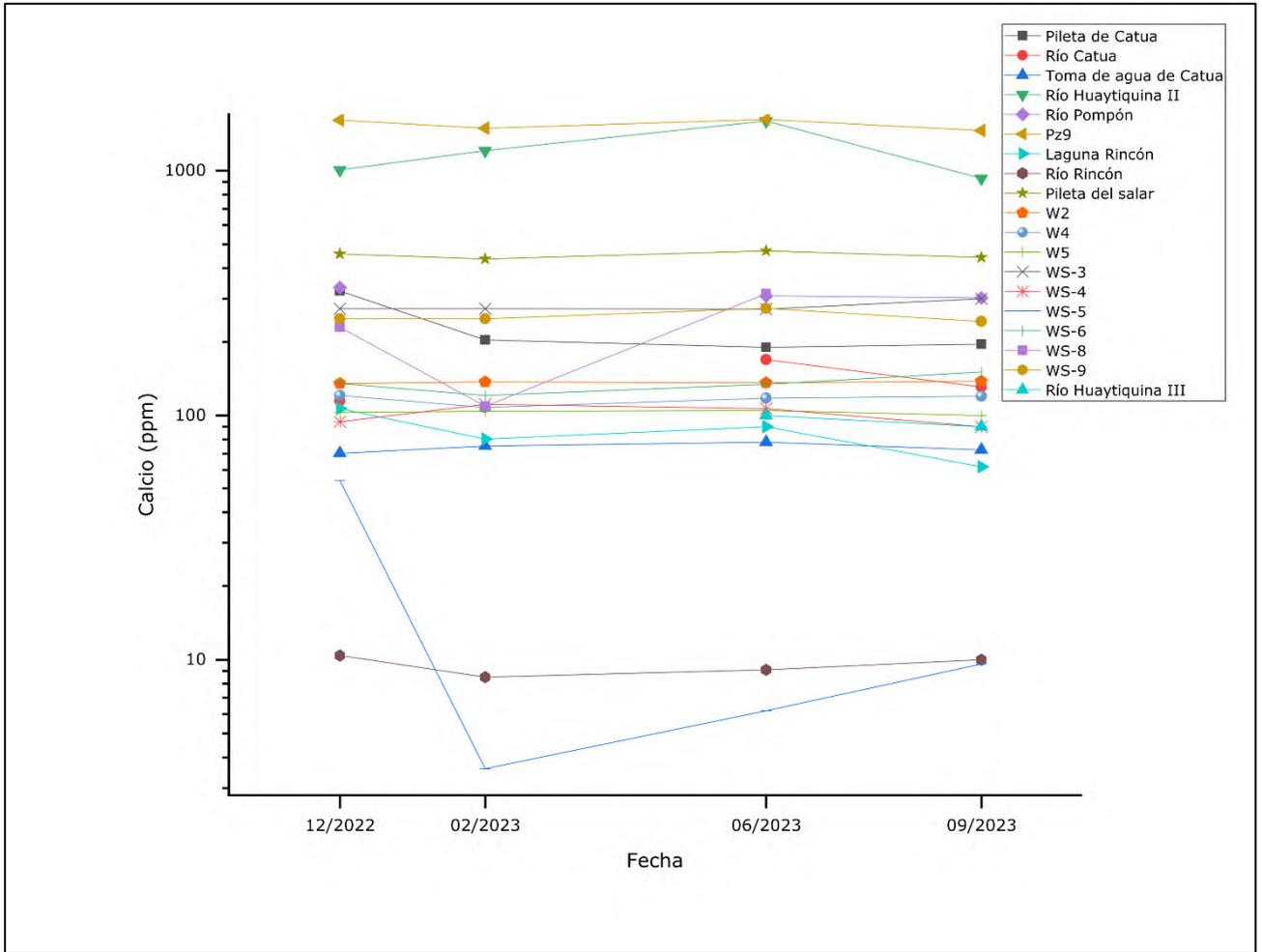
Gráfico 42. Evolución Litio



Fuente: ERM (2023)

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 J
 R

Gráfico 43. Evolución Calcio



Fuente: ERM (2023)

2.5 Estudio piezométrico dinámico para fuentes de agua subterránea si correspondiere.

El estudio de niveles piezométricos dinámicos se realizó sobre el pozo W2 que se encuentra ubicado en el cono aluvial (Sistema Acuífero Catua) y que es de donde actualmente se extrae el agua para consumo.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Los niveles dinámicos se midieron en ocasión de los ensayos de bombeo que se realiza en forma semestral (requerimiento de la Secretaría de Recursos Hídricos). Los ensayos de bombeo fueron de tipo escalonado y con una duración de 3 horas.²

En la tabla siguiente, se muestran los valores de nivel dinámico (mbbp) para los distintos caudales de bombeo. Nuevamente se muestran los valores con signo negativo de manera de poder graficar adecuadamente el comportamiento según la profundidad alcanzada.

Según puede verse la relación entre el caudal de bombeo y la profundidad del nivel freático es directamente proporcional.

Para la última medición en diciembre 2021, puede observarse una recuperación del nivel dinámico para el mismo caudal de bombeo respecto a mediciones anteriores.

2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

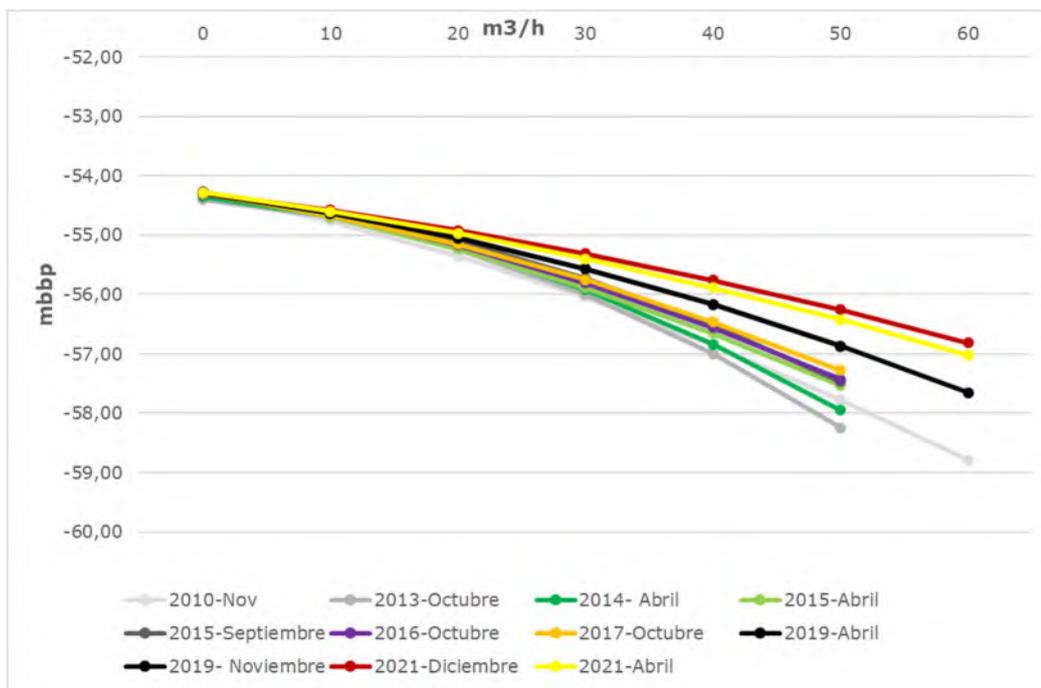
² Nota: Para el caudal cero corresponde el nivel estático previo a la prueba de bombeo

Tabla 41. Niveles dinámicos - Pozo W2

Caudal (m³/h)	2010-Nov	2013- Octubre	2014- Abril	2015- Abril	2015- Septiembre	2016- Octubre	2017- Octubre	2019- Abril	2019- Noviembre	2021- Abril	2021- Diciembre
0	-54,30	-54,40	-54,35	-54,28	-54,31	-54,28	-54,30	-54,31	-54,29	-54,28	-54,29
10	-54,77	-54,70	-54,68	-54,70	-54,62	-54,67	-54,67	-54,67	-54,63	-54,60	-54,58
20	-55,35	-55,23	-55,20	-55,24	-55,09	-55,17	-55,15	-55,13	-55,05	-54,97	-54,92
30	-56,05	-56,00	-55,92	-55,89	-55,73	-55,81	-55,75	-55,71	-55,57	-55,40	-55,31
40	-56,85	-57,00	-56,84	-56,66	-56,52	-56,56	-56,46	-56,39	-56,17	-55,88	-55,76
50	-57,77	-58,24	-57,95	-57,54	-57,47	-57,43	-57,28	-57,18	-56,87	-56,42	-56,26
60	-58,79	-	-	-	-	-	-	-	-57,65	-57,02	-56,81

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Gráfico 44: Niveles dinámicos en ensayo de bombeo escalonado



e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

3 Edafología

3.1 Descripción y croquis con las unidades de suelo en el área de estudios del proyecto.

La interacción de los factores formadores condiciona los procesos pedológicos, los cuales determinan una "tipología", que es una expresión de las características morfológicas y de la acción de los mecanismos físicos y químicos en el suelo. En un estudio a nivel regional se analizan las rocas madres, el relieve, clima y tiempo como los principales factores que han dado lugar a la formación del suelo, además de la biota. En la región de la Puna predominan los litosoles. Se distribuyen en forma longitudinal, de Norte a Sur y corresponden a las estructuras geológicas que sobresalen en esta región. Se tratan de suelos incipientes o sin formación de horizontes, con abundante presencia de clastos de diversos tamaños y formas. El relieve va desde colinado a fuertemente colinado, con erosión severa a muy severa, tanto eólica como hídrica y rápida infiltración (ADY Resources, 2007).

3.1.1 Metodología

3.1.1.1 Caracterización espacial a partir de sensores remotos

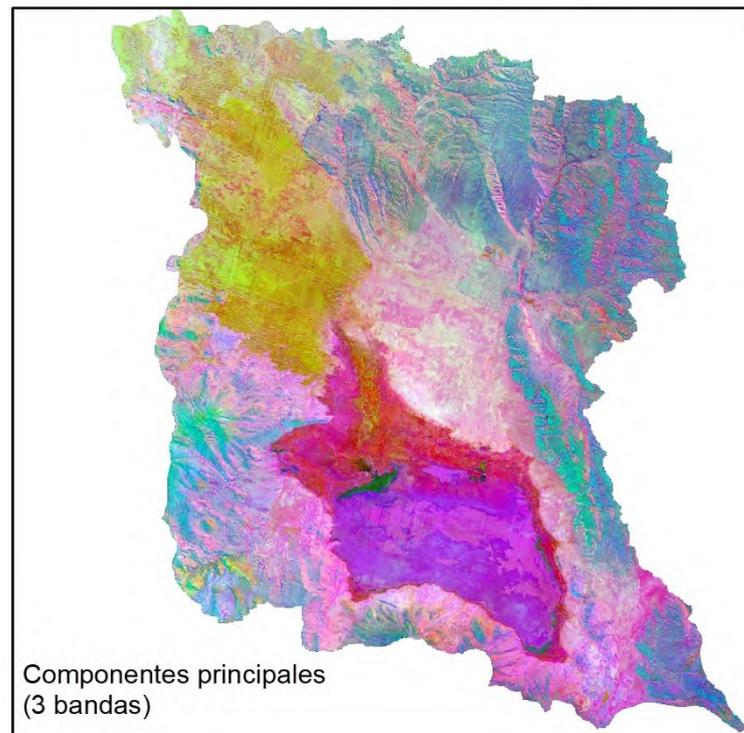
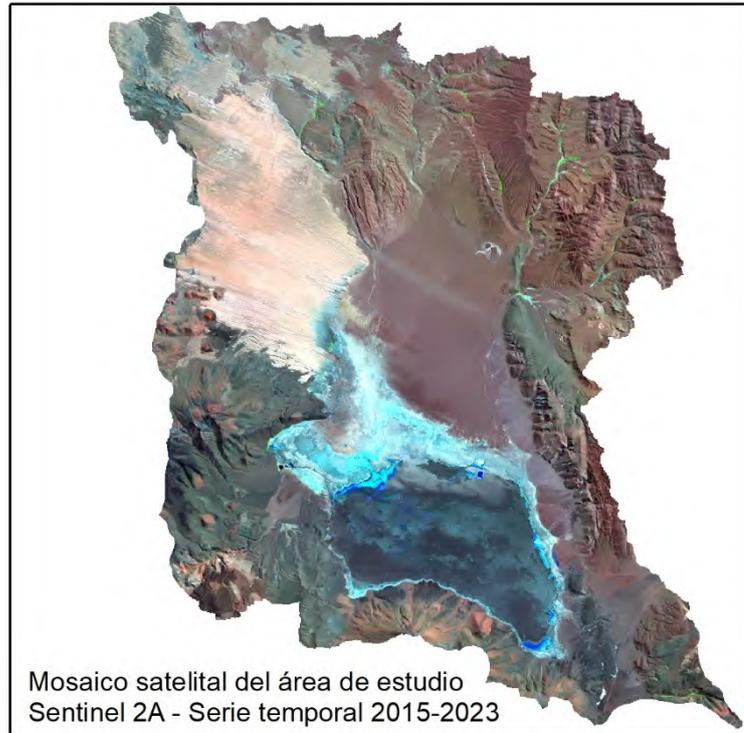
Se seleccionaron imágenes Sentinel 2A – de 8 años de observación (2015-2023), con una resolución espacial de 10 m y una resolución temporal de 10 días (Figura 20. Componentes principales del área de estudio a partir de índices espectrales a partir de un mosaico satelital), con una cobertura nubosa inferior al 20% del área en estudio, para componer un mosaico satelital del área de estudio.

Se realizó el tratamiento digital (técnicas para mejorar la calidad visual) sobre el mosaico satelital con el fin de identificar unidades geomorfológicas y de paisaje.

Se aplicó Componentes Principales (CP), la cual es una técnica utilizada para determinar el número de factores (3) que mejor expliquen y representen la variabilidad de los datos digitales.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

Figura 20. Componentes principales del área de estudio a partir de índices espectrales a partir de un mosaico satelital



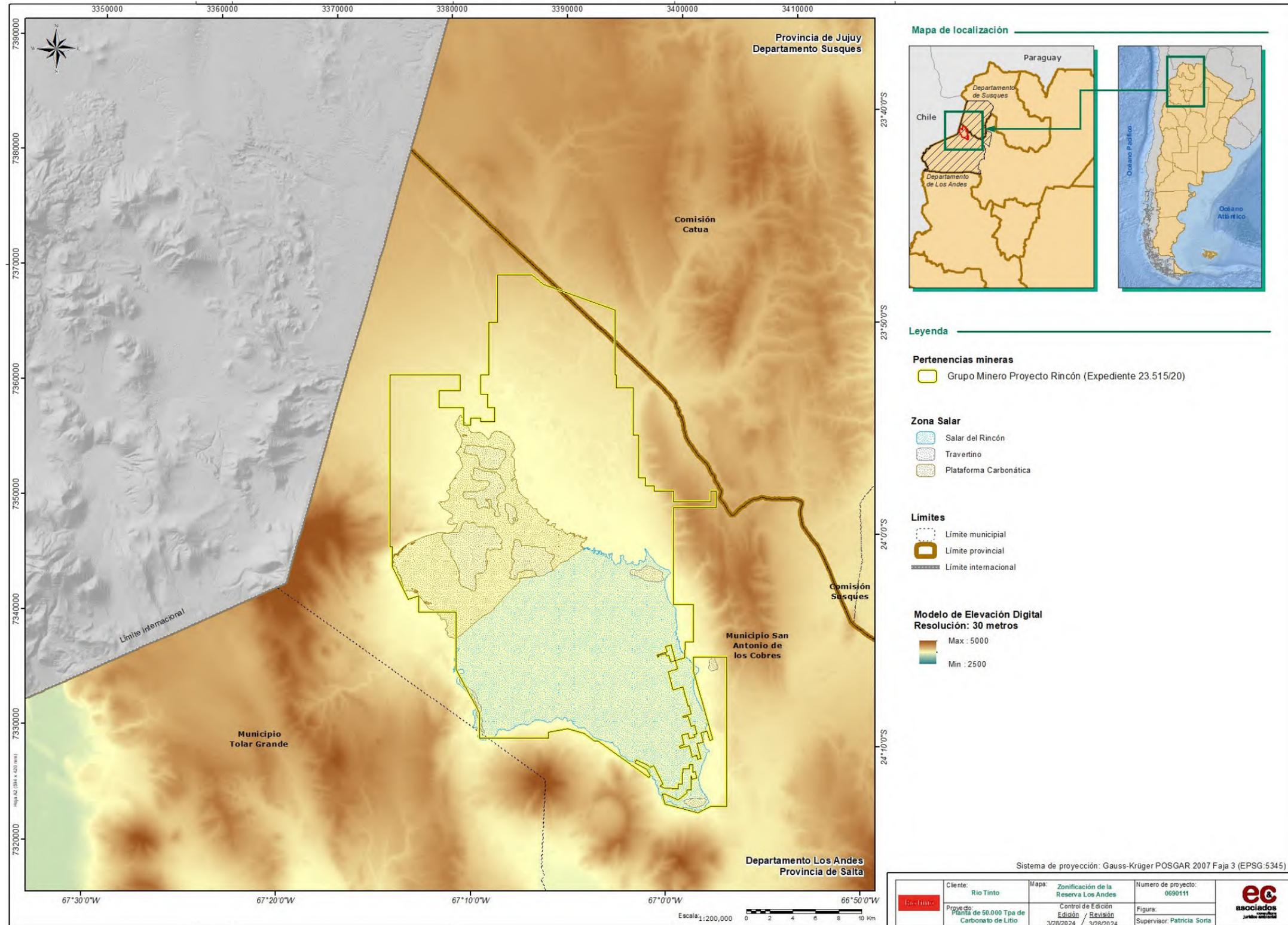
2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

3.1.1.2 Caracterización espacial a partir de datos de elevación.

Para el estudio de los suelos, se sumaron los datos del satélite Alos/Palsar DEM, el cual posee un sensor de RADAR, que genera imágenes de 16 bits de profundidad de tonos y una resolución espacial de 12,5m. El sensor de RADAR, por sus características físicas (activo), no se ve afectado por la interferencia de la nubosidad.

Metodológicamente se utilizaron técnicas de interferencia espacial en ambiente de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), se calculó la red irregular triangulada (TIN) que se observa en la figura siguiente (Anexo 2.a.21), la cual constituye un conjunto de triángulos adyacentes, no superpuestos, calculados a partir de puntos espaciados de forma irregular con coordenadas horizontales X e Y, con elevaciones verticales Z. También se derivaron atributos relativos como curvas de nivel y pendiente (ver figura a continuación, Anexo 2.a.22).

Figura 21. Mapa del Modelo Digital de Elevaciones en tonos grises y Red Irregular Triangulada generada a partir del DEM



E
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 J
 R

Red Irregular Triangulada generada a partir del DEM

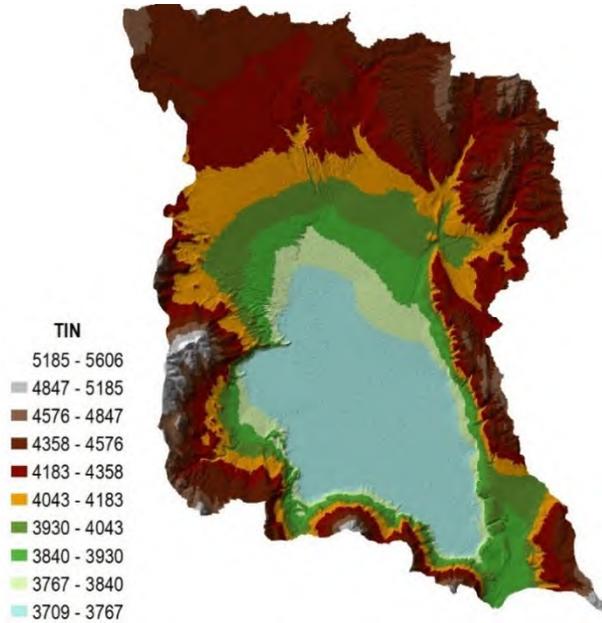
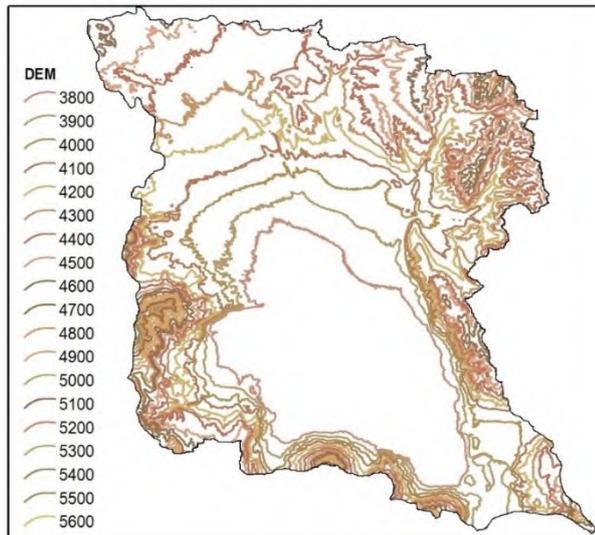
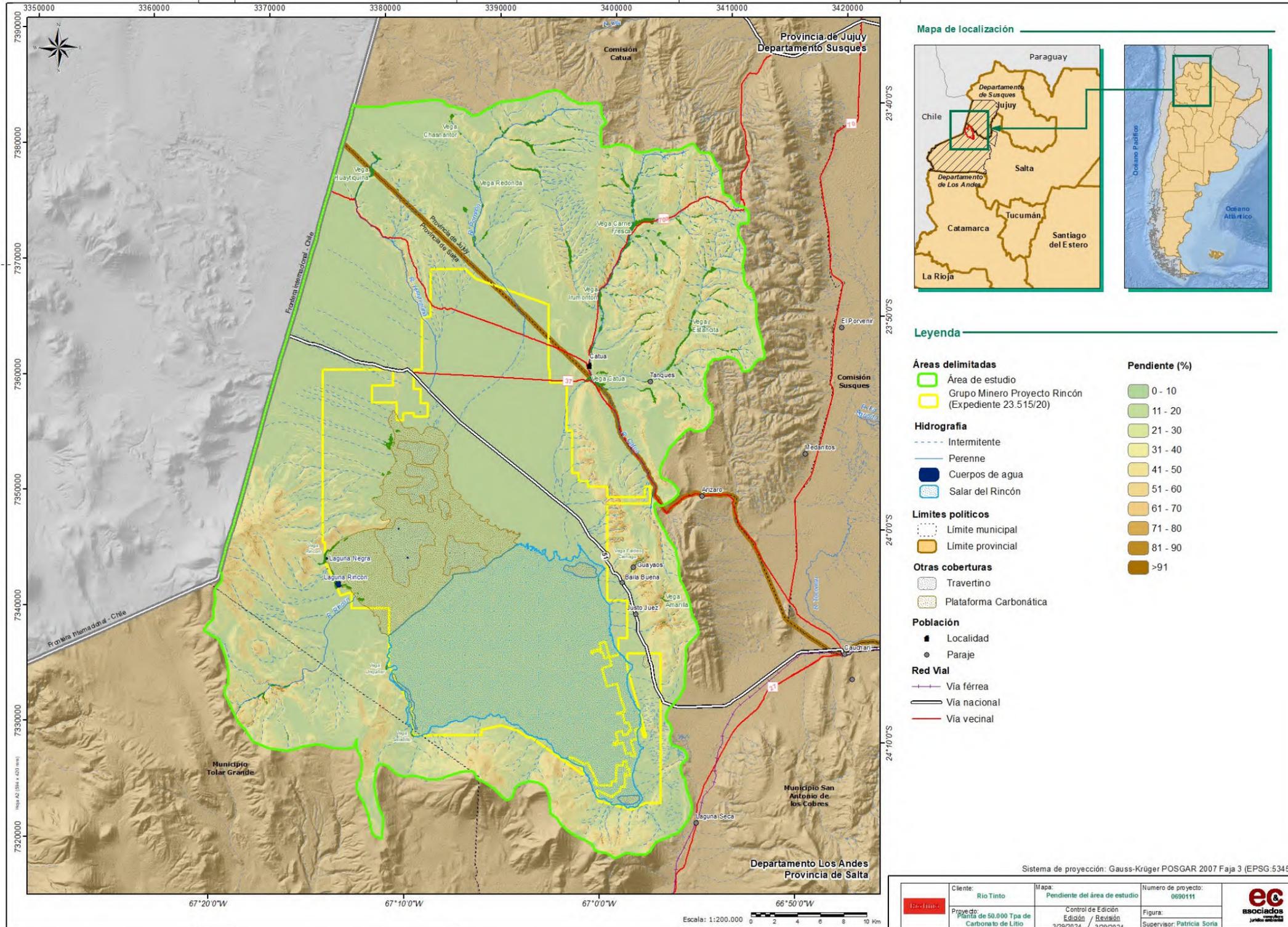


Figura 22. Curvas de nivel



e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 R

Figura 23. Pendiente del área de estudio



2
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 R

3.1.2 Resultados

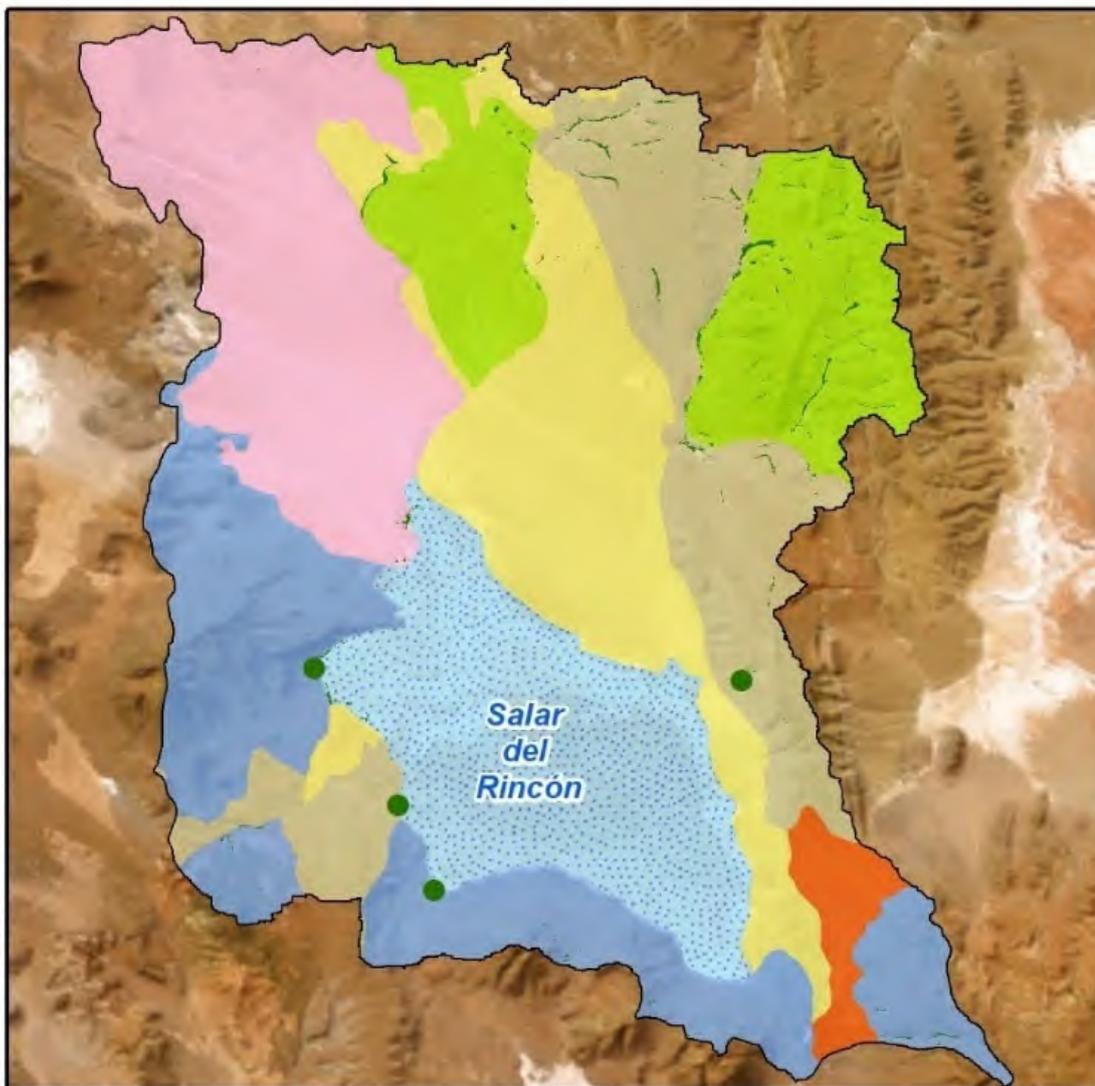
3.1.2.1 Factores formadores de los suelos del área de estudio

Los suelos del área de estudio son el producto de la diversidad de combinaciones de estos factores formadores y, por lo tanto, de los procesos genéticos a los que estos dieron lugar. Evolucionaron a partir de material original como rocas clásticas, de materiales coluviales y aluviales de constitución arenosa, limosa arcillosa recubiertos parcialmente de cenizas volcánicas. Estos materiales pasivos representan el estado inicial de la Edafogénesis y determinan las características de los suelos presentes.

En los paisajes montañosos es donde predominan los afloramientos rocosos. Las condiciones climáticas imperantes, áridas y frías, han resultado en el predominio de los procesos de meteorización física, incluyendo fenómenos de crioclastismo. Consecuencia del accionar de estos procesos es la presencia de una cobertura detrítica que tapiza la mayor parte de las pendientes, "suavizando" el relieve principalmente en los sectores cumbresales. Las áreas montañosas, presentan en superficie roca descubierta integrada con suelos constituyendo los *Afloramientos rocosos asociados a suelos incipientes* con granos minerales alterados de incipiente desarrollo, dichos suelos se desarrollan sobre la cobertura detrítica mencionada.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

Figura 24. Material parental de los suelos.



2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 A
 F

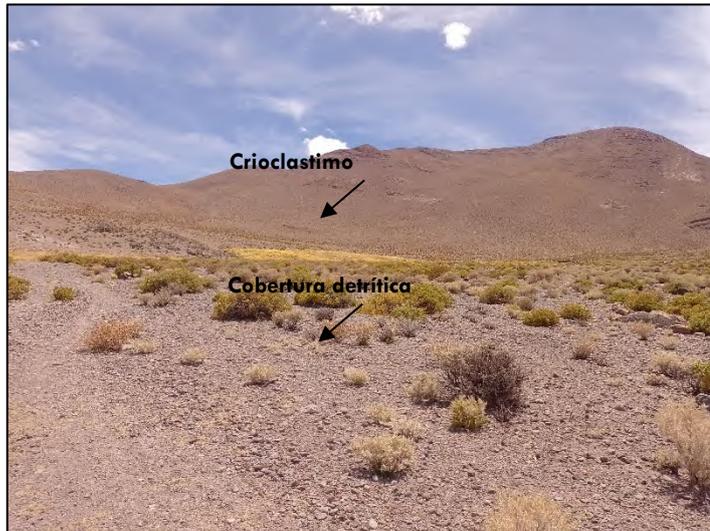
**Material Original de los Suelos Minerales
 Cuenca del Rincón**

- Dep.aluviales y coluviales provenientes de rocas sedimentarias, volcánicas, tobas e ignimbritas.
- Dep.aluviales y coluviales provenientes de rocas volcánicas: dacitas, andesitas.
- Dep.coluviales provenientes de rocas del Terciario.
- Dep.coluviales provenientes de rocas piroclásticas: tobas, ignimbritas.
- Dep.coluviales que provienen de la desintegración de rocas andesíticas.
- Dep.coluviales, provenientes de rocas sedimentarias como ser areniscas, etc.
- Salar del Rincón

Suelos Minerales Orgánicos

- ~ Humedales de altura

Fuente: Los Suelos del NOA, Nadir & Chafatinos. 1992



Fotografía 56. Pendientes asociados al poder erosivo según el grado de energía

En las zonas de abanicos y conos aluviales aumenta el material de alteración y los procesos de erosión son más fuertes generando suelos con cierto grado de desarrollo.

En la zona de los humedales, los suelos se desarrollan, principalmente, sobre materiales vegetales y presentan sus horizontes saturados la mayor parte del año.

Sin embargo, queda clara la dependencia de los tipos de suelos existentes en el área con el clima y la disponibilidad de agua. Estos factores condicionan los procesos de humificación de los escasos residuos orgánicos que pudiera aportar al suelo la vegetación o la fauna. Consecuentemente los valores de materia orgánica de los suelos minerales no superan el 1%. En el caso de los suelos orgánicos, como es el caso de los sectores de Vega, el material del suelo está saturado con agua por más de 30 días acumulativos al año (relieve local – cóncavo) y contiene más del 20%, por peso, de Carbono Orgánico, ya que el clima favorece los procesos de descomposición de residuos orgánicos.

A continuación, se presenta un perfil topográfico correspondiente a una transecta NO-SE, con el fin de esquematizar el relieve del área de estudio y los materiales originarios de suelos.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Figura 25. Ubicación de materiales originarios de los suelos del área de estudio.
Transecta NO-SE

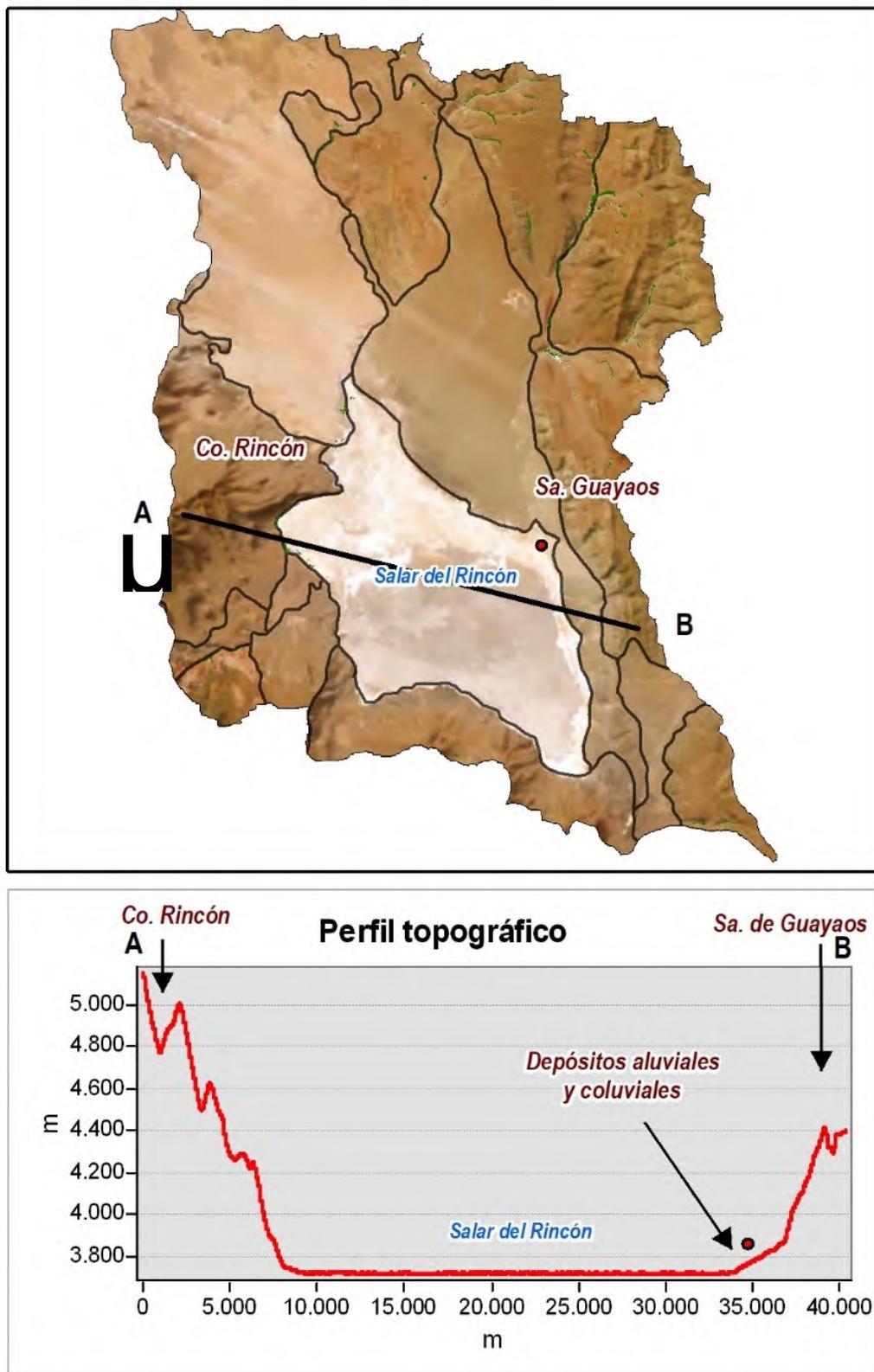
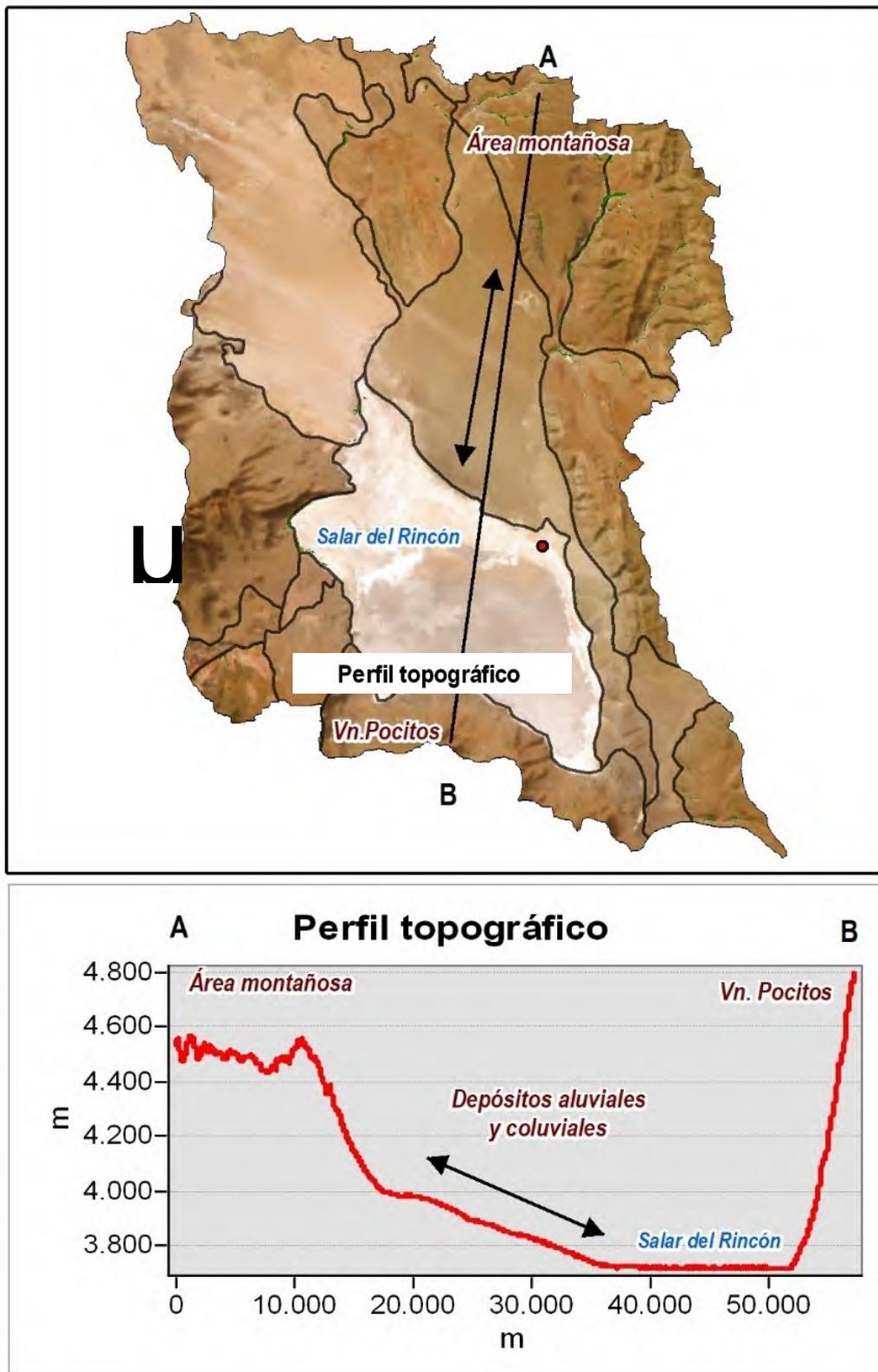


Figura 26. Ubicación de materiales originarios de los suelos del área de estudio.
Transecta NE-SO



2
A
B
E
A.C
L
H
A
F

El relieve del área de estudio influye en los procesos de erosión que afecta al desarrollo de los suelos y a la profundidad del nivel freático:

- Zonas con buen drenaje: permite el lavado o eluviación; y
- Zonas con mal drenaje o iluviación, por ejemplo: suelos orgánicos (Vegas).

