



**Plan de Seguimiento Multiescalado de la dinámica
ecosistémica en el Salar de Pedernales y Sistemas Aledaños**

Caracterización de Flora y Vegetación

[REVISIÓN 0]



Preparado para:

CODELCO DIVISION SALVADOR



Elaborado por:



Minería y Medio Ambiente Ltda.
M. Sotero Sanz 100, Of. 505, Providencia, Santiago
Teléfono: (56-2) 2442188
e-mail: jgalaz@myma.cl

Plan de Seguimiento Multiescalado de la dinámica ecosistémica en el Salar de Pedernales y Sistemas Aledaños Caracterización Flora y Vegetación

0	05-06-2024	Aprobación Cliente				JMR	
B	04-01-2023	Revisión Cliente	NB(ENC)	LW			
A	29-12-2022	Revisión Interna	NB (ENC) ¹²	LW			
REV	FECHA	EMITIDO PARA	POR	J. Proy.	Aprobó	J. Proy	Aprobó
REVISIONES			MYMA			CLIENTE	
CONSULTOR			N° Documento			REV.	
			CODIGO MYMA MY-94-2022			0	

¹ Equipo de Mag Terreno. Nur Borbar. Ingeniera Forestal; Gloria Anfruns. Ingeniera Forestal.

² Elaboración Informe. Francisca Pantoja, Ingeniera en Recursos Naturales Renovables.

Contenido

1.	RESUMEN	13
2.	INTRODUCCIÓN	14
2.1.	Contexto del Plan de Monitoreo	14
3.	OBJETIVOS	16
3.1.	Objetivo General.....	16
3.2.	Objetivos Específicos	16
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
4.1.	Determinación de Área de Estudio.....	17
4.2.	Desarrollo de Trabajos en Terreno	27
4.2.2	Caracterización florística	28
4.2.1	Caracterización Vegetación.....	29
4.3.	Determinación de las Especies en Categoría de Conservación	32
4.4.	Trabajo de gabinete	33
4.3.1	Revisión y análisis estadístico.....	33
4.3.2	Tratamiento de imágenes satelitales utilizadas	33
4.5.	Elaboración de documentos	34
5.	RESULTADOS	35
5.1.	Áreas de Estudio	35
5.2.	Disposición de los transectos de muestreo según sector.....	36
5.3.	Descripción de la Flora.....	44
5.3.1.	Riqueza florística	44
5.3.2.	Origen y Forma de Vida	50
5.4.	Descripción de la Vegetación.....	66
5.2.1	Sector Salar de Pedernales Sur	66
5.2.2	Sector Salar de Pedernales Norte	77
5.2.3	Sector Salar La Laguna.....	79

5.2.4 Sector Cabecera Sur Río La Ola	87
5.2.5 Sector Salar Piedra Parada	96
5.2.6 Sector Quebrada Asiento	104
5.2.7 Sector Quebrada Ciénega.....	113
5.2.8 Sector Quebrada Pastos Largos.....	123
5.2.9 Sector Quebrada Río Negro	132
5.2.10 Sector Quebrada Tinajas	141
5.2.11 Sector Quebrada Tordillos.....	151
5.2.12 Sector Quebrada Vertientes 2.....	160
5.2.13 Sector Leoncito.....	169
5.2.14 Sector Quebrada el Colorado	179
5.5. Estado de Conservación de las Especies Registradas	187
5.6. Estado observado de la vegetación y flora	188
6. DISCUSIONES	197
7. CONCLUSIONES	200
8. REFERENCIAS.....	201

(a). Índice de Figuras

Figura 4-1. Ejemplo de metodología aplicada en Sector Salar de Pedernales Norte para la delimitación del área de estudio.....	18
Figura 4-2. Esquema de medición realizada mediante el método de intercepto de puntos.....	28
Figura 4-3. Condiciones de la vegetación a identificar.	31
Figura 5-1. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Salar de pedernales.....	40
Figura 5-2. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Salar Piedra Parada.	41
Figura 5-3. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Quebrada Potrerillo.....	42
Figura 5-4. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Rio la Ola.	43
Figura 5-5. NDVI sector Salar de Pedernales Sur.	76
Figura 5-6. NDVI sector Salar de Pedernales Norte.	77
Figura 5-7. NDVI sector Salar La Laguna.....	86
Figura 5-8. NDVI sector Cabecera Sur Río La Ola	95
Figura 5-9. NDVI sector Salar Piedra Parada	103
Figura 5-10. NDVI sector Quebrada Asiento	112
Figura 5-11. NDVI sector Quebrada Ciénaga.....	122
Figura 5-12. NDVI sector Quebrada Pastos Largos.	131
Figura 5-13. NDVI sector Quebrada Río Negro.	140
Figura 5-14. NDVI sector Quebrada Tinajas.	150
Figura 5-15. NDVI Sector Quebrada Tordillos.	159
Figura 5-16. NDVI sector Quebrada Vertientes 2.....	168
Figura 5-17. NDVI sector Leoncito.....	178
Figura 5-18. NDVI sector Quebrada el Colorado.....	186
Figura 5-19. <i>Alstroemeria andina</i>	187
Figura 5-20. Ubicación de formaciones vegetacionales en subcuenca Salar de Pedernales.....	189
Figura 5-21. Ubicación de formaciones vegetacionales subcuenca Salar Piedra Parada.	190
Figura 5-22. Ubicación de formaciones vegetacionales subcuenca Quebrada Potrerillo.	191
Figura 5-23. Ubicación de formaciones vegetacionales subcuenca Rio la Ola.	192

(b). Índice de Tablas

Tabla 4-1. Cantidad de transectos realizados en el área de estudio.	27
Tabla 5-1. Valores máximos promedio de NDVI y superficie por sector.	35
Tabla 5-2. Estaciones de muestreo realizadas en el área de estudio por sector.....	36
Tabla 5-3. Especies encontradas en zona de estudio por sectores.....	47

Tabla 5-4. Especies vegetales según tipo biológico y origen.	50
Tabla 5-5. Identificación taxonómica de las especies encontradas en la zona de estudio.....	51
Tabla 5-6. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto en sector Salar de Pedernales Sur.....	67
Tabla 5-7. Cobertura de componentes por transecto de muestreo en sector Salar de Pedernales. 69	
Tabla 5-8. Fenología por especie en sector Salar de Pedernales Sur.....	74
Tabla 5-9. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Salar La Laguna.	79
Tabla 5-10. Tabla de componentes por transecto en sector Salar la Laguna.	81
Tabla 5-11. Fenología por especie en sector Salar La Laguna.....	84
Tabla 5-12. Porcentaje de cobertura absoluta de Vegetación Activa por transecto en Sector Río La Ola.	87
Tabla 5-13. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Cabecera Sur Río la Ola	89
Tabla 5-14. Fenología por especie en sector Cabecera Sur Río La Ola	93
Tabla 5-15. Porcentaje de cobertura absoluta de Vegetación Activa por transecto en Sector Salar Piedra Parada.	96
Tabla 5-16. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Piedra Parada.	98
Tabla 5-17. Fenología por especie en sector Piedra Parada.	101
Tabla 5-18. Porcentaje de cobertura absoluta de Vegetación Activa por transecto sector Quebrada Asiento	104
Tabla 5-19. Cobertura de componentes por transecto de muestreo en sector Quebrada Asiento.	106
Tabla 5-20. Fenología por especie en sector Quebrada Asiento.	110
Tabla 5-21. Porcentajes de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Ciénaga.....	113
Tabla 5-22. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Ciénega.115	
Tabla 5-23. Fenología por especie en sector Quebrada Ciénega.....	120
Tabla 5-24. Porcentajes de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Pastos Largos.....	123
Tabla 5-25. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Pastos Largos.	125
Tabla 5-26. Fenología por especie en sector Quebrada Pastos Largos.....	129
Tabla 5-27. Porcentaje de Cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Río Negro.....	132
Tabla 5-28. Cobertura de componente por transecto de muestras en sector Quebrada Río Negro	134

Tabla 5-29. Fenología por especie en sector Quebrada Río Negro.....	138
Tabla 5-30. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Tinajas.	141
Tabla 5-31. Cobertura de componente por transecto de muestreo en Sector Quebrada Tinajas.	143
Tabla 5-32. Fenología por especie en sector Quebrada Tinajas.	147
Tabla 5-33. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Tordillos.....	151
Tabla 5-34. Cobertura de componente por transecto de muestreo en Sector Quebrada Tordillos	153
Tabla 5-35. Fenología por especie, sector Quebrada Tordillos.....	157
Tabla 5-36. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto Sector Quebrada Vertientes 2.....	160
Tabla 5-37. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Vertientes 2	162
Tabla 5-38. Fenología por especie, sector Quebrada Vertientes 2.....	166
Tabla 5-39. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto Sector Leoncito	170
Tabla 5-40. Cobertura de componente por transecto de muestreo en Sector Leoncitos.	172
Tabla 5-41. Fenología por especie, sector Leoncito.....	176
Tabla 5-42. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto Sector Quebrada el Colorado.	179
Tabla 5-43. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Colorado	181
Tabla 5-44. Fenología por especie, sector Quebrada el Colorado	185
Tabla 5-45. Formaciones vegetacionales identificadas por sector.	188
Tabla 5-46. Cobertura absoluta y superficie de vegetación activa por sector.....	194

(c). Índice de Gráficos

Gráfico 5-1. Riqueza de especies por familia	45
Gráfico 5-2. Riqueza de especies por sector.	46
Gráfico 5-3. Cobertura de vegetación por transecto en sector Salar de Pedernales Sur.	68
Gráfico 5-4. Cobertura observada por transecto en sector Salar de Pedernales Sur.	70
Gráfico 5-5. Cobertura de vegetación por transecto en sector Salar La Laguna.	80
Gráfico 5-6. Coberturas observadas por transecto en sector La Laguna	82
Gráfico 5-7. Cobertura de vegetación por transecto en sector Cabecera Sur Río La Ola.	88
Gráfico 5-8. Coberturas observadas por transecto en sector Cabecera Sur Río La Ola.....	90
Gráfico 5-9. Coberturas de vegetación por transecto en sector Salar Piedra Parada.	97
Gráfico 5-10. Coberturas observadas por componente en sector Piedra Parada	99
Gráfico 5-11. Coberturas de vegetación por transecto en sector Quebrada Asiento	105
Gráfico 5-12. Cobertura de componente de muestreo en sector Quebrada Asiento	107
Gráfico 5-13. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Ciénega	114
Gráfico 5-14. Coberturas observadas por transectos en sector Quebrada Ciénega	116
Gráfico 5-15. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Pastos Largos	124
Gráfico 5-16. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada Pastos Largos	126
Gráfico 5-17. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Río Negro	133
Gráfico 5-18. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada Río Negro	135
Gráfico 5-19. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Tinajas	142
Gráfico 5-20. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada Tinajas.....	144
Gráfico 5-21. Cobertura de vegetación por transecto, sector Tordillos	152
Gráfico 5-22. Coberturas observadas por transecto en Sector Quebrada Tordillos.....	154
Gráfico 5-23. Coberturas de vegetación por transecto, sector Quebrada Vertientes 2	161
Gráfico 5-24. Coberturas observadas por transecto en sector Quebradas Vertientes 2.....	163
Gráfico 5-25. Cobertura de vegetación por transecto, sector Leoncito	170
Gráfico 5-26. Coberturas observadas por transecto en Sector Leoncito	173
Gráfico 5-27. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada el Colorado.....	180
Gráfico 5-28. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada el Colorado	182
Gráfico 5-29. Porcentajes de cobertura determinada en terreno y promedio de NDVI por sector.	193
Gráfico 5-30. Relación cobertura absoluta y porcentaje de vegetación activa por sector.....	196
Gráfico 5-31. Relación promedio NDVI y porcentaje de vegetación activa por sector.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Gráfico 5-32. Relación promedio NDVI y cobertura absoluta por sector.¡Error!	Marcador no definido.

(d). Índice se fotografías

Fotografía 4-1. Vista general del sector "Salar de Pedernales Sur", dirección este.	19
Fotografía 4-2. Vista general sector "Salar la Laguna" dirección este.	20
Fotografía 4-3. Vista general sector "La Ola", dirección este.	21
Fotografía 4-4. Vista general sector "Salar Piedra Parada", dirección noroeste.	21
Fotografía 4-5. Vista general sector "Quebrada Asiento", dirección oeste.	22
Fotografía 4-6. Vista general sector "Quebrada Ciénega", dirección noroeste.	22
Fotografía 4-7. Vista general sector "Quebrada Pastos Largos", dirección oeste.	23
Fotografía 4-8. Vista general sector "Quebrada Río Negro", dirección noroeste.	23
Fotografía 4-9. Vista general sector "Quebrada Tinajas", dirección oeste.	24
Fotografía 4-10. Vista general sector "Quebrada Tordillos", dirección noroeste.	25
Fotografía 4-11. Vista general sector "Quebrada Vertientes 2", dirección oeste.	25
Fotografía 4-12. Vista general sector "Quebrada Leoncito", dirección noroeste.	26
Fotografía 4-13. Vista general sector "Quebrada El Colorado", dirección oeste.	26
Fotografía 5-1. Fotografías de las Especies Registradas en Terreno.	56
Fotografía 5-2. Transecto 1.	71
Fotografía 5-3. Transecto 2.	71
Fotografía 5-4. Transecto 3.	72
Fotografía 5-5. Transecto 4.	72
Fotografía 5-6. Transecto 5.	72
Fotografía 5-7. Transecto 6.	72
Fotografía 5-8. Transecto 7.	73
Fotografía 5-9. Transecto 8.	73
Fotografía 5-10. Transecto 9.	73
Fotografía 5-11. Transecto 10.	73
Fotografía 5-12. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector del sector Salar de Pedernales Sur.	75
Fotografía 5-13. Fotografías representativas del Sector Salar de Pedernales Norte.	78
Fotografía 5-14. Transecto 11.	83
Fotografía 5-15. Transecto 12.	83
Fotografía 5-16. Transecto 13.	83
Fotografía 5-17. Transecto 14.	83
Fotografía 5-18. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en sector La Laguna.	85

Fotografía 5-19. Transecto 15.....	91
Fotografía 5-20. Transecto 16.....	91
Fotografía 5-21. Transecto 17.....	91
Fotografía 5-22. Transecto 18A.....	91
Fotografía 5-23. Transecto 18B.....	92
Fotografía 5-24. Transecto 18C.....	92
Fotografía 5-25. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en sector Cabecera Sur Río La Ola.....	94
Fotografía 5-26. Transecto 19.....	100
Fotografía 5-27. Transecto 21.....	100
Fotografía 5-28. Transecto 22.....	100
Fotografía 5-29. Transecto 23.....	101
Fotografía 5-30. Transecto 24.....	101
Fotografía 5-31. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en sector Piedra Parada.....	102
Fotografía 5-32. Transecto 25.....	108
Fotografía 5-33. Transecto 26.....	108
Fotografía 5-34. Transecto 27.....	108
Fotografía 5-35. Transecto 28.....	108
Fotografía 5-36. Transecto 29.....	109
Fotografía 5-37. Transecto 30.....	109
Fotografía 5-38. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Quebrada Asiento.....	111
Fotografía 5-39. Transecto 31.....	118
Fotografía 5-40. transecto 32.....	118
Fotografía 5-41. Transecto 33.....	118
Fotografía 5-42. Transecto 34.....	118
Fotografía 5-43. Transecto 35.....	119
Fotografía 5-44. Transecto 36.....	119
Fotografía 5-45. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector de Quebrada Ciénega.....	121
Fotografía 5-46. Transecto 37.....	127
Fotografía 5-47. Transecto 38.....	127
Fotografía 5-48. Transecto 39.....	127
Fotografía 5-49. Transecto 40.....	127
Fotografía 5-50. Transecto 41.....	128
Fotografía 5-51. Transecto 42.....	128

Fotografía 5-52. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en sector Quebrada Pastos Largos.....	130
Fotografía 5-53. Transecto 43.....	136
Fotografía 5-54. Transecto 44.....	136
Fotografía 5-55. Transecto 45.....	136
Fotografía 5-56. Transecto 46.....	136
Fotografía 5-57. Transecto 47.....	137
Fotografía 5-58. Transecto 48.....	137
Fotografía 5-59. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector de Quebrada Río Negro.....	139
Fotografía 5-60. Transecto 49.....	145
Fotografía 5-61. Transecto 50.....	145
Fotografía 5-62. transecto 51.....	146
Fotografía 5-63. Transecto 52.....	146
Fotografía 5-64. Transecto 53.....	146
Fotografía 5-65. Transecto 54.....	146
Fotografía 5-66. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Quebrada Tinajas.....	148
Fotografía 5-67. Transecto 55.....	155
Fotografía 5-68. Transecto 56.....	155
Fotografía 5-69. Transecto 57.....	155
Fotografía 5-70. Transecto 58.....	155
Fotografía 5-71. Transecto 59.....	156
Fotografía 5-72. Transecto 60.....	156
Fotografía 5-73. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Tordillos.....	158
Fotografía 5-74. Transecto 61.....	164
Fotografía 5-75. Transecto 62.....	164
Fotografía 5-76. Transecto 63.....	164
Fotografía 5-77. Transecto 64.....	164
Fotografía 5-78. Transecto 65.....	165
Fotografía 5-79. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Quebrada Vertientes 2.....	167
Fotografía 5-80. Transecto 67.....	174
Fotografía 5-81. Transecto 68.....	174
Fotografía 5-82. Transecto 69.....	174
Fotografía 5-83. Transecto 70.....	174

Fotografía 5-84. Transecto 71.....	175
Fotografía 5-85. Transecto 72.....	175
Fotografía 5-86. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Leoncito.....	177
Fotografía 5-87. Transecto 73.....	183
Fotografía 5-88. Transecto 74.....	183
Fotografía 5-89. Transecto 75.....	183
Fotografía 5-90. Transecto 76.....	183
Fotografía 5-91. Transecto 77.....	184
Fotografía 5-92. Transecto 78.....	184
Fotografía 5-93. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Quebrada el Colorado	185

1. RESUMEN

El presente plan de monitoreo, denominado “Plan de Seguimiento Multiescalado (PSME)” (en adelante el Plan PSME), se desarrolla en la Región de Atacama, Provincia de Chañaral, Comuna de Diego de Almagro.

El siguiente documento presenta la información levantada en la campaña de verano 2023 del Plan PSME, este se llevó a cabo en la subcuenca del Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños. Este plan fue elaborado en el marco de la demanda de reparación por daño ambiental en el Salar de Pedernales, presentada por el Consejo de Defensa del Estado (CDE). Esta campaña busca recabar información preliminar del área de estudio, que permita desarrollar las medidas EST-01: Estudio de Abundancia Potencial de Especies en Salar de Pedernales, y EST-02: Estudio de Seguimiento de Dinámicas Ecosistémicas de SVAHT.

A través de esta campaña se describió y caracterizó la flora y vegetación presente en 14 sectores de la cuenca de Salar de Pedernales y sus alrededores. La metodología utilizada consideró la medición de parámetros *in situ*, la identificación de especies en categoría de conservación (RCE) y un análisis de imágenes satelitales, aplicando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

En el área de estudio se registró la presencia de 42 especies, correspondientes principalmente a herbáceas, acompañadas de arbustos y subarbustos todos de origen nativo, destacando la presencia de dos especies herbáceas endémicas. El sector con mayor riqueza de especies fue la Quebrada Tordillos, mientras que Salar de Pedernales Norte y Quebrada Asiento presentaron la menor riqueza de especies. La composición y dominancia de especies permitió definir que tres sectores corresponden a formaciones de bofedal, tres a sectores de vegetación zonal y siete a pajonales hídricos salinos.

Los sectores Leoncito, Río Negro y La Ola, fueron los de mayor cobertura vegetal, mientras que los sectores Salar de Pedernales Norte, Quebrada el Colorado, Piedra Parada y Quebrada Asiento fueron los de menor cobertura. Estos resultados fueron coincidentes con los valores promedio de NDVI.

Finalmente, cabe destacar la presencia de especies zonales al interior del sistema estudiado, lo que indica el posible deterioro de estos ecosistemas, por lo que es necesario monitorear su presencia y cobertura a lo largo de los SVAHT.

2. INTRODUCCIÓN

El presente Plan fue elaborado en el marco del Avenimiento y Transacción alcanzado entre CODELCO y el Consejo de Defensa del Estado (CDE), tras la demanda de reparación por daño ambiental en el Salar de Pedernales, ubicado en la Comuna de Diego de Almagro, Provincia de Chañaral, Región de Atacama. En este Avenimiento se acordaron una serie de medidas, entre las cuales se encuentran las medidas bióticas "Estudio de abundancia potencial de especies en el Salar de Pedernales" (EST-01) y "Estudio de seguimiento de dinámicas ecosistémicas del SVAHT" (EST-02).

De acuerdo con esto, y con el objeto de poder contar con información preliminar del Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños, que permita desarrollar las medidas EST-01 y EST-02, CODELCO estableció la necesidad de realizar caracterizaciones ambientales previas a la ejecución de las mismas, de tal forma de poder contar con información de caracterización representativa de los SVAHT asociados al Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños.

2.1. Contexto del Plan de Monitoreo

Con fecha 15 de julio de 2020, el Consejo de Defensa del Estado (CDE) interpuso una demanda de reparación por daño ambiental en contra de la Corporación Nacional del Cobre de Chile División Salvador (en adelante, CODELCO DSAL), debido a los hechos constitutivos de daño ambiental señalan como antecedentes que la extracción de aguas superficiales y subterráneas de forma permanente por parte de Codelco DSAL a partir del año 1983 en el sector norte de la subcuenca del Salar Pedernales y acumuladas en el tranque La Ola, *"ha tenido consecuencias de gran magnitud y relevancia para los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres (SVAHT) y ecosistemas dependientes de éste; en efecto, las extracciones prolongadas por parte de CODELCO DSAL han producido el descenso sostenido de niveles en pozos ubicados entre el campo de bombeo y el Salar y el desarrollo de un cono de depresión que se extiende aproximadamente 5 kilómetros hacia el norte desde el campo de pozos de bombeo"*, causando una serie de pérdidas, detrimentos o menoscabos significativos para el medio ambiente y sus componentes, tales como los SVAHT, el componente hídrico (acuífero) y los ecosistemas acuáticos continentales del salar de Pedernales presentes en el mismo; además, señala, se provocó la pérdida de diversos servicios ecosistémicos como el hábitat y soporte de fauna, afectando íntegramente las relaciones ecosistémicas presentes. Sin perjuicio de lo anterior, el Consejo de Defensa del Estado estableció que, para la presente demanda, el período considerado de realización de daño ambiental va desde la entrada en vigor de la Ley N°19.300, publicada el 9 de marzo de 1994, hasta junio de 2017. En diciembre de 2022, se alcanzó un Avenimiento y Transacción entre las partes, donde CODELCO y el CDE acordaron una serie de

medidas, entre las cuales se incluyen las asociadas a los SVAHT, correspondientes a sistemas de alta relevancia para diversidad biológica.

Dentro de estas medidas, y particularmente en lo que respecta a los aspectos bióticos de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestres (SVAHT), se encuentra el Estudio de abundancia potencial de especies en el Salar de Pedernales (Medida EST-01) y el Estudio de seguimiento de dinámicas ecosistémicas del SVAHT (Medida EST-02), que buscan hacerse cargo de los efectos negativos producidos en el Salar de Pedernales.

Para poder desarrollar las medidas antes indicadas, CODELCO consideró esencial primero contar con información de caracterización representativa de los SVAHT asociados al Salar de Pedernales y sus Sistemas aledaños, de manera previa a la ejecución de las medidas EST-01 y EST-02. Es por ello que, se llevó a cabo un Plan de Seguimiento de dinámicas ecosistémicas del área activa del SVAHT del Salar de Pedernales, de SVAHT ubicados en cuencas cercanas (Salar Piedra Parada y Salar La Laguna), en la quebrada Leoncito, quebrada Asiento y en los sectores que forman parte de la Medida RC-01, correspondientes a las quebradas aledañas de agua dulce y la cabecera sur Río La Ola.