En los sectores de mayor energía, predomina la morfogénesis sobre la pedogénesis, donde las pendientes son mayores y los procesos erosivos aumentan, dando lugar a suelos poco profundos, con contacto lítico cercano a la superficie, con bajos valores de materia orgánica y nutrientes mientras que, en los sectores de menor energía, la erosión es menos intensa, dando lugar a suelos con un cierto grado de desarrollo y más profundos. En las áreas planas a cóncavas, de menor energía, predomina deposición de materiales donde emplaza el Salar.



Fotografía 57. Pendientes asociadas al poder erosivo según el grado de energía

Un fenómeno que se origina como consecuencia de la gran amplitud térmica diaria (hasta 50°C), la elevada insolación, que permite que puedan alcanzarse los 30 °C, pasado el mediodía, las escasas e impredecibles precipitaciones y las intensas heladas, características de un clima árido, es el proceso de meteorización física

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

incluyendo el crioclastismo (Seggiaro *et al.*, 2006) y la formación de campos de materiales detríticos, principalmente coluvial o/y coluvio – aluvial.

Esto condiciona a los procesos de humificación de los escasos residuos orgánicos que pudieran aportar la vegetación o la fauna. Consecuentemente los valores de materia orgánica de los suelos minerales no superan el 1%.



Fotografía 58. Meteorización física

En el caso de los suelos orgánicos, como es el caso de la Vega Rincón, el Ciénago, Saladillo y Unquillar, el material del suelo está saturado con agua por más de 30 días acumulativos al año (relieve local – cóncavo) y contiene más del 20%, por peso de Carbono orgánico, ya que el clima favorece que los procesos de descomposición sean lentos y los de residuos orgánicos se acumulen sin sufrir procesos de humificación ni mineralización.



Fotografía 59. Materiales originarios de suelos



Fotografía 60. Suelo orgánico de Vega

3.1.2.2 Caracterización de las unidades cartográficas de suelos

Para la descripción de los suelos del área de estudio se tomó la caracterización de las Unidades cartográficas del estudio de Suelos "Los Suelos del NOA" de Nadir & Chafatinos a escala de reconocimiento (1:250.000), en donde se identifica cada serie de suelos con nombres conocidos localmente.

Para el presente informe se define una serie de suelos como *un grupo homogéneo de suelos desarrollados sobre un mismo material originario y donde la mayor parte de sus características son similares entre sí (Dokuchaev, 1883).*

Cada unidad cartográfica (Tabla 42 y Tabla 43) define una agrupación de series de suelos vinculados geográficamente.

Las Asociaciones de suelos reciben los nombres de las series que las integran y llevan asociados porcentajes que indican la superficie que ocupa cada serie dentro de la asociación (dominantes, subordinados e incluidos).

Los afloramientos rocosos se encuentran asociados a series de suelos incipientes con un contacto lítico cercano a la superficie.

La Unidad cartográfica que predomina en la traza corresponde a la Asociación de suelos "Olacapató", mientras que en el sector oriental aparecen los Afloramientos, según puede observarse en la Figura 27- Mapa de Suelos (Anexo 2.a.23).

e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
P

A continuación, se describen las unidades cartográficas con sus suelos componentes, el material originario y el Relieve sobre el cual se emplazan.

Tabla 42. Caracterización de los Afloramientos asociados a los suelos.

AFLORAMIENTO	Serie de Suelos	Material original	Relieve – Fisiografía
Afloramiento + Abra de Chorrillos (Af+Acr)	Abra de Chorrillos	Depósitos coluviales que provienen de la desintegración de rocas andesíticas	Colinado – Área montañosa y escarpada.
Afloramiento + Coranzulí (Af+Cz)	Coranzulí	Depósitos coluviales provenientes de rocas piroclásticas: tobas, ignimbritas.	
Afloramiento + Orosmayo (Af+Oy)	Orosmayo	Depósitos coluviales, provenientes de rocas sedimentarias como ser areniscas, etc.	
Afloramiento + Unquillar (Af+Un)	Unquillar	Depósitos coluviales provenientes de la desintegración de las siguientes rocas: pizarras, filitas, grauvacas.	

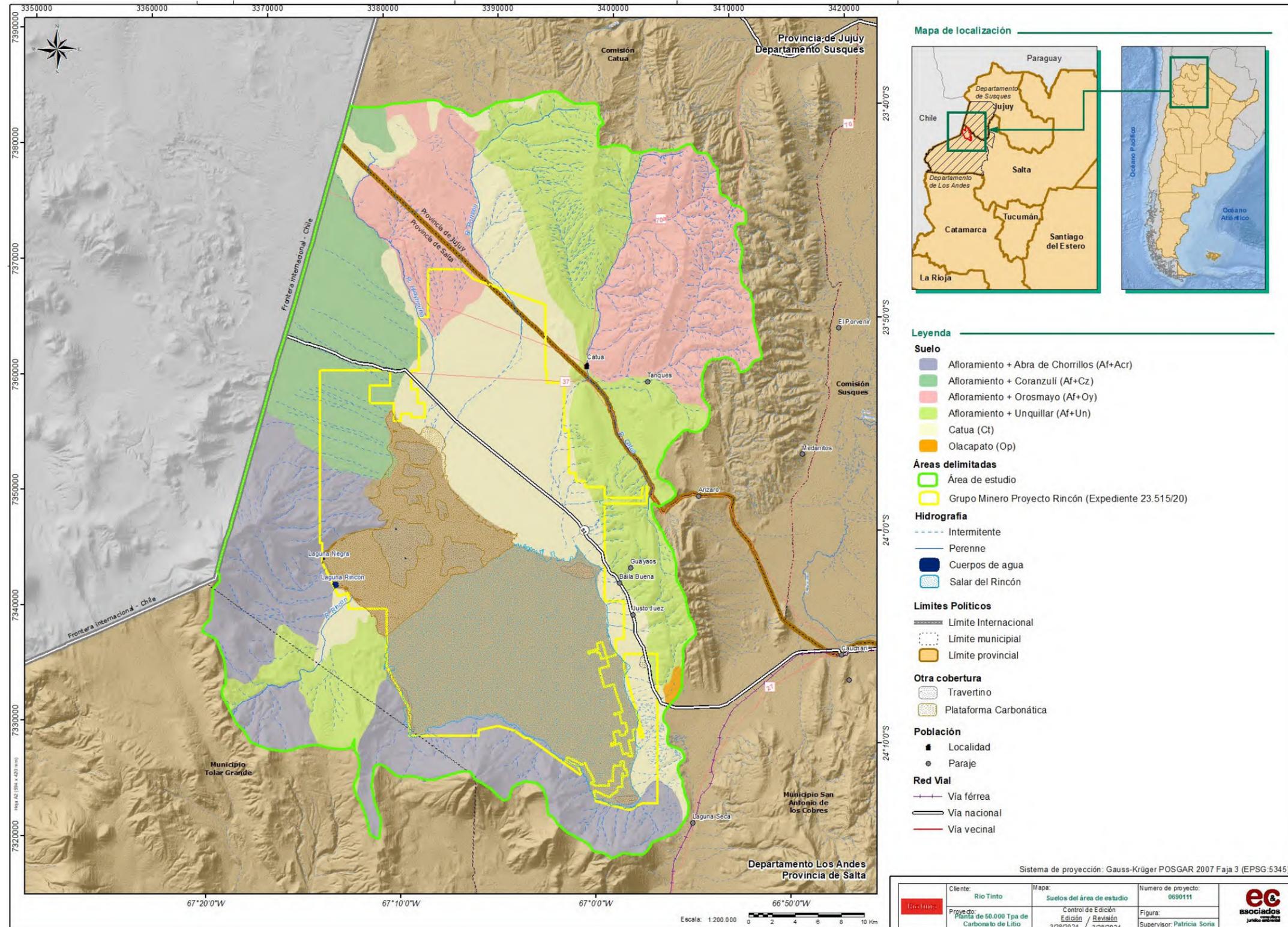
Tabla 43. Caracterización de la Asociación de suelo

ASOCIACION	Serie de Suelos dominante	Serie de suelos subordinado	Serie de Suelo incluido	Material Original	Relieve – Fisiografía
Olacapato (Op)	Olacapato	San Antonio de los Cobres	Quilmes	Depósitos aluviales y coluviales provenientes de rocas volcánicas: dacitas, andesitas.	Plano – Conos aluviales y coluviales.
Catua (Ct)	Catua	San Antonio de los Cobres – Olacapato.	-	Depósitos aluviales y coluviales provenientes de rocas sedimentarias, volcánicas, tobas e ignimbritas.	Glacis y conos aluviales.

Y las mismas se muestran en la figura siguiente:

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Figura 27. Mapa de suelos



CAPITULO 4

A continuación, se describen las Unidades cartográficas

a) Afloramiento + Abra de chorrillos (Af+Acr)

Suelos Asociados: Afloramiento + Abra de Chorrillos.

Afloramiento: Característica: Los afloramientos lo constituyen rocas volcánicas del tipo andesitas.

Descripción de los suelos asociados

Suelo Abra de Chorrillos (Acr)

Característica: Suelo de incipiente desarrollo o casi nula diferenciación de horizontes; se forman por la meteorización de las rocas aflorantes; con perfiles del tipo A, C, R; donde el A1 es muy somero, generalmente ausente; el C es pedregoso muy caótico con clastos de diversos tamaños y formas; erosión moderada a grave; pendiente del 13 al 55 %.

Descripción del Perfil modal

A/C: 0-10 cm: Gris verdoso claro (5YR 6/2) en seco y gris verdoso (5YR 5/2) en húmedo. Franco arenoso. Masivo con clastos grandes de andesita. Blando, friable, no plástico, no adhesivo. Límite abrupto y suave.

R: 10- + cm: Roca: Andesitas, algunas veces tobas y coladas de barro.

b) Afloramiento + Coranzulí (Af+Cz)

Suelos Asociados: Afloramiento + Coranzulí

Afloramiento

Características: rocas piroclásticas como ser tobas e ignimbritas y rocas volcánicas: dacitas y andesitas de coloraciones gris claro.

Descripción de los suelos asociados

Suelo Coranzulí (Cz)

Característica: Suelos de incipiente o nulo desarrollo; se encuentran cubriendo algunos afloramientos rocosos; son muy someros; no superan los 10 cm, subyacente

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

se encuentra la roca; los perfiles son del tipo A1, C1, R; donde el A1 es muy delgado; con casi total ausencia de cobertura vegetal; pendiente del 13 al 55 %; erosión moderada a grave.

Descripción del Perfil modal

A / C: 0-10 cm: Suelos de incipiente o nulo desarrollo; se encuentran cubriendo algunos afloramientos rocosos; son muy someros; no superan los 10 cm, subyacente se encuentra la roca; los perfiles son del tipo A1, C1, R; donde el A1 es muy delgado; con casi total ausencia de cobertura vegetal; pendiente del 13 al 55 %; erosión moderada a grave.

R: 10- + cm: Roca tobácea, también ignimbritas.

c) Afloramiento + Orosmayo (Af+Oy)

Suelos Asociados: Afloramiento + Orosmayo

Afloramiento

Los afloramientos corresponden a rocas cámbrico y ordovícico; incluye el grupo Santa Victoria y otras formaciones de origen marino. Areniscas, lutitas, areniscas silificadas.

Descripción de los suelos asociados

Suelo Orosmayo (Oy)

Característica: Suelo muy incipiente con perfil A1, C, R; donde el A1 es casi imperceptible debido a la falta de vegetación; el C es pedregoso con clastos de variados tamaños y formas angulosas; subyacente se encuentra la roca; pendiente del 13 al 25 %; erosión moderada a suave.

Descripción del Perfil modal

A / C: 0-10 cm: Pardo rojizo (5YR 5/4) en seco. Franco arenoso. Masivo, tendencia a grano suelto. Presencia de rodados angulosos de areniscas y lutitas. Límite abrupto y suave.

R: 10- + cm: Roca: Areniscas de grano fino a mediano.

e
A
B
E
A
A.C
L
H
A
F

d) Afloramiento + Unquillar (Af+Un)

Suelos Asociados: Afloramiento + Unquillar.

Afloramiento

Característica: Las rocas aflorantes en esta unidad son pizarras, filitas grauvacas de la formación Puncoviscana y algunos sedimentos marinos

Descripción de los suelos asociados

Suelo Unquillar (Un)

Característica: Estos suelos se encuentran cubriendo afloramientos con pendiente de 13 al 55%, son de nulo desarrollo pedogenético, condicionado por las características limitantes del clima árido de la Puna; prácticamente no poseen cobertura vegetal; el perfil es de tipo A1, C, R. Con el A muy delgado casi no perceptible; erosión moderada a grave.

Descripción del Perfil modal

A / C: 0-10 cm: Gris verdoso claro (5YR 6/2). Franco arenoso. Masivo con clastos de tamaños variados de pizarras, filitas, esquistos. La matriz es blanda. No plástico, no adhesivo. Límite abrupto y suave.

R: 10- + cm: Roca: Pizarras, esquistos, filitas.

A continuación, se describen las Asociaciones de Series de Suelos:

e) Asociación: Catua (Ct)

Suelos Asociados: Catua / San Antonio de los Cobres – Olacapato.

Descripción de los suelos asociados

Suelo Catua (Ct) Dominante

Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de textura gruesa; excesivamente drenado; pendiente del 2 al 5%; erosión ligera.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Descripción del Perfil modal

A₁ / C₁: 0-10 cm: Rojo amarillento (5YR 5/6) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Arenoso. Masivo a grano suelto. Blando, friable, no plástico, no adhesivo. Límite claro y suave.

C₂: 10-80 cm: Rojo amarillento (5YR 5/6) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Arena franco. Masivo con presencia de clastos, friable, no plástico, no adhesivo.

Sin Análisis de Laboratorio

Suelo Olacapato (Op) Subordinado

Descrito en Asociación Olacapato

Suelo San Antonio de los Cobres (Sac) Subordinado

Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de texturas medianamente gruesa en superficie a gruesa en profundidad; algo excesiva a excesivamente drenado; moderadamente ácido; contenido de materia orgánica bajo; capacidad de intercambio catiónico baja; porcentaje de saturación de bases alto (Tabla 3); pendiente del 0 al 2%; erosión ligera a moderada.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Descripción del Perfil modal

A₁ / C₁: 0-30 cm: Pardo rojizo claro (5YR 6/4) en seco y pardo rojizo (5YR 4/4) en húmedo. Franco arenoso con gravilla fina. Ligeramente duro, friable, no plástico, no adhesivo. pH 6,2. Límite claro y suave.

2C₂: 30-60 cm: Capa gravilosa fina de matriz arenosa, integrada por clastos angulosos y de formas aplanadas.

Tabla 44. Análisis de Laboratorio Suelo SAC

Horizonte		A 1/ C1	
Profundidad (cm)		0-30	
6,2		7,8	
pH			
Resistencia Eléctrica ohm/cm		1751	
Conduct. Eléc. Mmhos/cm (Extracto)		2,97	
CO₃Ca (%)		2,16	
Materia Orgánica	Carbono Org. %	0,62	
	Nitrógeno Total %	0,04	
	Relación C/N	15,5	
	Materia Orgánica	1,0	
Textura	Arcilla %	12,6	
	Limo %	14,4	
	Arena %	73	
	Textura (Clase)	FA	
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100g)		5,53	
Bases de Intercambio (meq/100g)	Calcio		
	Magnesio		
	Sodio	1,18	
	Potasio	0,64	
% Saturación		59	
Sales Solubles (meq/100g)	Cationes	Calcio	1,81
		Magnesio	0,61
		Sodio	0,13
		Potasio	0,51
	Aniones	Carbonato	
		Bicarbonato	0,62
		Cloruro	0,05
		Sulfato	0,55
Fósforo Disponible ppm		10,5	
PSI		5,97	

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F

f) Asociación: Olacapato (Op)

Suelos Asociados: Olacapato / San Antonio de los Cobres (Quilmes).

Descripción de los suelos asociados**Suelo Olacapato (Op) Dominante**

Característica: Suelo de incipiente desarrollo; con perfil A, C; de textura gruesa en superficie y media a gruesa en profundidad; excesivamente drenado a bien drenado; pendiente del 0 al 2%; erosión ligera.

Descripción del Perfil modal

A₁ / C₁: 0-12 cm: Pardo rojizo claro (5YR 6/3) en seco y pardo rojizo (5YR 5/3) en húmedo. Areno franco. Masivo con tendencia a grano suelto. Escasa cantidad de carbonatos. Límite claro y suave.

C₂: 12-43 cm: Amarillo rojizo (5YR 7/2) en seco y gris rosado (5YR 6/2) en húmedo. Franco. Masivo. Blando, friable, no plástico, no adhesivo. Límite abrupto y suave.

2C₃: 43-80 cm: Pardo rojizo (5YR 5/4; 4/4) en seco y húmedo. Arenoso. Masivo con presencia de gravilla fina a mediana. Duro, friable, no plástico, no adhesivo.

Suelo San Antonio de los Cobres (Sac) Subordinado

Descrito en Asociación Catua

Suelo Quilmes (Qm) Incluido: Descrito en la Unidad cartográfica *Afloramiento + Quilmes*.

3.2 Clasificación

Los suelos del área de estudio se caracterizan por ser suelos de incipiente desarrollo, con casi nula diferenciación de horizontes.

Corresponden a suelos esqueléticos del orden Entisol con un régimen de humedad arídico (tórrido) y se clasifican como *Torripsamente lítico*, *Torriorthente lítico* y *Torriorthente típico*.

Los **Torriorthente lítico** corresponden a suelos incipientes que tienen un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral. El relieve es colinado a fuertemente colinado, cuyas pendientes oscilan entre el 8 y 30 %, los horizontes o capas reconocidos en este subgrupo son: C y R. con drenaje y escurrimiento rápido a excesivo; con erosión severa a muy severa; tanto eólica como hídrica y rápida infiltración. Son suelos someros que tienen un espesor inferior a 50 cm y abundante pedregosidad en el perfil y sobre la superficie. El contacto con la roca subyacente es abrupto.

Estos suelos están asociados a los Afloramientos en distintos porcentajes según las condiciones del relieve. Forman parte de la unidad cartográfica Afloramiento + Orosmayo y Afloramiento + Abra de Chorrillos.

Los **Torripsamente líticos** se encuentran sobre superficies con pendientes que superan el 8%, predominan las texturas arenosas y presentan un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral. El contacto con la roca subyacente es abrupto. Forman parte de la unidad cartográfica Afloramiento + Unquillar y Afloramiento + Coranzulí

Los **Torriorthente típico** se distribuyen en los conos aluviales que bordean las cuencas internas. Se ubican en las superficies planas con pendientes de hasta 4%. Suelos ligeramente ácidos a neutros, de drenaje excesivo. Presentan epipedón Ócrico incipientes.

Los **Torriorthente típico** forman parte de la unidad cartográfica Olacapato.

Los **Torripsamente típicos** se encuentran sobre superficies con pendientes menores al 4%, donde predominan las arenas en todo el perfil del suelo mineral.

Los **Torripsamente lítico** forman parte de la unidad cartográfica Catua.

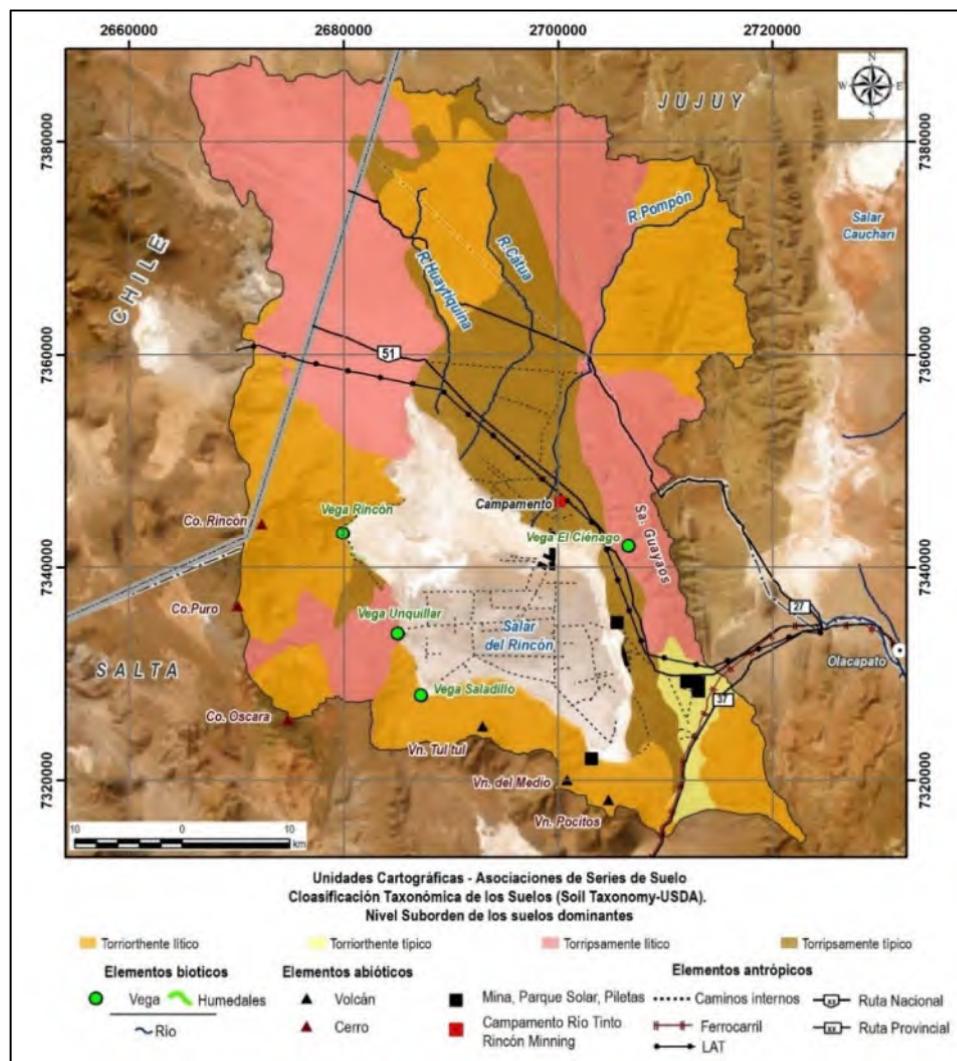
De acuerdo con la Taxonomía de Suelos "Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff, 2006) las Series de suelos identificados se clasifican según la Tabla 16 y en la Figura 28:

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

Tabla 45. Clasificación de Suelos: "Soil Taxonomy"

Nombre del suelo	Limitaciones	Clasificación taxonómica
Unquillar y Coranzuli	Erosión moderada; pendiente del 13 al 55 %; suelo muy somero.	Torripsamente lítico
Abra de Chorrillos y Orosmayo	Suelo de incipiente desarrollo, es pedregoso muy caótico con clastos de diversos tamaños y formas; erosión moderada a grave; pendiente del 13 al 55 %.	Torriorthente lítico
Olacapato	Erosión ligera; excesivamente drenado; profundidad efectiva a 40 cm.	Torriorthente típico
Catua	Erosión ligera; excesivamente drenado; profundidad efectiva de 10 cm; pendiente del 2 al 5 %.	Torripsamente lítico

Figura 28. Distribución geográfica de las unidades taxonómicas en la Cuenca Rincón.

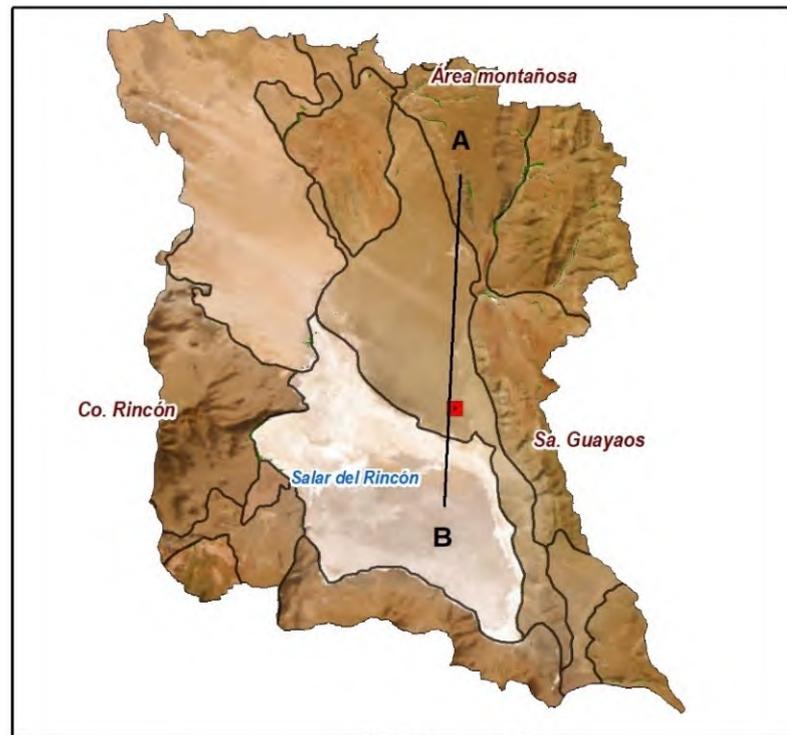


2
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 A
 R

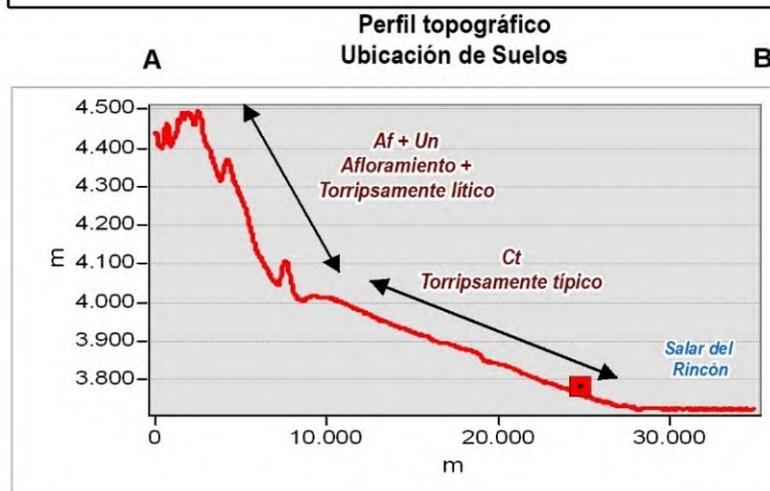
3.2.1.1 Distribución de los suelos en el relieve

A partir del TIN generado para el área de estudio se realizó una transecta por sector con el fin de localizar geográficamente los perfiles de suelos dominantes a lo largo de la traza del proyecto.

Figura 29. Transecta N-S. Ubicación de los suelos Torripsamente típico y Torripsamente lítico.



2
 A
 B
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F



Según la cartografía de suelos de referencia el área de estudio presenta dos tipos de unidades cartográficas:

1. Afloramientos asociados a suelos incipientes.
2. Asociación de series de suelos.

En los sectores de Afloramiento rocoso la secuencia de horizontes es A-R o C-R y en la mayoría de los casos se observa directamente el material original sobre la roca. Predominan los procesos de morfogénesis sobre la pedogénesis. Estas áreas presentan muy severas limitaciones: relieve, drenaje, erosión, profundidad efectiva.

En las áreas de conos y abanicos aluviales las pendientes disminuyen y la actuación de los factores y procesos formadores dan lugar a perfiles con horizontes A-C de mayor espesor, arenosos y masivos. Los procesos de pedogénesis pueden actuar y dar lugar a la formación de suelos jóvenes o incipientes. Conforman áreas con severas limitaciones como fuerte riesgo de erosión, fuerte erosión actual, profundidad efectiva hasta 40 cm, fuerte salinidad.

También se debe mencionar la existencia de suelos orgánicos asociados a las Vegas Rincón, El Ciénaga, Saladillo y Unquillar, donde los contenidos de carbono orgánico almacenado y la diversidad de microorganismos y mesofauna del suelo es de suma importancia ambiental ya que forman parte de un sistema tan frágiles como importante para la entrega de numerosos servicios ecosistémicos.

3.2.2 Conclusiones

Los suelos del área estudio son suelos esqueléticos, comunes en la Puna donde la escasa vegetación, bajas temperaturas y una marcada amplitud térmica condiciona el proceso de Edafogénesis. En algunos sectores se desarrollan suelos orgánicos (Vegas).

Las diferencias en las Unidades cartográficas de Suelos en el área de estudio se reflejan en cuatro Afloramientos asociados a cuatro suelos jóvenes: Afloramiento+ Abra de Chorrillos, Afloramiento+ Coranzulí, Afloramiento+ Orosmayo, Afloramiento+ Unquillar y en Asociaciones de Suelos, donde los dominantes son los Suelos Olacapato y Catua.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
P

Desde el punto de vista taxonómicos corresponden a suelos esqueléticos del orden Entisol, con un régimen de humedad arídico. Presentan limitaciones edáficas y climáticas, por lo cual no son aptos para cultivos.

3.3 Calidad de suelos

De igual manera que en la sección de Suelos se cuentan con los siguientes antecedentes:

- **Rincon Mining PTY Limited, 2013:**

Para esta fecha, realizaron estudios en donde pudieron distinguir las siguientes Unidades Cartográficas de Suelos: Serie Catua, Serie Guayaos y Serie Rincón. Con respecto a la clasificación por Clases de Capacidad de Uso, determinaron 18.989,5 ha todas correspondientes a la *Clase VII*. De acuerdo con la Clasificación Taxonómica, los suelos fueron clasificados como **Entisoles** (a nivel Órdenes) y **Torriorthent típicos y Torrifluvent típicos** (a nivel de Subgrupo). El área de estudio, por sus fuertes limitaciones climáticas, no es apta para cultivos. El valor del área se encuentra vinculado a la preservación de la vida silvestre y al turismo.

- **Rio Tinto – Rincón Litio, 2022 y 2023:**

Se realizaron muestreos en el área de estudios del Proyecto "Planta de 50.000 Tpa de Carbonato de Litio - Proyecto Rincón", siguiendo lo establecido en el Anexo IV de la Ley N° 24.585, RMPL realizó dos campañas: noviembre 2022 (temporada seca) y marzo 2023 (temporada húmeda), las cuales se presentan a continuación:

3.3.1 Objetivos

Evaluar y analizar la condición actual y la calidad ambiental del suelo del área de estudios del Proyecto.

Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los parámetros fisicoquímicos seleccionados para caracterizar la calidad del suelo en los puntos de muestreo ya definidos.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
R

- Comparar dichos valores con los Niveles Guía establecidos en la Ley de Actividad Minera – Impacto Ambiental (N° 24.585), para identificar potenciales afectaciones al suelo.

3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Toma de muestras

Obtención de muestras representativas de suelo superficial (10 cm de profundidad) para la realización de análisis fisicoquímicos para determinar las condiciones de los suelos al momento del muestreo.

La toma de las muestras de suelos se realizó con personal capacitado en la aplicación de técnicas de recolección, transporte y preservación de las muestras. Bajo condiciones de tiempo óptimas para tal fin. Siguiendo el siguiente procedimiento:

- Se realizó la limpieza de los elementos de muestreo (pala y bandeja metálica) con agua destilada;
- Luego se efectuó un hoyo en el suelo en forma de V, a fin de extraer una lámina de suelo hasta la profundidad indicada (10 cm), eliminando el material colectado de los bordes de la pala de modo de dejar solo el del centro de ella, para evitar posibles contaminaciones;
- Se realizó un procedimiento de cuarteo de muestras a través de pila cónica, desde a donde se sacó una cuarta parte de la pila (muestra);
- La muestra fue envasada en recipientes plásticos o de vidrio (suministrados por el laboratorio Grupo Induser SRL), según requisitos para el análisis del parámetro de interés. Identificando claramente todas las muestras con marcador de tinta indeleble;
- Se registró la información de la toma de muestra en la hoja de campo y en la correspondiente cadena de custodia (las cuales se adjuntan como Anexos – Anexo 2.a.15);
- Las muestras fueron conservadas en un lugar fresco, evitando que las mismas sean expuestas directamente al sol o a otras fuentes de calor durante su transporte, el cual se realizó en el menor tiempo posible, para ser recepcionadas en dicho laboratorio para su análisis; y
- Los protocolos de análisis se encuentran en Anexo 2.a.25.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

En la siguiente Tabla se especifica la ubicación geográfica de cada sitio y en la figura siguiente se agrega el mapa donde puede apreciarse la ubicación de los puntos de muestreo. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.24.

Tabla 46. Muestreo de calidad de suelos. Noviembre 2022

Sitio	Coordenadas geográficas		Coordenadas Planas	
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)
Planta	23°59'50,9"S	67°2'2,27"O	3394787	7346571
Campamento	23°59'25,1"S	67°1'59,5"O	3394858	7347367
SDFB	24°0'20,3"S	67°7'50,67"O	3384945	7345591

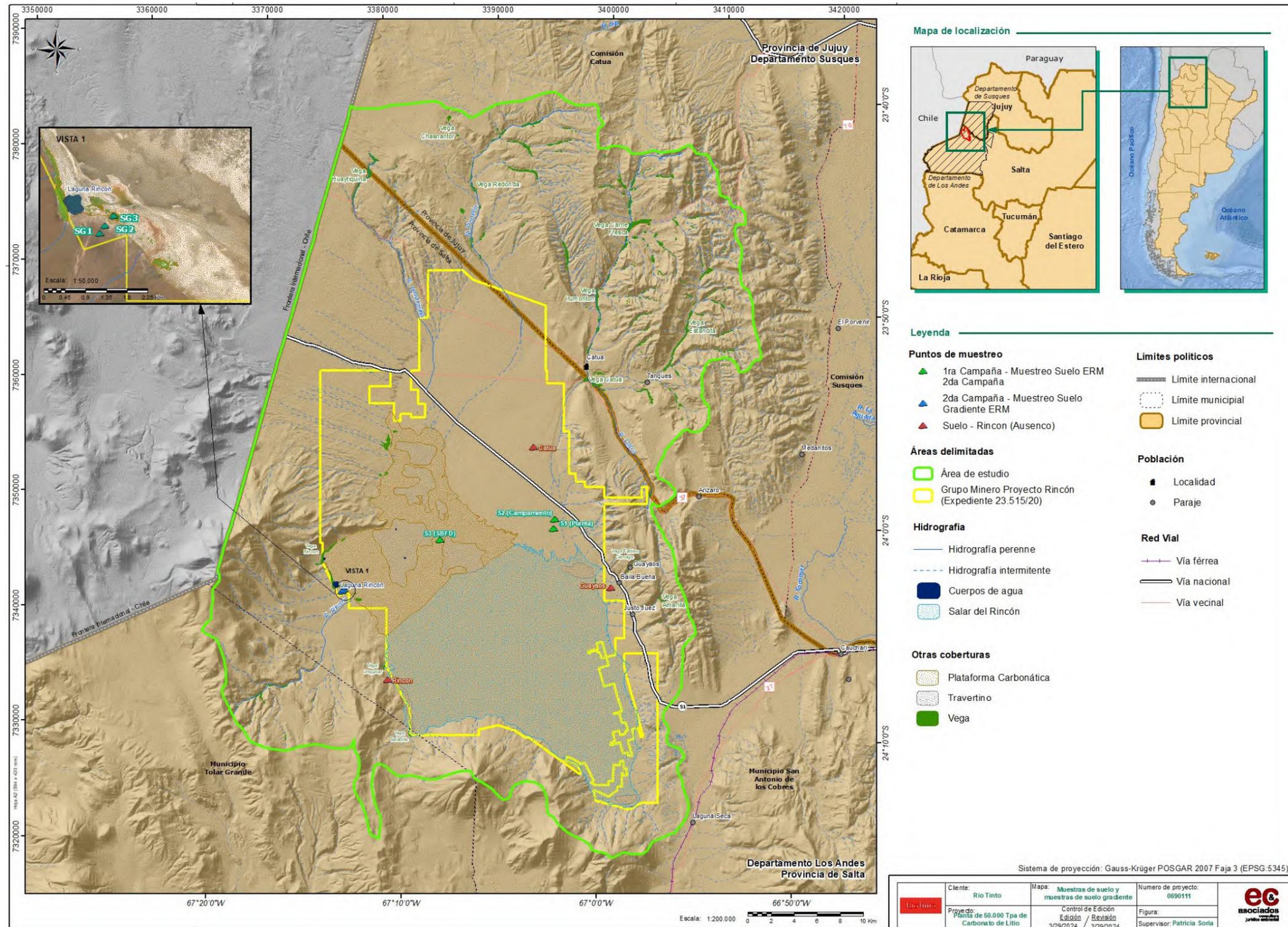
Adicionalmente en el mes de marzo 2023, se tomaron muestras adicionales denominadas "gradiente" con el objetivo de conocer las características del suelo asociadas a determinadas unidades de vegetación y cambios de geomorfología y condiciones geoquímicas. En la tabla y figura siguiente, se muestran la ubicación de las denominadas parcelas.

Tabla 47. Ubicación de muestras gradiente

Sitio	Coordenadas geográficas		Coordenadas Planas		Fecha de Muestreo
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	
Gradiente 1	24° 2'42,90"S	67°12'52,60"O	7341130	3376451	29/03/23
Gradiente 2	24° 2'37,80"S	67°12'48,20"O	7341290	3376571	
Gradiente 3	24° 2'30,90"S	67°12'41,70"O	7341504	3376753	

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

Figura 30. Mapa de los puntos de muestreo de suelos



CAP E A C L H A

A continuación, se incluye el registro fotográfico del muestreo del recurso suelo.