En el presente documento, se detalla la caracterización del componente Flora y Vegetación en el área, describiendo entre otras cosas: la distribución, riqueza y abundancia de las especies que componen los SVAHT, así como identificando las especies en categoría de conservación, y la extensión y vigor de la vegetación activa de cada sector, esto último, realizado a través del uso de imágenes satelitales, aplicando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Desarrollar una caracterización de la flora y vegetación de los sectores del Salar de Pedernales y sus sistemas aledaños.

3.2. Objetivos Específicos

Para dar cumplimiento al objetivo general se definen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la riqueza florística del área de estudio.
- Estimar las coberturas de las especies encontradas en el área de estudio (abundancia).
- Identificar el estado de conservación de las especies encontradas.
- Identificar el estado fenológico de las especies.
- Determinar el estado de vigorosidad y extensión de la vegetación activa mediante técnicas de teledetección (índice NDVI).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

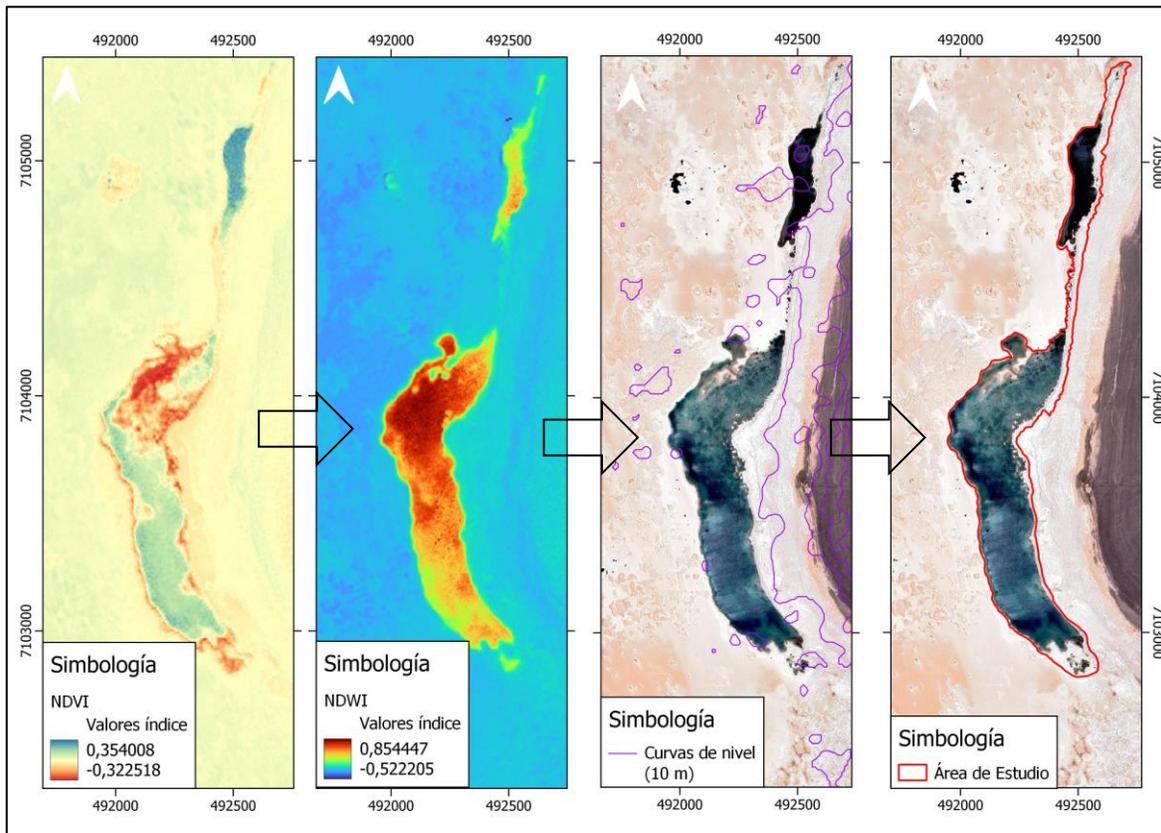
La metodología empleada para la caracterización ambiental del Salar de Pedernales y Sistemas aledaños comprendió las siguientes etapas:

- Determinación del área de estudio.
- Desarrollo de trabajos en terreno.
- Trabajo de gabinete (almacenamiento y tratamiento de información obtenida en terreno).
- Elaboración de documentos y cartografía final.

4.1. Determinación de Área de Estudio

El área de estudio se localizó administrativamente en la Provincia de Chañaral, en la Comuna de Diego de Almagro, Región de Atacama. Se escogieron 14 sectores que forman parte del ecosistema del Salar de Pedernales y Sistemas Aledaños, esto según lo señalado en el Diseño del Plan de Seguimiento Multiescalado. En base a lo propuesto por De la Fuente *et al.* (2021), el tamaño de aguas superficiales y parches con vegetación fueron definidos con imágenes satelitales NICFI (Planet Team, 2017), cuyo conjunto de datos contempla imágenes a una resolución de 4,7 metros y entre los años 2015 y 2024. Entre estos periodos y en conjunto a una capa preliminar de extensión, se identificó la imagen con mayor valor de NDVI de cada sector, para luego delimitar zonas con vegetación. Este índice refleja la luz de hojas verdes dada la relación entre bandas rojas (R) y bandas de infrarrojo cercano (NIR), facilitando la percepción de zonas con vegetación activa (Huete, 2012). Por su parte, se empleó el índice NDWI para delimitar aguas superficiales, índice que permite mejorar las características del agua (McFeeters, 1996). En adición, se consideraron curvas de nivel de 10 metros para determinar cambios de unidades vegetacionales y delimitar las áreas de estudio con mejor precisión. En la Figura 4-1, se representa un ejemplo de delimitación del área de estudio para el sector Salar de Pedernales Norte.

Figura 4-1. Ejemplo de metodología aplicada en Sector Salar de Pedernales Norte para la delimitación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Los catorce sectores de estudio fueron asociados a cuatro subcuencas, correspondientes a subcuenca Salar de Pedernales, subcuenca Salar Piedra Parada, subcuenca Quebrada Tordillo y subcuenca Río La Ola. Los sectores corresponden a:

- Sector Salar de Pedernales Sur (
- **Fotografía 4-1)**
- Sector Salar de Pedernales Norte (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)
- Sector Salar la Laguna (Fotografía 4-2)
- Sector Cabecera Sur Río La Ola (Fotografía 4-3)

- Sector Salar Piedra Parada (Fotografía 4-4)
- Sector Quebrada Asiento (Fotografía 4-5)
- Sector Quebrada Ciénega (Fotografía 4-6)
- Sector Quebrada Pastos Largos (Fotografía 4-7)
- Sector Quebrada Río Negro (Fotografía 4-8)
- Sector Quebrada Tinajas (Fotografía 4-9)
- Sector Quebrada Tordillos (Fotografía 4-10)
- Sector Quebrada Vertientes 2 (Fotografía 4-11)
- Sector Quebrada Leoncito (Fotografía 4-12)
- Sector Quebrada El Colorado (Fotografía 4-13).

Fotografía 4-1. Vista general del sector “Salar de Pedernales Sur”, dirección este.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-2. Vista general sector "Salar la Laguna" dirección este.



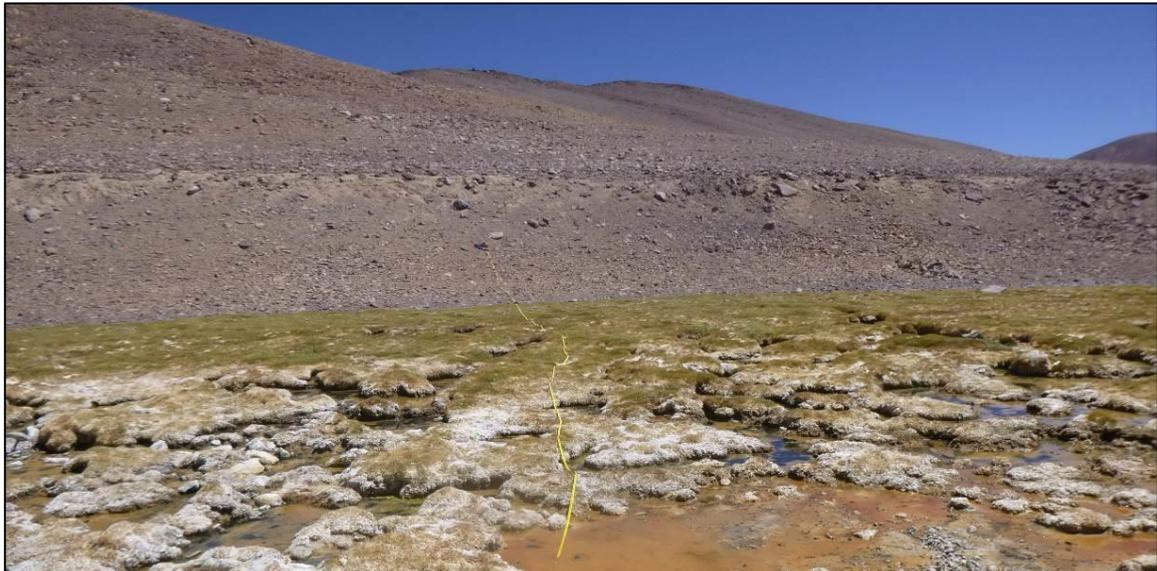
Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-3. Vista general sector "La Ola", dirección este.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-4. Vista general sector "Salar Piedra Parada", dirección noroeste.



Fuente: Econativa Consultores

Fotografía 4-5. Vista general sector "Quebrada Asiento", dirección oeste.



Fuente: Econativa Consultores

Fotografía 4-6. Vista general sector "Quebrada Ciénega", dirección noroeste.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-7. Vista general sector "Quebrada Pastos Largos", dirección oeste.



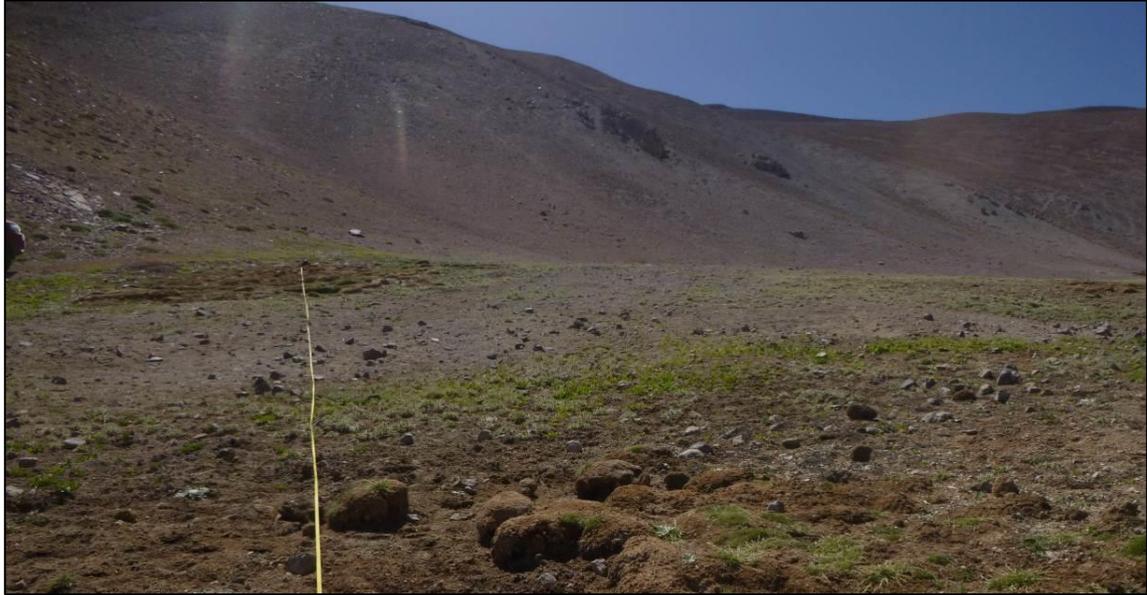
Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-8. Vista general sector "Quebrada Río Negro", dirección noroeste.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-9. Vista general sector "Quebrada Tinajas", dirección oeste.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-10. Vista general sector "Quebrada Tordillos", dirección noroeste.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-11. Vista general sector "Quebrada Vertientes 2", dirección oeste.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-12. Vista general sector "Quebrada Leoncito", dirección noroeste.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 4-13. Vista general sector "Quebrada El Colorado", dirección oeste.



Fuente: Econativa Consultores.

4.2. Desarrollo de Trabajos en Terreno

La caracterización de flora y vegetación en el Sistema Salar de Pedernales y sectores aledaños, se llevó a cabo entre los días 9 y 19 de enero de 2023, donde se realizó una caracterización del componente flora y vegetación en el área.

A continuación, se muestra la Tabla 4-1 con la cantidad de transectos realizados por sector, según lo señalado en el Diseño del Plan de Seguimiento Multiescalado. Debido a la extensión del sector Salar de Pedernales, este se dividió en dos sectores, los que se denominaron “Salar de Pedernales Norte” y “Salar de Pedernales Sur”.

Tabla 4-1. Cantidad de transectos realizados en el área de estudio.

Sector	Cantidad de transectos realizados
Sector Salar de Pedernales Sur	10
Sector Salar de Pedernales Norte	6
Sector Salar La Laguna	4
Sector Cabecera Sur Río La Ola	6
Sector Salar Piedra Parada	6
Sector Quebrada Asiento	6
Sector Quebrada Ciénega	6
Sector Quebrada Pastos Largos	6
Sector Quebrada Río Negro	6
Sector Quebrada Tinajas	6
Sector Tordillos	6
Sector Quebrada Vertientes 2	6
Sector Leoncito	6
Sector Quebrada Colorado	6
Total	86

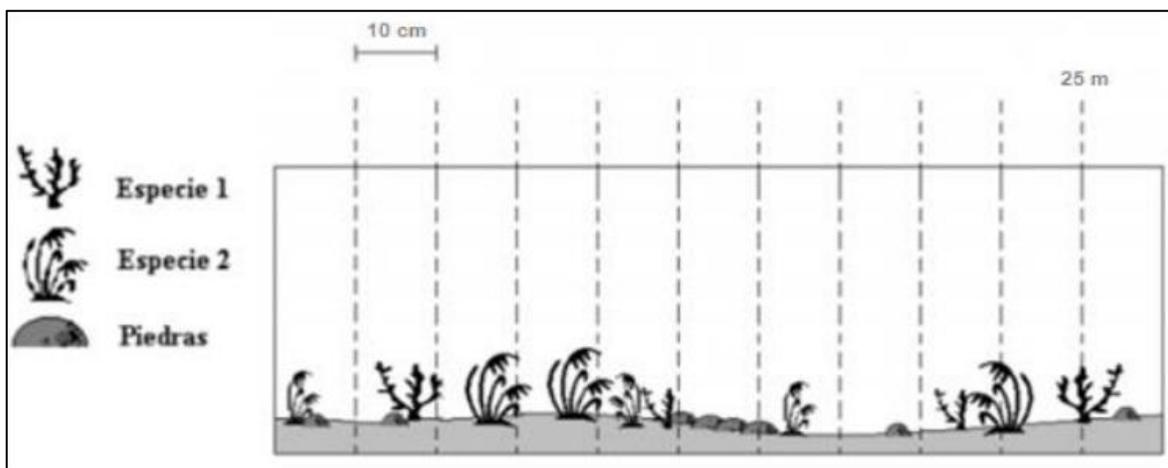
Fuente: Elaboración propia.

4.2.2 Caracterización florística

(a). Riqueza

La riqueza se determinó a través de las intersecciones verticales de las especies presentes en cada punto. Para esto, se implementaron transectos de 25 metros utilizando el método de intercepto de puntos en cada uno de los sectores sujetos a caracterización. Este método consiste en el registro de los taxa que interceptan la línea del transecto, estableciendo puntos de muestreo a intervalos de 0,10 metros entre sí. Estos puntos se ubicaron mediante la proyección de una línea perpendicular al transecto y al suelo en cada posición específica, de acuerdo con lo mostrado en la siguiente figura.

Figura 4-2. Esquema de medición realizada mediante el método de intercepto de puntos.



Fuente: Hernández *et al.* 2000.

(b). Forma de vida

Categoría dentro de la cual se incluyen los vegetales de cualquier posición sistemática, que concuerdan fundamentalmente en su estructura morfológico-biológica y de un modo especial en los caracteres relacionados con la adaptación al ambiente ecológico.

- Arbóreo (Ab): Son plantas de tronco leñoso, normalmente ramificado a cierta altura del suelo, y capaces de sobrepasar 4 a 6 metros de altura.
- Arbustiva (A): Se consideran arbustivas todas las plantas leñosas que en estado de adultez no superan los 4 metros de altura.

- Herbácea (H): Son plantas que no forman tallo leñoso por lo que en general no alcanzan grandes alturas.
- Herbácea acuática (HA): corresponden a aquellas plantas herbáceas que sus estructuras se desarrollan en parte o completamente en el medio acuático.

(c). Origen

Según procedencia, lugar o área geográfica donde crece naturalmente una planta. Se clasifican en:

- Endémicas (E): Son todas aquellas especies propias o exclusivas de un área o país determinado.
- Nativas (N): Se refiere a aquellas especies que viven naturalmente en un área, la que puede incluir a más de un país, por ello no son exclusivas, sino indígenas.
- Introducidas o Exóticas (Ex): Se denomina a aquellas especies que fueron transportados a un nuevo hábitat por los seres humanos o por cualquier circunstancia fortuita.

4.2.1 Caracterización Vegetación

(a). Cobertura

La cobertura del estrato herbáceo y arbustivo se determinó mediante análisis lineal a partir de la metodología de intercepto de punto, donde se realizó una identificación de las especies presentes a lo largo de un transecto de longitud establecida en 25 metros. Las intersecciones horizontales (número de contacto) permitieron determinar la cobertura para cada especie en cada punto de medición.

Para calcular la cobertura vegetal, se consideró la probabilidad de que una especie intercepte la línea del transecto en función de la cobertura, según el método del intercepto de puntos y a través de los siguientes cálculos.

Ecuación 1: Cobertura absoluta de una especie (COBsp %)

$$COBsp (\%) = \frac{\text{Total de veces que una especie intercepta el transecto}}{\text{Nº de puntos de intersección por transecto}} \times 100$$

Ecuación 2: Cobertura absoluta de un transecto ($COBT_t$)

$$COBT_t = \sum_n^{i=1} COBsp_n$$

Ecuación 2: Cobertura absoluta del sector ($COBs$)

$$\overline{COBs} = \frac{\sum COBT_t}{N^\circ \text{ de transectos por sector}}$$

(b). Estado de la vegetación

Complementariamente se registró el estado de la vegetación, de tal manera de evidenciar las variaciones estacionales y la condición de heterogeneidad espacial de la vegetación en base a las siguientes categorías:

- Vegetación activa: presencia de ejemplares vivos de plantas; se reconocen por la presencia de tejido verde o bien por la resistencia a estiramiento de la planta.
- Rastrojo: vegetación muerta, pero que presenta estructura y/o tejidos reconocibles como partes de plantas.
- Mantillo: estructura que se identifica como partes de planta, pero de la que no es posible determinar tejidos; constituye normalmente el estado previo a la descomposición y mineralización, condición previa a la transformación a suelo mineralizado.
- Suelo Mineralizado: es un sustrato no orgánico salinizado o mineralizado. En términos generales es sal, pero esta puede tener colores desde el blanco hasta el café claro.

Las condiciones de vegetación recién descritas se pueden observar en la Figura 4-3.

Figura 4-3. Condiciones de la vegetación a identificar.



Vegetación activa



Rastrojo



Mantillo



Suelo Mineralizado

Fuente: Econativa Consultores.

(c). Estado fenológico

En cada estación se identificó el estado fenológico de las especies, el cual se estableció como:

- Vegetativo
- Crecimiento
- Floración
- Fructificación
- Dispersión de semillas según sea el caso.

Una vez registrada la flora presente en cada transecto, se determinó su forma de vida, origen, estado fitosanitario y condición de vegetación.

A continuación, se describen los parámetros registrados durante la campaña de terreno.

4.3. Determinación de las Especies en Categoría de Conservación

En relación con la identificación de especies vegetales sensibles, se identificó la flora en estado de conservación según el Oficio Ord. N° 112.398 del 05.08.2011 del Ministerio del Medio Ambiente y el Memo DJ N° 387/2008 del 18.08.2008 de la División Jurídica de CONAMA, que establecen la prelación de los documentos técnicos y jurídicos para la clasificación de especies según categoría de conservación. Dicha prelación oficial es: 1) Decretos Supremos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) y Decretos Supremos del MMA); 2) Libro Rojo CONAF³ (Benoit, 1989); y 3) Boletín N° 47 del Museo Nacional de Historia Natural.

Por lo cual, los documentos revisados fueron:

- Decretos Supremos de MINSEGPRES: D.S N° 151/2007, D.S N° 50/2008, D.S N° 51/2008 y D.S N° 23/2009.
- Decretos Supremos de Ministerio de Medio Ambiente D.S N°33/2011, D.S N°41/2012, D.S N°42/2011, D.S N°19/2012, D.S N°13/2013, D.S N°52/2014, D.S N°38/2015, D.S N°16/2016,

³ La Resolución N° 586/2009 de la Dirección Ejecutiva de CONAF, del 01 de diciembre de 2009, establece que se deben considerar solamente aquellas especies incluidas en los listados nacionales de las páginas 13 a 15, correspondientes a las conclusiones 1, 2 y 3 del Libro Rojo, desestimando el uso de los estados de conservación regionales que se incluyeron en el Anexo 3 del citado Libro Rojo.

D.S N°06/2017, D.S N°79/2018, D.S N° 23/2019, D.S N° 16/2020, D.S N° 44/2021 y D.S N° 10/2023.

- Libro rojo de la flora terrestre de Chile (Benoit, 1989).
- Boletín Nro. 47 del Museo Nacional de Historia Natural.

4.4. Trabajo de gabinete

4.3.1 Revisión y análisis estadístico

Toda la información generada durante las campañas de terreno fue ordenada y almacenada digitalmente. Tras esto, se generó un proceso de revisión y sistematización de la información, usando apoyo fotográfico y de literatura.

4.3.2 Tratamiento de imágenes satelitales utilizadas

La extensión y vigor de la vegetación activa de cada sector fue determinada a través del uso de imágenes satelitales, aplicando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Este índice permite estimar el verdor y densidad de la vegetación, tomando valores que van desde el -1 a 1, para señalar la ausencia de vegetación o la presencia de vegetación densa y sana, respectivamente. El índice es calculado a partir de la diferencia de reflectancia de la banda de Infrarrojo cercano (NIR) y banda roja (Red) de un objeto, considerando que la clorofila presente en la vegetación absorbe la energía proveniente de la luz visible (especialmente la banda roja), mientras que refleja la luz NIR (MIURA et al., 2006) (Ecuación 4).

Ecuación 4. Índice NDVI

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Donde:

NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

NIR: Reflectancia de la banda de infrarrojo cercano (μm)

RED: Reflectancia de la banda roja (μm)

El índice de cada sector fue calculado en Google Earth Engine, a través del promedio de imágenes mensuales del verano del año 2023, considerando un periodo comprendido entre las fechas 21 de diciembre de 2022 – 21 de marzo de 2023. Estas imágenes provienen del satélite NICFI, con una resolución de 4,7 metros por píxel, las cuales fueron previamente corregidas atmosféricamente.

Se determinó el valor mínimo de píxel de NDVI que está asociado a la presencia de vegetación en base a los datos obtenidos en terreno. De este modo, se asoció porcentualmente la presencia de la vegetación de cada transecto a los valores de NDVI obtenidos del verano del año 2023, determinando así un valor de corte para cada polígono de cada sector. Puertas *et al.* (2023) establecen que dentro de un mismo sistema de SVAHT es posible registrar una amplia variación de valores de NDVI asociados a vegetación activa, lo cual estaría relacionado con cambios espaciales de humedad subsuperficial, procesos fisiológicos y estructurales de cada formación, imposibilitando asociar un único valor de corte NDVI a la presencia de vegetación activa. Los píxeles seleccionados de cada polígono fueron transformados a un archivo vectorial, suavizando los bordes, para finalmente determinar las superficies de vegetación activa y la estadística de los píxeles de NDVI al interior del polígono.