Fotografía 61. S1 muestra superficial suelo Planta



Fotografía 62. S2 muestra superficial suelo Campamento



Fotografía 63. S3 muestra superficial suelo (SBFD)

2
A
P
E
A
A.C
L
M
X
F



Fotografía 64. Sg1. Muestra superficial suelo Gradiente uno



Fotografía 65. Sg2. Muestra superficial suelo Gradiente dos



Fotografía 66. Sg3. Muestra superficial suelo Gradiente tres

2
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F

3.3.3 Resultados

A continuación, en la siguiente tabla, se exponen los resultados obtenidos de las tres ubicaciones de muestras de suelos predeterminadas para el Proyecto. También se presentan los resultados de las muestras de suelos sacadas en los gradientes. Se incluyen como Anexo los protocolos del Laboratorio (Anexo 2.a.25). A su vez, estos valores fueron contrastados con lo establecido en la normativa para uso industrial y agrícola. Las metodologías específicas para cada parámetro analizado hacen parte del Anexo 2.a.23.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Tabla 48. Comparación de resultados de las muestras de suelo del Proyecto Rincón, RMPL. Noviembre 2022.

Parámetros	Unidades	Noviembre 2022			Marzo 2023			Uso Agrícola	Uso Industrial
		Campamento	Planta	SBFD	Campamento	Planta	SBFD		
Antimonio (Total)	µg/g	<1,0	<1,0	<1,0	< 1,0	< 1,0	1,1	20	40
Arsénico (Total)	µg/g	<10	15,0	55,6	< 10,0	< 10,0	65,8	20	50
Bario (Total)	µg/g	<50	<50	<50	< 50,0	< 50,0	< 50,0	750	2000
Benceno	µg/g	<0,02	<0,02	<0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05	5
Berilio (Total)	µg/g	<1,0	<1,0	<1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	4	8
Boro	µg/g	<1,0	<1,0	1096	4,2	10,9	9720	2	
Cadmio (Total)	µg/g	<1,0	<1,0	<1,0	< 1,0	< 1,0	1,9	3	20
Cianuro (Total)	µg/g	<0,25	<0,25	<0,25	< 5,0	< 5,0	< 5,0	5	500
Cianuro (Libre)	µg/g	<0,25	<0,25	<0,25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	100
Cinc (Total)	µg/g	30,7	38,6	8,3	29,6	30,0	10,7	600	1500
Cobalto	µg/g	<5,0	<5,0	<5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	40	300
Cobre (Total)	µg/g	11,1	13,8	6,8	9,8	15,5	17,8	150	500
Compuestos Fenólicos no Clorados	µg/g	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	10
Cromo (Total)	µg/g	10,5	11,4	<5,0	8,9	9,7	< 5,0	750	800
Cromo (+6)	µg/g	<5,0	<5,0	<5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	8	
Estaño	µg/g	<2,5	<2,5	<2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	5	300
Fluoruro (Total)	µg/g	<25,0	<25,0	<25,0	< 25,0	< 25,0	< 25,0	200	2000
Mercurio (Total)	µg/g	<0,1	<0,1	<0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,8	20
Molibdeno	µg/g	<3	<3	<3	< 3	< 3	< 3	5	40
Níquel (Total)	µg/g	7,3	9,4	<5,0	7,6	7,5	< 5,0	150	500
Plata (Total)	µg/g	<5,0	<5,0	<5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	20	40
Plomo (Total)	µg/g	<20,0	<20,0	<20,0	< 20,0	< 20,0	< 20,0	375	1000
Selenio (Total)	µg/g	<1,0	<1,0	<1,0	< 1	< 1	< 1	2	10
Sulfuro (Elemental)	µg/g	<50,0	<50,0	<50,0	< 50,0	< 50,0	< 50,0	500	
Talio (Total)	µg/g	<0,7	<0,7	<0,7	< 0,7	< 0,7	< 0,7	1	
Vanadio	µg/g	<100	<100		< 100	< 100	< 100	200	

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que superan el Nivel guía estipulado por la normativa citada.

e
 A
 P
 E
 A.
 L
 H
 F

Tabla 49. Comparación de resultados de las muestras de suelo del Proyecto Rincón, RMPL. Marzo 2023.

Parámetros	Unidades	Gradiente 1	Gradiente 2	Gradiente 3	Uso agrícola	Uso industrial
Antimonio (Total)	µg/g	< 1,0	< 1,0	< 1,0	20	40
Arsénico (Total)	µg/g	< 10,0	64,0	27,0	20	50
Bario (Total)	µg/g	< 50,0	< 50,0	< 50,0	750	2000
Benceno	µg/g	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05	5
Berilio (Total)	µg/g	< 1,0	< 1,0	< 1,0	4	8
Boro	µg/g	53,5	120	199	2	
Cadmio (Total)	µg/g	< 1,0	1,9	< 1,0	3	20
Cianuro (Total)	µg/g	< 5,0	< 5,0	< 5,0	5	500
Cianuro (Libre)	µg/g	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	100
Cinc (Total)	µg/g	25,4	27,8	13,8	600	1500
Cobalto	µg/g	5,4	5,7	< 5,0	40	300
Cobre (Total)	µg/g	11,0	13,5	9,1	150	500
Compuestos Fenólicos no Clorados	µg/g	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	10
Cromo (Total)	µg/g	8,0	12,6	< 5,0	750	800
Cromo (+6)	µg/g	< 5,0	< 5,0	< 5,0	8	
Estaño	µg/g	< 2,5	< 2,5	< 2,5	5	300
Fluoruro (Total)	µg/g	< 25,0	< 25,0	< 25,0	200	2000
Mercurio (Total)	µg/g	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,8	20
Molibdeno	µg/g	< 3	< 3	< 3	5	40
Níquel (Total)	µg/g	6,3	6,8	< 5,0	150	500
Plata (Total)	µg/g	< 5,0	< 5,0	< 5,0	20	40
Plomo (Total)	µg/g	< 20,0	< 20,0	< 20,0	375	1000
Selenio (Total)	µg/g	< 1	< 1	< 1	2	10
Sulfuro (Elemental)	µg/g	< 50,0	< 50,0	< 50,0	500	
Talio (Total)	µg/g	< 0,7	< 0,7	< 0,7	1	
Vanadio	µg/g	< 100	< 100	< 100	200	
Residuo retenido por malla 2000 micrones	% p/p	7,6	9,0	0,3		
Residuo retenido por malla 1000 micrones	% p/p	6,3	17,7	14,4		
Residuo retenido por malla 500 micrones	% p/p	13,7	23,2	13,8		
Residuo retenido por malla 250 micrones	% p/p	22,8	20,4	8,4		
Residuo retenido por malla 105 micrones	% p/p	36,8	19,9	24,5		
Residuo menor a 105 micrones	% p/p	12,8	9,8	38,6		
Humedad	% p/p	2,1	10,9	32,1		

Nota: Los valores en color rojo son aquellos que superan el Nivel guía estipulado por la normativa citada.

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 F

Se puede observar que, la mayoría de los resultados obtenidos se encuentran por debajo de estos niveles guía establecidos por la normativa utilizada, y para los distintos usos evaluados, a excepción del Arsénico total que supera el límite tanto para uso agrícola como industrial y el Boro que supera ampliamente el límite para uso agrícola, ambos componentes en el sitio SBFDF. Respecto a las muestras obtenidas en la transecta de gradiente, la mayoría de los resultados obtenidos para los diferentes sitios se encuentran por debajo de los niveles guía establecidos por la normativa. La tendencia del Arsénico se mantuvo, ya que supera el límite tanto para uso agrícola como industrial en el sitio Gradiente 2 y 3, y Boro que supera ampliamente el límite para uso agrícola en los tres sitios.

3.3.4 Conclusiones

Los resultados de todos los sitios fueron contrastados con los Niveles Guía para uso agrícola e industrial. La mayoría de los valores obtenidos se encuentran por debajo de dichos niveles establecidos por la normativa, a excepción del Arsénico y el Boro para el sitio SBFDF, así como gradiente 1, 2 y 3.

Para el caso de estos elementos que sobrepasan el Nivel Guía, se comprende que es consecuencia de la litología de las rocas de la zona, especialmente las de origen volcánico (tobas, ignimbritas, etc.). En donde distintos procesos de transporte (como el agua) arrastran estos elementos que luego son depositados y concentrados en los Salares, dando origen a las evaporitas de diferentes composiciones según la época húmeda o seca, cuya dinámica se basa en los procesos geoquímicos que los transportan y concentran.

3.4 Uso actual y potencial.

El uso actual se basa en la instalación de distintas facilidades para la actividad minera, extracción de áridos (canteras) y el eventual pastoreo de ganado trashumante.

e
A
B
E
★
A.C
L
H
★
F

Como uso potencial, se tiene la extensión de la ocupación de superficie, para la instalación de nueva infraestructura asociada a la actividad minera del Proyecto Rincón – Planta de 50.000 toneladas – y sus estructuras asociadas.

3.5 Nivel de degradación en el área de estudio (bajo, moderado, severo, grave)

Como ya se mencionó anteriormente, los suelos de la zona poseen escaso o nulo desarrollo y no son aptos para actividades agrícolas.

La afectación del suelo está relacionada principalmente a la ocupación del territorio, y al cambio en el perfil original dados los movimientos de suelo para la instalación de infraestructura.

Teniendo en cuenta las consideraciones enunciadas anteriormente, el nivel de degradación se considera bajo.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f

4 Flora

4.1 Introducción

El área evaluada se encuentra en la región biogeográfica de la Puna. Esta ecorregión es un sistema árido, frágil y vulnerable a la alteración humana. Las principales fuentes de presión ambiental que se mencionan para la zona son la extracción de leña, la quema de pastizales, la destrucción de la capa vegetal, la actividad turística no regulada, la introducción de especies exóticas, la caza indiscriminada y el sobrepastoreo de camélidos (Caziani y Derlindatti, 1999; Alzérreca et al., 2001; Locascio de Mitrovich et al., 2005; Borgnia et al., 2006, 2010; Rutsathz, 2008, 2012).

En esta región, las especies vegetales son el resultado de una lenta evolución en la que debieron adaptarse a condiciones andinas debido al ascenso de la cordillera. La altitud, las bajas temperaturas, las escasas precipitaciones estivales y la aridez del clima han influido en esta evolución de manera tal que hoy se observan formas xerófilas características.

Las especies presentes pertenecen a familias de plantas muy diferentes, que adoptan formas muy similares por efectos del ambiente. Braun-Blanquet 1979, menciona que las características climáticas y edáficas determinan adaptaciones convergentes en la vegetación, como ser:

- Formación de un sistema radical profundo, relacionado a la búsqueda de agua en capas profundas del suelo;
- Almacenaje de agua en tejidos y órganos, común en cactáceas y especies con raíces reservantes, rizomas, tubérculos y bulbos;
- Reducción de la superficie foliar, transformando tallos fotosintetizantes;
- Gran secreción de resinas en hojas y tallos y cutícula gruesa para evitar la insolación directa y la evapotranspiración; y
- Muerte de la planta entera en la época seca o fría del año, pasando las estaciones desfavorables bajo la forma de semillas hasta la próxima temporada de lluvia.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

El grupo de las Asteráceas y Poáceas está muy bien representado, junto a las Solanáceas, Verbenáceas y Fabáceas, entre las más comunes. En base a Braun Wilke et al. 1999, existen varias comunidades vegetales, tales como estepas arbustivas y estepas herbáceas, con numerosas variantes como matorrales, tolares, esporales y pajonales.

En los salares andinos, la salinidad varía desde niveles muy bajos en los sitios de surgencia, hasta máximos en el interior de las lagunas o riberas alejadas de la misma. Esta variación de la salinidad del agua y del suelo se corresponde con cambios en la flora vascular y algal y, también, en la fauna. Las plantas adaptadas para vivir en condiciones de alta salinidad se conocen como halófitas y generalmente forman comunidades particulares, diferentes de hábitats menos salinos (Braun-Blanquet 1979). En estos salares, esto debiera expresarse en fuertes diferencias de flora entre éstos y los hábitats aledaños. Además, la variabilidad edáfica, especialmente de salinidad y humedad dentro de los salares, también debiera determinar una importante variabilidad florística al interior de ellos (Teiller, 2003).

En relación con la riqueza florística, para la Puna del noroeste argentino se menciona a las Asteráceas con 207 especies, las Poáceas con 127 y las Fabáceas con 70, siendo además las familias más diversas (Novara, 2003).

La Puna de Salta comprende dos de las tres provincias fitogeográficas del Dominio Andino-Patagónico descritas por Cabrera (1994) para la República Argentina: la Provincia Altoandina y la Provincia Puneña, de las cuales la segunda está representada en el área de estudio. Las características principales de estas dos provincias se resumen en la Tabla 50.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Tabla 50. Resumen de las provincias fitogeográficas reportadas para la puna salteña (Cabrera, 1994).

	Provincia Altoandina	Provincia Puneña
Ubicación	<p>En nuestro país se extiende por las altas montañas del oeste, desde el límite con Bolivia hasta Tierra del Fuego.</p> <p>En Salta y Jujuy se halla aproximadamente entre los 4400m de altitud y el límite de la vegetación que puede encontrarse entre 5000 a 5600m s. n. m., dependiendo de la exposición y longitud geográfica.</p>	<p>Esta provincia se extiende por las altas montañas y mesetas del oeste de la provincia de Salta entre 3400 y 4500m s. n. m.</p> <p>Limita inferiormente con la provincia prepuneña en casi toda su extensión y en menor grado con la provincia de Las Yungas, mientras que superiormente lo hace con la provincia Altoandina (Zapater, 1985).</p>
Relieve y clima	<p>Relieve de alta montaña, laderas suaves y escarpadas, mesetas y detritus de falda.</p> <p>Suelo rocoso, pedregoso o arenoso, generalmente suelto e inmaduro, con frecuentes fenómenos de solifluxión.</p> <p>Clima de alta montaña, frío y seco, con precipitaciones en forma de nieve o de granizo en cualquier estación del año. Humedad relativa muy baja y con vientos muy fuertes.</p>	<p>Conformada por altiplanicies, cerros y quebradas, de clima frío y seco, con precipitaciones en forma de nieve o granizo. Desde este punto de vista, la Puna salteña es más seca que la Puna jujeña, con ausencia de vegas y abundancia de salares.</p> <p>Suelos inmaduros, frecuentemente arenosos y pedregosos, muy pobres en materia orgánica. En proximidades de salares, suelos con elevado contenido de sales solubles y terrenos arcillosos.</p>
Vegetación	<p>La vegetación predominante es la estepa gramínea y la estepa de caméfitos. También se encuentran la estepa arbustiva, vegas y semidesierto de líquenes.</p> <p>La vegetación presenta adaptaciones a condiciones xéricas extremas y a la defensa contra el frío y el viento.</p>	<p>La vegetación dominante es la estepa arbustiva. Existen también estepas herbáceas, halófilas, psamófilas, vegas, entre otras.</p> <p>La forma vegetativa predominante son los nanofanerófitos de 0.20 a 1 m de altura. En tanto que las plantas en cojín son relativamente escasas.</p>

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 J
 F

	Provincia Altoandina	Provincia Puneña
Distritos	<p>Esta provincia posee tres distritos, uno de los cuales se encuentra representado en el área de estudio: Distrito Altoandino Quichua. Este distrito suele hallarse entre los 4300 y 5600 m de altitud, pero estos límites varían de acuerdo con la exposición, humedad y a las coordenadas geográficas.</p> <p>La vegetación predominante es la estepa gramínea formada por matas aisladas de forma circular o anular, a cuyo abrigo crecen pequeñas fanerógamas y helechos. En zonas muy rocosas y derrubios, las gramíneas escasean o desaparecen; predominan los caméfitos rastreros o en cojín, hemicriptófitos arrosados, a veces acompañados por nanofanerófitos achaparrados (Zapater, 1985).</p>	<p>Según la división hecha por Martínez Carretero (1995), el área de estudio se ubica dentro del distrito jujeño. Por otra parte, Cabrera (1994) afirma que no existen suficientes caracteres de comunidades definidas entre la Puna desértica y la Puna seca como para diferenciar distritos a pesar de las diferencias climáticas.</p>
Comunidades Climáx	<ul style="list-style-type: none"> • Estepa de "iros". • Estepa de "vizcachera". • Estepa de "iros" y "cuerno de cabra". • Estepa de "coirón amargo" y "vizcachera". • Estepa de "iros" y "coirón amargo". 	<ul style="list-style-type: none"> • Estepa de "tolilla", "chijua" y "añagua": es la más característica y abundante de la provincia. Las especies dominantes son arbustos que crecen muy esparcidos, dejando grandes espacios de suelo desnudo entre ellos.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

	Provincia Altoandina	Provincia Puneña
Comunidades Serales	Desierto de líquenes. Semidesierto de caméfitos. Vega de <i>Oxychloe</i> andina: es la comunidad característica de las vegas del distrito Quichua. El suelo se halla empapado en agua y vegetación formando un tapiz de pocos centímetros de altura, interrumpido por innumerables charquitas. Vega de <i>Distichia muscoides</i> . Vega de guaia (<i>Deyeuxia fulva</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Tapiz de bromeliáceas. • Vegetación acuática. • Vegas de <i>Zameioscirpus</i>, <i>Juncus</i>, <i>Plantago</i> y <i>Písela</i>. • Césped halófilo. • Pajonales de chillajua. • Praderas de brama. • Matorrales de tola. • Estepas de cachiyuyo. • Estepa de jaboncillo. • Estepas de <i>Sporobolus rigens</i> (carrizo). • Estepas de esporal. • Matorrales de lampaya. • Estepa de pingo-pingo.

Antecedentes

A continuación, se describen los principales hallazgos de flora de los estudios realizados en el Salar del Rincón con Ady (2007) y Ausenco (2018).

Estudio ADY 2007

En 2007, ADY Resources realizó un estudio de línea de base, donde visitó el Salar del Rincón y el salar Cauchari. Para el muestreo de la vegetación se ubicaron **parcelas** de 4 m x 4 m (16 m²), las cuales se subdividieron en cuadrículas de 1 m x 1 m resultando en 16 cuadrículas por parcela. Dentro de cada cuadrícula se registró el número de individuos por especie, altura del individuo, cobertura, fenología, tipo de crecimiento (arbusto, mata, planta en cojín). Además de las parcelas, durante el viaje de reconocimiento se relevaron **puntos de observación** donde se realizaron observaciones directas. En la Tabla 51 y las Figura 31 y Figura 33, se puede ver la distribución de las unidades de las parcelas y los puntos de observación, respectivamente, para el Salar del Rincón.

Tabla 51. Coordenadas unidades de muestrales de flora ADY 2007

Metodología	N°	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Referencia
		Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	
Parcelas de Muestreo	1	24°09'30,74"S	67°09'29,41"O	7328630	3382294	Sitio 1 - Ladera Sur del Salar del Rincón.
	2	24°12'34,45"S	66°59'40,67"O	7323105	3398956	Sitio 2 - Cercanía a Campamento Mina Talismán.
	3	24°06'18,11"S	67°10'48,65"O	7334539	3380007	Sitio 3 - Vega El Junquillar.
	4	23°54'00,32"S	67°09'36,58"O	7357258	3381855	Sitio 4 - Costado del camino hacia el lado Oeste del Salar.
	5	24°00'46,04"S	67°13'41,45"O	7344715	3375036	Sitio 5 - Cercanía al Puesto y Vega El Rincón.
	6	23°56'49,67"S	67°04'49,73"O	7352112	3390010	Sitio 6 - Cuadrícula 1 - Camino // a línea de Alta Tensión.
	7	24°01'04,30"S	67°02'08,99"O	7344311	3394613	Sitio 7 - Cuadrícula 1 - Zona de piletas.
Punto de Observación	1	24°10'19,16"S	67°02'18,78"O	7327236	3394463	Observaciones directas - recolección de ejemplares al costado Sur del salar.
	2	24°09'29,63"S	67°09'29,38"O	7328665	3382294	Ojo de agua. Costado Sur del Salar del Rincón.
	3	24°06'45,83"S	67°10'39,83"O	7333688	3380263	Tolar grande cercanía a Ojo de agua.
	4	24°12'21,20"S	67°00'09,40"O	7323507	3398142	Observación de vegetación de ladera - Costado Sur del Salar del Rincón.
	5	23°57'18,72"S	67°04'12,68"O	7351226	3391064	Camino paralelo a línea de Alta Tensión (Lado Norte del salar) - Presencia de cactus.
	6	23°55'32,20"S	67°10'30,97"O	7354419	3380340	Zona de barrancas - Afloramiento rocoso Lado Oeste del Salar.
	7	23°55'47,14"S	67°10'33,82"O	7353958	3380263	Entrada del río Rincón.
	8	23°57'09,11"S	67°10'53,72"O	7351431	3379721	Mojones - Zona de barrancas, refugio apacheta.
	9	24°00'08,82"S	67°12'43,06"O	7345875	3376677	Observaciones de vegetación sobre el Camino del lado Oeste del salar.
	10	24°01'17,08"S	67°13'56,86"O	7343757	3374609	Puesto o Vega el Rincón - Observaciones de vegetación y fauna-

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Metodología	N°	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Referencia
		Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	
						arroyo de agua dulce.
	11	24°01'22,19"S	67°14'00,74"O	7343598	3374501	Puesto o Vega el Rincón - arroyo de agua dulce.
	12	24°00'24,19"S	67°00'58,43"O	7345560	3396599	Observaciones de vegetación - Camino Borde Este del salar.
	13	24°01'23,88"S	67°00'13,10"O	7343732	3397893	Observaciones de vegetación - Camino Borde Este del salar.
	14	24°02'45,85"S	66°59'40,56"O	7341217	3398830	Observaciones de vegetación - Camino Borde Este del salar.
	15	24°03'52,96"S	66°59'20,00"O	7339156	3399426	Observaciones de vegetación - Camino Borde Este del salar.
	16	24°05'16,73"S	66°59'09,02"O	7336581	3399754	Observaciones de vegetación - Camino Borde Este del salar.
	17	24°05'47,26"S	66°58'45,91"O	7335646	3400413	Puesto Mina Estela - Pajonales y plantas en cojín.

Se definieron para el Salar del Rincón ambientes y subambientes, en la Tabla 52 se detallan sus características generales:

Tabla 52. Ambientes del Salar del Rincón descriptos por ADY 2007 para la flora.

Ambiente		Características Generales
Salar Propiamente Dicho		<ul style="list-style-type: none"> Ambiente que ocupa la superficie del salar propiamente dicho. Presencia de una capa de costra salina que imposibilita el asentamiento de vegetación. Sin registros de vegetación.
Borde de Salar	Borde de Salar Propiamente Dicho	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente ubicado alrededor de todo el perímetro del salar. Presencia de una amplia costra salina en superficie vegetada por plantas en cojín que conforman un césped halófilo. Predominio de <i>Frankenia triandra</i> (yaretilla), <i>Distichlis humilis</i> (brama) y <i>Salicornia pulvinata</i>. Mayor porcentaje de cobertura vegetal de todos los ambientes relevados (89%).
	Transición entre Borde de Salar y Playa	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente identificado en la zona NE del Salar del Rincón (en las cercanías de la zona del campamento, específicamente en el área de las piletas de evaporación).

2
 A
 P
 E
 A
 L
 H
 J
 F

Ambiente		Características Generales
		<ul style="list-style-type: none"> Planicie de sustrato arenoso, presencia de costra salina. Matas conformadas por <i>Festuca orthophylla</i> (iros), <i>Poa gymnantha</i> (iros) y arbustos de <i>Parastrephia lucida</i> (tola). Densidad muy baja (0,375 individuos m-2) y altamente variable. Cobertura vegetal: 7,8%.
	Borde de Salar – Vega El Junquillar	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación sobre el lado sur del Salar del Rincón. Vegetación conformada por densas matas de junco o mallín (<i>Juncus balticus</i>) e iros (<i>Poa gymnantha</i>), matorral de tolas (<i>Parastrephia lucida</i>) dispersas. Suelo cubierto principalmente por césped halófito de <i>Salicornia pulvinata</i> y brama (<i>Distichlis humilis</i>). Riqueza: 5 especies. Densidad de 1,6 individuos m-2, uno de los valores más altos en comparación al resto de los ambientes relevados. Cobertura vegetal: 47%.
Vegas	“Ojo de Agua” – Lado Suroeste	<ul style="list-style-type: none"> Vegetación conformada por matas de juncáceas y gramíneas alrededor del agua. Presencia de césped halófito integrado por <i>Salicornia pulvinata</i> y <i>Distichlis humilis</i> junto a plantas en cojín de <i>Frankenia triandra</i>. Ejemplares de tola de gran porte dispersos en la zona colindante a este “Ojo de agua”. Riqueza: 7 especies.
	Vega El Rincón	<ul style="list-style-type: none"> Sobre un pequeño arroyo de agua dulce, situado en el Puesto El Rincón se pudo identificar una hierba semiacuática <i>Mimulus depressus</i> (berro). Existencia de un denso matorral de rica-rica (<i>Aloysia deserticota</i>), rosita (<i>Junellia seriphoides</i>), suriyanta (<i>Nardophilum armatum</i>) y añagua (<i>Adesmia sp.</i>). Matorrales mono-específicos de tola (<i>Parastrephia lucida</i>) junto a densos pajonales de iros (<i>Poa gymnantha</i>) o chillagua (<i>Festuca buchtienii</i>). Denso pajonal de iros (<i>Poa gymnantha</i>), sobre el borde del salar y recubriendo una quebrada situada al fondo del puesto. Riqueza: 9 especies.
Playa	Playa Noroeste	<ul style="list-style-type: none"> Ambiente ubicado en el extremo noroeste del Salar del Rincón. Pendiente escasa a nula, sustrato rocoso de origen volcánico (Ignimbrita). Matorral de tres especies de arbustos: rica-rica (<i>Aloysia deserticota</i>), suriyanta o espina amarilla (<i>Nardophilum armatum</i>) y añagua (<i>Adesmia sp.</i>); una gramínea sin identificar, y una hierba brasicácea. Riqueza: 5 especies.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 R

Ambiente		Características Generales
		<ul style="list-style-type: none"> Densidad: 1,6 individuos m-2. Cobertura vegetal: 11%.
	Playa Norte	<ul style="list-style-type: none"> Ubicación: zona norte del Salar del Rincón. Sector plano o con escasa pendiente, sustrato pedregoso y arenoso. Sector vegetado por una exigua cobertura de un arbustal o matorral de rica-rica, con algunos cactus aislados y dos hierbas pigmeas (<i>Urmenetea atacamensis</i> y <i>Hoffmannseggia minor</i>). Riqueza: 4 especies. Densidad: 1,8 individuos m-2. Cobertura vegetal: 2,7%.
	Playa Este	<ul style="list-style-type: none"> Zona este del Salar del Rincón. Escasa pendiente, sustrato arenoso y pedregoso. Estepa arbustiva que colinda con vegetación típica del borde del salar. Integrada por rica rica (<i>Aloysia deserticola</i>), la rosita (<i>Junellia seriphioides</i>), suriyanta (<i>Nardophilum armatum</i>), añagua (<i>Adesmia sp</i>) y el San Pedro (<i>Chuquiraga atacamensis</i>) Riqueza: 5 especies.
Ladera	Ladera Sur	<ul style="list-style-type: none"> Faldeos de los Cerros Tul-Tul y del Medio, situados al sur del Salar del Rincón. Extensa área de pendientes y sustratos variables. Estepa arbustiva de escasa cobertura en las zonas más altas de la ladera y pobre en especies. Matorral integrado mayoritariamente por rica-rica y en menor magnitud por tola (<i>Parastrephia lucida</i>) muy dispersa. Riqueza: 3 especies. Baja densidad: 0,6 individuos m 2. Cobertura vegetal: 45%.
	Ladera Oeste	<ul style="list-style-type: none"> Principalmente sobre los faldeos del cerro El Rincón, lado oeste del salar. Pendientes y sustrato variables. Estepa arbustiva densa y relativamente rica en especies. Cactáceas dispersas y algunas hierbas de bajo porte. Riqueza: 6 especies. Baja densidad: 0,44 individuos m-2. Cobertura vegetal: 7,8%.
Afloramiento Rocoso		<ul style="list-style-type: none"> Sector oeste del Salar del Rincón, específicamente sobre el extremo noroeste (Paraje Mojones). Relieve colinado con fuertes pendientes en algunos sectores. Sobre el límite del salar se observan sectores de barrancas rocosas abruptas que definen la fisonomía del paisaje. En este sector desemboca el río Rincón. Su cauce, seco al momento del muestreo, forma una extensa planicie pobremente vegetada por un matorral.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Ambiente	Características Generales
	<ul style="list-style-type: none"> • En el límite con el borde del salar, existen densos tolares y en otros sectores tolas de gran porte, pero muy dispersas. • Estepa arbustiva integrada por rica-rica, suriyanta, añagua y tola de río.

Estudio Ausenco 2018

En este estudio se resume la información generada a partir de estudios y muestreos de flora realizados durante once años.

Se realizó un recorrido expeditivo por los diferentes ambientes en febrero de 2014, para la actualización del registro fotográfico y la observación de los registros de las campañas anteriores (enero de 2007, marzo de 2007, abril de 2008, noviembre de 2008 y marzo de 2009). Posteriormente, durante marzo, abril y noviembre de 2016; abril septiembre y diciembre de 2017; y marzo de 2018, se realizaron nuevas campañas de muestreo de flora y vegetación en el Salar del Rincón y alrededores. En la zona de estepas se ubicaron parcelas: de 2 x 10 m en las estepas herbáceas, de 2 x 20 m en las estepas arbustivas bajas, y de 2 x 40 m en las estepas arbustivas altas y con diámetro de copa superiores a 1 m. Por otro lado, en las vegas se utilizaron transectas de 50 m de longitud sobre las que se realizaron observaciones puntuales a intervalos fijos de 1 m. No se cuentan con las coordenadas de estas unidades muestrales.

Se realizó la descripción de la vegetación del área de estudio del Proyecto a partir de dos clasificaciones relevadas: Unidades Ambientales y Unidades de Vegetación. Las Unidades Ambientales fueron las ya descritas por ADY 2007 en la Tabla 52 y Fabbroni (2007). Las Unidades de Vegetación fueron las identificadas por Tolaba (2008 a, 2009 b, 2010 a y 2010 b) (Tabla 53).

Tabla 53. Unidades de vegetación del Salar del Rincón descriptos por Ausenco 2018

Ambiente	Unidad de vegetación	Características generales
Estepas	Rica - Rical	<ul style="list-style-type: none"> • Compuesta principalmente por rica-rica (<i>Aloysia deserticola</i>) • Se emplaza en faldeos que bordean la vega El Rincón, en el extremo NO del salar, sobre sustrato rocoso de origen

Ambiente	Unidad de vegetación	Características generales
		<p>volcánico (Ignimbrita). También en la zona N del salar, por donde corre la línea de alta tensión a Chile y próximo a la Ruta Nacional N° 51 e inmediaciones al camino que conduce a Catua (Jujuy); además del borde E del salar (Mina Águila, salar Morro Colorado) y sobre los principales cordones montañosos que rodean al salar por el flanco S (Saladillo y cerros Tul-Tul, Del Medio y Rincón). Se observa también esta unidad al E del campamento de la empresa.</p> <ul style="list-style-type: none"> En determinados sitios suelen vegetar en forma aislada arbustos de <i>Artemisia copa</i>, <i>Chuquiraga acanthophylla</i>, <i>Senecio viridis</i>, <i>Nardophyllum armatum</i>, <i>Fabiana densa</i> y <i>Adesmia horrida</i>, entre otros.
	Copa-Copal	<ul style="list-style-type: none"> Dominada en cobertura por arbustos de copa-copa (<i>Artemisia copa</i>) y en densidad por iro (<i>Poa gymnantha</i> y <i>Festuca orthophylla</i>), acompañadas por algunos arbustos aislados y otras plantas herbáceas. Los copa-copa son arbustos muy ramificados y aromáticos, usados como combustible e incluso con varios usos medicinales. Se ubica en laderas con exposición SO, en diferentes parches ubicados a lo largo de las laderas situadas al S del salar. La unidad se interdigita con otras (Arbustal Mixto, Tolillar) como sucede en laderas con la exposición antes mencionada de Sierras Guayaos (Vega Faldeo Ciénago, Vega Amarilla) e inclusive conforma parches con el Pastizal de Iro en las partes bajas de tales sitios.
	Tolillar	<ul style="list-style-type: none"> Estepa arbustiva, dominada tanto en cobertura como en densidad por tolilla o tola-vaca (<i>Fabiana punensis</i>), que forma un estrato arbustivo laxo, junto a otros arbustos como <i>Acantholippia deserticola</i>, <i>Adesmia horrida</i>, <i>Baccharis incarum</i> y <i>Artemisia copa</i>. Entre las especies herbáceas se hallan en muy baja proporción <i>Hoffmannseggia minor</i> y <i>Sisymbrium philippianum</i>, entre las más relevantes. Esta unidad se interdigita a modo de parches entre las demás unidades de vegetación, afloramientos rocosos y peladares, sobre laderas principalmente con exposición E-NE del lado S del salar (en diferentes sectores entre Laguna El Rincón y Vega Rincón).
	Cachiyuyal	<ul style="list-style-type: none"> Dominada por <i>Atriplex imbricata</i> (cachiyuyo). Se asienta sobre laderas secas, pedregosas, con orientación N y NE, ubicadas hacia el flanco E del salar, y muchas veces interrumpidas por peladares (áreas carentes de vegetación) En lo que respecta a especies arbustivas, solo se constató en forma muy aislada un ejemplar raquíutico de <i>Adesmia horrida</i> y en herbáceas a <i>Hoffmannseggia minor</i>.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

Ambiente	Unidad de vegetación	Características generales
Estepas Arbustivas Mixtas	Arbustal Mixto	<ul style="list-style-type: none"> • Constituye un estrato arbustivo denso, siendo la unidad de mayor riqueza específica, tanto como en especies arbustivas como a herbáceas. • Se cuenta a <i>Aloysia deserticola</i>, <i>Artemisia copa</i>, <i>Baccharis incarum</i>, <i>Chuquiraga atacamensis</i>, <i>Ephedra breana</i>, <i>Fabiana punensis</i>, <i>Junellia seriphioides</i>, <i>Lycium chanar</i>, <i>Nardophyllum armatum</i>, <i>Parastrephia lucida</i> y <i>Senecio viridis</i>. Entre las herbáceas se hallan <i>Cristaria andicola</i>, <i>Hoffmannseggia minor</i>, <i>Euphorbia amandii</i>, <i>Maihueniopsis boliviana</i>, <i>Nicotiana petunioides</i>, <i>Sisymbrium philippianum</i>, <i>Stipa leptostachya</i> y <i>Urmenetea atacamensis</i>. • Se enmarca en la porción E del salar, conos de sedimentación de las vegas Amarilla y Faldeo Ciénago y en general en las partes bajas de las Sierras Guayaos adyacentes a la Ruta Nacional N° 51. También se encuentra entre el cerro Tul-Tul (Sur del salar), Saladillo y Mina Cornialot y en laderas contiguas a la Quebrada Lare,
Estepa Herbácea	Pastizal De Iro	<ul style="list-style-type: none"> • Dominada por <i>Festuca orthophylla</i> (iro, iros). • Se caracteriza por estar constituida por matas anulares, adquiriendo esta forma por efecto del hielo o la nieve, o bien por reptación de clastos y material suelto. • Se emplaza en laderas con pendiente acusada a ambos márgenes de las vegas Faldeo Ciénago y Amarilla. • En los espacios de suelo desnudo vegetan especies herbáceas, tales como <i>Mulinum famatinense</i>, <i>Nassella curviseta</i>, <i>Stipa leptostachya</i>, <i>S. hieronymusii</i> y <i>Poa gymnantha</i>, además de una arbustiva: <i>Parastrephia quadrangularis</i> (chacha, tola).
Vegas	Yaretillar	<ul style="list-style-type: none"> • Dominada yaretilla (<i>Frankenia triandra</i>). • Se emplaza al E y SE del campamento, y extendiéndose por casi todo el borde N del salar, además de cubrir algunos sectores ubicados al SE del mismo (Salar Morro Colorado, Mina El Talismán y Saladillo).
	Yaretillar Con Acerillo Y Brama	<ul style="list-style-type: none"> • Dominada por tres especies: <i>Frankenia triandra</i>, <i>Lycium humile</i> y <i>Distichlis humilis</i>, se caracterizan por su alto nivel de tolerancia a sales • Se emplaza en prácticamente todo el borde S del Salar del Rincón (Laguna Rincón, vega Rincón, Pozo Ruina) • Se trata de una cobertura de plantas en cojín, en donde el estrato no supera los 10 cm de altura. • Se registra en forma muy aislada la especie arbustiva <i>Parastrephia lucida</i> (tola). Además, se suma <i>Sarcocornia pulvinata</i> (jume).
	Yaretillar Con Chillagua	<ul style="list-style-type: none"> • Dominada por <i>Frankenia triandra</i> (yaretilla) y <i>Festuca argentinensis</i> (chillagua). La misma • Se emplaza en bordes del salar sobre suelos arenosos, salinos. • Acompañan a estos taxa: pequeñas matitas de <i>Distichlis humilis</i> (brama) y arbustos de <i>Parastrephia lucida</i> (tola).

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

Ambiente	Unidad de vegetación	Características generales
		Esta unidad colinda en forma inmediata con el campamento, hacia el N, NO, Oy SO del mismo; quizás por tal motivo sea la unidad más afectada por acción antrópica.
	Tolar	<ul style="list-style-type: none"> • Matorral de la arbustiva <i>Parastrephia lucida</i> (tola). • Se enmarca en el borde de salar a modo de anillo discontinuo entre la unidad Yaretillar con Acerillo y Brama y alguna de las estepas arbustivas descriptas anteriormente. • En algunos puntos, se interdigita con parches de la comunidad Yaretillar con Acerillo y Brama.
	Pajonal De Chillagua	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad característica de las vegas y bofedales de la provincia puneña. • Dominada por matas de chillagua (<i>Festuca argentinensis</i>). • Otras especies frecuentes son el unquillo (<i>Juncus arcticus</i>), champa (<i>Scirpus atacamensis</i>), iro (<i>Festuca hypsophila</i>), y chingua (<i>Triglochin concinna</i>), entre otras.
	Pajonal De Chillagua Y Guaia	<ul style="list-style-type: none"> • Pastizal de vega muy similar tanto en lo fisonómico como en lo florístico con el Pajonal de Chillagua, • Dominan en cobertura y densidad: chillagua (<i>Festuca argentinensis</i>) y guaia (<i>Deyeuxia eminens var. Fulva</i> ;sub. <i>D. fulva</i>). • Es el pajonal característico de los bofedales de Laguna El Rincón, Vega Faldeo Ciénago y Vega Amarilla en las Sierras Guayaos.
	Unquillal	<ul style="list-style-type: none"> • Se emplaza en las vegas Unquillar y Saladillo. • Domina el unquillo (<i>Juncus arcticus</i>) y en segundo orden chillagua (<i>Festuca argentinensis</i> y <i>Deyeuxia chrysophylla</i>), además de <i>Festuca hypsophila</i> en sitios cercanos al borde de salar. • Otra especie herbácea que adquiere aquí mayor relevancia es la cola de ratón (<i>Hordeum halophilum</i>). • Esta unidad suele interdigitarse con el Pajonal de Chillagua y Guaia en Laguna El Rincón y en ciertos sectores del Pajonal de Chillagua en Vega Rincón.
	Champal	<ul style="list-style-type: none"> • Dominada por cojines de champa (<i>Scirpus atacamensis</i>), planta rizomatosa que forma densos y apretados cojines empapados de agua a modo de islotes entre las matas anulares de chillagua (<i>Festuca argentinensis</i>). • También crecen matas de <i>Deyeuxia chrysophylla</i> y pequeñas matitas de <i>Festuca hypsophila</i>. • Se emplaza en todos los ambientes de vega estudiados (Vega Rincón, Laguna El Rincón, y en bofedales de las Sierras Guayaos: Vegas Amarilla y Faldeo Ciénago). • En las vegas Faldeo Ciénago y Amarilla, los mencionados cojines de <i>Scirpus atacamensis</i> se consocian con otra entidad que también tiene el mismo hábito de crecimiento: <i>Carex nebularum</i>, y a veces lo hacen también con champa brava (<i>Oxychlöe andina</i>) muy similar en aspecto a <i>Scirpus atacamensis</i>.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

Ambiente	Unidad de vegetación	Características generales
		<ul style="list-style-type: none"> Entre los apretados cojines de champa se desarrolla una rica flora fanerogámica
Peladares		<ul style="list-style-type: none"> Presenta suelo pedregoso, desnudo casi en un 100%. Representan áreas carentes de vegetación, o con pocos, tales como <i>Acantholippia deserticola</i> (rica-rica), <i>Nardophyllum armatum</i> (suriyanta) y <i>Adesmia horrida</i> (añagua). Se sitúan en proximidades de la Ruta Nacional N° 51 (al NO del Salar del Rincón) y en algunas laderas contiguas al salar en su margen S, preponderantemente con exposición N (Mina El Talismán, estribaciones bajas y medias del Cerro Tul-Tul, laderas próximas a El Saladillo).