4.5. Elaboración de documentos

Finalmente, se generó el informe y cartografía temática en Sistemas de Información Geográfica (SIG).

5. RESULTADOS

5.1. Áreas de Estudio

En los 14 sectores estudiados se definieron áreas con vegetación activa y agua superficial en base a la metodología propuesta. Las imágenes satelitales empleadas son de entre los años 2021 a 2024, mientras que los meses oscilan entre enero y mayo, coincidiendo con el desarrollo y termino de la época estival. Dada las condiciones de cada área de estudio, se destaca que en el caso de Salar Piedra Parada y Quebrada Tinajas se determinaron 3 polígonos independientes dada la ausencia de conectividad entre las formaciones y cuerpos de agua estudiados. A continuación, se presenta la superficie de cada sector, así como su NDVI.

Tabla 5-1. Valores máximos promedio de NDVI y superficie por sector.

Sector	Valor máximo promedio NDVI (2015 – 2024)	Mes y Año	Superficie (ha)
Sector Salar de Pedernales Sur	0,10	01/2023	103,12
Sector Salar de Pedernales Norte	0,05	03/2021	49,35
Sector Salar La Laguna	0,06	12/2023	39,07
Sector Cabecera Sur Río La Ola	0,11	01/2024	30,38
Sector Salar Piedra Parada 1	0,05	12/2023	8,30
Sector Salar Piedra Parada 2	0,03	01/2024	18,18
Sector Salar Piedra Parada 3	0,03	01/2023	29,95
Sector Quebrada Asiento	0,09	01/2021	10,07
Sector Quebrada Ciénega	0,13	05/2023	0,88
Sector Quebrada Pastos Largos	0,12	01/2023	45,89
Sector Quebrada Río Negro	0,11	02/2023	3,71
Sector Quebrada Tinajas 1	0,12	05/2023	1,22
Sector Quebrada Tinajas 2	0,10	05/2023	0,90
Sector Quebrada Tinajas 3	0,10	05/2023	0,86
Sector Tordillos	0,13	05/2023	2,11
Sector Quebrada Vertientes 2	0,09	01/2021	5,42
Sector Leoncito	0,15	03/2024	48,69
Sector Quebrada Colorado	0,11	03/2023	4,39

Fuente: Econativa Consultores.

5.2. Disposición de los transectos de muestreo según sector

En la exploración del área de estudio, se realizaron ochenta y cuatro (84) transectos de muestreo distribuidos en los catorce sectores analizados, levantando la información requerida según la metodología de intercepto de puntos señalada en el punto 4.2.

Además, se agregaron puntos adicionales en el sector “Salar de Pedernales Norte”, de los cuales se pudieron realizar 4, mientras que los 2 restantes, transectos T79 y T80, no se realizaron debido a las condiciones climáticas y geográficas de la zona, que imposibilitaron a los especialistas para llegar a los puntos establecidos.

A continuación, se presentan los puntos de inicio y término de los transectos levantados.

Tabla 5-2. Estaciones de muestreo realizadas en el área de estudio por sector.

Estación de Muestreo	Altura m.s.n.m	Coordenadas UTM (Datum WGS 84 Huso 19 sur)			
		ESTE Inicial (m)	NORTE Inicial (m)	ESTE Final (m)	NORTE Final (m)
Sector Salar de Pedernales Sur					
T01	3.361	476555	7089616	476577	7089616
T02	3.364	477034	7089090	477055	7089098
T03	3.363	477069	7088315	477060	7088295
T04	3.364	477298	7088109	477294	7088087
T05	3.363	477251	7087706	477272	7087701
T06	3.364	476352	7089718	476351	7089696
T07	3.363	477102	7088772	477080	7088771
T08	3.364	477552	7087993	477528	7087994
T09	3.360	476082	7089916	476086	7089894
T10	3.362	477581	7087602	477597	7087619
Sector Salar de Pedernales Norte					
T79		No realizado			
T80		No realizado			
T81	3.359	492399	7104023	492421	7104012
T82	3.361	492441	7104177	492465	7104174
T83	3.360	492488	7104652	492515	7104972
T84	3.361	492565	7104972	492589	7104973
Sector Salar La Laguna					
T11	3.505	501584	7101540	501605	7101550

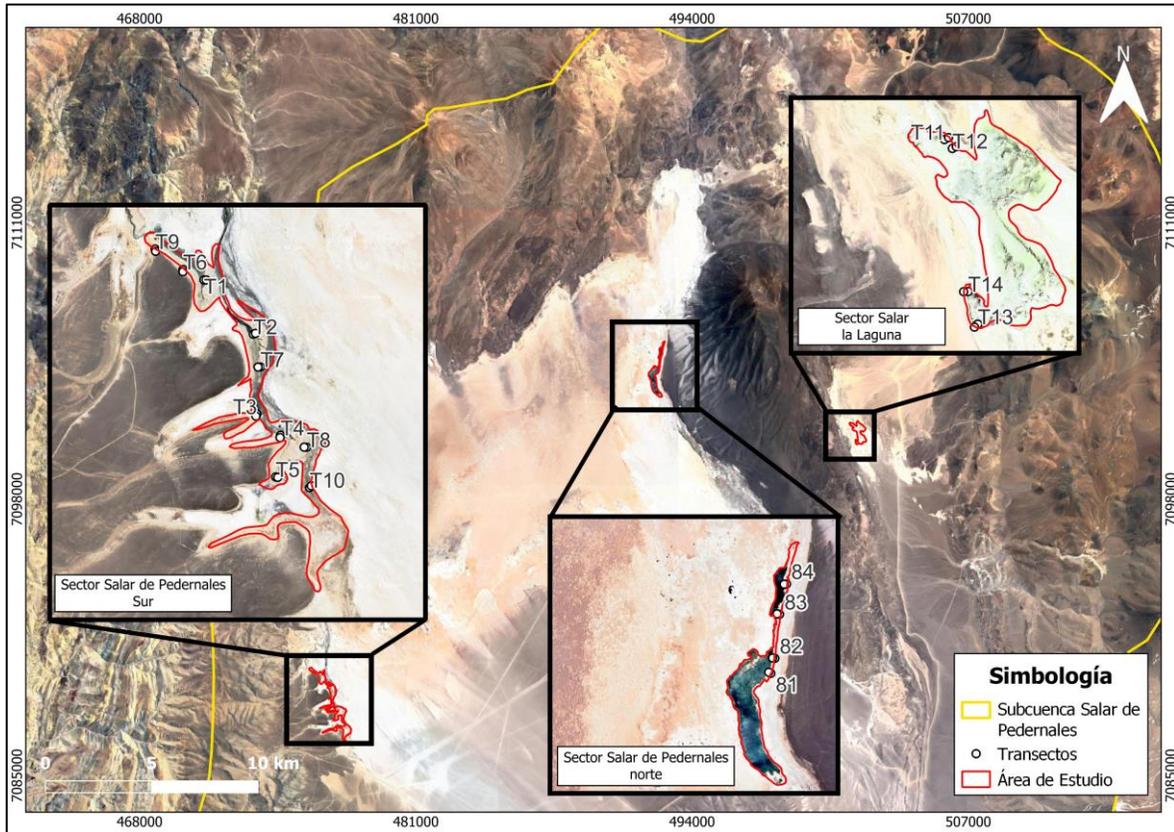
Estación de Muestreo	Altura m.s.n.m	Coordenadas UTM (Datum WGS 84 Huso 19 sur)			
		ESTE Inicial (m)	NORTE Inicial (m)	ESTE Final (m)	NORTE Final (m)
T12	3.506	501624	7101495	501644	7101504
T13	3.504	501753	7100606	501736	7100591
T14	3.504	501704	7100771	501681	7100770
Sector Río La Ola					
T15	3.630	495355	7065276	495327	7065269
T16	3.634	495348	7065089	495324	7065087
T17	3.635	495495	7064948	495474	7064945
T18a	3.632	495559	7064741	495538	7064743
T18b	3.636	495689	7064489	495676	7064495
T18c	3.634	495897	7064337	495879	7064326
Sector Salar Piedra Parada					
T19	4.142	520848	7088862	520850	7088884
T20	4.144	520652	7088815	520650	7088838
T21	4.136	526555	7088164	526555	7088187
T22	4.136	526673	7088193	526671	7088170
T23	4.143	528639	7086293	528664	7086295
T24	4.142	528674	7086158	528696	7086164
Sector Quebrada Asiento					
T25	3.099	467722	7070357	467698	7070348
T26	3.115	467762	7070276	467738	7070268
T27	3.116	467787	7070221	467762	7070215
T28	3.130	467596	7069866	467572	7069864
T29	3.123	467592	7069762	467567	7069755
T30	3.126	467630	7069698	467607	7069686
Sector Quebrada Ciénega					
T31	3.962	464599	7054776	464621	7054774
T32	3.965	464587	7054752	464610	7054749
T33	3.968	464581	7054724	464604	7054720
T34	3.703	464567	7054675	464590	7054674
T35	3.704	464571	7054660	464594	7054660
T36	3.704	464598	7054642	464576	7054635

Estación de Muestreo	Altura m.s.n.m	Coordenadas UTM (Datum WGS 84 Huso 19 sur)			
		ESTE Inicial (m)	NORTE Inicial (m)	ESTE Final (m)	NORTE Final (m)
Sector Quebrada Pastos Largos					
T37	4.093	479168	7044682	479187	7044664
T38	4.072	479656	7044647	479656	7044672
T39	4.063	479750	7044866	479725	7044871
T40	4.022	480966	7044898	480966	7044923
T41	4.011	481748	7044618	481755	7044643
T42	3.989	482106	7044547	482102	7044572
Sector Quebrada Río Negro					
T43	4.241	506658	7037103	506637	7037090
T44	4.242	506666	7037061	506687	7037073
T45	4.246	506723	7037004	506699	7036996
T46	4.255	506768	7036880	506744	7036872
T47	4.278	506913	7036685	506891	7036673
T48	4.248	506724	7036959	506750	7036960
Sector Quebrada Tinajas					
T49	3.944	472863	7060084	472888	7060078
T50	3.940	473082	7060088	473057	7060088
T51	3.894	473035	7060388	473048	7060410
T52	3.888	472998	7060446	472984	7060484
T53	3.884	472959	7060481	472930	7060722
T54	3.864	472945	7060742	472972	7060449
Sector Quebrada Tordillos					
T55	3.935	478596	7058820	478618	7058808
T56	3.982	478507	7058584	478530	7058573
T57	3.998	478471	7058516	478449	7058529
T58	4.002	478456	7058486	478434	7058497
T59	4.004	478471	7058466	478446	7058466
T60	4.010	478433	7058439	478459	7058439
Sector Quebrada Vertientes 2					
T61	4.323	506423	7032257	506403	7032242
T62	4.335	506716	7032071	506735	7032088

Estación de Muestreo	Altura m.s.n.m	Coordenadas UTM (Datum WGS 84 Huso 19 sur)			
		ESTE Inicial (m)	NORTE Inicial (m)	ESTE Final (m)	NORTE Final (m)
T63	4.351	506911	7031808	506906	7031783
T64	4.351	506981	7031724	506958	7031714
T65	4.354	507032	7031632	507011	7031619
T66	4.363	507157	7031612	507158	7031637
Sector Quebrada Leoncito					
T67	3.729	500974	7065269	500934	7065231
T68	3.730	501203	7065074	501180	7065055
T69	3.729	501427	7065056	501417	7065025
T70	3.730	501737	7065051	501711	7065008
T71	3.730	501868	7064890	501827	7064830
T72	3.735	502047	7064747	502015	7064702
Sector Quebrada El Colorado					
T73	3.856	468369	7060661	468391	7060667
T74	3.864	468442	7060521	468463	7060528
T75	3.878	468474	7060450	468495	7060459
T76	3.889	468540	7060315	468560	7060324
T77	3.894	468696	7060259	468680	7060243
T78	3.912	468818	7060084	468835	7060098