4.1.1 Objetivos

Actualizar la línea de base ambiental del proyecto Rincón, incluyendo dos campañas de campo, una en la época seca, y otra en la época húmeda, con los siguientes objetivos:

- Identificar unidades de vegetación y caracterizar las comunidades vegetales presentes, realizando la descripción de las características comunitarias que reúne cada una;
- Analizar la diversidad de especies de flora existente en el área;
- Caracterizar las especies presentes de acuerdo con su estado de conservación y usos; y
- Confeccionar un mapa de NDVI del área de estudios del Proyecto Rincón.

4.2 Metodología

En el marco de la elaboración de una línea de base actualizada, se realizaron dos visitas a campo, una correspondiente al fin de la época seca, desde el 16 al 19 de noviembre de 2022, y otra al fin de la época húmeda, desde el 28 de marzo al 1 de abril de 2023. Para la correcta identificación y nomenclatura de las especies de flora se siguió lo establecido por el catálogo del Instituto de Botánica Darwinion (Flora del Cono Sur, 2015).

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 R

4.2.1 Trabajo de campo

Para el relevamiento de ambas campañas, se definieron unidades de vegetación según Teiller (1998, 2003). Se diferencian en dos tipos: **vegetación azonal**, aquella que crece en los humedales, es decir que está asociada a los aportes de agua provenientes de la nieve y/o vertientes o manantiales (estacionales o permanentes) que garantizan los requerimientos hídricos para su desarrollo y no dependen del tipo de clima ni de suelo. Y por otro lado la **vegetación zonal** que se desarrolla en áreas secas y está asociada y depende de las condiciones climáticas y edáficas, independiente de los aportes hídricos.

Siguiendo esta primera clasificación de sectores zonales y azonales es que se incorpora dentro de esta a las unidades identificadas en los relevamientos previos en el área de estudio definidas a priori como correctas y establecidas por Fabbroni et. al. 2007 y Tolaba 2008 a, 2009 b, 2010 b, los cuales se quedaron de la siguiente manera:

Sectores Azonales

- a) Ambiente de Salar
- b) Ambiente de Borde de salar
- c) Ambiente de Vega

Sectores Zonales

- d) Ambiente de Planicie o Estepas
 En este caso corresponde principalmente a conos aluviales que sus sectores más distales limitan con el Salar del Rincón.
- e) Ambiente de ladera
 Se ubican principalmente en los sectores Sur y Norte del salar
- f) Ambiente de afloramiento Rocoso

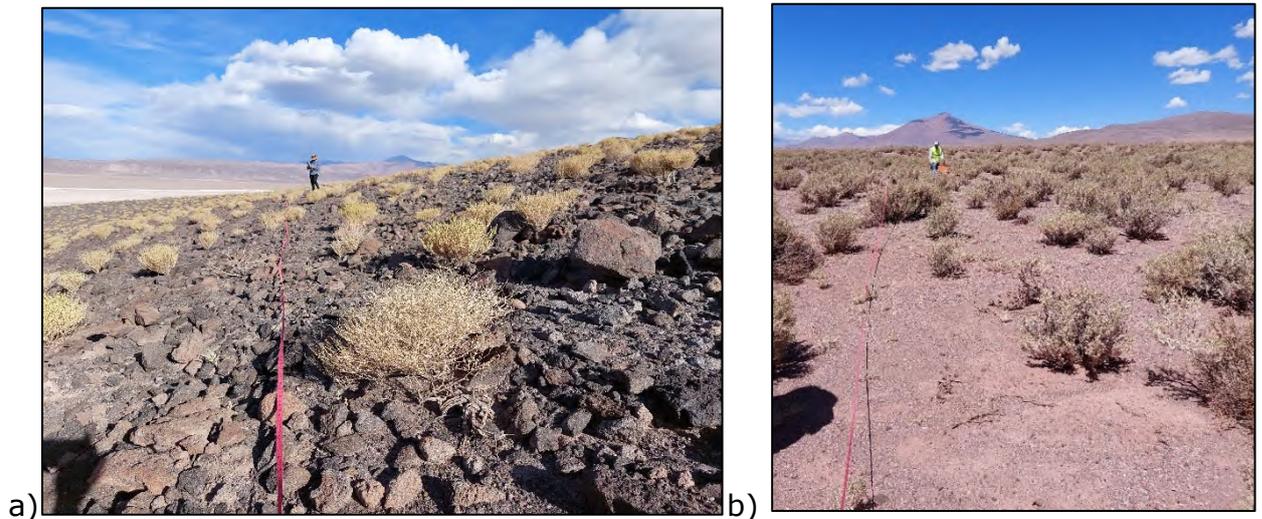
De acuerdo con el tipo de sector correspondiente ya sean zonales y azonales se aplicaron distintas metodologías para la toma de datos, las cuales se describen a continuación:

e
A
B
E
★
A.C
L
H
★
F

4.2.1.1 Parcelas de Muestreo

Para ambas campañas, se ubicaron parcelas de 20 m x 2 m, abarcando un área de 40 m² cada una, en zonas de estepas y laderas para sectores zonales, mientras que para sectores azonales se localizaron en estepas de borde de salar (Fotografía 67). Cada parcela fue georreferenciada por medio de GPS, desde su inicio y hasta el final considerando el lado más largo por el centro de esta. Estas parcelas en la mayoría de los casos siguieron el orden de las curvas de nivel. Adicionalmente, en las parcelas se tomaron los siguientes datos:

- Especies presentes y número de individuos;
- Medición de altura; y
- Medición de superficie de las copas: ancho, o lado menor, y largo, o lado mayor, de la misma a fin de determinar la cobertura por especie y de suelo desnudo. Fotografía de la unidad identificada.



Fotografía 67. Relevamiento en campo por medio de parcelas en la a) primera campaña y en la b) segunda campaña

Esfuerzo de muestreo

En la primera campaña, se emplearon 17 parcelas de muestreo de vegetación, 14 para sectores zonales correspondientes a estepas y laderas, mientras que otras tres para sectores azonales pertenecientes a estepas de borde de salar. De las 17 parcelas de muestreo de vegetación realizadas en la primera campaña se repitieron once: diez para sectores zonales correspondientes a estepas y laderas, mientras que una para sectores azonales pertenecientes a estepas de borde de salar. Se considera como suficientes, los datos obtenidos en la campaña, al no observar cambios en la composición de las unidades descriptas como por ejemplo para la estepa de Parastrephia de borde de salar. Bajo esta consideración es que se utilizaron además los datos de la primera campaña teniendo en cuenta que no se observaran cambios en las unidades respectivas.

En la Tabla 54 se muestran las coordenadas de las parcelas georreferenciadas por GPS en ambas campañas, y en el siguiente mapa su ubicación (Figura 31). La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.26.

e
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F

Tabla 55. Coordenadas de las parcelas de vegetación-primera y segunda campaña

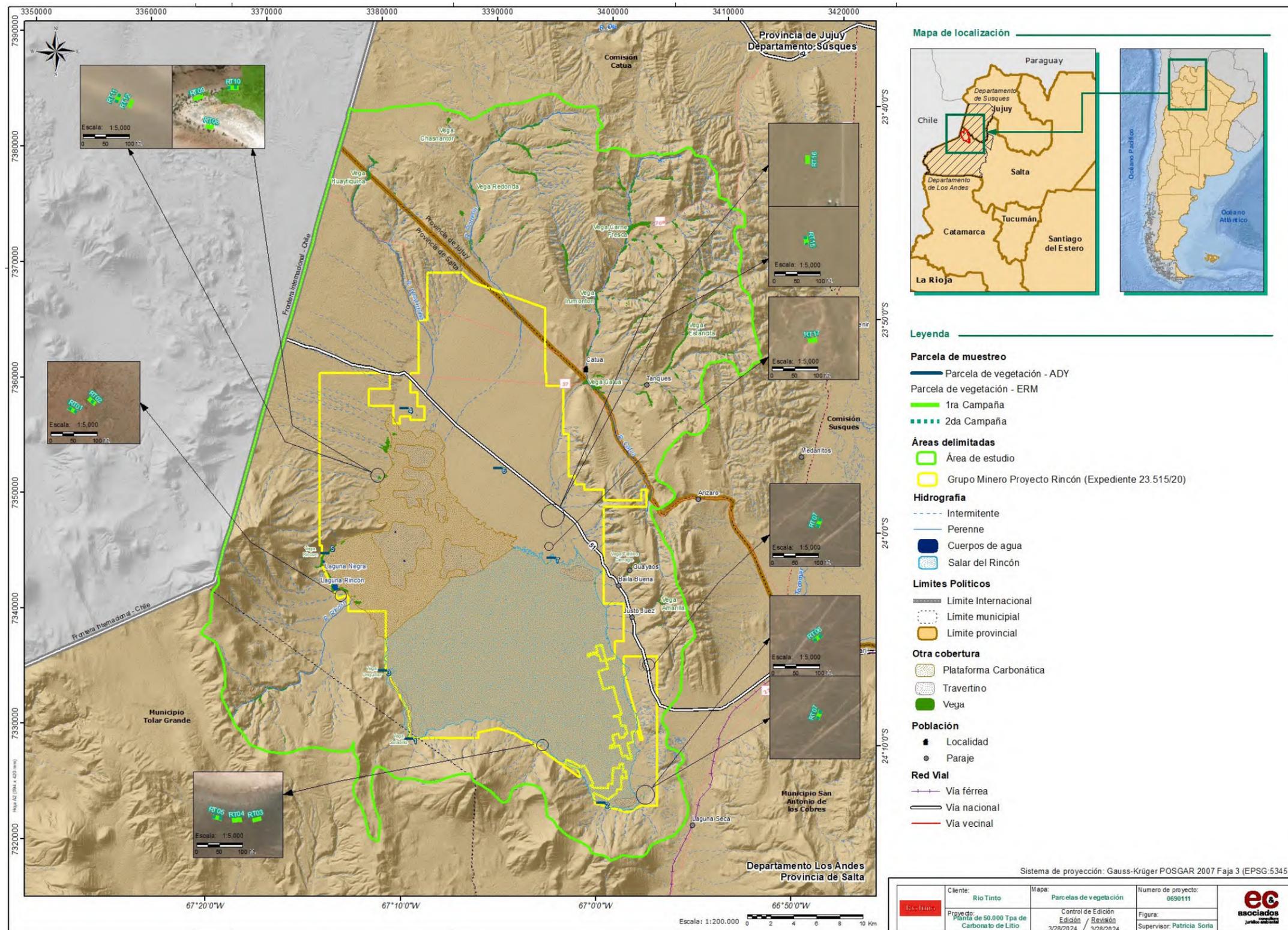
Nombre		Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Campaña 1	Campaña 2	Ambiente
		Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)			
RT01	Inicio	24°2'42,50"S	67°12'54,5"O	7341144	3376394	x	x	Estepas
	Fin	24°2'42,79"S	67°12'53,9"O	7341135	3376411			
RT02	Inicio	24°2'41,82"S	67°12'53,0"O	7341165	3376436	x	x	Estepas
	Fin	24°2'42,25"S	67°12'52,4"O	7341152	3376452			
RT03	Inicio	24°9'47,48"S	67°2'41,56"O	7328202	3393793	x		Estepas
	Fin	24°9'47,62"S	67°2'42,25"O	7328206	3393813			
RT04	Inicio	24°9'47,62"S	67°2'43,80"O	7328201	3393749	x		Estepas
	Fin	24°9'47,55"S	67°2'43,04"O	7328204	3393771			
RT05	Inicio	24°9'47,52"S	67°2'44,55"O	7328211	3393707	x	x	Estepas
	Fin	24°9'47,30"S	67°2'45,31"O	7328205	3393728			
RT06	Inicio	24°12'20,8"S	66°57'29,1"O	7323549	3402664	x	x	Estepas
	Fin	24°12'20,4"S	66°57'28,5"O	7323562	3402681			
RT07	Inicio	24°12'6,94"S	66°57'15,3"O	7323981	3403052	x	x	Estepas
	Fin	24°12'6,26"S	66°57'15,0"O	7324002	3403059			
RT08	Inicio	23°57'17,5"S	67°10'56,8"O	7351175	3379617	x		Estepa de Parastrephia
	Fin	23°57'17,3"S	67°10'57,5"O	7351172	3379634			
RT09	Inicio	23°57'15,5"S	67°10'58,4"O	7351234	3379590	x		Estepa de Parastrephia
	Fin	23°57'15,3"S	67°10'57,6"O	7351240	3379611			
RT10	Inicio	23°57'14,7"S	67°10'55,8"O	7351258	3379664	x	x	Estepa de Parastrephia
	Fin	23°57'14,7"S	67°10'54,9"O	7351259	3379688			
RT11	Inicio	23°56'56,1"S	67°10'52,4"O	7351850	3379763	x	x	Estepas
	Fin	23°56'55,5"S	67°10'52,1"O	7351831	3379754			
RT12	Inicio	23°56'55,9"S	67°10'51,1"O	7351838	3379790	x		Estepas
	Fin	23°56'56,4"S	67°10'51,4"O	7351821	3379782			

e
 P
 B
 E
 A
 A.C
 L
 H
 ✓
 R

Nombre		Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Campaña 1	Campaña 2	Ambiente
		Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)			
RT13	Inicio	24°6'5,148"S	66°57'16,0"O	7335131	3402945	x	x	Laderas
	Fin	24°6'4,572"S	66°57'16,4"O	7335113	3402954			
RT14	Inicio	24°6'2,412"S	66°57'17,6"O	7335213	3402908	x	x	Laderas
	Fin	24°6'1,908"S	66°57'17,7"O	7335197	3402911			
RT15	Inicio	23°59'23,3"S	67°1'59,30"O	7347436	3394861	x	x	Estepas
	Fin	23°59'22,8"S	67°1'59,41"O	7347418	3394864			
RT16	Inicio	23°58'43,2"S	67°2'13,30"O	7348671	3394459	x		Estepas
	Fin	23°58'42,6"S	67°2'13,30"O	7348652	3394459			
RT17	Inicio	24°0'29,16"S	67°2'14,85"O	7345389	3394419	x		Estepas
	Fin	24°0'29,23"S	67°2'15,57"O	7345391	3394440			

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 ✓
 R

Figura 31. Mapa de las parcelas de vegetación - ADY 2007, 1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023)



2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 R

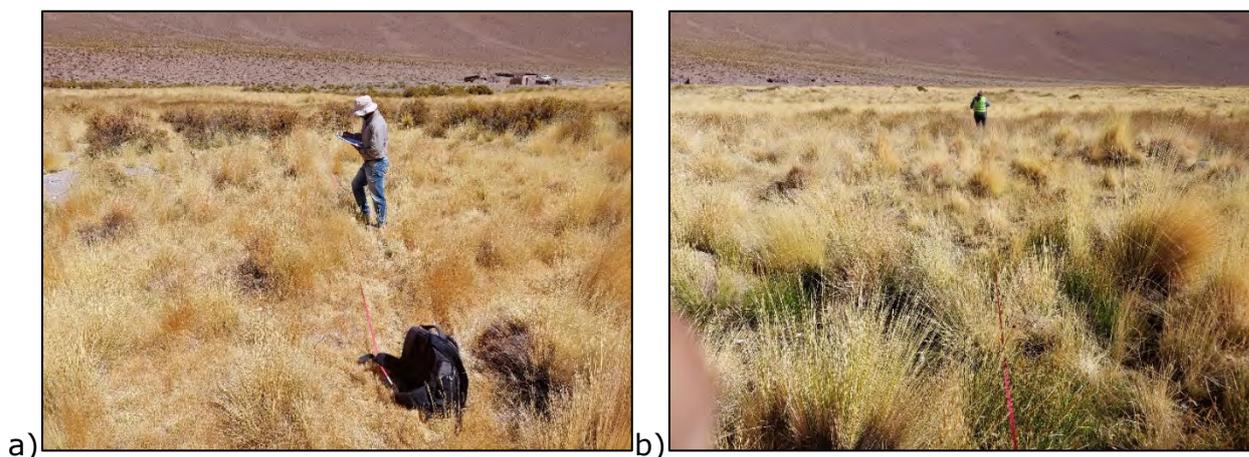
4.2.1.2 *Transectas de Muestreo*

Se ubicaron transectas lineales de 30 m de longitud para los ambientes de vega y para bordes de salar, las cuales fueron también georreferenciadas desde su inicio y hasta el final considerando el lado más largo. Estos ambientes o sectores se ubicaron principalmente hacia el sector suroeste del Salar del Rincón pertenecientes a los sitios de Vega Rincón y Vega de Laguna Rincón, que aporta agua a la Laguna, y en la vega Vega Faldeo Ciénego ubicada en las serranías del norte del Salar del Rincón (Fotografía 68).

Las plantas de cojín, características de los ambientes de vega o bofedales altoandinos (Cabrera, 1971), producen que en ocasiones la cobertura sea del 100% de modo que se realizaron sobre las transectas puntos de intercepción cada 1 m (31 puntos por transecta) (Mostacedo y Fredericksen, 2000). En cada observación se registró el tipo de cobertura, de acuerdo con las siguientes categorías:

- especie vegetal presente;
- suelo salino o sal;
- suelo desnudo;
- materia orgánica;
- agua (en estado sólido o líquido).

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F



Fotografía 68. Relevamiento en campo por medio de transectas en sectores de vegas o bordes de salar en la a) primera campaña y en la b) segunda campaña.

Esfuerzo de muestreo

Para la primera campaña se seleccionaron 12 transectas lineales, nueve para los ambientes de vega y tres para bordes de salar. En la segunda campaña se utilizaron siete transectas lineales, seis para los ambientes de vega y una para bordes de salar (Tabla 56 y Figura 32). La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.27.

e
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F

Tabla 56. Coordenadas de las transectas de vegetación azonal-1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023)

Nombre		Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		1ra Campaña	2da Campaña	Sitio
		Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)			
RV01	inicio	24°1'39,72"S	66°58'9,08"O	7343273	3401373	x	x	Vega Faldeo Ciénago
	fin	24°1'39,61"S	66°58'10,0"O	7343270	3401401			
RV02	inicio	24°1'39,03"S	66°58'7,93"O	7343295	3401407	x	x	Vega Faldeo Ciénago
	fin	24°1'38,89"S	66°58'8,86"O	7343291	3401434			
RV03	inicio	24°1'37,12"S	66°58'5,88"O	7343343	3401466	x		Vega Faldeo Ciénago
	fin	24°1'37,34"S	66°58'6,78"O	7343350	3401491			
RV04	inicio	24°1'19,52"S	67°13'52,4"O	7343706	3374713	x	x	Vega Rincón
	fin	24°1'18,76"S	67°13'53,1"O	7343681	3374735			
RV05	inicio	24°1'20,35"S	67°13'54,3"O	7343674	3374658	x	x	Vega Rincón
	fin	24°1'19,77"S	67°13'55,1"O	7343657	3374680			
RV06	inicio	24°1'21,39"S	67°13'56,4"O	7343625	3374621	x	x	Vega Rincón
	fin	24°1'22,08"S	67°13'55,7"O	7343604	3374642			
RV07	inicio	24°2'21,33"S	67°13'21,0"O	7341816	3375624	x	x	Vega Laguna Rincon
	fin	24°2'20,43"S	67°13'21,5"O	7341789	3375639			
RV08	inicio	24°2'18,34"S	67°13'22,1"O	7341881	3375606	x		Vega Laguna Rincon
	fin	24°2'19,21"S	67°13'21,7"O	7341853	3375619			
RV09	inicio	24°2'17,34"S	67°13'22,0"O	7341937	3375597	x		Vega Laguna Rincon
	fin	24°2'16,51"S	67°13'22,4"O	7341911	3375609			
RV10	inicio	24°9'22,46"S	67°8'40,20"O	7328878	3383654	x		Borde de salar
	fin	24°9'23,07"S	67°8'41,13"O	7328897	3383681			
RV11	inicio	24°9'23,04"S	67°8'41,78"O	7328878	3383637	x	x	Borde de salar
	fin	24°9'24,08"S	67°8'42,18"O	7328847	3383626			
RV12	inicio	24°9'24,15"S	67°8'42,82"O	7328844	3383607	x		Borde de salar
	fin	24°9'25,02"S	67°8'43,40"O	7328818	3383592			

E
 P
 B
 E
 A.C
 L
 H
 J
 R

Figura 32. Mapa de las transectas de vegetación azonal-1ra campaña (noviembre 2022) y 2da campaña (marzo 2023)

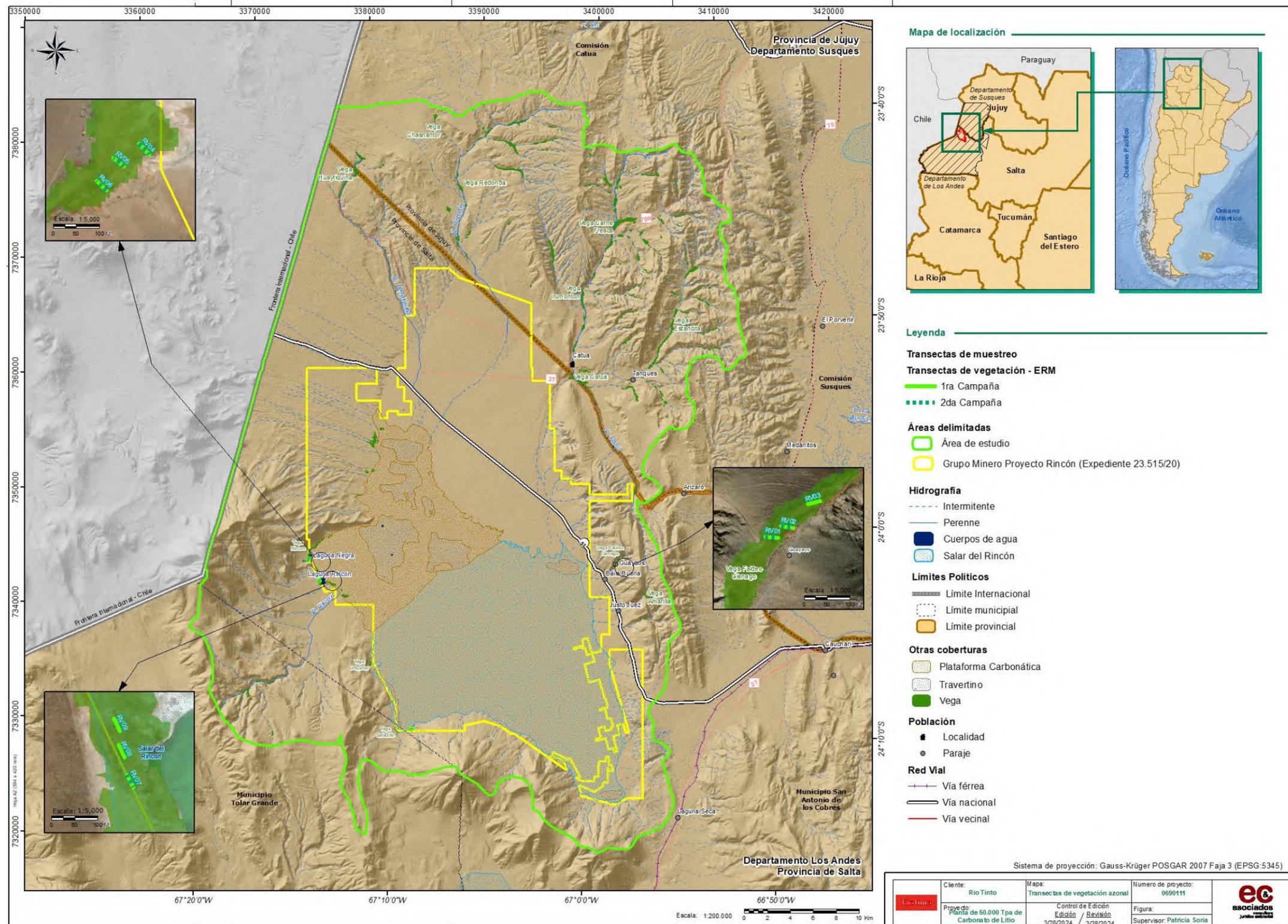


TABLA A.C.L.H.R

4.2.1.3 Puntos de observación

Son sitios sobre los cuales se registra la vegetación presente (riqueza florística, especies dominantes y acompañantes) sin efectuar mediciones sobre la misma. En el sitio se releva información referida a las condiciones del paisaje donde se ubica el punto de observación (PO): exposición, características litológicas, escurrimiento, fauna silvestre, etc. Todos estos puntos son además georreferenciados y se presentan en la Tabla 57 y en la Figura 33. La misma se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a.28. Para ambas campañas se ubicaron los mismos puntos, salvo el Po9 en la Vega Huaytiquina que sólo fue evaluada en la segunda campaña.

Tabla 57 Coordenadas de los puntos de observación realizados-1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023)

Punto de Observación	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Ambiente
	Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	
Po1	24°6'10,87"S	67°10'44,5" W	7337784	3381213	Borde de Salar
Po2	24°6'42,69"S	67°10'38,4" W	7337231	3381246	Borde de Salar
Po3	24°8'58,09"S	67°9'44,17" W	7331703	3382619	Borde de Salar
Po4	24°9'10,62"S	67°9'31,03" W	7331491	3383016	Borde de Salar
Po5	24°9'9,000"S	67°8'0,996" W	7329342	3356687	Laderas Sur
Po6	24°8'42,28"S	67°5'28,86" W	7332327	3387443	Laderas Sur
Po7	23°55'49,9"S	67°10'36,1" W	7355694	3381177	Borde de Salar
Po8	23°51'54,9"S	67°3'26,28" W	7363166	3392239	Estepa
Po9	23°44'23,7"S	67°12'08,3" W	7375912	3377555	Vega Huaytiquina

2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 J
 R

Figura 33. Mapa de los puntos de observación de flora- ADY 2007, 1ra Campaña (noviembre 2022) y 2da Campaña (marzo 2023)

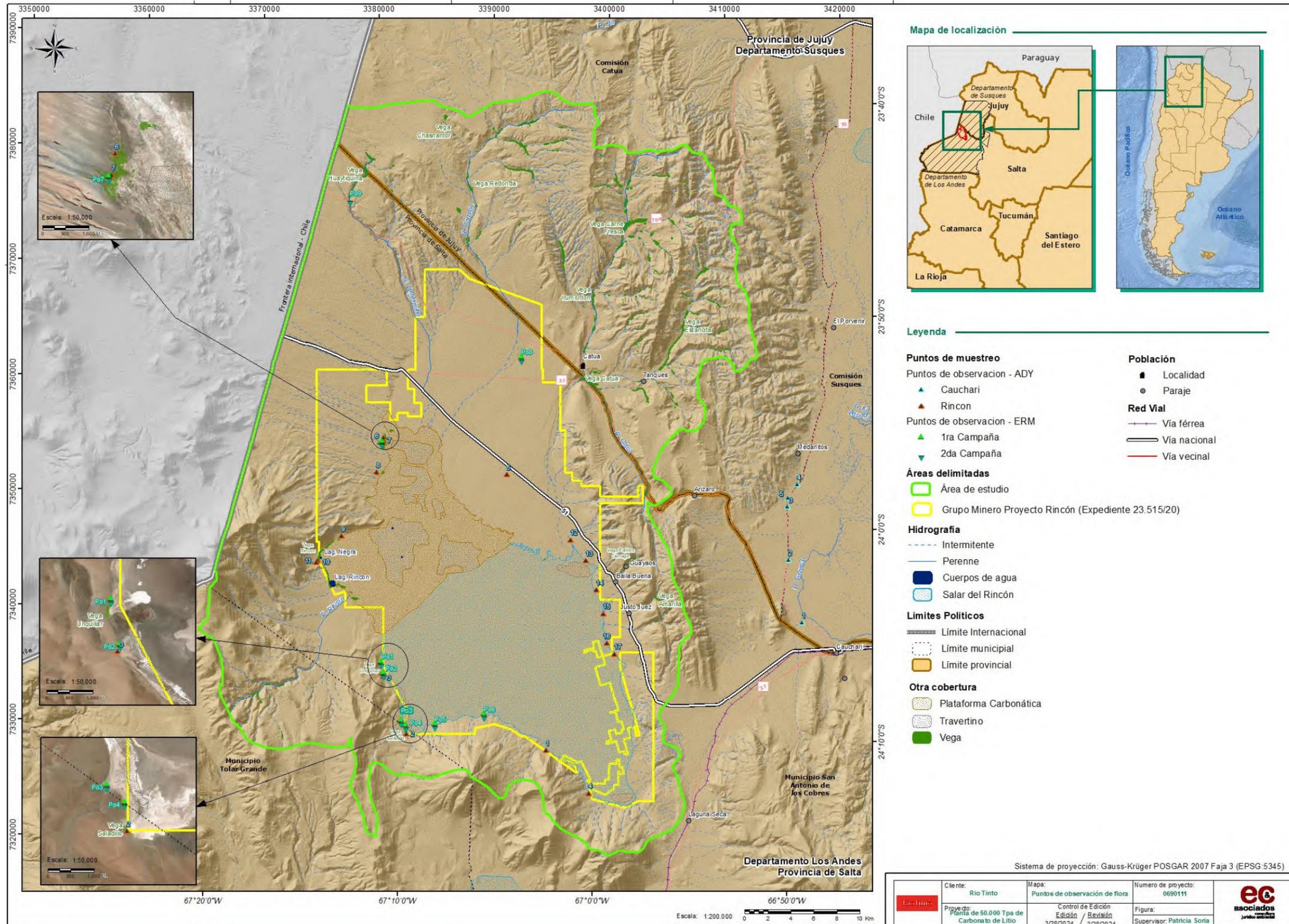


TABLA A.C.L.H.R

4.2.1.4 *Transectas de transición o gradiente*

Para estudiar la vegetación asociada a gradientes ambientales geomorfológicos, se seleccionaron tres transectas que fueron visitadas en la segunda campaña (marzo 2023). Para ello y a fines prácticos se realizó solo en determinadas secciones de las mismas un muestreo punto a punto por medio de transectas de 30 metros con el fin de describir cambios notorios de la transición entre unidades de vegetación hasta la zona del salar, estos cambios diferenciables a simple vista en campo. Este estudio fue realizado solamente para la segunda campaña.

Para el caso se definieron tres sitios de muestreo en sectores próximos a fuentes de aporte de agua al salar. Se emplearon entonces 4 secciones de conteo por puntos metro a metro en cercanías a Vega Rincón, dos en cercanías a laguna Rincón y otras tres en el sector noroeste también cercano a una de las fuentes de aporte al salar.

Las coordenadas de muestreo se encuentran en la Tabla 58 y el mapa en la Figura 34. A continuación, se muestra el mapa con la ubicación de las mencionadas transectas gradiente. Lo mismo se podrá observar en escala mayor en el Anexo 2.a. 29.

Tabla 58. Coordenadas de inicio fin de cada sección de caracterización para las transectas de gradientes.

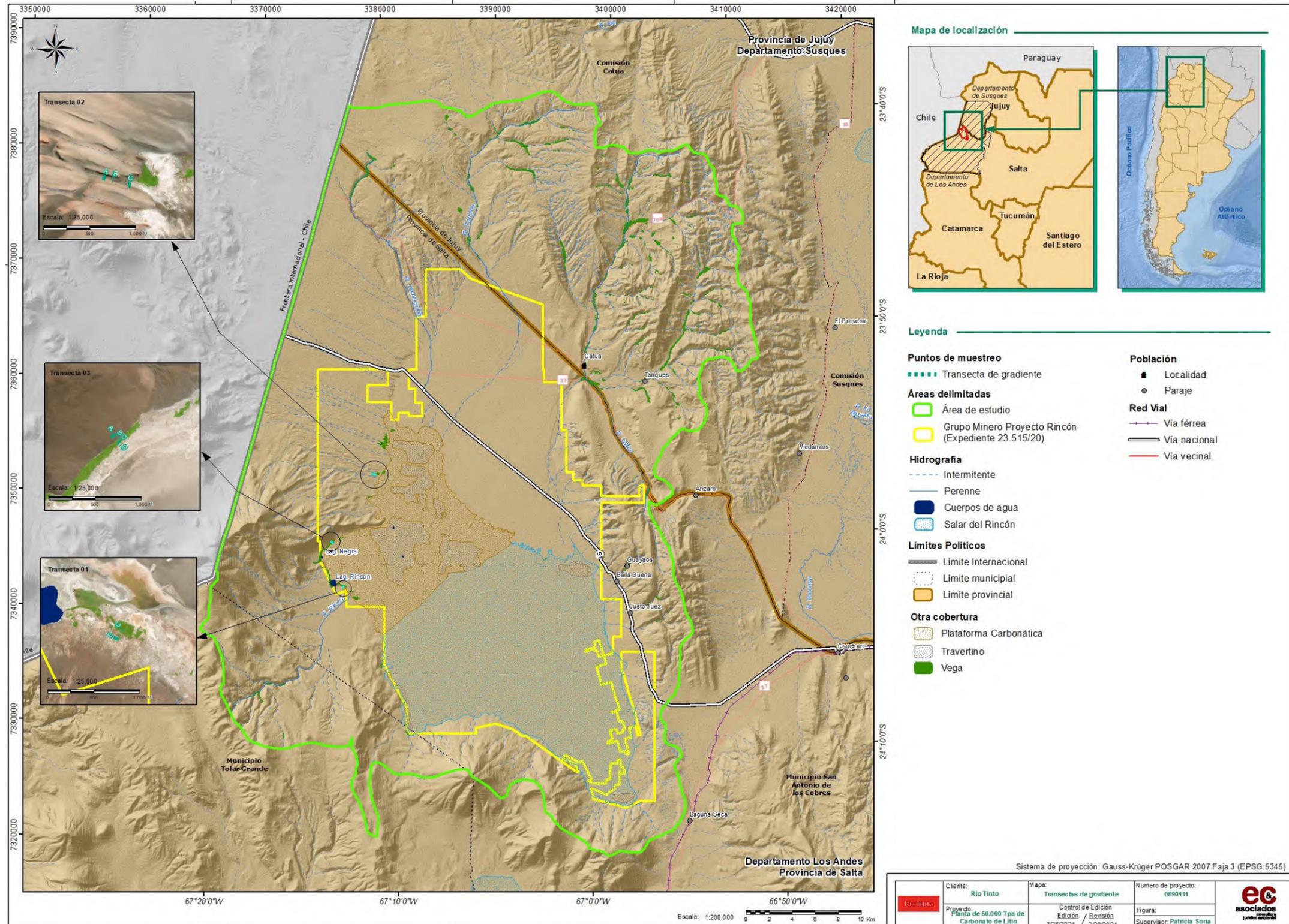
Transecta de Gradiente	Sección	Inicio-Fin	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Ambiente
			Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	
Transecta 01	B	Inicio	24° 2'34,37"S	67°12'44,31"O	7341319	3377057	Estepa
		Fin	24° 2'33,53"S	67°12'43,77"O	7340815	3375762	
	C	Inicio	24° 2'31,16"S	67°12'41,73"O	7341955	3375865	Borde de Salar
		Fin	24° 2'30,26"S	67°12'40,95"O	7341642	3375246	
Transecta 02	A	Inicio	23°57'13,95"S	67°11'9,89"O	7348766	3377050	Estepa
		Fin	23°57'14,24"S	67°11'8,76"O	7350954	3377399	
	B	Inicio	23°57'15,20"S	67°11'6,17"O	7351091	3379066	Borde de Salar
		Fin	23°57'15,43"S	67°11'5,06"O	7350386	3379383	
	C	Inicio	23°57'16,83"S	67°10'59,16"O	7349167	3380807	

2
 A
 B
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

Transecta de Gradiente	Sección	Inicio-Fin	Coordenadas Geográficas		Coordenadas Planas		Ambiente
			Latitud	Longitud	Este (m)	Norte (m)	
		Fin	23°57'16,83"S	67°10'59,16"O	7349167	3380807	Borde de Salar
Transecta 03	A	Inicio	24° 0'25,29"S	67°13'17,84"O	7345230	3373829	Laderas
		Fin	24° 0'26,00"S	67°13'17,13"O	7346140	3375828	
	B	Inicio	24° 0'26,53"S	67°13'16,55"O	7344499	3374655	Laderas
		Fin	24° 0'27,27"S	67°13'15,92"O	7345289	3373603	
	C	Inicio	24° 0'27,47"S	67°13'15,73"O	7344679	3374145	Borde de Salar
		Fin	24° 0'28,25"S	67°13'14,98"O	7345349	3373432	
	D	Inicio	24° 0'28,36"S	67°13'14,90"O	7345013	3373662	Borde de Salar

2
 A
 B
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 R

Figura 34. Mapa de las transectas de gradiente



MAPA A.C.L.M.R.

a) Perfil topográfico transecta de gradiente

Se creó un perfil topográfico de las Transectas de Gradiente y se esquematizó la vegetación vinculada a cada sección del gradiente. Un perfil topográfico es una representación gráfica de una sección vertical del terreno de una determinada superficie (Osaci-Costache, 2008). Para el perfil topográfico se utilizó la Transecta de Gradiente 03 como tipo. A partir del modelo de elevación digital (MDE) generado con imágenes del satélite ALOS de 12m de resolución, se extrajeron las alturas sobre el nivel del mar de la zona atravesada por la transecta. Se caracterizó el suelo de cada sección mediante la observación directa en campo por parte de un geólogo y con información aportada por la bibliografía (Puchulu y Fernández, 2017). Mediante un editor de gráficos se incluyeron imágenes de la vegetación dominante de cada sección de modo de generar un esquema de la cobertura vegetal sobre la transecta.