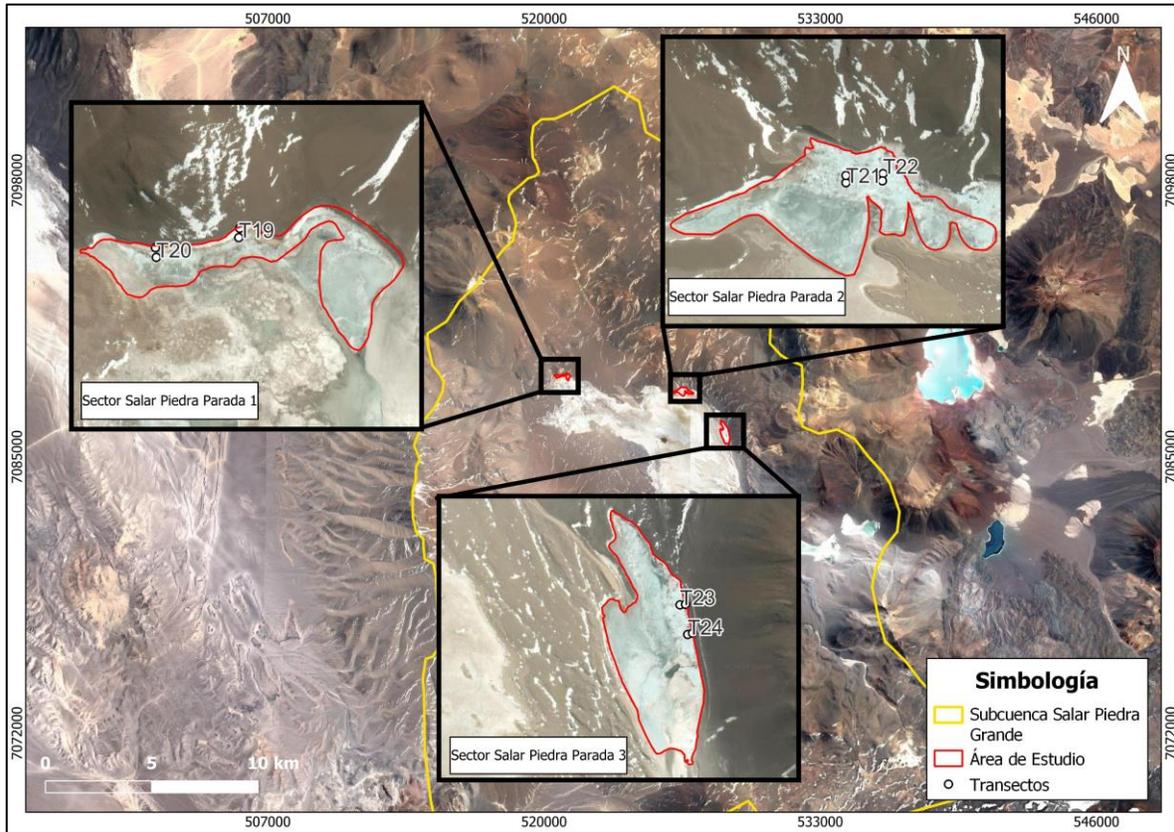
Fuente. Elaboración propia.

Figura 5-1. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Salar de pedernales.



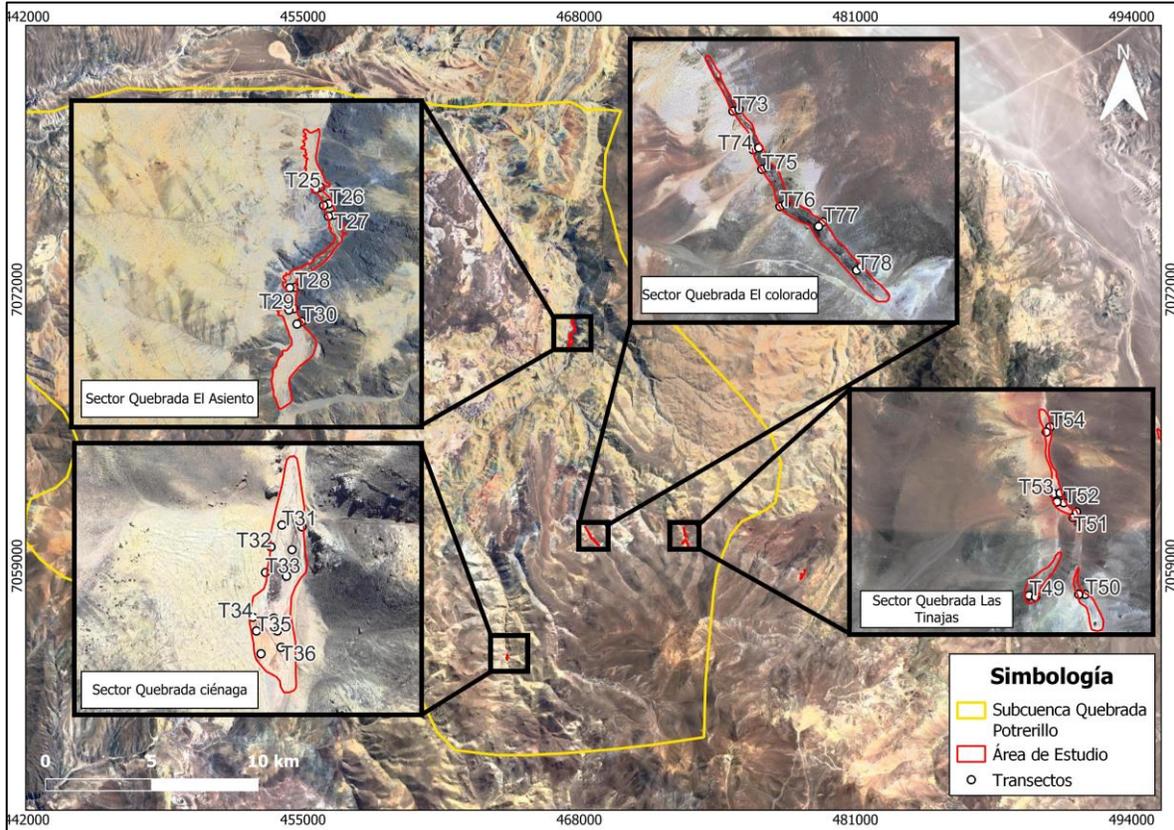
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-2. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Salar Piedra Parada.



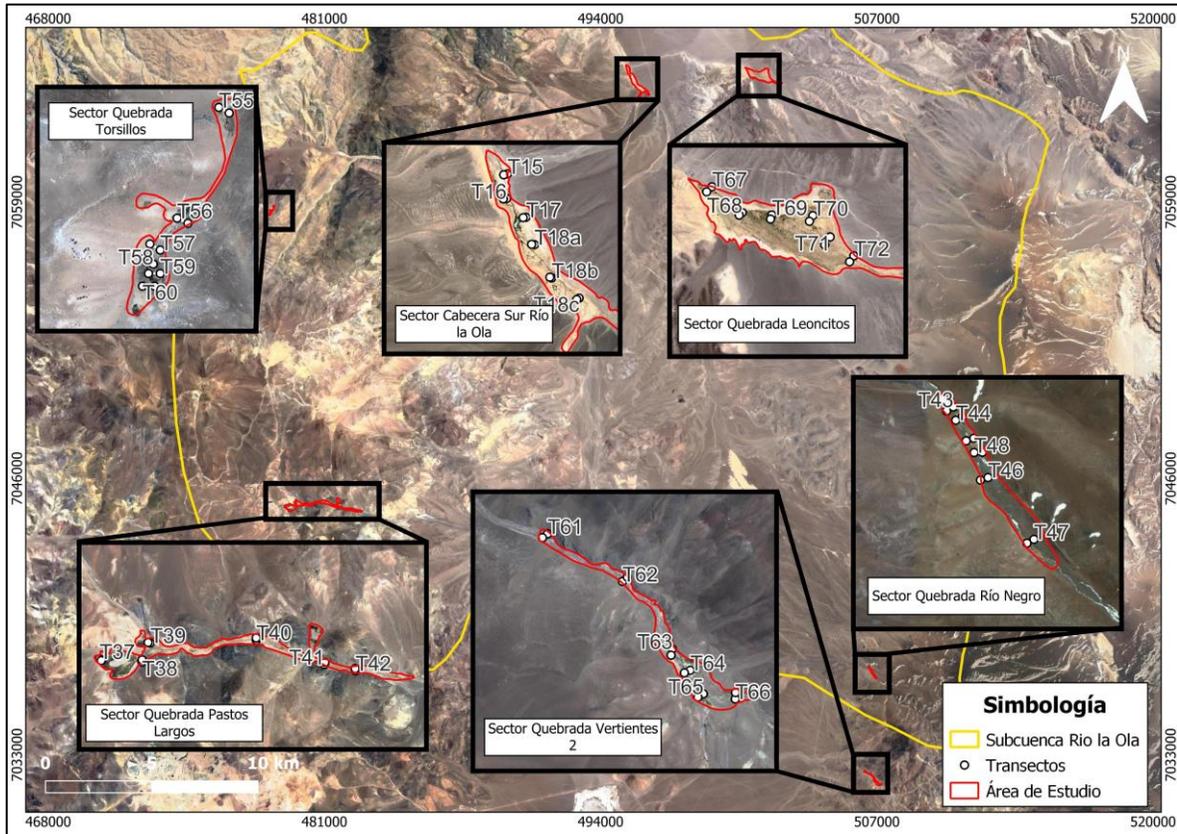
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-3. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Quebrada Potrerillo.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5-4. Localización de las unidades de muestreo en subcuenca Río la Ola.



Fuente: Elaboración propia.

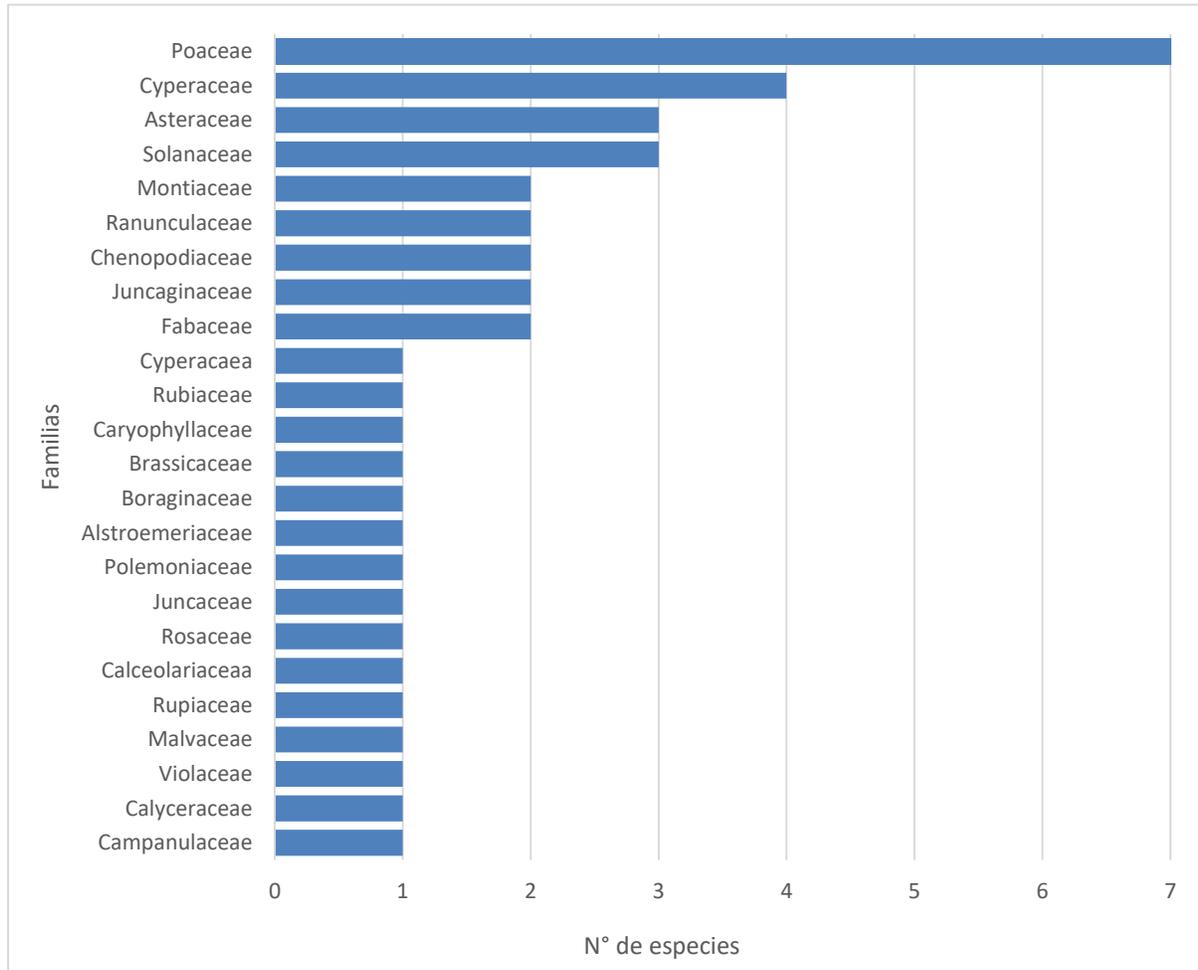
5.3. Descripción de la Flora

5.3.1. Riqueza florística

Fue identificado un total de 42 especies vegetales pertenecientes a 24 familias en los catorce sectores examinados.