4.2.2 Análisis de datos

Por otro lado, en gabinete se volcaron y trabajaron todos los datos obtenidos en campo obteniendo los índices y parámetros comunitarios más utilizados para caracterizar cada unidad:

- Riqueza (S)

Se determinó el número de especies presentes en cada unidad de acuerdo con el muestreo realizado. Para individuos que no se pudo llegar a nivel de especie por razones de ausencia de estructuras de carácter taxonómico, estado fenológico y/o estado sanitario, solamente se registró a nivel género. Además, se tuvo en cuenta las observaciones casuales de especies presentes en las cercanías de las parcelas o transectas realizadas y que no hayan sido registradas bajo la metodología propuesta. Fueron consideradas y sumadas a la riqueza de la unidad si fuera el caso.

- Densidad

Se estimó el número de individuos promedio para cada unidad y por especie en una superficie de 1 Ha. Luego para facilitar la interpretación y los gráficos relativizo el valor.

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R

$$Densidad(ind/Ha) = Promedio Ai * \frac{10000 m^2}{40 m^2}$$

$$Densidad o abundancia relativa(\%) = \frac{Promedio Ai * \frac{10000 m^2}{40 m^2}}{\sum Promedio Ai * \frac{10000 m^2}{40 m^2}} * 100$$

Donde Ai es en número de individuos de una especie.

- Cobertura relativa por Ha en parcelas (%)

El cálculo de cobertura relativa se realizó a partir del promedio de las proyecciones horizontales en el suelo de cada individuo (m²) por hectárea. Para ello, se tuvo en cuenta la forma de la copa, en el caso que fuera de manera circular o semejante, el dato registrado fue el diámetro mayor y menor.

$$cobertura\ relativa(\%) = \frac{cobertura\ promedio\ por\ especie\ (m^2) * \frac{10000\ m^2}{40\ m^2}}{10000\ m^2} * 100$$

- Cobertura relativa en transectas

Para los ambientes de vega o bordes de salar donde la diferenciación de individuos es dificultosa o la cobertura del suelo es casi total, la cobertura relativa (C %) se calculó como:

$$Cobertura\ relativa\ \% = (Ni/31) * 100$$

donde Ni = Número de toques de plantas de una especie.

4.2.3 Estatus de conservación

Para el estatus de conservación y/o protección de las especies se basó a nivel internacional en las categorías de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) y sus categorías son:

- Apéndice I: se incluyen las especies sobre las que se ciernen el mayor grado de peligro entre las especies de fauna y de flora incluidas en los Apéndices. Estas especies están en peligro de extinción y la CITES prohíbe el comercio internacional de especímenes de esas especies, salvo cuando la importación se realiza con fines no comerciales, por ejemplo, para la investigación

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

científica. En estos casos excepcionales, puede realizarse la transacción comercial siempre y cuando se autorice mediante la concesión de un permiso de importación y un permiso de exportación (o certificado de reexportación).

- Apéndice II: figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio. En este Apéndice figuran también las llamadas "especies semejantes", es decir, especies cuyos especímenes objeto de comercio son semejantes a los de las especies incluidas por motivos de conservación. El comercio internacional de especímenes de especies del Apéndice II puede autorizarse concediendo un permiso de exportación o un certificado de reexportación.
- En el Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas. Sólo se autoriza el comercio internacional de especímenes de estas especies previa presentación de los permisos o certificados apropiados.

Por otro lado, la Resolución 84/2010 propicia un Lista Roja Preliminar de las Plantas Endémicas de la Argentina, el cual constituye una primera aproximación a la categorización de la flora autóctona que se encuentra amenazada. Las Categorías utilizadas son:

1. Plantas muy abundantes en los lugares de origen y con amplia distribución geográfica en más de una de las grandes unidades fitogeográficas del país (Selva Misionera, Selva Tucumano-Oranense, Chaco, Espinal, Pampa, Monte, Puna, Patagonia, Altoandina, Bosques Subantárticos).
2. Plantas abundantes, presentes en sólo una de las grandes unidades Fitogeográficas del país.
3. Plantas comunes, aunque no abundantes en una o más de las unidades fitogeográficas del país (caso de taxones con distribución disyunta).
4. Plantas restringidas a una sola provincia política, o con áreas reducidas compartidas por dos o más provincias políticas contiguas.

e
A
B
E
★
A.C
L
H
★
F

5. Plantas de distribución restringida (como 4) pero con poblaciones escasas o sobre las que se presume que puedan actuar uno o más factores de amenaza (destrucción de hábitat, sobreexplotación, invasiones biológicas, etc.).

Además, se definió el estatus de conservación de las especies a partir de la categorización internacional de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

4.2.4 Mapa de NDVI

Para el cálculo del índice NDVI (por sus siglas en inglés de "*Normalized difference vegetation index*"), se utilizaron dos imágenes de la misión Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea, de modo de cubrir la totalidad de la superficie de la cuenca del Salar del Rincón. Ambas imágenes fueron capturadas el 15 de enero de 2023 y poseen menos de un 1% de cobertura de nubes.

El NDVI es un indicador numérico que utiliza las bandas espectrales roja (banda 4 Sentinel-2) y e infrarrojo cercano (banda 8 Sentinel-2). El NDVI está altamente asociado con la cobertura de vegetación. Los valores altos de NDVI corresponden a áreas que reflejan más en el espectro del infrarrojo cercano, y por lo tanto se corresponden a una vegetación más densa y saludable.

El NDVI se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NDVI = \frac{Banda\ 8 - Banda\ 4}{Banda\ 8 + Banda\ 4}$$

Los valores entregados por esta relación varían entre -1 y 1. Si el valor se acerca a 1, se indica una vegetación vigorosa y sana; los valores cercanos a cero se relacionan con suelo fraccionado a desnudo; y valores negativos generalmente corresponden a nubes o cuerpos de agua.

4.2.5 Mapa de cobertura vegetal

Se generó un mapa de vegetación para el Área de estudios, la cuenca Rincón. Para ello se utilizó una imagen satelital Sentinel-2 L2A con una resolución de 10 m

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

descargada desde dataspace.copernicus.eu (nombre de archivo: S2A_MSIL2A_20230115T142711_N0509_R053_T19KFP_20230115T202653.SAFE). La fecha de captura corresponde al 15 de enero de 2023, tomando la imagen en la época húmeda cuando la vegetación está más activa. Se usó la siguiente combinación de bandas: 11 (SWIR-1) 8 (NIR) 2 (BLUE) y 12 (SWIR-2) 11 (SWIR-1) 8 (NIR) que permite destacar la vegetación y favorecer su identificación. Para la identificación y clasificación de las distintas coberturas de vegetación se consideraron varios factores, ya que los patrones de vegetación son resultado de una interacción entre el clima, el suelo y la topografía (Istanbulluoglu y Bras, 2005). Se consideraron los hallazgos de los muestreos de vegetación de Ausenco 2018 y la 1ra y 2da Campaña del actual relevamiento, el mapa de NDVI, fotointerpretación basada en color, brillo y textura, la pendiente, el relieve, la geomorfología, las unidades de paisaje identificadas en la línea de base e información extraída de bibliografía (Fabbroni, 2015).

4.3 Resultados

En la Tabla 59 se presenta la lista de especies encontradas en la primera campaña (1ra Campaña) en noviembre 2022 y en la segunda campaña (2da Campaña) en marzo 2023. Se encontraron en total 34 especies en la primera, mientras que en la segunda se registraron 38 especies. Además, se incluyen las especies encontradas en los estudios previos (ADY 2007 y Ausenco 2018).

Se encontraron en las campañas recientes 18 familias. Al incluir los resultados de Ausenco 2018, se adiciona una familia más a la lista (*Convolvulaceae*). Las familias con mayor riqueza específica en estos relevamientos fueron *Asteraceae* (ocho especies en ambas campañas), *Poaceae* (cuatro y siete especies en la primera y segunda campaña). Las restantes familias se presentan con menos de cinco especies.

Por otra parte, como resultado de la validación realizada con las comunidades en Estación Salar de Pocitos (enero 2024) y en Olacapato (marzo 2024), se identificaron con su nombre común, especies de flora que no fueron relevadas en este estudio. Varias de ellas tienen algún uso para las personas (para más información ver **2.C: Servicios Ecosistémicos**). Se indicó la presencia de "Pupusa" (posiblemente

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
P

Xenophyllum poposum), la cual la suelen encontrar en los cerros Quewar, Tul Tul y Rincón; la "Bailabuena" que la encuentran en la Quebrada Bailabuena; y una especie que tiene hojas con forma de corazón humano (posiblemente *Cistanthe picta*). Además, indicaron otras especies como "Suico", "Checal", "Cuerno" y una "Planta acuática", de color verde con un aspecto similar al del algodón. Se tendrán estas especies en cuenta en los futuros monitoreos de flora que se elaboraron en el capítulo **5.A: Plan de Manejo Ambiental y Social.**

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Tabla 59. Descripción de las especies registradas en el área de estudio considerando relevamientos previos (ADY 2007 y Ausenco 2018) el actual (1ra Campaña noviembre 2022 y 2da Campaña marzo 2023). X en azul corresponden a observaciones casuales fuera de las parcelas o transectas de muestreo

	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Porte	Estatus	Veg. Az.	Veg. Z	UICN	Resolución 84/2010	CITES	ADY 2007	Ausenco 2018	1ra Campaña	2da Campaña	
1	PHRYMACEAE	<i>Mimulus depressus</i> var. <i>depressus</i> Phil.	berro	Hierba	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
2	EPHEDRACEAE	<i>Ephedra americana</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	pingopingo	Arbusto	Nativa		X	LC	No Categorizada	NO			X	X	
3	ASTERACEAE	<i>Baccharis tola</i> Phil.	lejía, lejilla (*)	Arbusto	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X	X	X	
4		<i>Baccharis acaulis</i>	sin nombre conocido	Hierba anual	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO				X	
5		<i>Ocyroe armata</i> (Wedd.) Bonifacio	suriyanta	Arbusto	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
6		<i>Parastrephia lucida</i> (Meyen) Cabrera	tola	Arbusto	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
7		<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	chacha	Arbusto	Nativa		X	LC	No Categorizada	No Categorizada	NO		X		
8		<i>Chuquiraga atacamensis</i> Kuntze	rama amarilla, san pedro, espina amarilla (*)	Arbusto	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
9		<i>Senecio filaginoides</i> DC.	mocoraca blanca	Arbusto	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X	X	X	
10		<i>Senecio viridis</i> Phil.	mocoraca	Arbusto	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X		
11		<i>Artemisia copa</i> Phil. var. <i>Copa</i>	copacopa	Arbusto	Endémica		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
12		<i>Urmenetea atacamensis</i>	cotaro	Hierba anual	Endémica		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
13	CACTACEAE	<i>Maihueiopsis boliviana</i> (Salm-Dyck) Kiesling ssp. <i>Boliviana</i>	puscayo	Arbusto en cojín	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	Apéndice II		X	X	X	
14	CHENOPODIACEAE	<i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr. var. <i>Imbricata</i>	cachiyuyo	Hierba perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X	
15		<i>Sarcocornia pulvinata</i> (R.E.Fr.) A.J. Scott	jume	Arbusto en cojín	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO	x	X	X	X	
16	EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> sp.	sin nombre conocido	Hierba	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	x	X			
17		<i>Euphorbia amandi</i>	sin nombre conocido	Hierba	Endemica		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X	x	X	
18	FABACEAE	<i>Adesmia</i> sp.	añagua	Arbusto	NA	NA	NA	No Categorizada	No Categorizada	NO	X				
19		<i>Ademita erinacea</i> Phil.	añagua	Arbusto perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X	
20		<i>Adesmia horrida</i> Gillies ex Hook. y Arn.	añagua	Arbusto perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X	X	X	

e
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 H
 F
 F

	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Porte	Estatus	Veg Az.	Veg. Z	UICN	Resolución 84/2010	CITES	ADY 2007	Ausenco 2018	1ra Campaña	2da Campaña
21		<i>Adesmia spinosissima Meyen</i>	añagua	Arbusto perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X		
22		<i>Hoffmannseggia minor</i> (Phil.) Ulibarri	porotito del campo	Hierba anual	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X
23	FRANKENIACEAE	<i>Frankenia triandra</i> J. Rémy	yaretilla, yareta de Vega (*), yareta (*)	Arbusto en cojín	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO	x	X	X	X
24	BRASSICACEAE	<i>Neuontobotrys tarapacana</i> (Phil.) Al-Shehbaz	chuchar	Hierba anual	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X
25	MALVACEAE	<i>Cristaria andicola</i> Gay	ala de dragón	Hierba anual	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO			X	
26		<i>Tarasa sp.</i>	Canchalagua	Hierba	NA	NA	NA	No Categorizada	No Categorizada	NO	X			
27		<i>Tarasa tarapacana</i> (Phil.) Krapov.	nombre desconocido	Hierba anual	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X		
28	POLEMONIACEAE	<i>Ipomopsis gossypifera</i>	nombre desconocido	Hierba anual	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X
29	JUNCACEAE	<i>Juncus balticus</i> Willd.	hunquillo	Hierba perenne	Nativa	X		LC	No Categorizada	NO	x	X	X	X
30		<i>Oxíclöe andina</i> Phil.	champa brava	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO		X	X	X
31		<i>Juncus stipulatus</i>	sin nombre conocido	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO				X
32	JUNCAGINACEAE	<i>Triglochin concinna</i> Burttt Davy	sin nombre conocido	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X
33		<i>Triglochin sp.</i>	sin nombre conocido	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO				X
34	POACEAE	<i>Festuca sp.</i>	Paja	Hierba	Nativa	X	X	No Categorizada	No Categorizada	NO				X
35		<i>Poa gymnantha</i> Pilg.	iros	Hierba Perenne	Nativa	NA	NA	No Categorizada	No Categorizada	NO	x			
36		<i>Pappostipa frigida</i> (Phil.)	paja	Hierba	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X
37		<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	No se conoce	Hierba	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO		X		X
38		<i>Deyeuxia chrysantha</i> Presl.	No se conoce	Hierba	Nativa	NA	NA	No Categorizada	No Categorizada	NO	x			
39		<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl var. <i>fulva</i> (Griseb) Rúgolo	Guaia, Guaje (*), Paja Grande (*)	Hierba perenne	Endémica	X		No Categorizada	No Categorizada	NO		X	x	X
40		<i>Deyeuxia chrysophylla</i> Phil.	No se conoce	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO		X		
41		<i>Festuca argentinensis</i> (St. Yves) Túrpe	chillagua	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	3	NO		X		
42		<i>Festuca buchtienii</i> Hack.	chillagua	Hierba perenne	Nativa	NA	NA	No Categorizada	No Categorizada	NO	x			
43		<i>Festuca orthophylla</i> Pilg.	iro	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO	x	X		
44		<i>Festuca hypsophila</i> Phil.	iro	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO		X		

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 R

	Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Porte	Estatus	Veg Az.	Veg. Z	UICN	Resolución 84/2010	CITES	ADY 2007	Ausenco 2018	1ra Campaña	2da Campaña	
45		<i>Hordeum comosum J. Presl</i>	cola de raton	Hierba perenne	Nativa	X		LC	No Categorizada	NO		X		X	
46		<i>Deyeuxia curvula Wedd</i>	sin nombre conocido	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X	
47		<i>Distichlis humilis Phil.</i>	brama	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO	x	X	x	X	
48	CYPERACEAE	<i>Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh</i>	champa	Hierba perenne	Nativa	X		LC	No Categorizada	NO		X	X	X	
49		<i>Eleocharis sp.</i>	No se conoce	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO			X	X	
50	GENTIANACEAE	<i>Gentiana prostrata</i>	No se conoce	Hierba perenne	Nativa	X		No Categorizada	No Categorizada	NO				X	
51	SOLANACEAE	<i>Fabiana patagonica Speg</i>	tolilla oscura	Arbusto perenne	Nativa	NA	NA	No Categorizada	No Categorizada	NO	X				
52		<i>Fabiana punensis S.C. Arroyo</i>	tolilla	Arbusto perenne	Endémica		X	No Categorizada	3	NO	X	X	X		
53		<i>Lycium humile Phil.</i>	jume	Arbusto en cojín	Endémica	X		No Categorizada	No Categorizada	NO		X	X	X	
54		<i>Lycium chanar Phil.</i>	Acerillo, Retama (*)	Arbusto perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X			
55		<i>Nicotiana petunioides (Griseb.) Milán</i>	tabaco de zorro, Cucuna (*)	Hierba anual	Endémica		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	x	X	
56	VERBENACEAE	<i>Aloysia deserticola (Phil.) Lu-Irving & O'Leary</i>	rica rica	Arbusto perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X	X	X	
57		<i>Junellia seriphioides (Gillies & Hook. ex Hook.) Moldenke</i>	espina de llama, perlita	Arbusto perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO	X	X			
58	CONVOLVULACEAE	<i>Evolvulus sericeus</i>	No se conoce	Hierba perenne	Nativa		X	No Categorizada	No Categorizada	NO		X			
TOTAL												24	37	34	38

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 J
 P

Nota: Los nombres comunes indicados con un "(*)" surgen de la validación realizadas con la comunidad realizados en enero del presente año en la localidad de Estación Salar de Pocitos.

A continuación, se realiza la descripción de las comunidades vegetales o asociaciones encontradas para cada unidad ambiental según los sectores definidos:

4.3.1 Sectores zonales

a) Estepas

Estos ambientes se distribuyen principalmente desde el sureste hacia el norte del Salar del Rincón abarcando extensos conos aluviales y de manera menos extensa en algunos sectores del sur del salar. Aquí se encontraron las siguientes unidades o comunidades vegetales:

Estepa de Aloysia deserticola

Esta unidad se presentó en conos aluviales al norte del salar principalmente, y en cercanías del campamento, aunque con alturas y densidades mayores en los sectores al sur de salar próximos a la Laguna Rincón (Fotografía 69). También se pueden ver distribuidos en forma de parches entre otras unidades o sectores de laderas acompañadas con otras especies. Las parcelas correspondientes a esta unidad de la primera campaña fueron RT01, RT02, RT15, RT16 y RT17, las dos primeras correspondientes al sector sur y las otras tres al sector norte cercanas de los actuales campamentos y la línea de alta tensión. Las parcelas de la segunda campaña fueron RT01, RT02, RT15, las dos primeras correspondientes al sector sur y la otra norte cercana del actual campamento y la línea de alta tensión.

Para esta unidad se registró una riqueza de cinco especies para la primera campaña y para la segunda se registraron seis, incorporándose una especie de tipo anual. Tuvo como especie dominante en cuanto a densidad, cobertura y alturas a la única especie que le da nombre a la unidad (Tabla 60, Figura 35 a Figura 37). En las figuras están representadas también las especies acompañantes (*Ocyroe armata*, *Adesmia horrida*, *Hoffmannseggia minor*, *Urmenetea atacamesis* incorporándose *Euphorbia amandi* en la segunda campaña). Por otro lado, se evidencia dominancia en cobertura y densidad de materia seca o plantas muertas en pie donde la mayoría pertenecen a *A. deserticola*.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
P

Como se observa en la Tabla 60, para la primera campaña la densidad promedio para esta unidad fue de 25450 ± 7368 ind/ha, mientras que la cobertura fue baja (12%) pero coincidente a la bibliografía citada anteriormente para estos ambientes. Casi el 90% corresponde suelo desnudo en esta unidad. En la segunda campaña se encontró que la densidad promedio para esta unidad fue de $230,416 \pm 6.385$ ind/ha, mientras que la cobertura fue baja (14%). El 85% corresponde suelo desnudo en esta unidad.

En la primera campaña se registró que las alturas con mayor abundancia de individuos fueron las menores a 5 a 15 cm, lo que podría indicar un gran nivel de renovales para la época visitada. Sin embargo, en campo y en los gráficos se puede observar que las alturas entre 15 y 25 cm son más frecuentes, las cuales representan la fisonomía típica de la unidad. En la segunda campaña se encontró que las alturas con mayor abundancia de individuos fueron las comprendidas entre 5 a 15 cm, las cuales representan la fisonomía típica de la unidad. Seguidas de los menores a 5 cm lo que podría indicar una buena presencia de renovales.

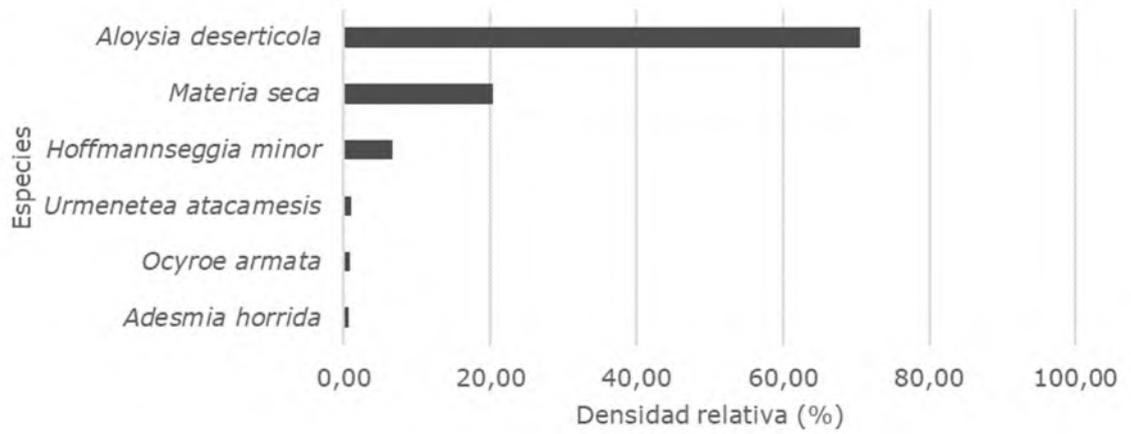
En ambas campañas, en las parcelas del sector sur del salar, predominaron alturas superiores. Esto podría estar favorecido por las condiciones edáficas en el cono aluvial, posiblemente con mayor presencia de humedad en el sector.

Tabla 60. Características comunitarias de la unidad Estepa de Aloysia desertícola de la primera y segunda campaña

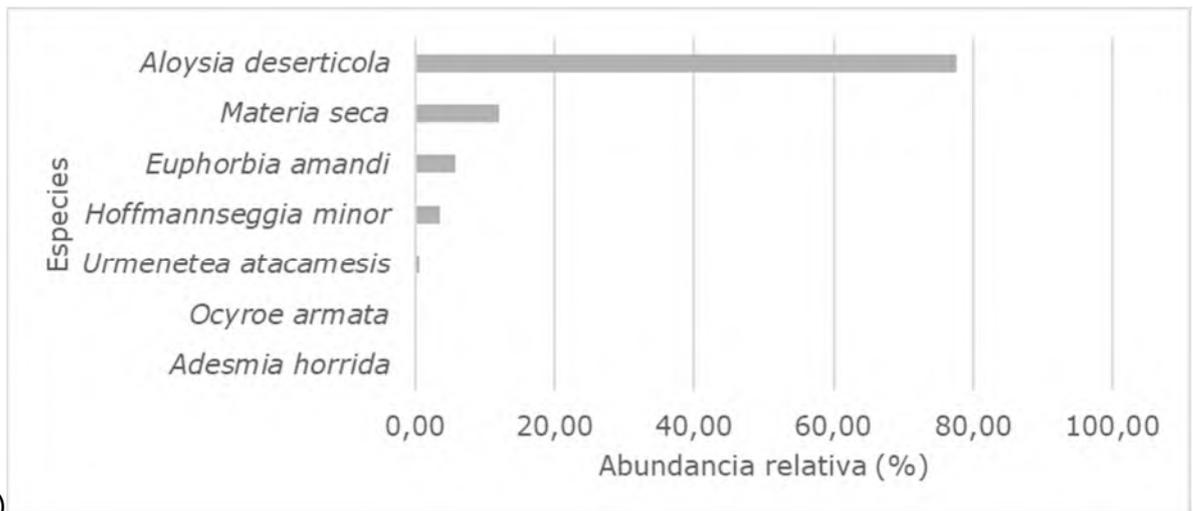
	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	5	6
Densidad promedio (ind/ha)	25450 ± 7368	30.416 ± 6.385
Cobertura relativa (%)	12.25 ± 9.93	$14,27 \pm 8,27$
Suelo desnudo (%)	87.74	85,72

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

Figura 35. Densidad relativa por especie para la Estepa de *Aloysia deserticola* a) primera campaña y b) segunda campaña



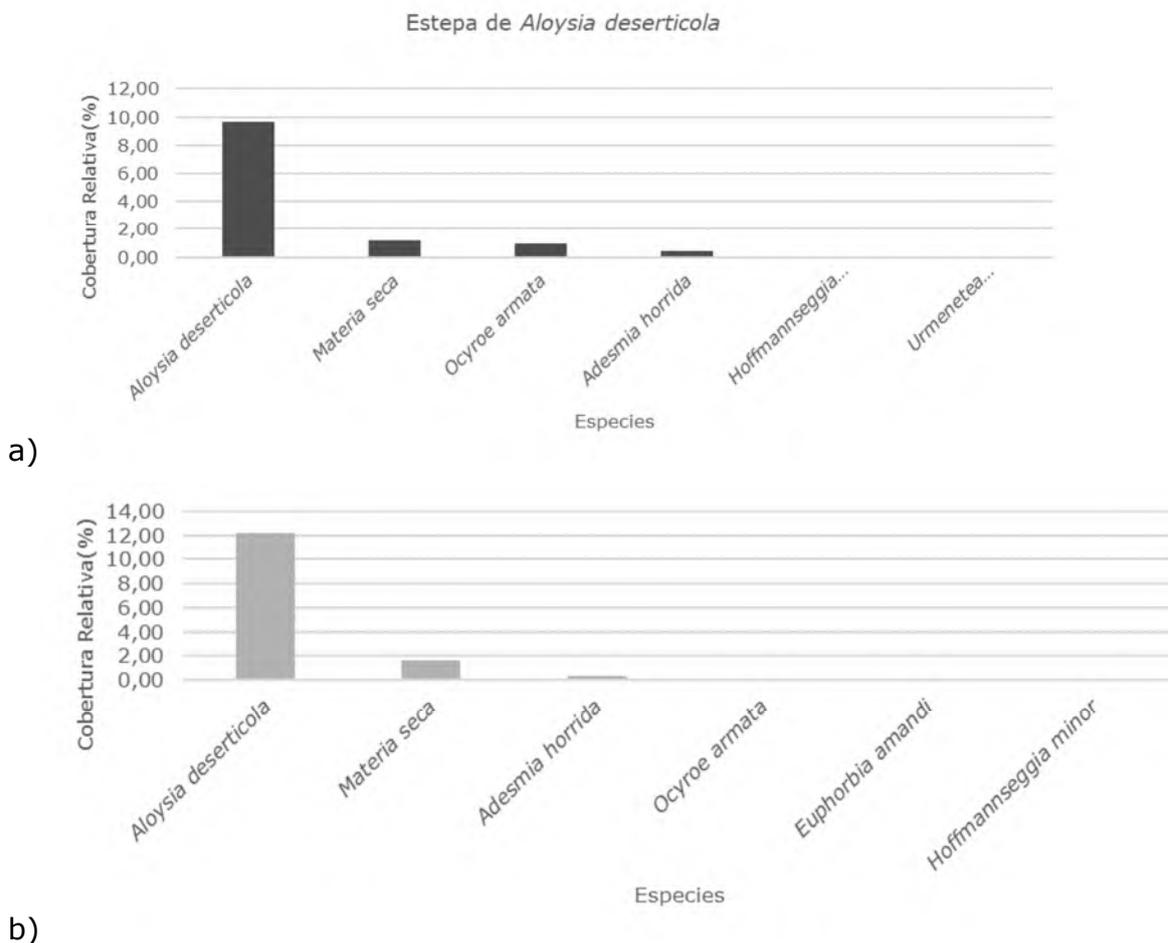
a)



b)

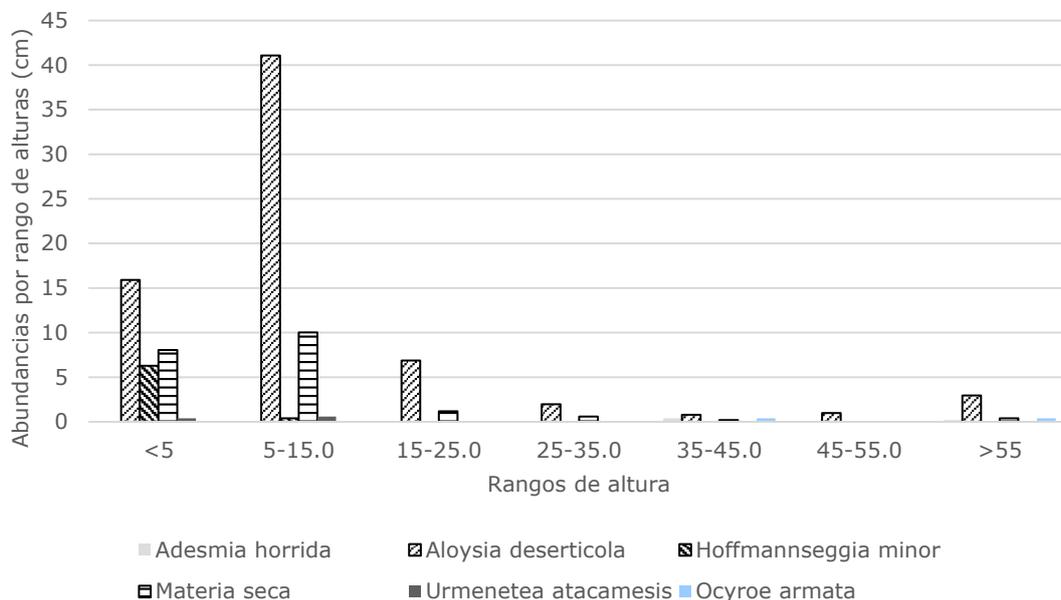
e
 A
 P
 E
 ☆
 A.C
 L
 H
 ✓
 R

Figura 36. Cobertura relativa (%) por especie para la Estepa de *Aloysia deserticola* en la a) primera campaña y b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 ✓
 f

Figura 37. Abundancias relativas de altura por especie para la Estepa de *Aloysia deserticola* en la a) primera campaña y la b) segunda campaña



a)



a)

b)

Fotografía 69. Vista de una parcela de la unidad de estepa de *Aloysia deserticola* en la a) primera campaña y en la b) segunda campaña

Estepa de *Atriplex imbricata*

Esta unidad es fisonómicamente similar a la unidad de estepa de *Aloysia deserticola*, pero más rala y de menor altura. Se halla dominada por *Atriplex imbricata* (Fotografía 70 y Fotografía 71). Se asienta sobre conos aluviales hacia el sector este del Salar y otros en laderas secas. También se pueden ver distribuidos en forma de parches entre otras unidades o sectores de laderas, pero acompañadas con otras especies.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F

En la primera campaña, las parcelas correspondientes a esta unidad fueron RT03, RT04, RT05, RT06 y RT07, las tres primeras correspondientes al sector sur y las otras dos al sector este del salar. En la segunda campaña, las parcelas correspondientes a esta unidad fueron RT05, RT06 y RT07, las tres primeras correspondientes al sector sur.

Presentó una riqueza solo de dos especies en la primera campaña y tuvo como especies dominantes en cuanto a densidad, cobertura y alturas a *Atriplex imbricata* y como acompañante *Aloysia deserticola* (Tabla 61, Figura 38, Figura 39 y Figura 40).

). Por otro lado, Tolaba (2008 a, 2009 b, 2010 a y 2010 b) menciona las mismas características y una sola especie acompañante que fue *Adesmia horrida*. En la segunda campaña, en cambio, la riqueza fue de solo una especie.

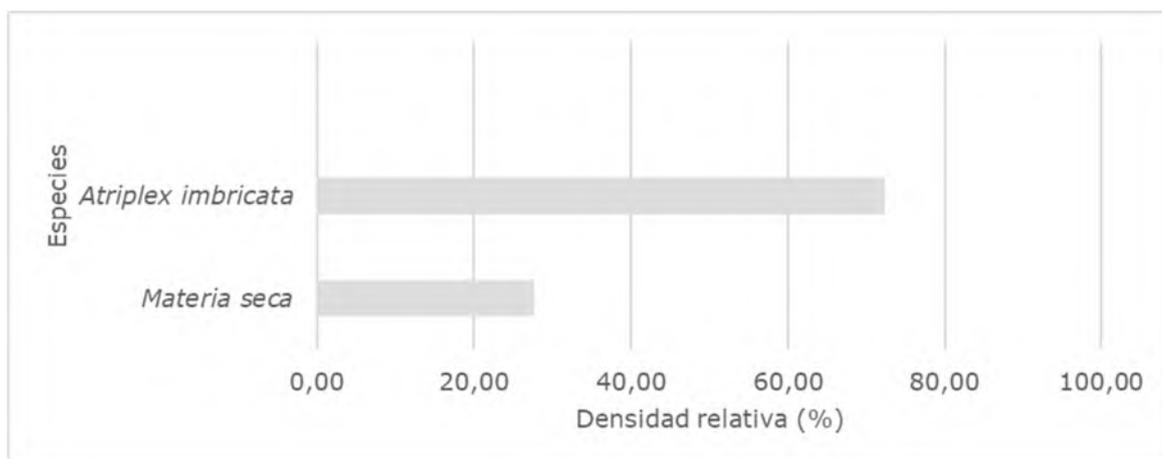
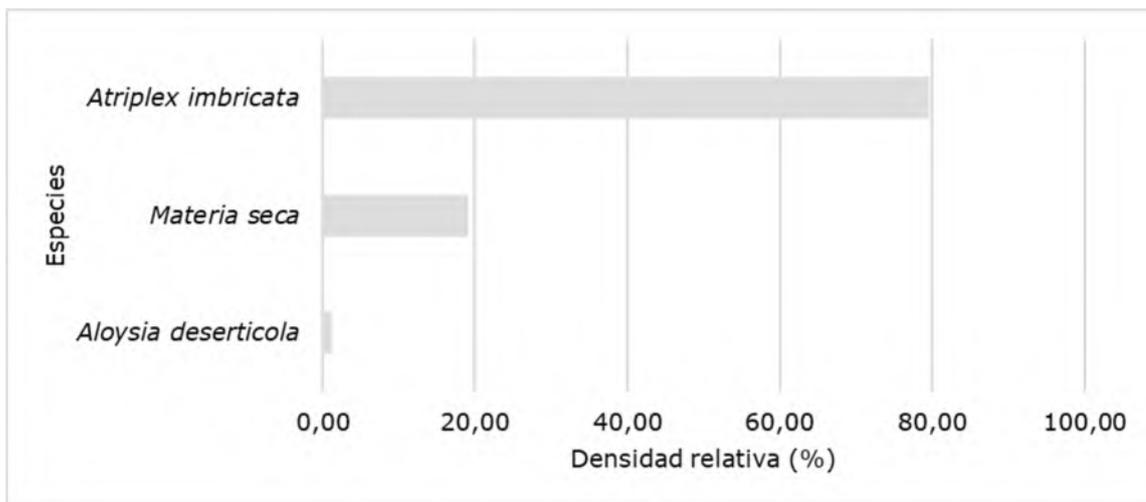
Como se puede ver en la Tabla 61, para la primera campaña la densidad promedio para esta unidad fue de 7850 ± 3677 ind/ha, la cobertura fue muy baja (4,3%) comparada con la unidad anterior. Esto se condice con lo observado a campo donde el 91% corresponde a suelo desnudo. Las alturas con mayor presencia de individuos fueron las de 15 a 25 cm. Para la segunda campaña, la densidad promedio para esta unidad fue de 12.750 ± 5.679 ind/ha, la cobertura fue muy baja (4,47%). Esto se condice con lo observado a campo donde el 95% corresponde a suelo desnudo. Las alturas con mayor presencia de individuos fueron las de 5 a 25 cm.

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 R

Tabla 61. Características comunitarias de la unidad Estepa de *Atriplex imbricata*.