En términos de taxonomía, se observó una distribución diversa con 7 especies pertenecientes a la familia Poaceae, 4 especies a la familia Cyperaceae, 3 especies a las familias Asteraceae y Solanaceae, y 2 especies a cada una de las familias Ranunculaceae, Montiaceae, Fabaceae, Juncaginaceae y Chenopodiaceae. Además, se registraron individualmente 1 especie para cada una de las siguientes familias: Alstromeriaceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Calceolariaceae, Calyceraceae, Campanulaceae, Caryophyllaceae, Juncaceae, Malvaceae, Polemoniaceae, Rosaceae, Ruppiaceae, Rubiaceae y Violaceae. Esta información se presenta de manera visual en el siguiente gráfico (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

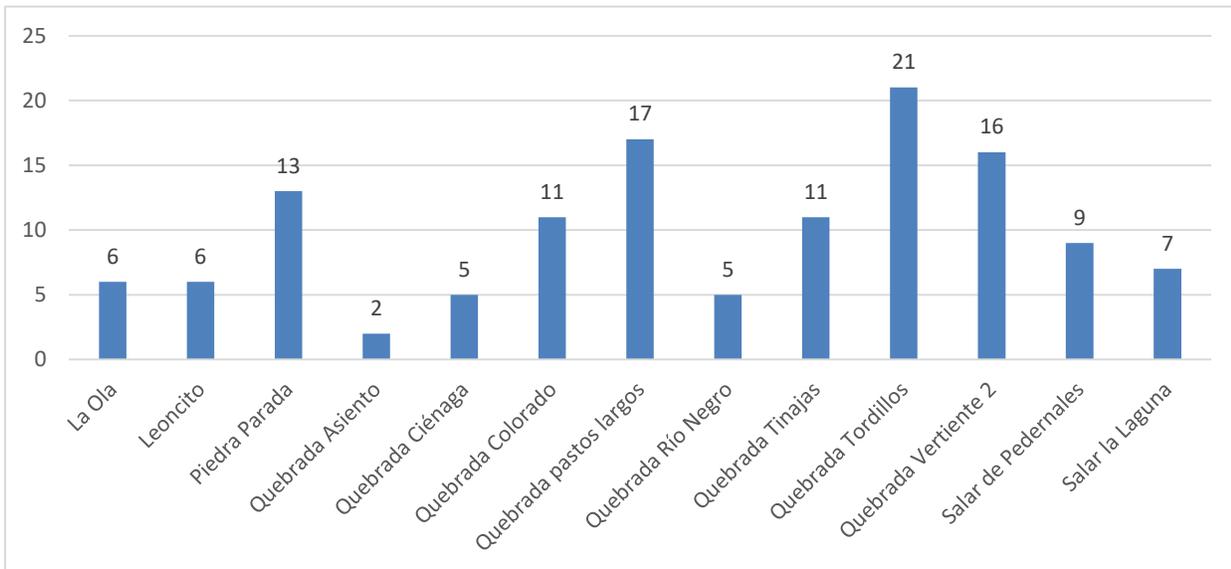
Gráfico 5-1. Riqueza de especies por familia



Fuente: Elaboración propia

En este sentido, y tras la ejecución de la prospección en terreno, se observó que los sectores con mayor riqueza correspondieron a los sectores Quebrada Tordillos (21 especies), Quebrada Pastos Largos (17 especies), Quebrada Vertientes 2 (16), Salar Piedra Parada (13) y, finalmente, Quebrada Colorado y Quebrada Tinaja, con una riqueza de 11 especies cada uno. Los demás sectores evaluados registraron una riqueza de especies menor a 10 taxa (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Gráfico 5-2. Riqueza de especies por sector.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que, dentro del conjunto total de especies avistadas, se identificaron 3 especies fuera de los transectos prospectados. Estas incluyeron a *Gilia crassifolia*, avistada fuera de los transectos T51 y T53 en el sector de Quebrada Tinaja, así como fuera del transecto T78 en el sector de Quebrada Colorado. Asimismo, se encontró *Alstroemeria andina* fuera del transecto T51 en el sector de Quebrada Tinajas y *Adesmia spinosissima* fuera del transecto T76 en el sector de Quebrada Colorado.

Del total de especies identificadas, 1 se encuentra clasificada bajo alguna categoría de conservación, correspondiente a *Alstroemeria andina*, la cual se considera bajo “Preocupación Menor” (LC) de acuerdo con lo establecido en el art.37 de la Ley N° 19.300, y el Reglamento de Clasificación de Especies (REC), localizada en el sector Quebrada Tinajas fuera de transecto T51, sin embargo, es de relevancia mencionarla (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

De las especies registradas, y según la bibliografía consultada (Ahumada y Faúndez, 2009; CIREN, 2013), 33 son de carácter azonal y 9 zonal. Las especies zonales son aquellas que no responden a condiciones específicas del medio y tienen un comportamiento generalizado no asociado propiamente a ecosistemas de humedales (Hernández, 2000). Estas especies, para el presente estudio, son *Acaena magellanica*, *Adesmia echinus*, *Adesmia spinosissima*, *Atriplex oreophila*, *Atriplex imbricata*, *Cristaria andicola*, *Calandrinia compacta*, *Nicotiana corymbosa* y *Phacelia cumingii*.

En la Tabla 5-3 se presenta la riqueza florística para los 14 sectores en estudio, donde se identificó por transectos un total de 42 especies pertenecientes a 37 géneros y 25 familias.

Tabla 5-3. Especies encontradas en zona de estudio por sectores.

Especie	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Estado de Conservación	La Olla	Leoncito	Piedra Parada	Quebrada Asiento	Quebrada Ciénaga	Quebrada Colorado	Quebrada pastos largos	Quebrada Río Negro	Quebrada Tinajas	Quebrada Tordillos	Quebrada Vertiente 2	Salar de Pedernales Norte	Salar de Pedernales Sur	Salar la Laguna
<i>Acaena magellanica (Lam.) Vahl</i>	Rosaceae	Nativa	Hierba perenne				x		x	x							x	
<i>Adesmia echinus C. Presl</i>	Fabaceae	Nativa	Subarbusto								x		x	x				
<i>Adesmia spinosissima Meyen</i>	Fabaceae	Nativa	Arbusto								x							
<i>Alstroemeria andina Phil.</i>	Alstroemeriaceae	Endémica	Hierba perenne	LC										x				
<i>Arenaria rivularis Phil.</i>	Caryophyllaceae	Nativa	Hierba perenne											x				
<i>Atriplex oreophila Phil.</i>	Chenopodiaceae	Nativa	Hierba perenne				x		x	x				x				
<i>Atriplex imbricata (Moq.) D. Dietr</i>	Chenopodiaceae	Nativa	Arbusto						x									
<i>Calandrinia compacta Barnéoud</i>	Montiaceae	Nativa	Hierba perenne								x			x	x		x	
<i>Calceolaria pinifolia Cav</i>	Calceolariaceae	Nativa	Hierba perenne										x					
<i>Carex gayana E. Desv.</i>	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne											x	x			
<i>Cistanthe frigida (Barnéoud) Peralta</i>	Montiaceae	Nativa	Hierba perenne								x							
<i>Cristaria andicola Gay</i>	Malvaceae	Nativa	Hierba perenne							x	x			x	x			
<i>Cruckshanksia macrantha Phil.</i>	Rubiaceae	Nativa	Hierba perenne								x			x	x			
<i>Deyeuxia curvula Wedd.</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne		x	x	x					x	x				x	x
<i>Deyeuxia eminens J. Presl var. eminens</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne		x	x	x			x		x	x				x	
<i>Deyeuxia velutina Nees & Meyen var. velutina</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne		x	x	x			x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Doniophyton weddellii Katinas & Stuessy</i>	Asteraceae	Nativa	Subarbusto								x			x				
<i>Eleocharis atacamensis Phill.</i>	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne								x			x	x			
<i>Festuca chrysophylla Phil.</i>	Poaceae	Nativa	Hierba perenne				x						x		x		x	

Especie	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Estado de Conservación	La Olla	Leoncito	Piedra Parada	Quebrada Asiento	Quebrada Ciénaga	Quebrada Colorado	Quebrada pastos largos	Quebrada Río Negro	Quebrada Tinajas	Quebrada Tordillos	Quebrada Vertiente 2	Salar de Pedernales Norte	Salar de Pedernales Sur	Salar la Laguna
<i>Gilia crassifolia</i> Benth.	Polemoniaceae	Nativa	Hierba anual								x			x				
<i>Halerpestes exilis</i> (Phil.) Tamura	Ranunculaceae	Nativa	Hierba anual								x			x	x			
<i>Halerpestes uniflora</i> (Phil. ex Reiche) Emadzade, Lehnebach, P. Lockh. & Hörandl	Ranunculaceae	Nativa	Hierba perenne							x								
<i>Hordeum pubiflorum</i> Hook.f. subsp. <i>halophilum</i> (Griseb.)	Poaceae	Nativa	Hierba perenne				x											
<i>Jaborosa caulescens</i> Gillies & Hook	Solanaceae	Nativa	Hierba perenne											x	x			
<i>Lobelia oligophylla</i> (Wedd.) Lammers	Campanulaceae	Nativa	Hierba perenne											x	x			
<i>Lycium chanar</i> Phil.	Solanaceae	Nativa	Arbusto						x									
<i>Nastanthus caespitosus</i> (Phil.) Reiche	Calyceraceae	Endémica	Hierba perenne							x	x			x	x			
<i>Nicotiana corymbosa</i> J. Remy	Solanaceae	Nativa	Hierba anual							x	x			x	x			
<i>Oriastrum gnaphalioides</i> (J. Remy) Wedd	Asteraceae	Nativa	Hierba anual								x							
<i>Oxychloë andina</i> Phil.	Juncaceae	Nativa	Hierba perenne				x	x				x	x		x		x	x
<i>Pappostipa frigida</i> (Phil.) Romasch.	Poaceae	Nativa	Hierba perenne				x			x			x				x	
<i>Phacelia cumingii</i> (Benth.) A. Gray	Boraginaceae	Nativa	Hierba anual								x			x	x			
<i>Phylloscirpus acaulis</i> (Phil.) Goetgh. & D.A. Simpson	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne				x											
<i>Phylloscirpus deserticola</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne							x			x					
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	Poaceae	Nativa	Hierba perenne															x

Especie	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Estado de Conservación	La Ola	Leoncito	Piedra Parada	Quebrada Asiento	Quebrada Ciénaga	Quebrada Colorado	Quebrada pastos largos	Quebrada Río Negro	Quebrada Tinajas	Quebrada Torillos	Quebrada Vertiente 2	Salar de Pedernales Norte	Salar de Pedernales Sur	Salar la Laguna
<i>Ruppia filifolia (Phil.) Skotts.</i>	Rubiaceae	Nativa	Hierba perenne				x							x				x
<i>Schizopetalon rupestre (Barnéoud) Reiche</i>	Brassicaceae	Nativa	Hierba anual							x	x			x	x			
<i>Senecio nutans Sch. Bip</i>	Asteraceae	Nativa	Arbusto						x									
<i>Triglochin concinna Burt Davy</i>	Juncaginaceae	Nativa	Hierba anual		x	x	x											x
<i>Triglochin palustris L.</i>	Juncaginaceae	Nativa	Hierba perenne		x	x												
<i>Viola frigida Phil.</i>	Violaceae	Nativa	Hierba anual								x							
<i>Zameioscirpus atacamensis (Phil.) Dhooge & Goetgh.</i>	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne		x	x	x	x				x	x	x	x		x	x

Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Origen y Forma de Vida

De las 42 especies identificadas, se determinó que 2 fueron de origen endémico, mientras que 40 eran de origen nativo.