	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	2	1
Densidad promedio (ind/ha)	7850 ± 3677	$12.750 \pm 5.-679$
Cobertura relativa (%)	$4,29 \pm 1.25$	$4,47 \pm 0,09$
Suelo desnudo (%)	95,70	95,50

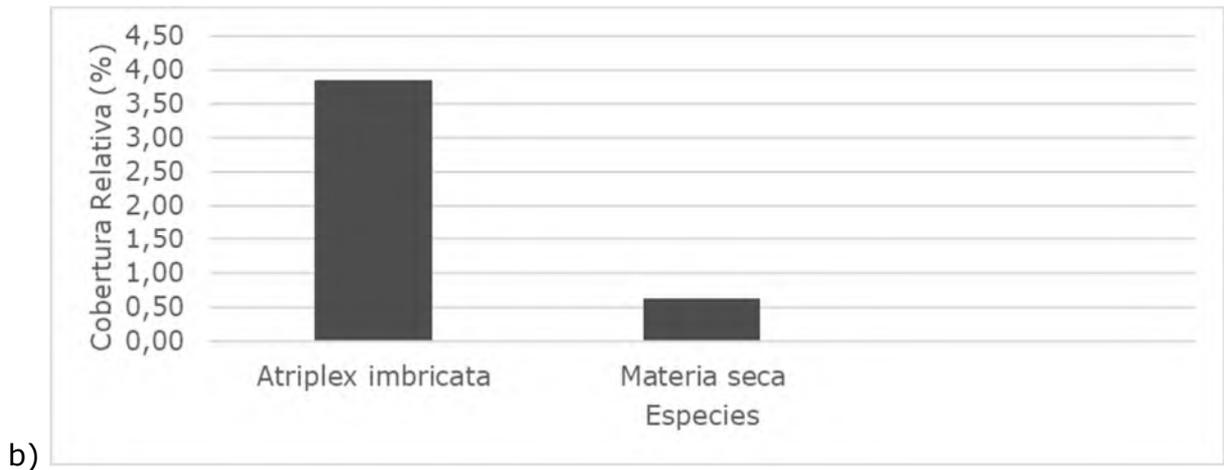
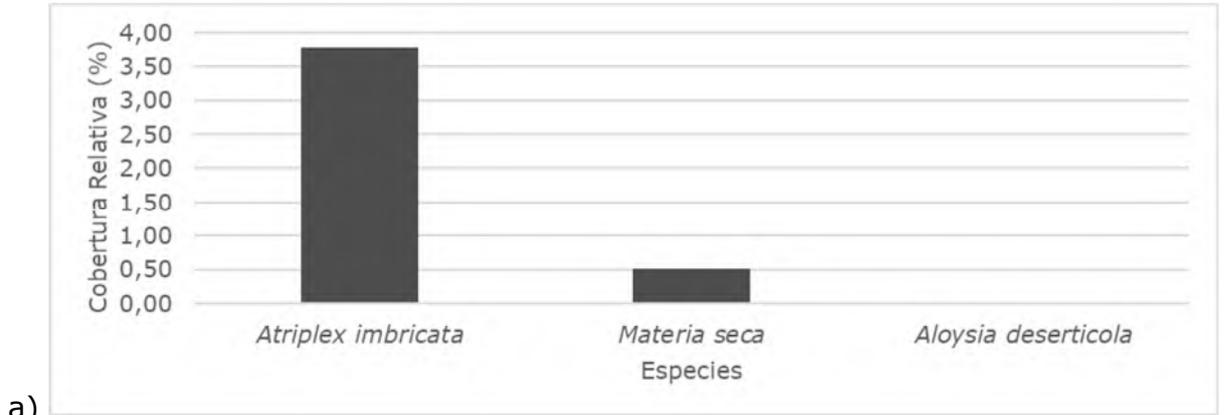
Figura 38. Densidad relativa por especie para la Estepa de *Atriplex imbricata* para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



b)

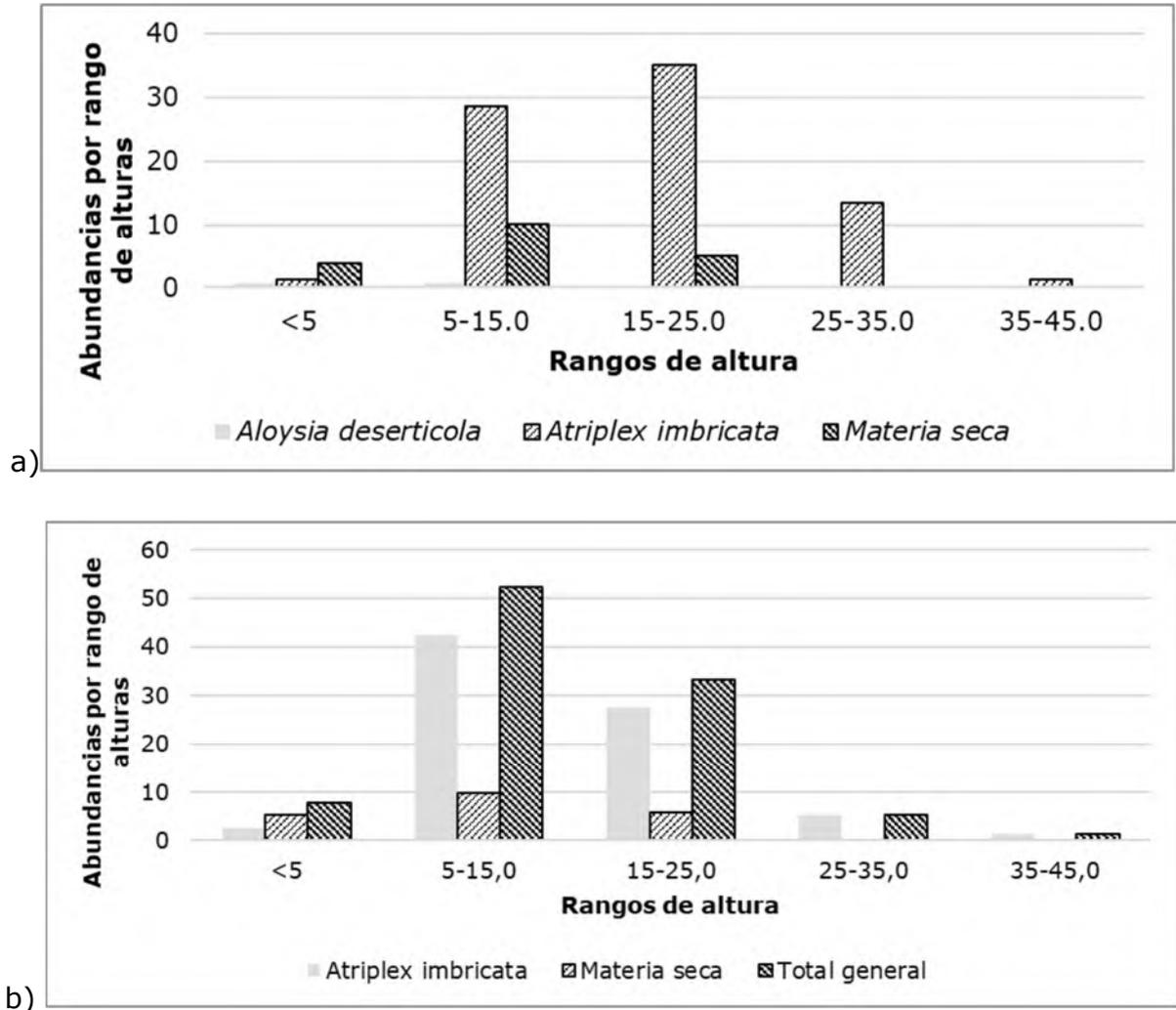
e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Figura 39. Densidad relativa por especie para la Estepa de *Atriplex imbricata* para la a) primera campaña y la b) segunda campaña.

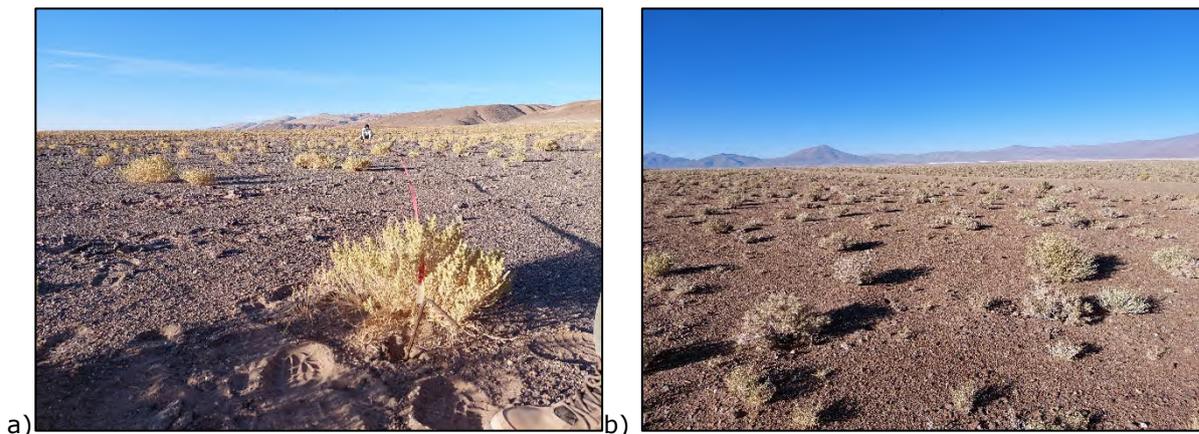


e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

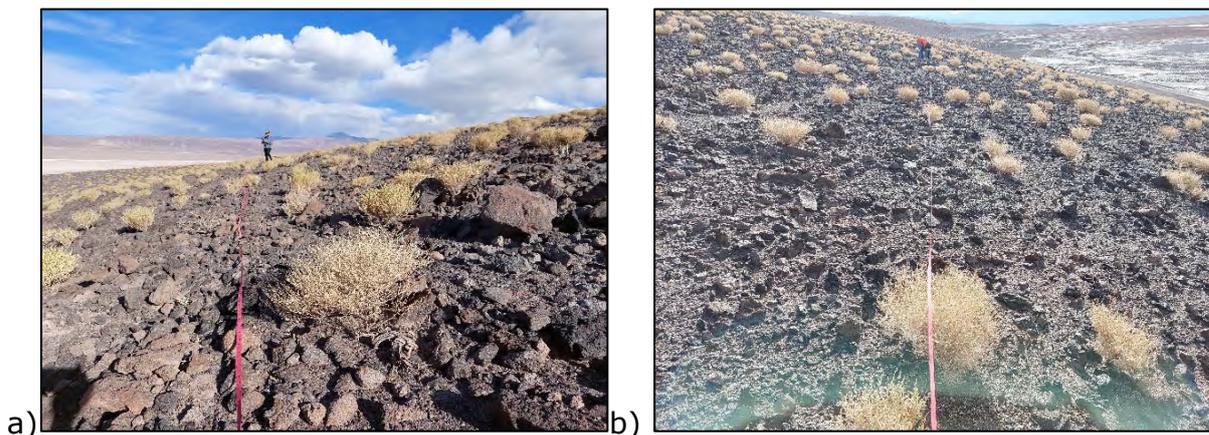
Figura 40. Densidad relativa por especie para la Estepa de *Atriplex imbricata* para la a) primera campaña y b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 ☆
 A.C
 L
 M
 ✓
 f



Fotografía 70 Vista de la Estepa de *Atriplex imbricata* sector Este para la a) primera campaña y b) segunda campaña.



Fotografía 71 Vista de la Estepa de *Atriplex imbricata* sector Sur para la a) primera campaña y b) segunda campaña.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 ✓
 F

Estepa de *Fabiana punensis*

Esta unidad fue identificada mediante los puntos de observación realizados (Po8, para ambas campañas) y se encontró de forma dominante hacia los sectores del noroeste del salar (Fotografía 72). La estepa arbustiva, dominada tanto en cobertura como en densidad por tolilla (*Fabiana punensis*), que forma un estrato arbustivo laxo, junto a otros arbustos como *Aloysia deserticola*, *Adesmia horrida* y *Artemisia copa*.

Entre las especies herbáceas se hallan en muy baja proporción, podemos mencionar a *Hoffmannseggia minor* entre las más relevantes. Esta unidad además se presenta a modo de parches entre las demás unidades de vegetación, afloramientos rocosos,

sobre laderas principalmente con exposición E-NE del lado Sur del salar (Tolaba 2008 a, 2009 b, 2010 a y 2010 b).



Fotografía 72 Vista de la Estepa de *Fabiana punensis*, en el punto de observación Po8.

Estepa graminosa

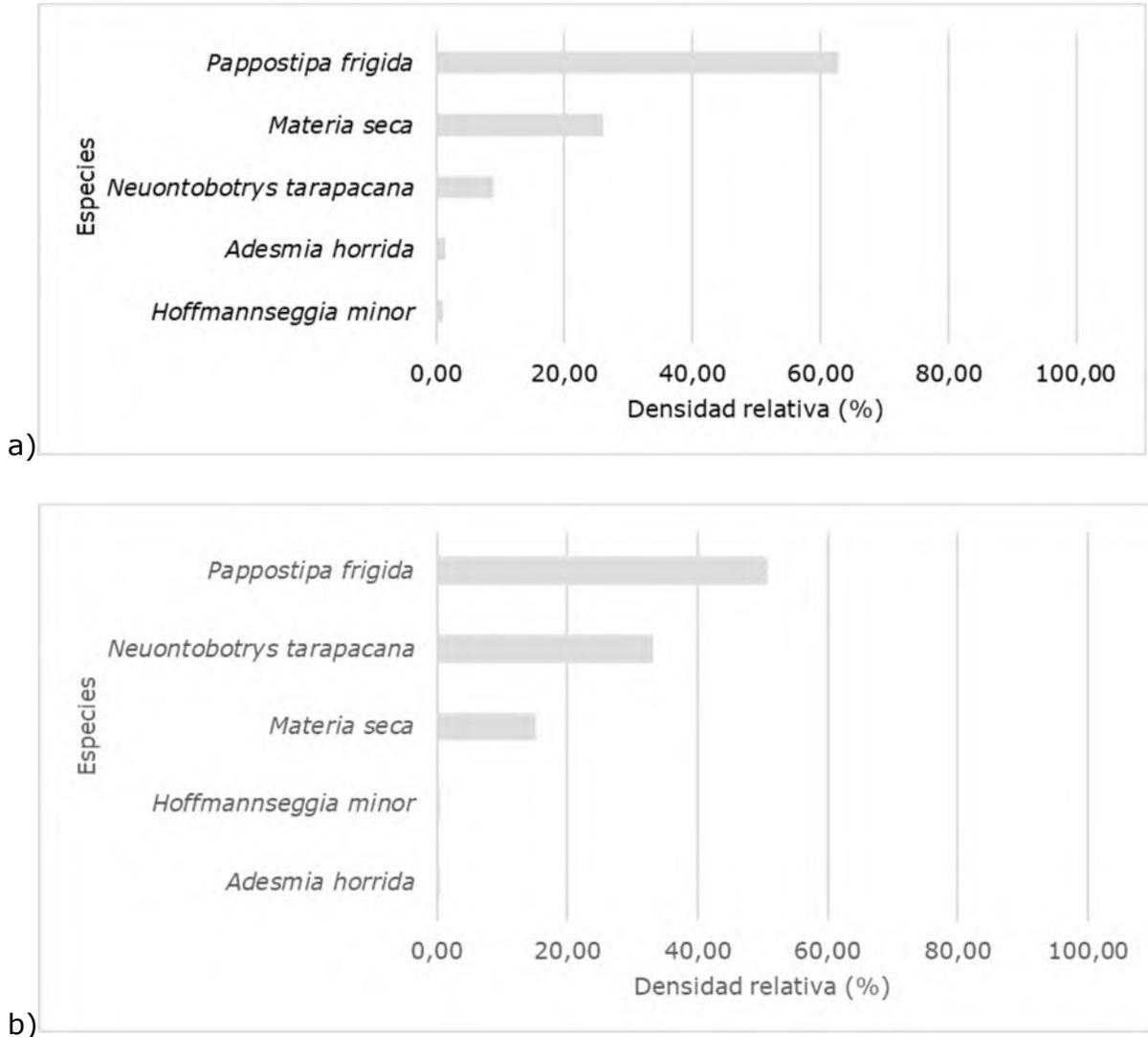
Estepa herbácea dominada por *Pappostipa frigida* (ichu). En la primera campaña La altura del dosel herbáceo no supera los 35 cm, mientras que en la segunda campaña ronda los 35 cm (Fotografía 73). Esta estepa se caracteriza por estar constituida de matas graminosas casi en su totalidad. Se observó principalmente hacia el sector oeste del Salar y presenta un paisaje con matiz amarillo oro. Además, se encuentran dentro de la misma, presentes en menor medida arbustos aislados como *Adesmia horrida*, *Neuontobotrys tarapacana*, y *Hoffmannseggia minor* (Tabla 62, Figura 41, Figura 42 y Figura 43).

Tabla 62. Características comunitarias de la unidad Estepa graminosa.

	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	4	4
Densidad promedio (ind/ha)	26875 ± 530	35375 ± 12551
Cobertura relativa (%)	3,8 ± 0,27	4,5 ± 0,72
Suelo desnudo (%)	96,20	95,50

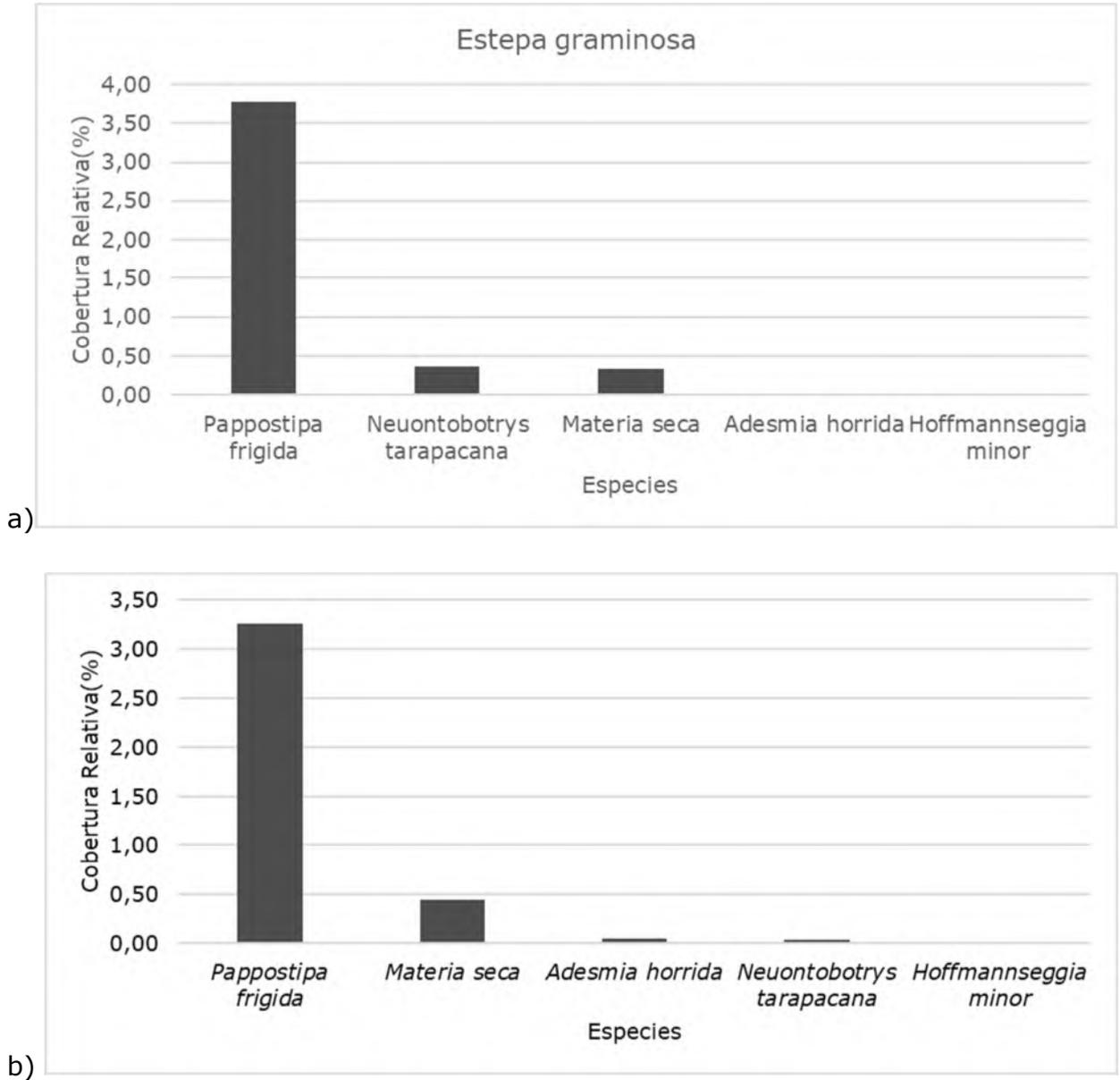
e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Figura 41. Densidad relativa por especie para la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



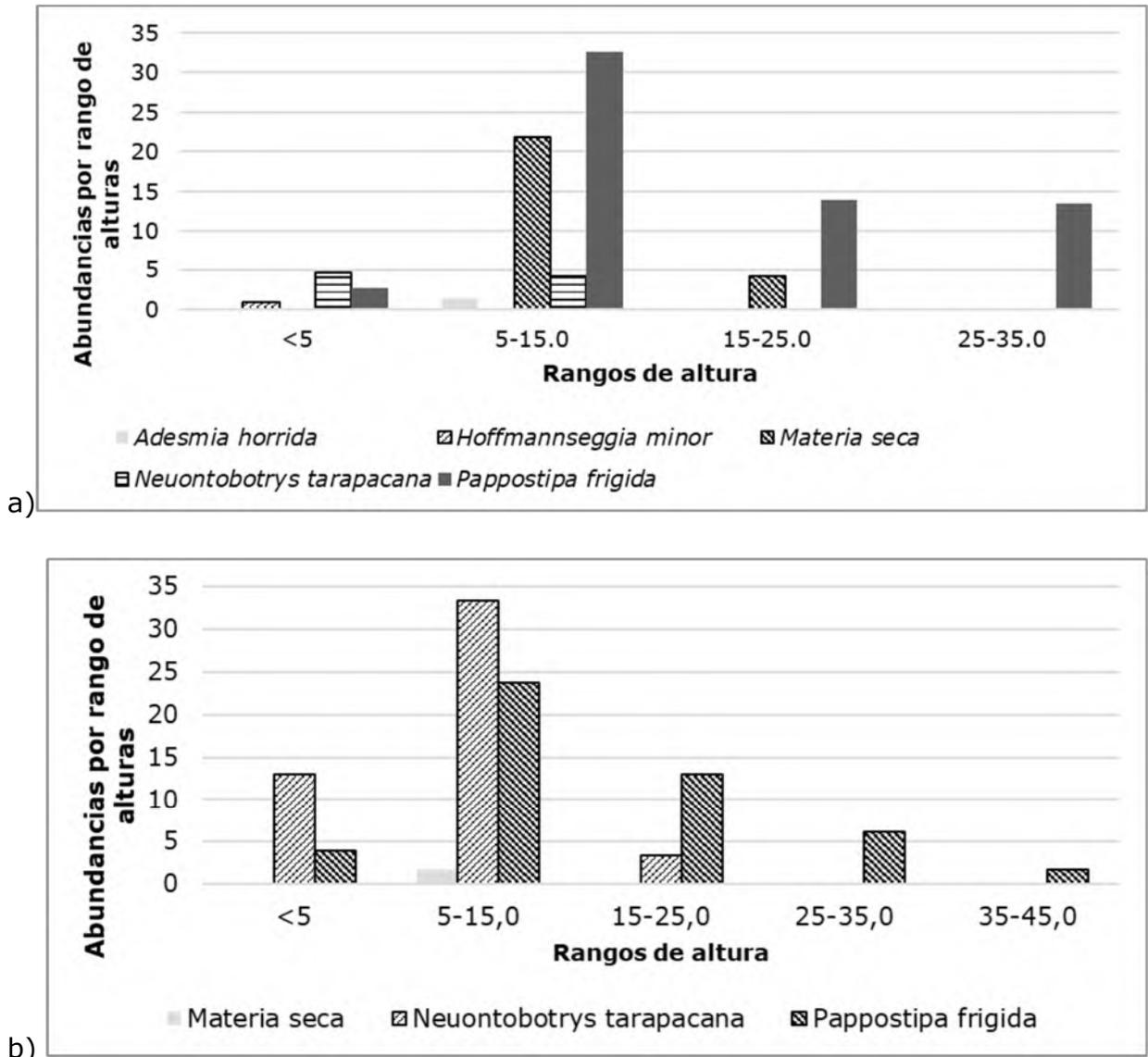
e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 ✓
 f

Figura 42. Cobertura relativa por especie para la *Estepa graminosa* para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 ☆
 A.C
 L
 M
 ✓
 f

Figura 43. Rangos de altura por especie para la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 A.
 L
 M
 ✓
 f



Fotografía 73. a) Vista de la Estepa de gramíneas. Parcela en la Estepa gramínea para la a) primera campaña y la b) segunda campaña

b) Laderas

Arbustal mixto

Esta unidad ocupa la mayor extensión en todas las laderas de cerros que bordean el salar. Este arbustal se asienta sobre laderas con exposición variable, sobre suelos de texturas gruesas, pedregosas (Fotografía 74). Dicha unidad colinda (en la mayoría de los casos) con las vegas situadas tanto en las serranías al Sur como al Norte del salar. Tolaba (2008 a y 2009 b) lo caracteriza como un estrato arbustivo denso, siendo la unidad de mayor riqueza específica, tanto en lo que compete a especies arbustivas como a herbáceas. Entre las primeras se cuenta a *Aloysia deserticola*, *Artemisia copa*, *Chuquiraga atacamensis*, *Ephedra breana*, *Fabiana punensis*, *Junellia seriphoides*, *Lycium chñar*, *Ocyroe armata*, *Parastrephia lucida* y *Senecio viridis*. Entre las herbáceas se hallan *Cristaria andicola*, *Hoffmannseggia minor*, *Euphorbia*

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

amandii, Maihueniopsis boliviana, Nicotiana petunioides, Sisymbrium philippianum, Stipa leptostachya y *Urmenetea atacamensis*. Sin embargo, existen algunas especies herbáceas que sólo fueron registradas para el arbustal mixto que rodea a la vega Faldeo Ciénago. Estas especies son: *Solanum metarsium, Phacelia setigera, Sisymbrium elongatum, Mulinum famatinense* y *Haploppapus rigidus*.

Se puede observar para la primera campaña que las dominancias en cuanto a densidad corresponden a tres especies bien marcadas *Aloysia deserticola, Artemisia copa, Chuquiraga atacamensis*. La densidad promedio total fue de 14375 ± 530 ind/ha (Tabla 63, Figura 44, Figura 45 y Figura 46). Por otro lado, se observa que esta última especie mencionada es la que presenta dominancia en cuanto a cobertura mientras que las otras especies (*Aloysia deserticola* y *Artemisia copa*) son dominantes en densidad. Para la segunda campaña la dominancia en densidad es de *Aloysia deserticola* y como acompañantes en esta oportunidad fueron especies anuales, *Nicotiana petunioides, Neuontobotrys tarapacana*. La densidad promedio total fue de 26.000 ± 707 ind/ha.

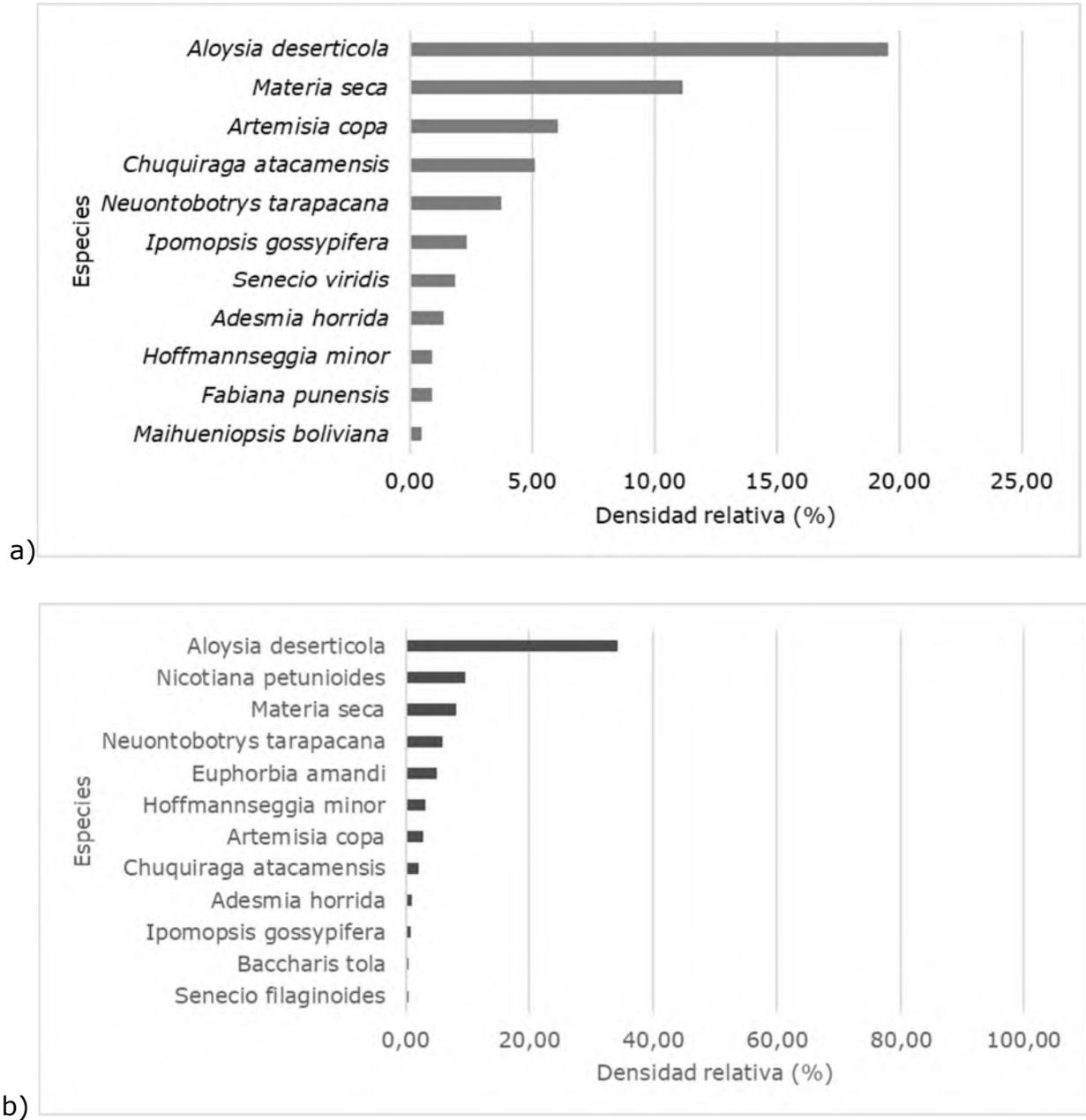
El porcentaje de cobertura para esta unidad es de aproximadamente 12% en ambas campañas con un porcentaje de suelo desnudo promedio de 88% aproximadamente. Estos valores se corresponden con la literatura citada para el área. En cuanto a las alturas para esta unidad se observó que abarcan un amplio rango desde los 5-15 cm hasta individuos superiores a 55cm de altura. Se puede inferir que la fisonomía de esta unidad está representada por alturas entre 15 a 35 cm con algunos individuos ralos de mayor valor. Por otro lado, se observó en las laderas del sector sur (Po6 y Po5) que la composición de las unidades va cambiando hasta hacerse monoespecífica y quedar solo la presencia de *Aloysia deserticola* en algunos casos.

Tabla 63. Características comunitarias de la unidad Arbustal mixto

	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	10	11
Densidad promedio (ind/ha)	14375 ± 530	26.000 ± 707
Cobertura relativa (%)	$12,12 \pm 2,22$	$12,68 \pm 3,44$
Suelo desnudo (%)	87,87	87,32

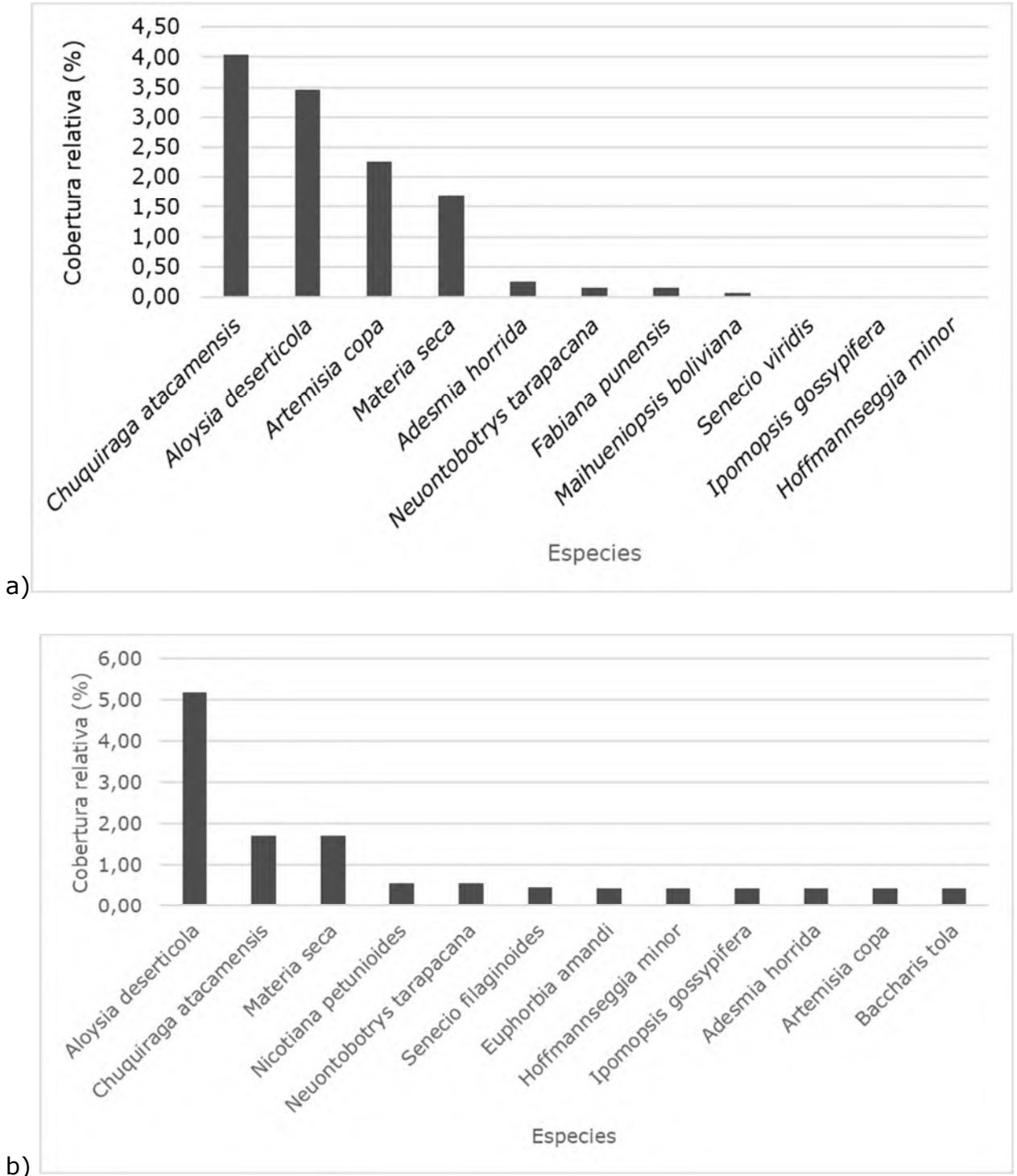
2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 J
 R

Figura 44. Densidad relativa por especie para el Arbustal mixto de ladera para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



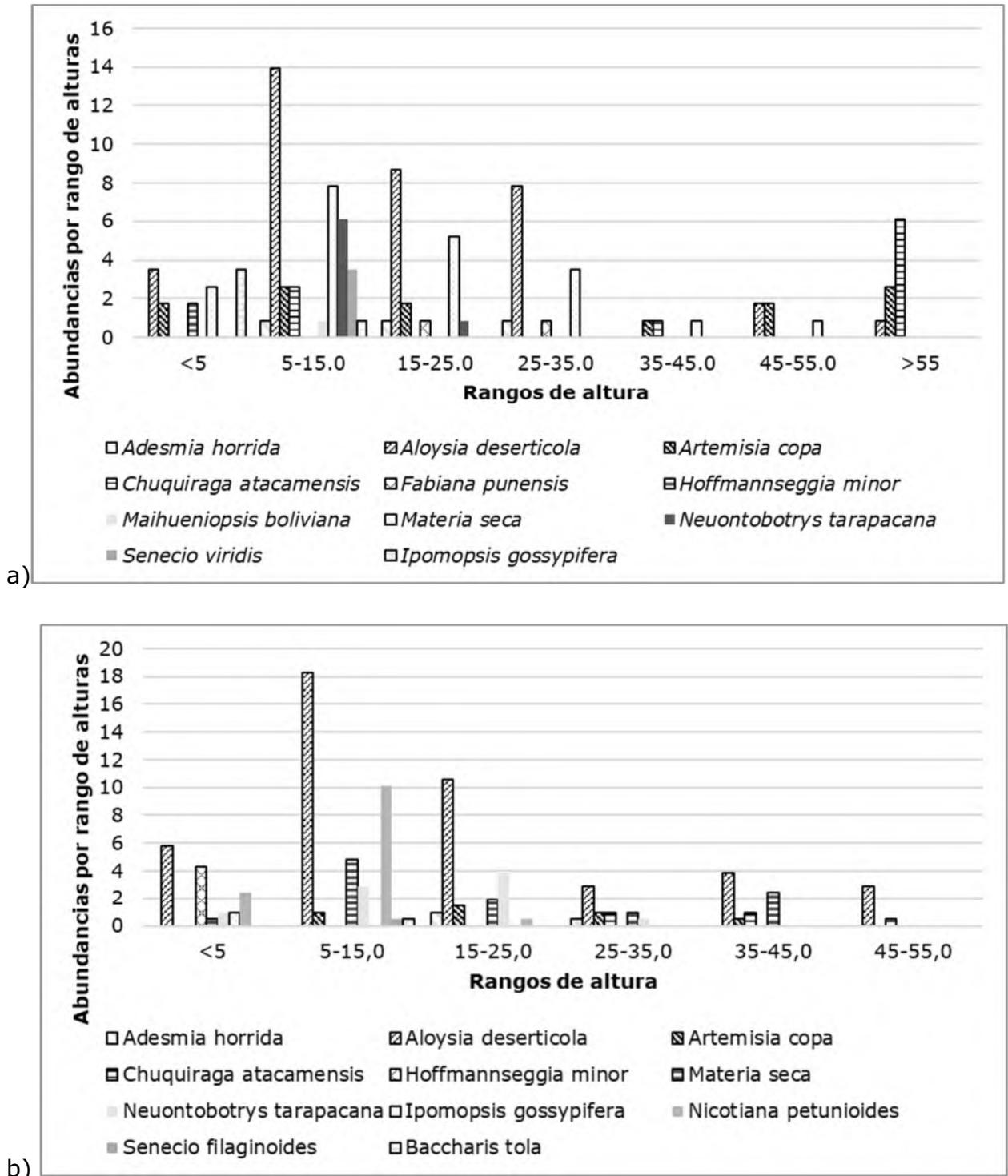
e
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Figura 45. Cobertura relativa por especie para el Arbustal mixto de ladera para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



e
 a
 p
 e
 ☆
 A.C
 L
 M
 ☆
 f

Figura 46. Densidad relativa por especie para el Arbustal mixto de ladera para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 ☆
 A.C
 L
 M
 ✓
 F



Fotografía 74. Vista del Arbustal de ladera Norte del salar para la a) primera campaña y b) segunda campaña c) Vista del Arbustal de ladera Sur del salar

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

4.3.2 Sectores Azonales

a) Vegas

Para esta unidad se identificaron cuatro vegas (en la primera campaña solo tres), dos de las cuales presentan características similares y son las próximas al salar. Las otras dos están ubicadas en la parte alta en las serranías del sector norte del salar llamada Vega Faldeo Ciénago cuya composición específica difiere de las demás estudiadas por no estar influenciada por la salinidad. Las otras corresponden a Vega Laguna Rincón y Vega El Rincón.

Vega El Rincón – Festucal con Juncus

En la primera campaña, esta vega tuvo dominancia de cobertura *Festuca sp.* (posiblemente *Festuca argentinensis*, citada anteriormente) seguida de *Juncus*

balticus, mientras que en la segunda campaña fue al revés (Fotografía 75). La cobertura promedio total para esta vega fue de 87% para la primera campaña, y el resto estuvo repartido entre sal (costra salina sobre el suelo), suelo desnudo y agua en superficie como se puede apreciar en la Tabla 64 y Figura 47. En la segunda campaña la cobertura promedio total para esta vega fue de 97% el resto estuvo repartido entre suelo desnudo y agua en superficie como se puede apreciar en la tabla y figura siguiente.

Se observó la presencia de otras especies fuera de la vega propiamente dicha, correspondientes a arbustos de *Chuquiraga atacamensis*, *Artemisia copa*, *Ephedra americana*, *Lycium chanar* y un parche de *Aloysia deserticola*.

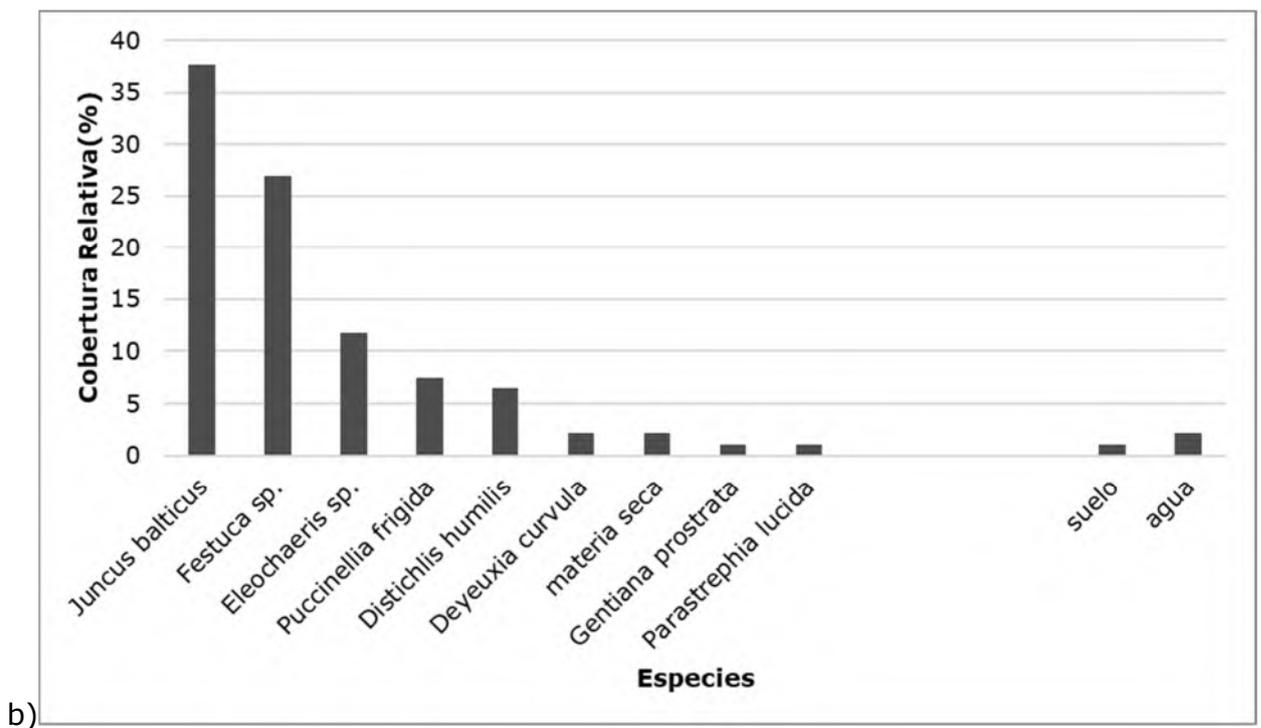
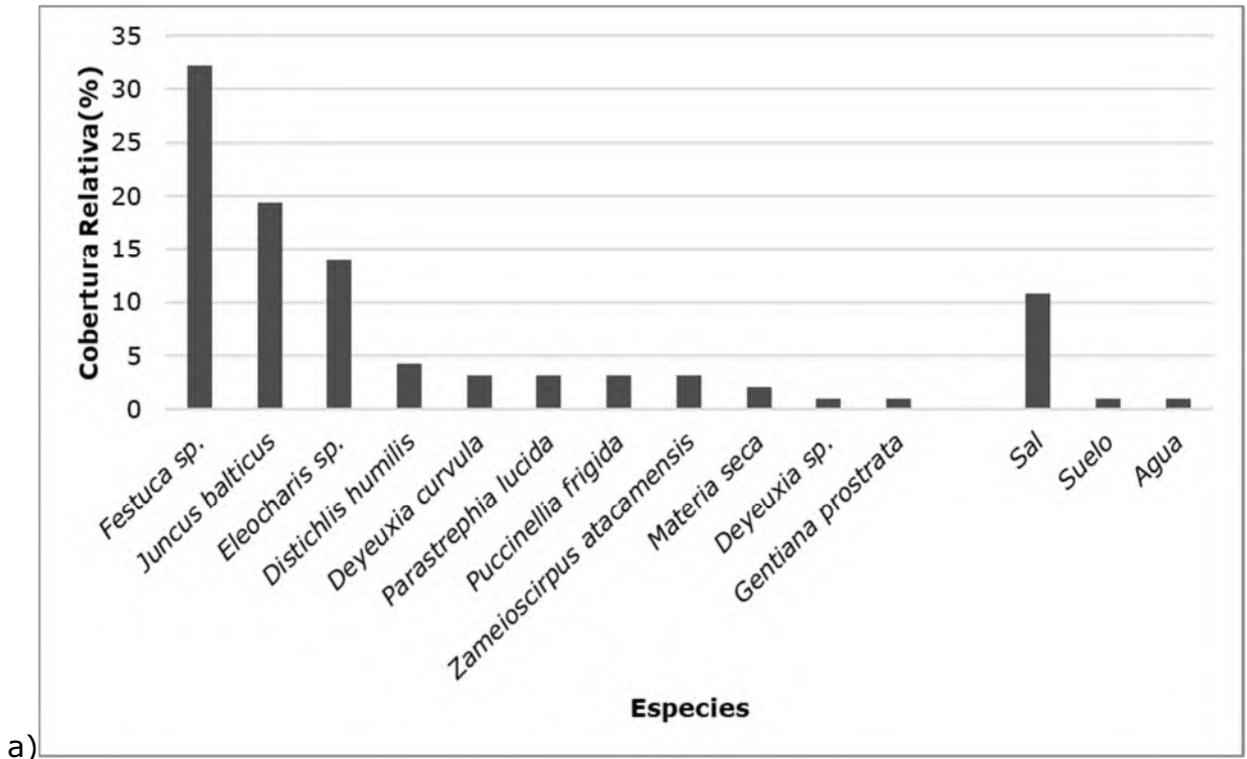
Por otro lado, Tolaba (2008 a y 2009 b) menciona además la presencia de *Festuca hypsophila* en sitios cercanos al borde de salar. Otra especie herbácea que adquiere aquí mayor relevancia que en las otras comunidades de ambientes de vega es *Hordeum halophilum* (cola de ratón).

Tabla 64 Características comunitarias de la Vega El Rincón

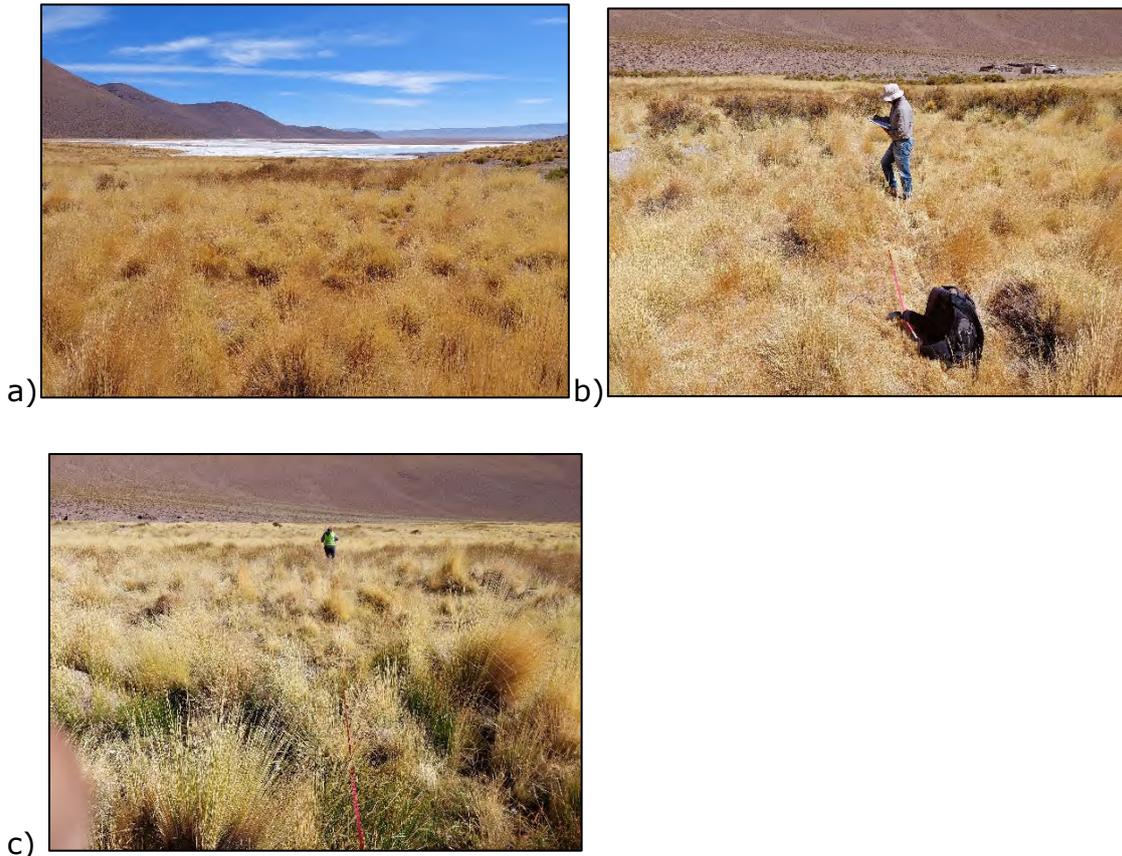
	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	10	8
Cobertura relativa (%)	87,01	96,77
Suelo desnudo (%)	1,07	1,07
Sal (%)	10,75	0,00
Agua en superficie (%)	1,07	2,15
Dominancia en cobertura (%)	51 % (<i>Festuca sp</i> y <i>Juncus balticus</i>)	64 % (<i>Juncus balticus</i> y <i>Festuca sp.</i>)

e
A
P
E
A
A.C
L
H
A
F

Figura 47. Coberturas relativas por especie para la vega El Rincón para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



e
 a
 p
 e
 ☆
 A.C
 L
 M
 ✓
 f



Fotografía 75. a) Vista de la Vega El Rincón. Toma de datos en Vega El Rincón en la b) primera campaña y c) segunda campaña

Vega Laguna Rincón – *Juncus con Deyeuxia*

Esta vega se encuentra limitando con la Laguna Rincón y es la que aporta gran parte agua a la laguna (Fotografía 78 y Fotografía 79). En ambas campañas, las especies dominantes fueron *Juncus balticus* y *Deyeuxia eminens* con un 51% de dominancia en cobertura entre ambas. Para la primera campaña, presenta una cobertura promedio del 92% y la riqueza fue de nueve especies, mientras que para la segunda cobertura promedio del 93% y la riqueza fue de 10 especies (Tabla 65,

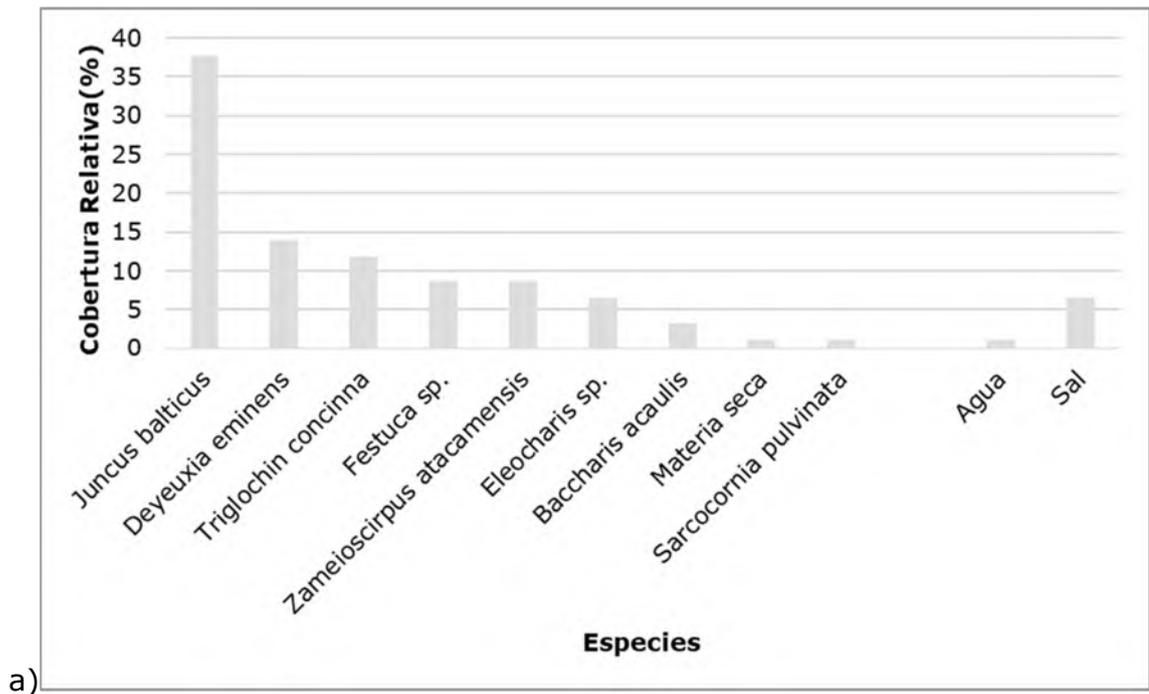
Figura 48). Por sectores se observa una cobertura del 100% y muchos sectores presentan presencia de agua en superficie. Algunas especies acompañantes fueron *Lycium humile* y *Distichlis humilis*. La presencia de *Zameiocirpus atacamensis* le da por sectores la fisonomía típica de bofedales formando cojines con humedad alta.

2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 J
 F

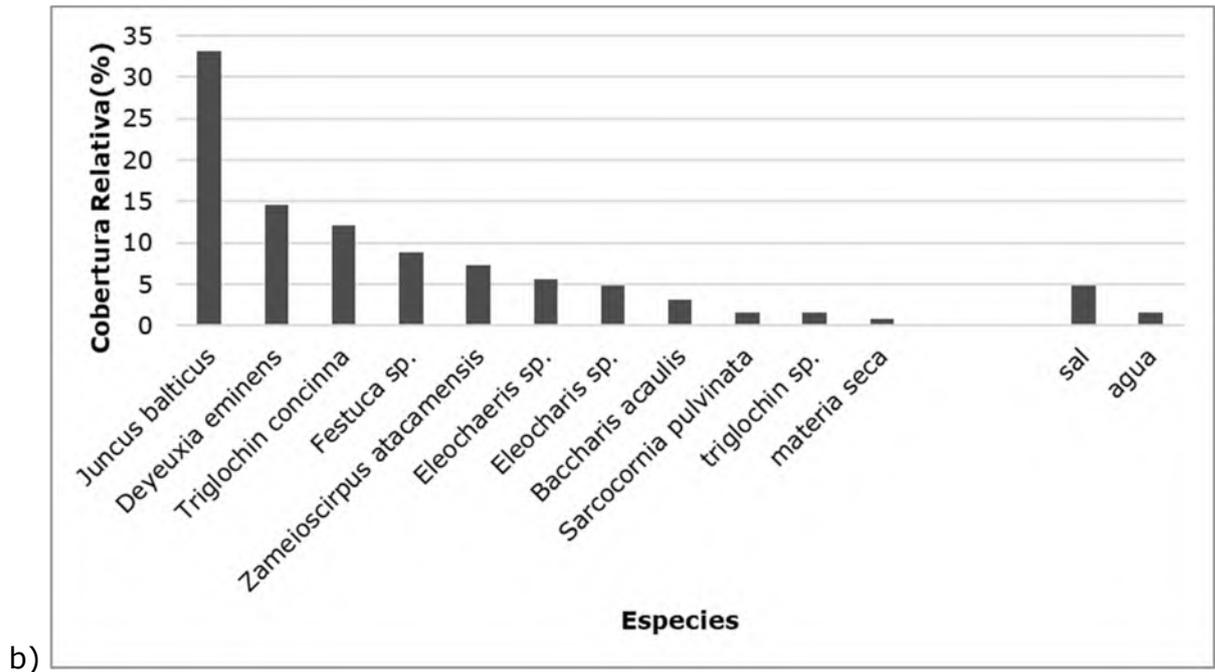
Tabla 65. Características comunitarias de la Vega Laguna Rincon

	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	9	10
Cobertura relativa (%)	92,47	93,55
Suelo desnudo (%)	0,0	0,00
Sal (%)	6,45	4,83
Agua en superficie (%)	1,07	1,61
Dominancia en cobertura (%)	51 % (<i>Juncus balticus</i> y <i>Deyeuxia eminens</i>)	52 % (<i>Juncus balticus</i> y <i>Deyeuxia eminens</i>)

Figura 48 Coberturas relativas por especie para la Vega Laguna Rincón para la a) primera campaña y la b) segunda campaña



2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 ✓
 R



Fotografía 76. Vista de Vega Unquillar.



Fotografía 77 Toma de datos en Vega Unquillar

E
 A
 P
 E
 A.
 L
 M
 A
 R



Fotografía 78. Vista de Vega Laguna Rincon.

Fotografía 79 Toma de datos en Vega Laguna Rincón.

Vega Faldeo Ciénego – Bofedal de Zameiocirpus

Es un bofedal presente en las serranías del norte del salar, ubicada en una quebrada de poco recorrido, allí se pudo observar la unidad típica de plantas en cojín de *Zameiocirpus atacamensis* como especie dominante acompañada de algunas especies de Poáceas (Fotografía 80). Tolaba (2008 a) menciona a *Festuca argentinensis* y *Deyeuxia eminens var. Fulva* ;sub. D. fulva. Sin embargo, en esta oportunidad no se pudieron diferenciar algunas especies debido a la ausencia de estructuras reproductivas necesarias para su determinación. Se identificó al género *Festuca sp* para ciertos individuos.

e
A
P
E
A.C
L
H
A
F

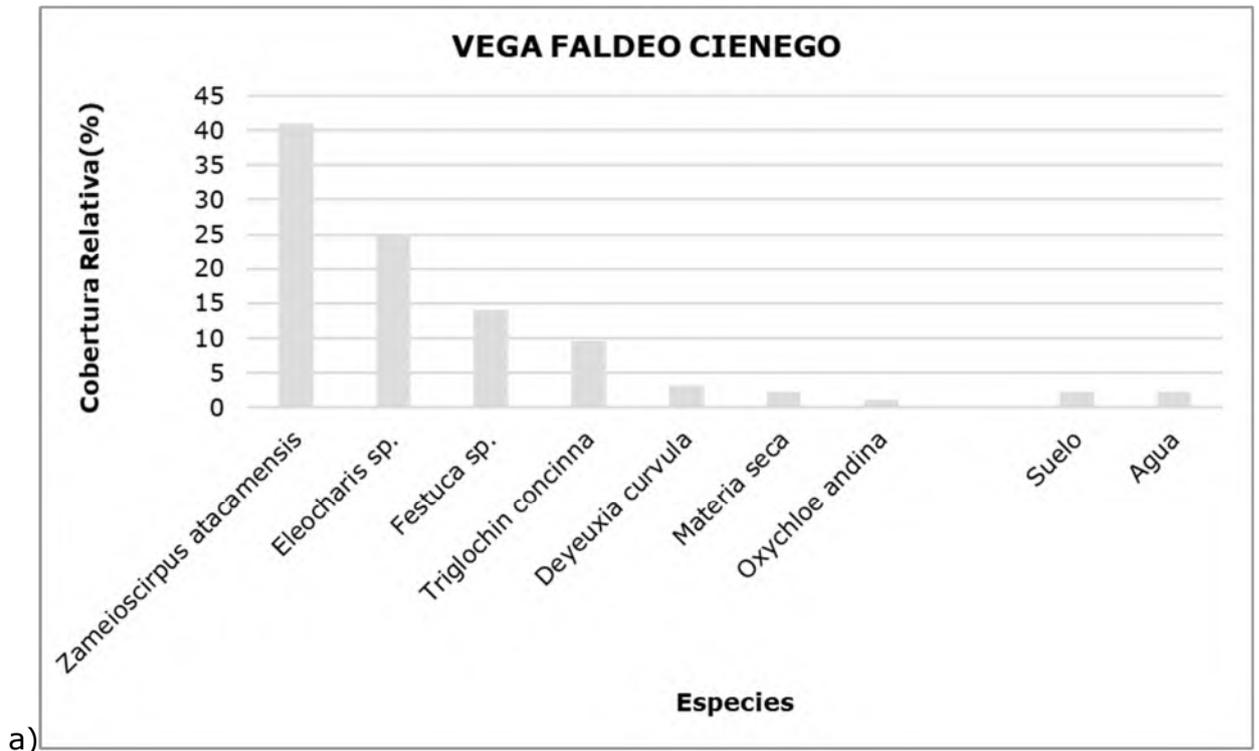
A partir de las transectas de muestreo, en ambas campañas, se obtuvo un valor de 95% donde la dominancia principal corresponde a *Zameiocirpus* (Tabla 71 y Figura 49).

Tabla 66. Características comunitarias de la Vega Faldeo Cienego.

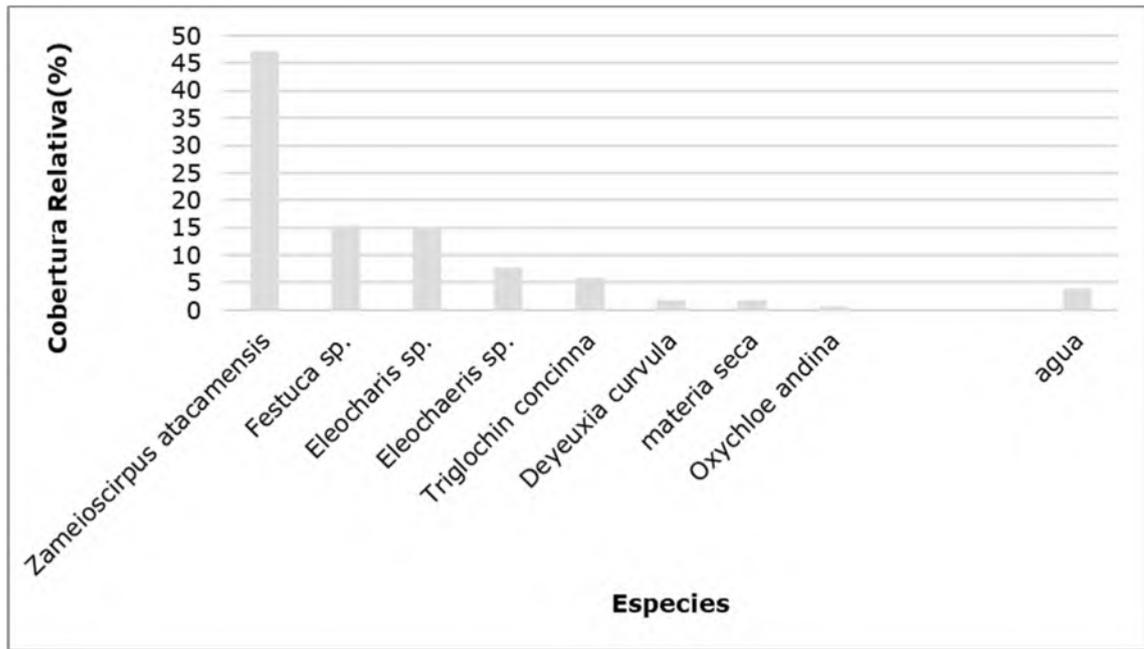
	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	6	7
Cobertura relativa (%)	95,69	95,48
Suelo desnudo (%)	2,1	0,64
Sal (%)	0.00	0,00
Agua en superficie (%)	2,1	3,8

	1ra Campaña	2da Campaña
Dominancia en cobertura (%)	65,6 % (<i>Zameioscirpus atacamensis</i> y <i>Eleocharis sp.</i>)	62,5 % (<i>Zameioscirpus atacamensis</i> y <i>Festuca sp.</i>)

Figura 49 Coberturas relativas por especie para la Vega Faldeo Cienego para la a) primera campaña y b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 X
 F



b)



a)



b)



c)

Fotografía 80 Vista de Vega Faldeo Cienego (a). Toma de datos en Vega Faldeo Cienego para la b) primera campaña y b) segunda campaña

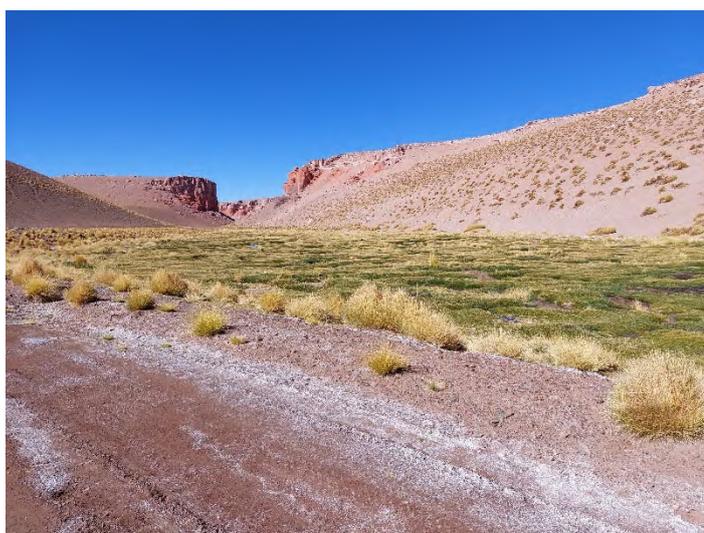
2
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 R

Vega Huaytiquina - Bofedal de Zameiocirpus y Oxicloes

Este sector corresponde al límite noroeste de la cuenca de aporte al Salar del Rincón aquí se realizó un punto de observación (PO9), presento una vega de gran extensión con vegetación típica de estos ambientes correspondientes principalmente a formaciones en cojín de asociaciones entre *Zameiocirpus atacamensis* y *Oxicloe andina* (Fotografía 81 y Fotografía 82). Otras especies acompañantes en estos sectores fueron *Festuca sp.*, *Deyeuxia curvula*, *Eleocharis sp.*, *Gentiana prostrata*, *Fabiana bryoides*, entre otras.



Fotografía 81 Vista norte de Vega Huaytiquina.



Fotografía 82 Vista sur de Vega Huaytiquina.

2
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

b) Borde de Salar

En este ambiente se observaron las siguientes unidades principales:

Arbustal de *Parastrephia*

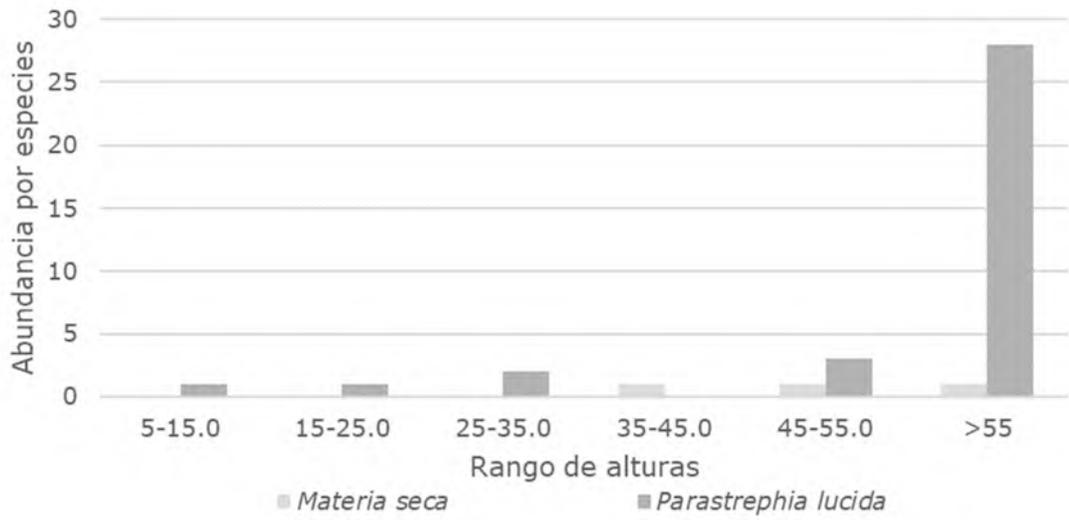
Corresponde a un matorral de la arbustiva freatófita *Parastrephia lucida*, generalmente monoespecífico y enmarcado en el borde de salar limitando con la unidad de *Frankenia* con *Lycium* y *Distichlis* o bien alguna de las estepas arbustivas descritas anteriormente (Fotografía 83). Se constató la presencia de matorrales casi puros de la mencionada entidad, mientras que en otros se alterna con parches de la comunidad de *Frankenia* con *Lycium* y *Distichlis*.

Es el estrato arbustivo más alto para toda el área estudiada, en su gran mayoría presentó individuos con alturas superiores a los 55 cm, registrado para ambas campañas. Por otro lado, también se observó esta unidad en otros sitios aislados al Sur del salar donde se realizó un punto de observación Po2 (Fotografía 84). La densidad si bien fue baja, se entiende por ser individuos de gran porte con un nivel de cobertura amplio (36% de cobertura) siendo un valor alto en comparación a las unidades vecinas (Tabla 67 y Figura 50). Como especies acompañantes en el estrato herbáceo se pudo observar eventualmente la presencia de *Distichlis humilis*.

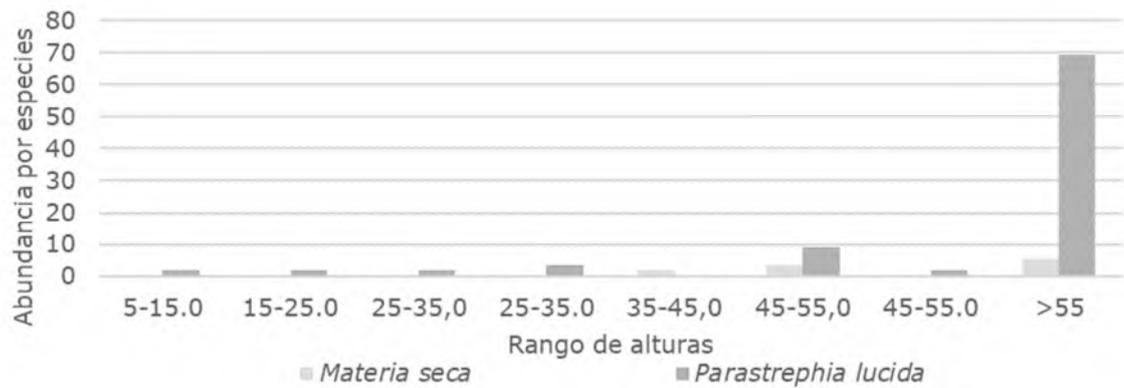
Tabla 67. Características comunitarias arbustal de *Parastrephia*

	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	1	1
Densidad promedio (ind/ha)	3166 ± 1421	3.437,5 ± 1.280
Cobertura relativa (%)	36,48 ± 4.57	36,99 ± 3,87
Suelo desnudo (%)	63,22	63,01

Figura 50 Abundancia por especie para Arbustal de Parastrephia

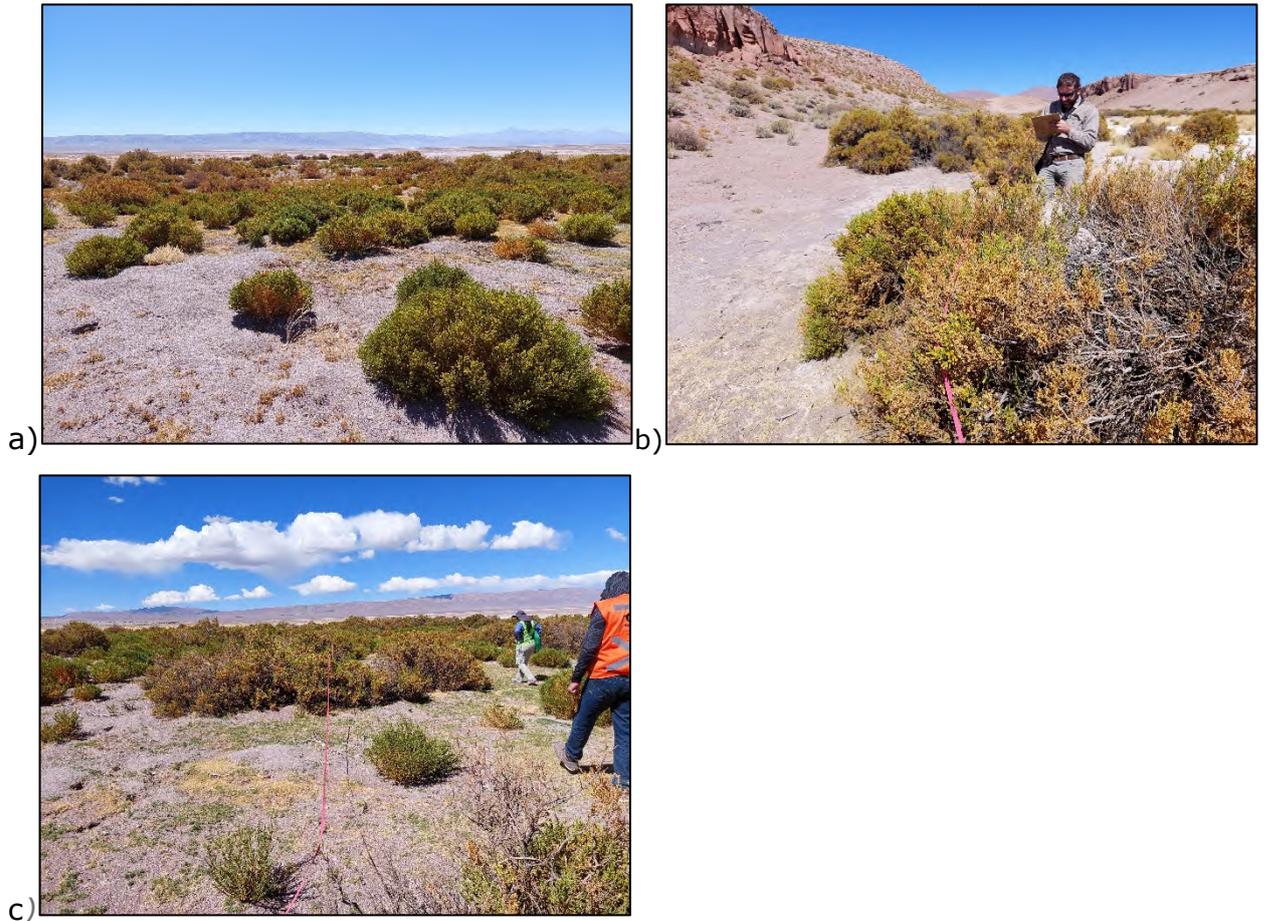


a)



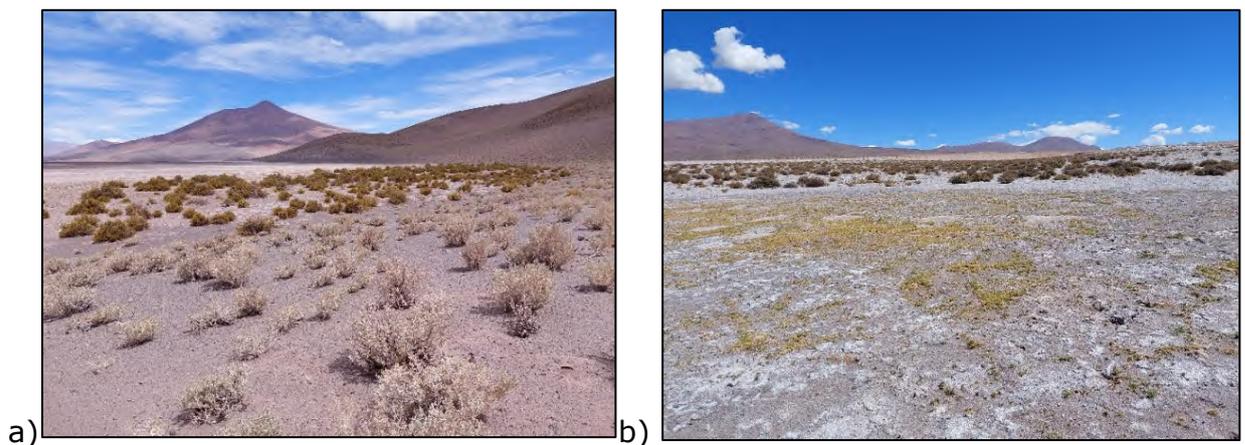
b)

e
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 ✓
 f



Fotografía 83 Vista de un Arbustal de Parastrephia (a). Toma de datos en Arbustal de Parastrephia para la b) primera campaña y b) segunda campaña

2
A
P
E
A
A.C
L
M
A
F



Fotografía 84 Vista del Punto de Observación Po2 correspondiente al Arbustal de Parastrephia para la a) primera campaña y b) segunda campaña

Unidad de *Frankenia triandra*

Esta unidad es la más próxima a los sectores de salar. Se presenta en forma de placas o cojines compactos de color verde, vegetando entre ellos algunas otras especies como *Lycium humile* y *Distichilis humilis* como es el caso del punto de observación Po4. En general también se presenta entre la costra salina y los matorrales de *Parastrephia* propios de los bordes de salar (Fotografía 85).

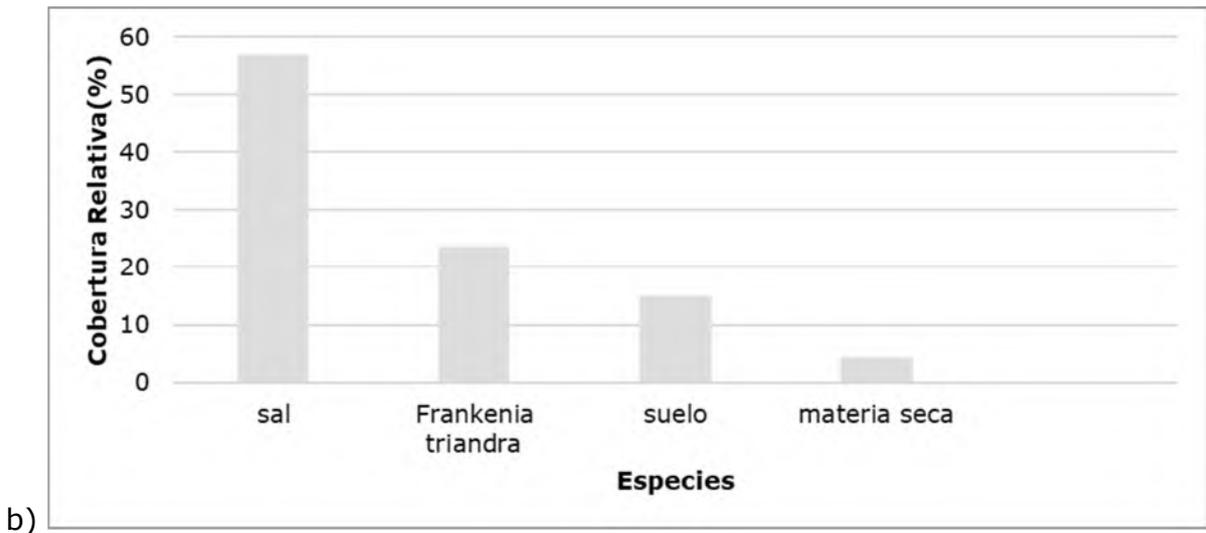
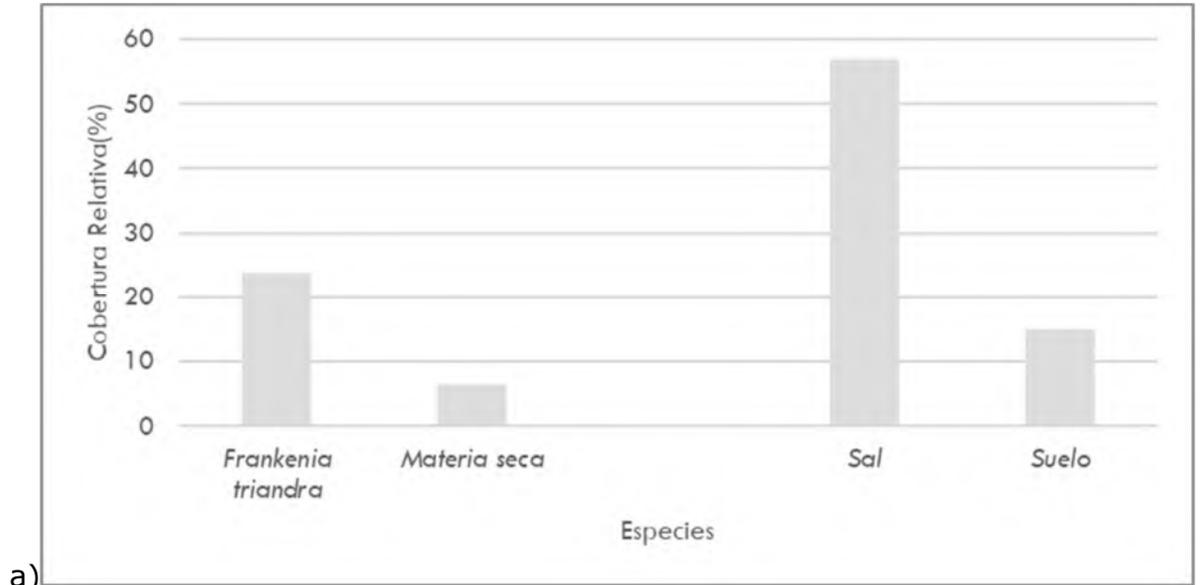
En las transectas delimitadas, se presentó solo la especie de *Frankenia triandra*, y en cercanías se observó la presencia de *Festuca sp.* En general presento una cobertura promedio entre individuos vivos y materia seca de un 30% con dominancia de suelo salino como se pude ver más adelante en las tablas y gráficas (Tabla 68 y Figura 51). Para la segunda campaña se repitió solo una de las transectas realizadas en la primera, sumando los datos de esta última ya que no se observaron cambios fisonómicos y o de composición.

e
 P
 P
 E
 A.C
 L
 H
 F
 F

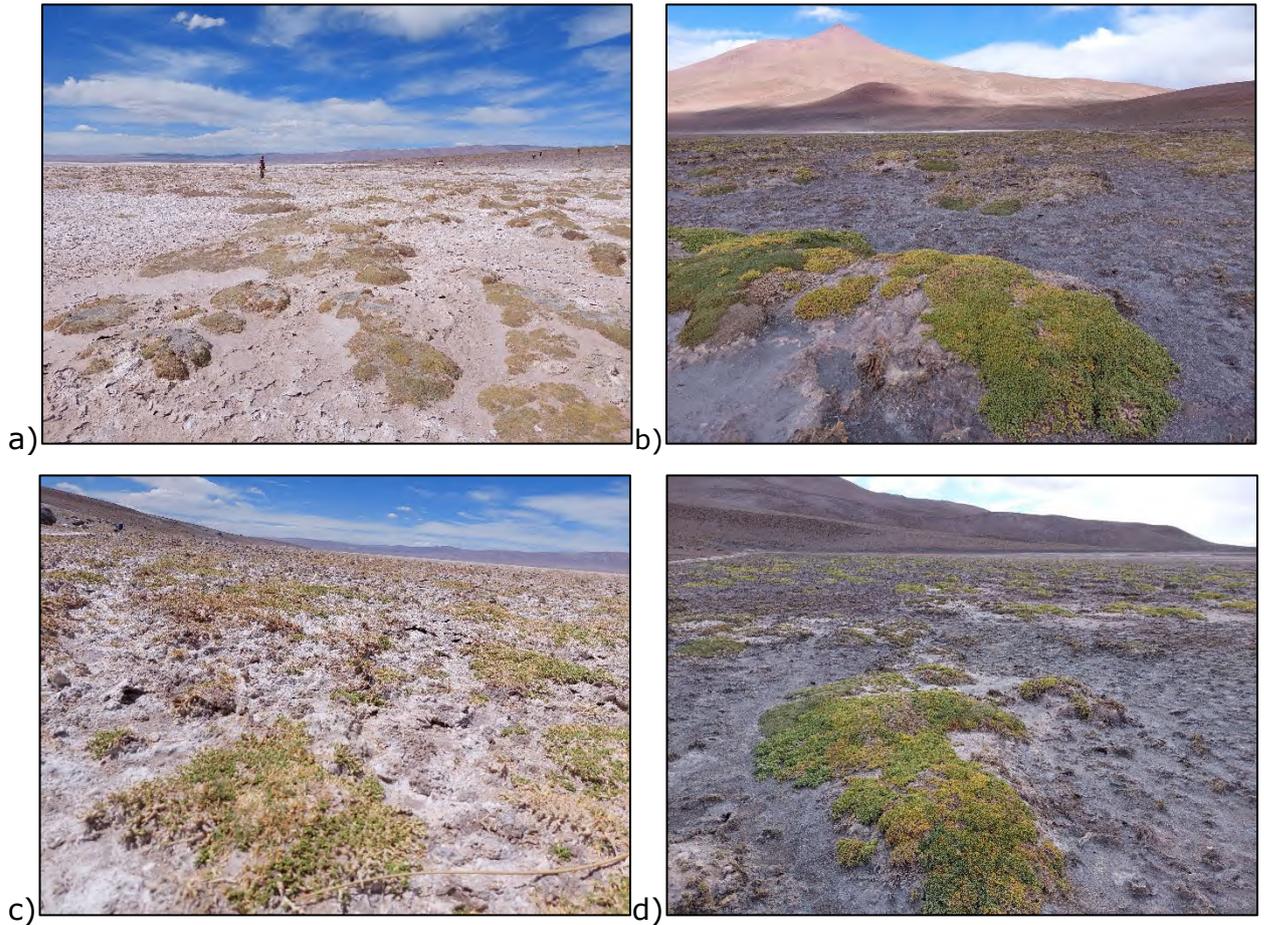
Tabla 68 Características comunitarias Unidad de *Frankenia*.

	1ra Campaña	2da Campaña
Riqueza	1	1
Cobertura relativa (%)	30,10	27,95
Suelo desnudo (%)	2,1	15,05
Sal (%)	56,00	56,98
Agua en superficie (%)	0,00	0,00
Dominancia en cobertura (%)	23% <i>Frankenia triandra</i>	23% <i>Frankenia triandra</i>

Figura 51 Cobertura por especie para la Unidad de Frankenia para la a) primera campaña y b) segunda campaña



e
 A
 P
 E
 A
 C
 L
 M
 ✓
 F



Fotografía 85. Vista de la unidad de *Frankenia triandra* para la a) primera campaña y b) segunda campaña. Punto de observación Po4, *F. triandra* junto a *L. humile* para la c) primera campaña y d) segunda campaña

Unidad de *Lycium humile* y *Distichilis humilis*

Mediante el punto de observación Po3 se identificaron parches de esta unidad en la mayor parte del perímetro del salar con mayor o menor presencia según el sitio, conformando cojines separados por espacios de sal en la superficie. Puede estar presente *Frankenia triandra* en ocasiones.



Fotografía 86. Vista de la unidad de *Lycium humile* y *Distichlis humilis* para la a) primera campaña y b) segunda campaña

c) Transectas de gradiente

Transecta Gradiente 01

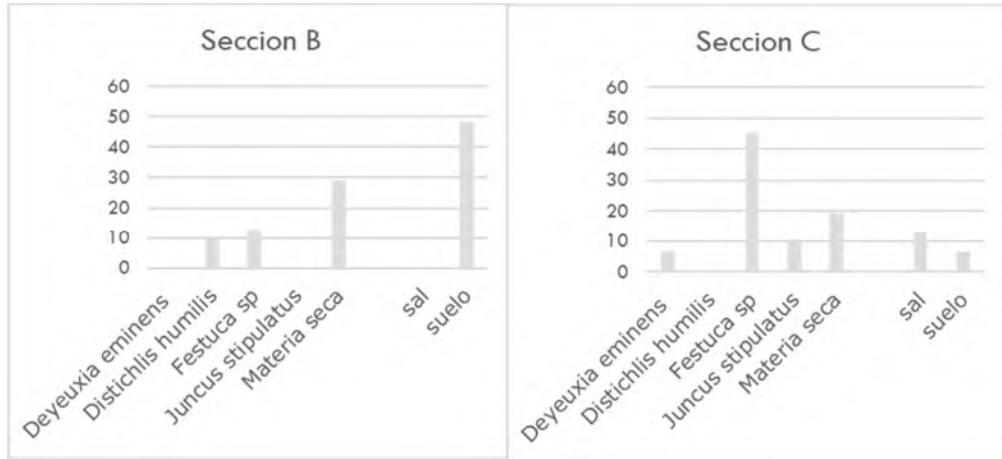
La misma se encuentra próxima a la Laguna Rincón. De acuerdo con los muestreos de las secciones de esta es que se puede observar la siguiente secuencia de unidades hasta el salar propiamente dicho. Se diferenciaron tres gradientes descriptos a continuación:

Sección A, presencia de arbustal con dominancia de *Aloysia deserticola*, este sector se caracterizó bajo la unidad de estepa arbustiva de *Aloysia* en la descripción de las unidades de vegetación presentes, donde los individuos de esta especie presentan alturas que sobrepasan las alturas medias de otros sitios.

Sección B, en este sector se empleó la transecta de muestreo (B), en el cual se observa predominancia de *Distichlis humilis* con *Festuca sp* pero de forma rala ya que el suelo desnudo se presenta en mayor proporción, para luego en la Sección C formarse un pajonal dominado principalmente por *Festuca sp* y *Deyeuxia eminens* con alturas que en ocasiones superan los 100 cm. Se pueden apreciar estos cambios en la Figura 52.

e
 A
 B
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F

Figura 52. Presencia y proporciones de especies en las secciones B y C de la Transecta 01



Fotografía 87. Fotografía de la unidad de la sección A de la Transecta 01



Fotografía 88 Fotografía de la unidad de la sección B de la Transecta 01

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F



Fotografía 89 Fotografía de la unidad de la sección C de la Transecta 01

Transecta de Gradiente 02

La transecta de gradiente 02 está comprendida principalmente entre las unidades esteparias y borde de salar, se distribuyen de la siguiente manera:

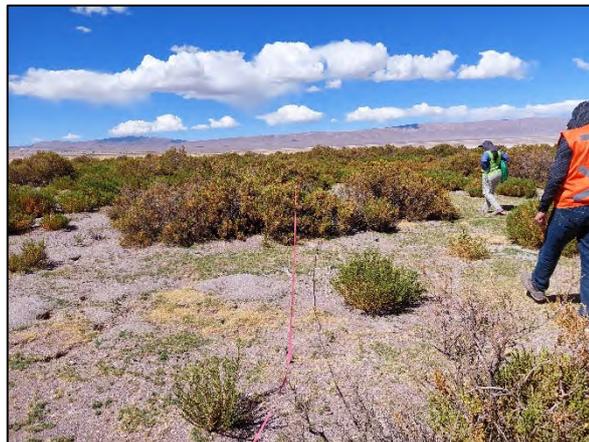
Sección A dominada principalmente por un arbustal de *Aloysia deserticola* y *Adesmia horrida*, especies típicamente de conos aluviales o estepas se presenta con buena presencia de estas especies, aunque el nivel de cobertura siga siendo bajo como es de esperar para estas unidades.

Luego se presenta una Sección B donde se evidencia la presencia de *Parastrephia lucida* con *Distichlis humilis* como especie de tipo rizomatosa y al ras del suelo como acompañante, corresponde a un borde de salar. Finalmente, el sector de la transecta más cercano al salar la sección C presenta especies de tipo salobres, como *Festuca sp*, *Parastrephia quadrangularis* y *Triclochin sp*. Las especies presentes y su proporción por sección están expresadas en la Figura 53.

e
A
B
E
A
A.C
L
M
A
F



Fotografía 90 Fotografía de la unidad de la sección A de la Transecta 02



Fotografía 91 Fotografía de la unidad de la sección B de la Transecta 02

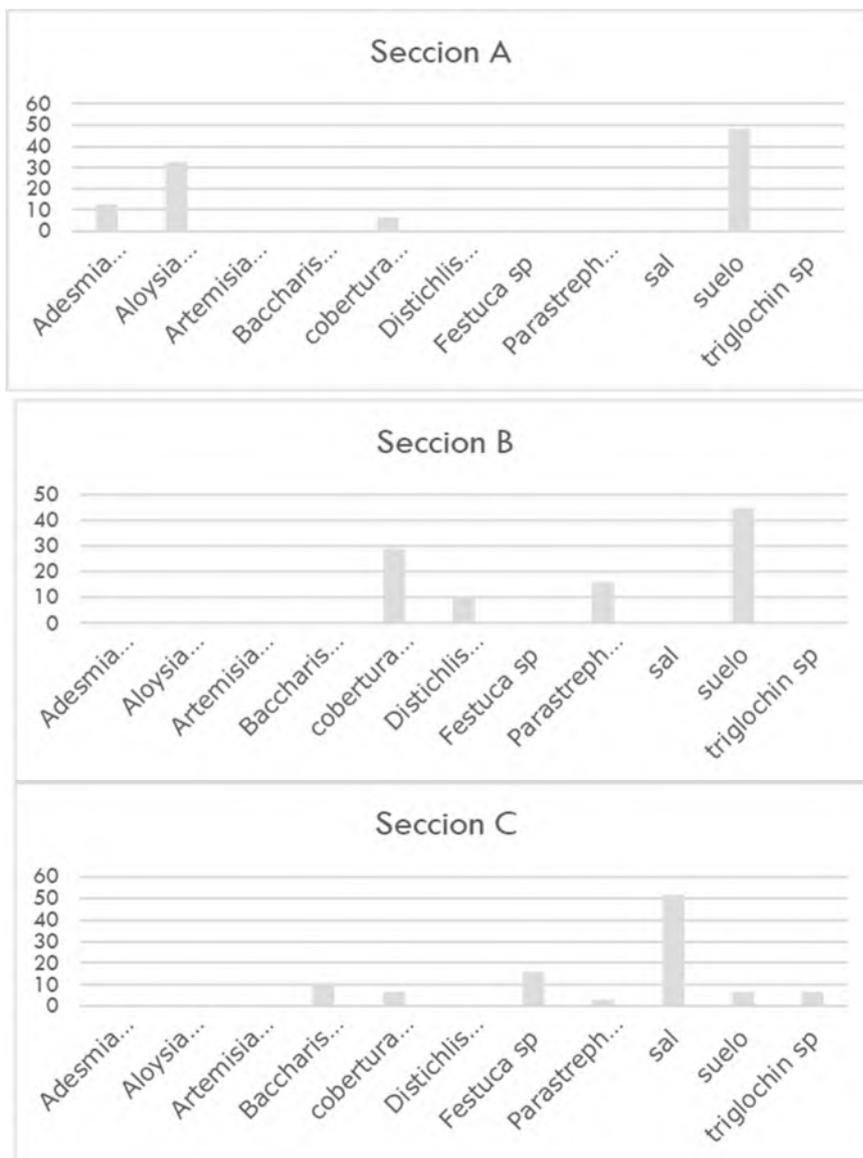
2
A
P
E
A
A.C
L
H
A
R



Fotografía 92 Fotografía de la unidad de la sección C de la Transecta 02

2
A
P
E
A
A.C
L
M
A
R

Figura 53. Presencia y proporciones de especies en las secciones A, B y C de la Transecta 02



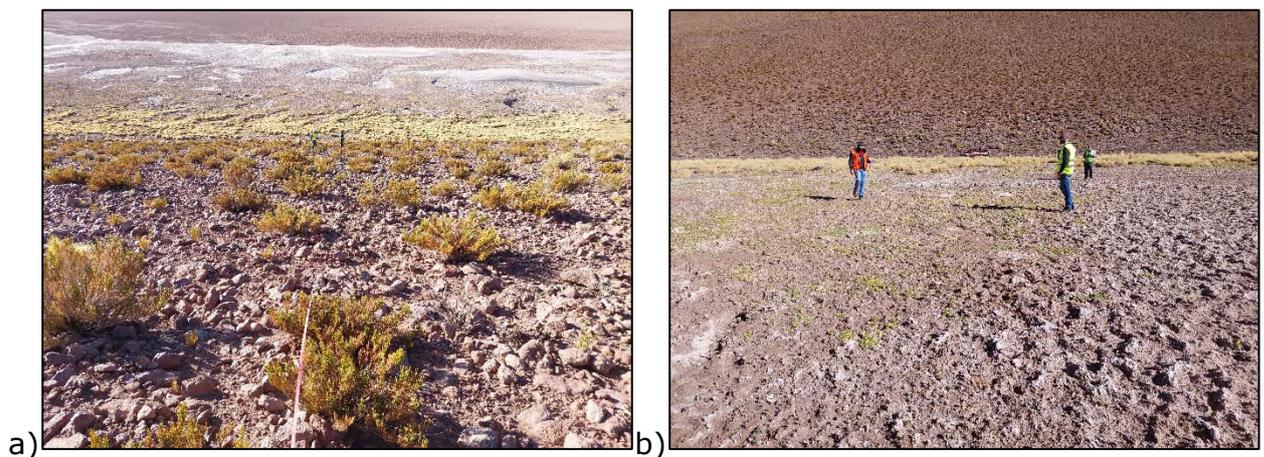
e
 A
 B
 E
 A.
 L
 M
 F

Transecta de Gradiente 03 y perfil topográfico

Esta transecta presenta parte de una ladera y el borde de salar, pudiendo diferenciar cuatro secciones los cuales se discriminan a continuación y se pueden ver en el perfil topográfico (Figura 55).

La Sección A tiene el rango de altitudes más alto entre 3.785 a 3.800 m.s.n.m. con dominancia de *Fabiana punensis* (Figura 54). Las alturas de la Sección B van desde 3.775 a 3.785 m.s.n.m. se presenta como dominante *Artemisia copa*. Estas dos

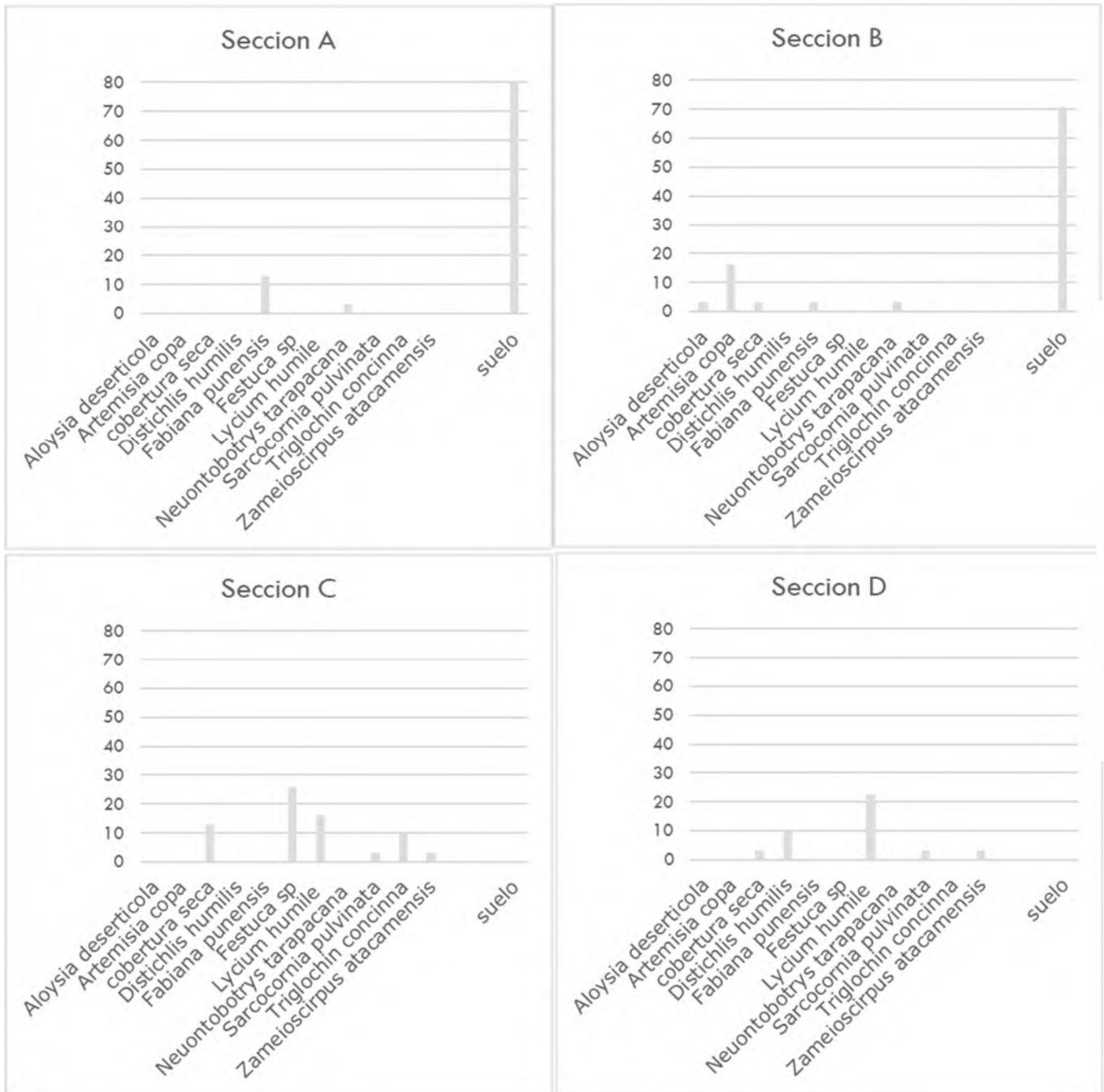
secciones corresponden a zonas de ladera y el suelo es el Entisol, el cual se caracteriza por estar pobremente estructurado - depósitos coluvionares volcánicos - prácticamente rocoso de color marrón claro anaranjado. Por otro lado, las secciones C y D corresponden a unidades de borde de salar con un rango de alturas entre 3.770 a 3.775 m.s.n.m. En la Sección C hay dominancias de *Festuca sp* junto a *Lycium humile* siendo el suelo el Aridisol, el cual está incipientemente desarrollado, con alguna cantidad de materia orgánica, presencia de condiciones ácuicas por parte del año, procesos incipientes de gleización y de color gris oscuro. La sección D es la más próxima al salar donde solo domina *L. humile* y se caracteriza por suelos Acuisalides, los cuales son de color gris claro y están incipientemente desarrollados, alta humedad al borde del salar, bajo contenido de materia orgánica a causa de la toxicidad de su alto contenido salino para la mayor parte de las especies. Finalmente, se hace presente la costra salina.



Fotografía 93.a) Fotografía de la sección A y B de la Transecta 03 y b) Fotografía 94. Fotografía de la sección B y C de la Transecta 03

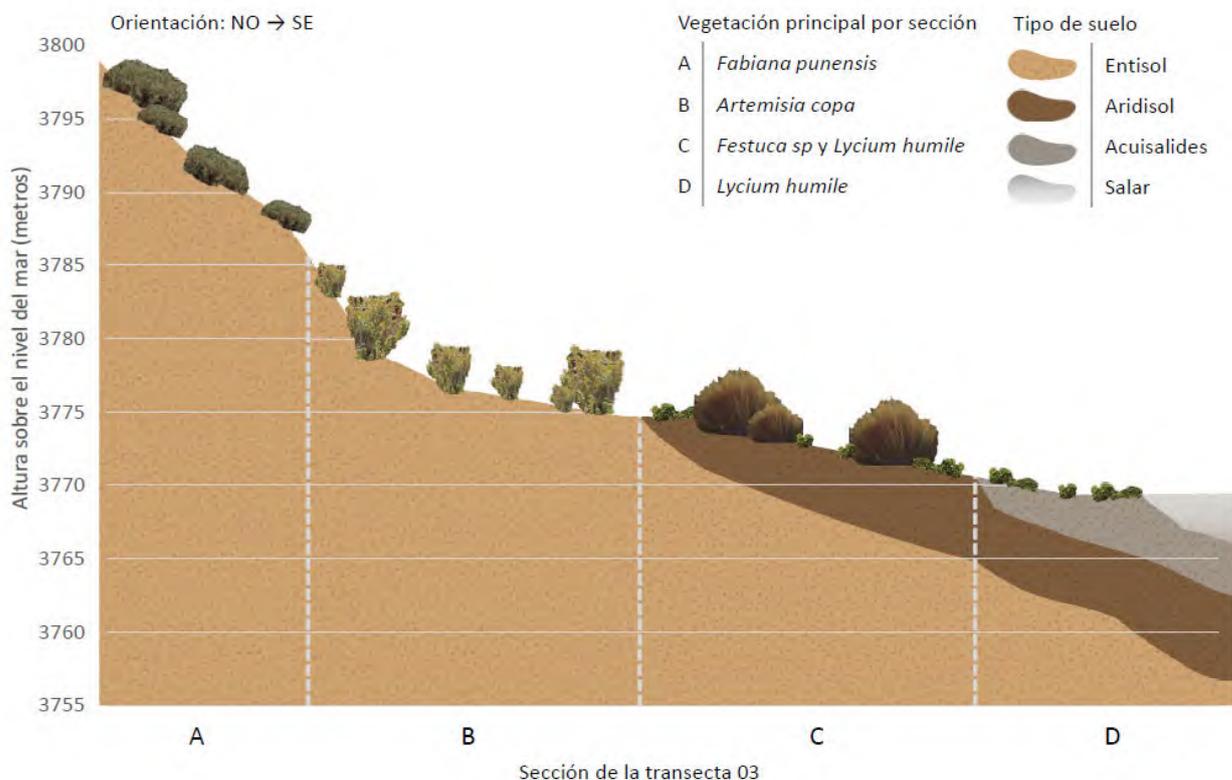
e
 A
 B
 E
 A
 A.C
 L
 M
 A
 F

Figura 54. Presencia y proporciones de especies en las secciones A, B, C y D de la Transecta 03.



C
 A
 P
 E
 A.C
 L
 H
 A
 R

Figura 55. Perfil topográfico de la transecta de gradiente



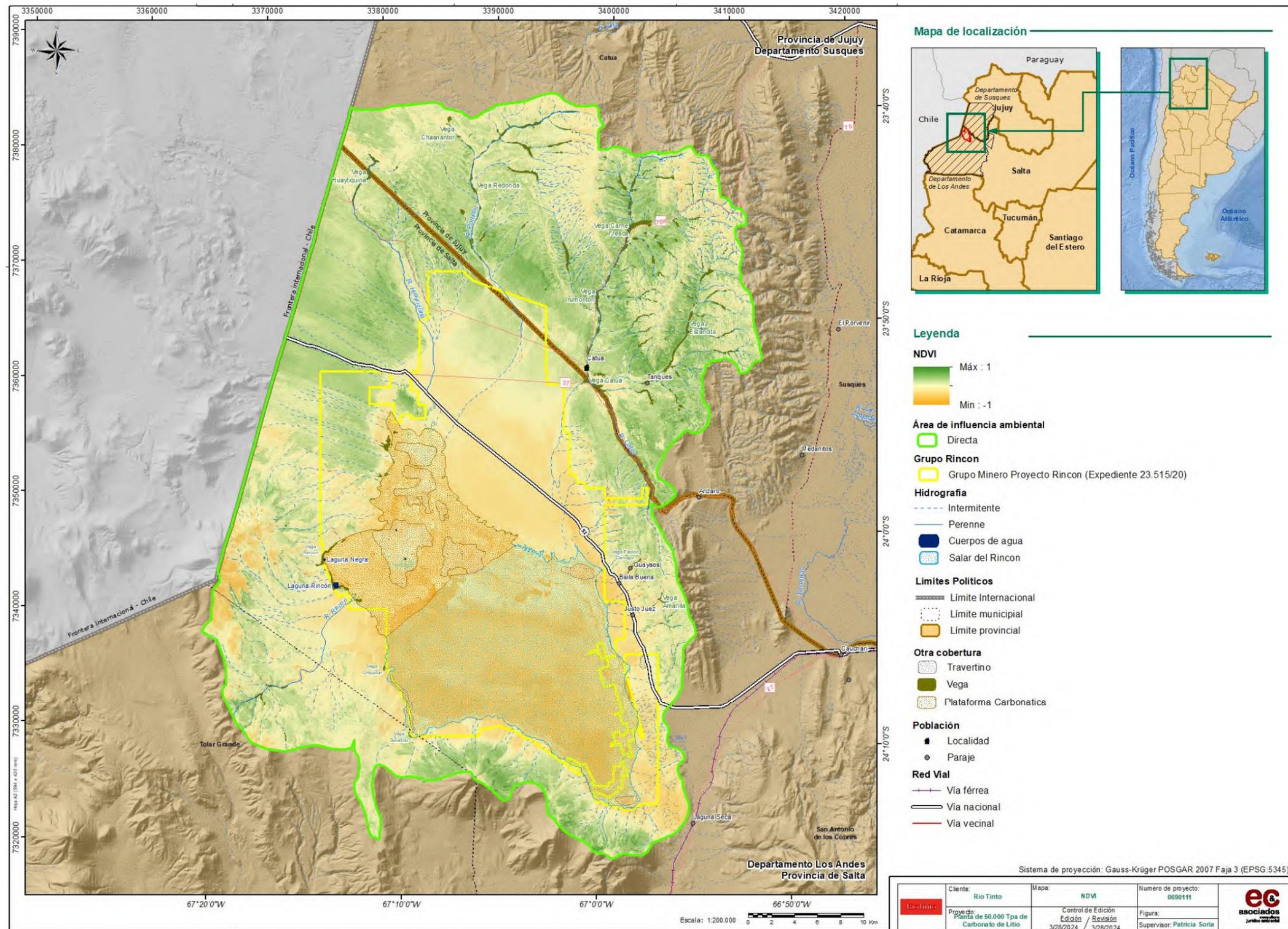
e
 A
 B
 E
 A.C
 L
 M
 X
 R

4.3.3 Mapa de NDVI

Se confeccionó un mapa de NDVI (Figura 56). Mediante el empleo de este índice se pueden identificar diferentes grados de cobertura vegetal. Cabe destacar que algunas clases de minerales también tienen reflectancias altas en el espectro del infrarrojo cercano, lo cual hace que también se obtengan valores altos. El mapa se podrá observar en escala mayor en el anexo 2.a.30.

Se observa vegetación especialmente en el contorno del salar y en las vegas ubicadas al noreste de la zona del proyecto, indicada por valores del NDVI cercanos a 1. En este caso, ya que las imágenes utilizadas tienen una resolución espacial de 10m x 10m, y la cobertura de vegetación es espaciada, cada píxel tendrá un valor de NDVI compuesto no solamente con la respuesta espectral de la vegetación, sino por una mezcla de lo reflejado también por el suelo que la rodea. Estas zonas por lo tanto tendrán valores de NDVI menores, entre 0 y 1.

Figura 56. Mapa de NDVI



2
 A
 P
 E
 A.C
 L
 M
 ✓
 R

4.3.4 Mapa de Cobertura Vegetal

En la Figura 57 se presenta el mapa de vegetación de la cuenca Rincón, en el cual se hace una distinción entre coberturas vegetales y otras coberturas donde la vegetación no ha sido detectada. El mapa se podrá observar en escala mayor en el anexo 2.a.31. A continuación, se detalla la descripción de cada cobertura identificada:

Cobertura vegetal:

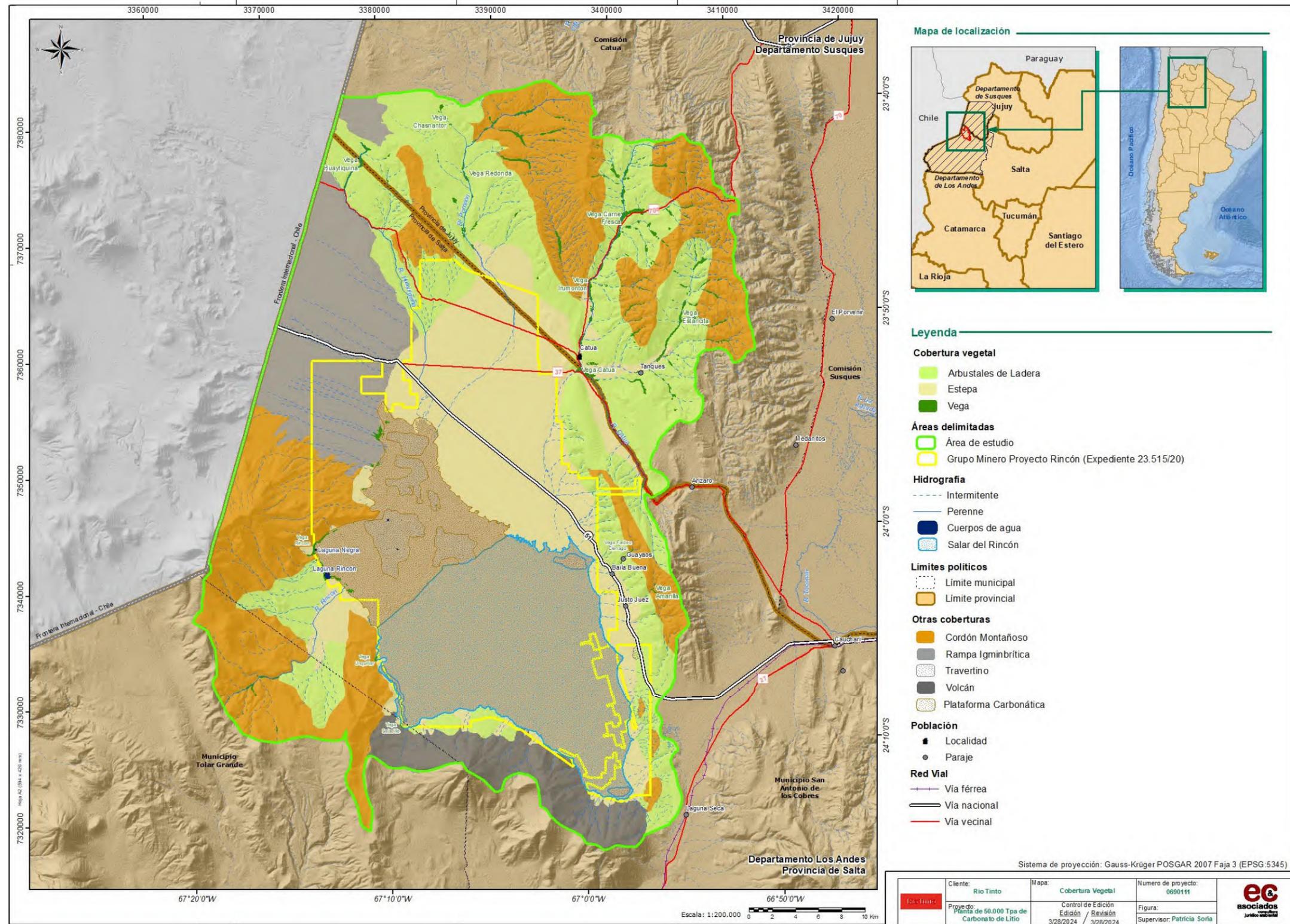
- Arbustales de laderas: se ubican en laderas húmedas y rocosas, a altitudes superiores a 3.900 m.s.n.m. Se caracterizan por ser arbustales con acompañamiento de herbáceas. Algunas especies que se pueden encontrar en la ladera son *Aloysia desertícola* (Rica Rica), *Artemisia copa* (Copa Copa), *Chuquiraga atacamensis* (San Pedro) y *Fabiana punensis* (Tolilla), entre otras.
- Estepa: se ubican en terrenos planos, pedemontes y conos aluviales. Las estepas se caracterizan por tener especies tanto del tipo arbustivo como herbáceas, variando la dominancia de distintas. Estas pueden ser estepas arbustivas con dominancia de algunas especies como *Aloysia desertícola*, *Atriplex imbricata* y *Fabiana punensis*. También hay estepas donde dominan las especies herbáceas como *Pappostipa frigida* (Paja).
- Vegas: se ubican en terrenos ligeramente planos, colindantes a cursos de agua. Pastizales con plantas de cojín, juncáceas, poaceas, entre otros. Algunas especies destacables son *Festuca argentinensis* (Chillagua), *Juncus balticus* (Hunquillo), *Deyeuxia eminens* (Guaia), *Zameioscirpus atacamensis* (Champa) y *Oxicloe andina* (Champa Brava).

e
 A
 P
 E
 A
 A.C
 L
 H
 A
 F

Otras coberturas:

- Volcán: se ubica al sur del salar, donde se localizan los picos Tul Tul, del Medio y Pocitos.
- Rampa Igminbítica: se ubica al noroeste del salar, es una rampa que se compone de rocas piroclásticas de grandes bloques de ignimbritas que evidencian los efectos de la meteorización.
- Cordón montañoso: relieve montañoso y escarpado, ubicada en las zonas de mayor pendiente.

Figura 57. Mapa de cobertura vegetal



C
A
R
E
A
L
I
T
O

4.4 Conclusiones

Se realizaron dos campañas de campo, una al final de la época seca (noviembre 2022) y otra al final de la época húmeda (marzo 2023) Se definieron y analizaron desde el punto de vista florístico dos sectores principales que se diferenciaron mediante la bibliografía disponible en sectores zonales y azonales con sus respectivas unidades de vegetación para cada una de estas, de acuerdo con lo establecido en estudios anteriores (Fabroni et al. 2007, Tolaba 2008 a, 2009 b, 2010 b, Ausenco 2018).

Para la primera campaña, se encontró que la riqueza taxonómica se mantiene similar a otros estudios realizados para el área, reportando en esta oportunidad 30 especies de plantas para toda el área de estudio. Mientras que, considerando la información previa de acuerdo con la última actualización, en total se reportan 49 especies de plantas distribuidas en 18 familias con esa base de datos y los nuevos registros.

En la segunda campaña, en total se reportan 58 especies de plantas distribuidas en 19 familias con esa base de datos y los nuevos registros de los presentes relevamientos.

Las familias más representativas son *Poaceae*, *Asteraceae* y *Solanaceae*, coincidiendo con la literatura existente para la región (Cabrera 1994). Los sectores zonales correspondientes a ambientes de laderas fueron los más diversos en cuanto a especies para este relevamiento, seguidos de las vegas.

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos en los relevamientos proyecto Rincón, la vegetación local Zonal puede ser enmarcada dentro de la Provincia Puneña y según Cabrera 1994, lo que se denomina comunidad climática de Estepa de "Tolilla", "Chijua" y "Añagua" donde las especies dominantes son arbustos que crecen muy esparcidos, dejando grandes espacios de suelo desnudo entre ellos. La especie más frecuente en nuestro caso es *Aloysia deserticola*. Otras arbustivas son *Junellia seriphioides*, *Senecio viridis* y *Ocyroe armata*. El área en los sectores zonales también presenta gramíneas cespitosas, por ejemplo, *Pappostipa* son las más frecuentes en esta oportunidad.

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
F

Por otro lado, también se presentaron comunidades serales definidas por el mismo autor, en los sectores Azonales entre ellas **vegas de *Zameioscirpus*** y **matorrales de tola** (*Parastrephia lucida*), **pajonales de Chillagua** (*Festuca argentinensis*) y césped halófito en cojín como es el caso del yaretillal (*Frankenia triandra*) en los bordes de salar, además de presentarse Vegas de *Zameioscirpus* y *Juncus*.

Las Vegas corresponden a sectores azonales, son sistemas de vegetación hídricos terrestres de altura distribuidos en las regiones áridas puneñas, sin embargo, se trata de un recurso muy escaso en relación con las grandes extensiones de estepas existentes. Constituyen lugares de alta relevancia por su particular diversidad biológica y por el valor de uso que representan como servicios ecosistémicos para la fauna como para las comunidades o puestos que hacen uso de la misma (Bustamante 2013; Izquierdo et al. 2016).

En cuanto a la situación de conservación de las especies la mayoría son consideradas endémicas para esta ecorregión, sin embargo, a nivel nacional muchas están aún en proceso de clasificación desde el punto de vista de conservación, mientras que considerando organismos internaciones de regulación una sola se encuentra catalogada en el apéndice II de CITES, es el caso de *Maihueniopsis boliviana*. En cuanto a la Resolución 84/2010, que presenta la Lista Roja Preliminar de las Plantas Endémicas, resultaron las especies *Fabiana punensis* y *Festuca argentinensis* como plantas comunes, aunque no abundantes en una o más de las unidades fitogeográficas del país (categoría 3).

e
A
P
E
★
A.C
L
H
★
f