Al clasificar las especies según su tipo biológico, se observó una dominancia de especies herbáceas con un 85,7%, siendo predominante esta forma de vida para las especies endémicas identificadas en el área. Las especies endémicas se clasificaron en su totalidad como hierbas perennes. Por otro lado, entre las especies de origen nativo, se encontraron arbustos (4), hierbas anuales (8), hierbas perennes (26), y subarbustos (2).

En la Tabla 5-4 se puede observar un resumen del número de especies encontradas en los transectos y observaciones directas realizadas, según su origen y forma de vida (Squeo *et al.* 2008).

Tabla 5-4. Especies vegetales según tipo biológico y origen.

Forma de vida	Total	%	Origen		
			Nativa	Endémica	Exótica
Arbusto	4	9,5	4	0	0
Subarbusto	2	4,8	2	0	0
Herbácea	36	85,7	34	2	0
Arbórea	0	0	0	0	0
Suculenta	0	0	0	0	0
Total	42	100	40	2	0
		Total (%)	95%	5%	0%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5-5 detalla la información taxonómica de las especies encontradas en el área de estudio, denotándose su origen y hábito de crecimiento.

Tabla 5-5. Identificación taxonómica de las especies encontradas en la zona de estudio.

N°	Especie	División	Clase	Orden	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Distribución*
1	<i>Acaena magellanica</i> (Lam.) Vahl	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO, MAU, NUB, BIO, ARA, LRI, LLA, AIS, MAG
2	<i>Adesmia echinus</i> C. Presl	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Nativa	Subarbusto	ANT, ATA, COQ, MAU
3	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Nativa	Arbusto	AYP, TAR, ANT, ATA
4	<i>Alstroemeria andina</i> Phil.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Liliales	Alstroemeriaceae	Endémica	Hierba perenne	ATA, COQ.
5	<i>Arenaria rivularis</i> Phil.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ.
6	<i>Atriplex oreophila</i> Phil.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Chenopodiaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ, RME, MAU, LLA, MAG.
7	<i>Atriplex imbricata</i> (Moq.) D. Dietr	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Chenopodiaceae	Nativa	Arbusto	AYP, TAR, ANT, ATA.
8	<i>Calandrinia compacta</i> Barnéoud	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Montiaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, RME.
9	<i>Calceolaria pinifolia</i> Cav	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Calceolariaceae	Nativa	Hierba perenne	ATA, COQ, VAL
10	<i>Carex gayana</i> E. Desv.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO, MAU, NUB, BIO, ARA, AIS, MAG.
11	<i>Cistanthe frigida</i> (Barnéoud) Peralta	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Montiaceae	Nativa	Hierba perenne	ATA, COQ, VAL, RME
12	<i>Cristaria andicola</i> Gay	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ.

N°	Especie	División	Clase	Orden	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Distribución*
13	<i>Cruckshanksia macrantha</i> Phil.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Rubiaceae	Nativa	Hierba perenne	ATA, COQ, VAL
14	<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT.
15	<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl var. <i>eminens</i>	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ.
16	<i>Deyeuxia velutina</i> Nees & Meyen var. <i>velutina</i>	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ, RME, LLA.
17	<i>Doniophyton weddellii</i> Katinas & Stuessy	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Nativa	Subarbusto	ANT, ATA, COQ, RME.
18	<i>Eleocharis atacamensis</i> Phill.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ, NUB, LLA, MAG
19	<i>Festuca chrysophylla</i> Phil.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT.
20	<i>Gilia crassifolia</i> Benth.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Ericales	Polemoniaceae	Nativa	Hierba anual	ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO.
21	<i>Halerpestes exilis</i> (Phil.) Tamura	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Ranunculales	Ranunculaceae	Nativa	Hierba anual	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ
22	<i>Halerpestes uniflora</i> (Phil. ex Reiche) Emadzade, Lehnebach, P. Lockh. & Hörandl	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Ranunculales	Ranunculaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, MAU, AIS, MAG.
23	<i>Hordeum pubiflorum</i> Hook.f. subsp. <i>halophilum</i> (Griseb.)	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ, RME, LBO, BIO, AIS, MAG.
24	<i>Jaborosa caulescens</i> Gillies & Hook	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ATA, COQ, VAL, RME, MAU

N°	Especie	División	Clase	Orden	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Distribución*
25	<i>Labelia oligophylla</i> (Wedd.) Lammers	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Campanulaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO, MAU, NUB, BIO, ARA, LLA, AIS, MAG.
26	<i>Lycium chanar</i> Phil.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Nativa	Arbusto	TAR, ATA, COQ.
27	<i>Nastanthus caespitosus</i> (Phil.) Reiche	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Calyceraceae	Endémica	Hierba perenne	ANT, ATA, MAU.
28	<i>Nicotiana corymbosa</i> J. Remy	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Nativa	Hierba anual	ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO, MAU, MAG
29	<i>Oriastrum gnaphalioides</i> (J. Remy) Wedd	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Nativa	Hierba anual	ANT, ATA, COQ, VAL, RME
30	<i>Oxychloë andina</i> Phil.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, RME.
31	<i>Pappostipa frigida</i> (Phil.) Romasch.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, RME, MAU.
32	<i>Phacelia cumingii</i> (Benth.) A. Gray	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Boraginaceae	Nativa	Hierba anual	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, VAL, RME, LBO
33	<i>Phylloscirpus acaulis</i> (Phil.) Goetgh. & D.A. Simpson	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, RME, LBO, MAU, NUB, BIO, ARA
34	<i>Phylloscirpus deserticola</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ, RME

N°	Especie	División	Clase	Orden	Familia	Origen fitogeográfico	Tipo biológico (habito)	Distribución*
35	<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, COQ.
36	<i>Ruppia filifolia</i> (Phil.) Skottsbo.	Magnoliophyta	Liliopsida	Alismatales	Rubiaceae	Nativa	Hierba perenne	AYP, TAR, ANT, ATA, MAG.
37	<i>Schizopetalon rupestre</i> (Barnéoud) Reiche	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Nativa	Hierba anual	ATA, COQ, VAL.
38	<i>Senecio nutans</i> Sch. Bip	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Nativa	Arbusto	AYP, TAR, ANT
39	<i>Triglochin concinna</i> Burt Davy	Magnoliophyta	Liliopsida	Alismatales	Juncaginaceae	Nativa	Hierba anual	TAR, ANT, ATA, VAL, MAG.
40	<i>Triglochin palustris</i> L.	Magnoliophyta	Liliopsida	Alismatales	Juncaginaceae	Nativa	Hierba perenne	ANT, ATA, COQ, RME, MAU, LLA, MAG.
41	<i>Viola frigida</i> Phil.	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malpighiales	Violaceae	Nativa	Hierba anual	ANT, ATA, COQ, VAL.
42	<i>Zameioscirpus atacamensis</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Nativa	Hierba perenne	TAR, ATA, COQ.

* AYP: Arica y Parinacota, TAR: Tarapacá, ANT: Antofagasta, ATA: Atacama, COQ: Coquimbo, VAL: Valparaíso, RME: Metropolitana, LBO: Libertador Bernardo O'Higgins, MAU: Maule, NUB: Ñuble, BIO: Biobío, ARA: Araucanía, LRI: Los Ríos, LLA: Los Lagos, AIS: Aisén, MAG: Magallanes, JFE: Juan Fernández, IPA: Isla de Pascua.

Fuente: Elaboración propia.

De manera general, de las especies registradas en terreno, la que presentó mayor presencia en toda el área de estudio total fue *Deyeuxia velutina* registrándose en 11 de los 14 sectores estudiados, seguida por *Zameioscirpus atacamensis* que se encontraba en 10 sectores del total.

Por otra parte, se encontraron 3 especies que estuvieron presentes en 7 de los 14 sectores, correspondientes a *Deyeuxia eminens*, *Deyeuxia curvula* y *Oxychloe andina*. Además, se identificaron 23 especies que fueron vistas entre 2 a 4 sectores del total estudiado.

Por último, del total de especies registradas, 14 se avistaron en un solo sector de los 14 estudiados, por lo que fueron las especies con menor riqueza dentro del área de estudio, estas fueron: *Adesmia spinosissima*, *Alstroemeria andina*, *Arenaria rivularis*, *Atriplex imbricata*, *Calceolaria pinifolia*, *Cistanthe frígida*, *Halerpestes uniflora*, *Hordeum pubiflorum*, *Lycium chanar*, *Oriastrum gnaphalioides*, *Phylloscirpus acaulis*, *Puccinellia frígida*, *Senecio nutans* y *Viola frígida*.

A continuación, se presentan fotografías referenciales de las especies encontradas en terreno.

Fotografía 5-1. Fotografías de las Especies Registradas en Terreno



Deyeuxia curvula



Senecio nutans



Atriplex imbricata.



Atriplex oreophila



Cistanthe frigida



Oriastrum gnaphaloides



Deyeuxia eminens



Schizopetalon rupestre



Puccinellia frigida



Triglochin palustris



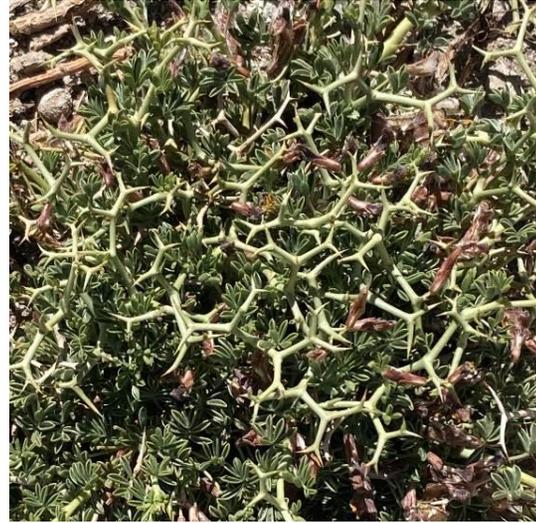
Alstromeria andina



Calandrinia compacta



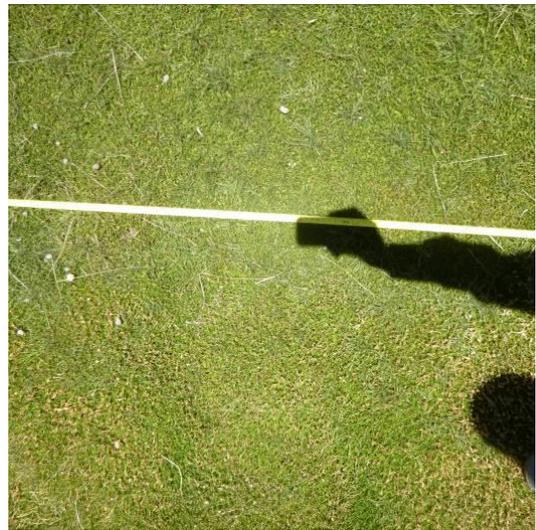
Oxicloe andina



Adesmia echinus



Halerpestes uniflora



Zamaeioscirpus atacamensis



Nastanthus caespitosus



Joborosa caulescens



Nicotiana corymbosa



Cruckshanksia macrantha



Cristaria andicola



Viola frigida



Lobelia oligophylla



Doniophyton weddelii



Halerpestes exilis



Hordeum pubiflorum



Carex goyana



Gillia crassifolia



Triglochin concinna



Eleocharis atacamensis



Festuca chysophylla



Lycium chañar



Pappostipa frigida



Acaena magellanica



Phylloscirpus deserticola



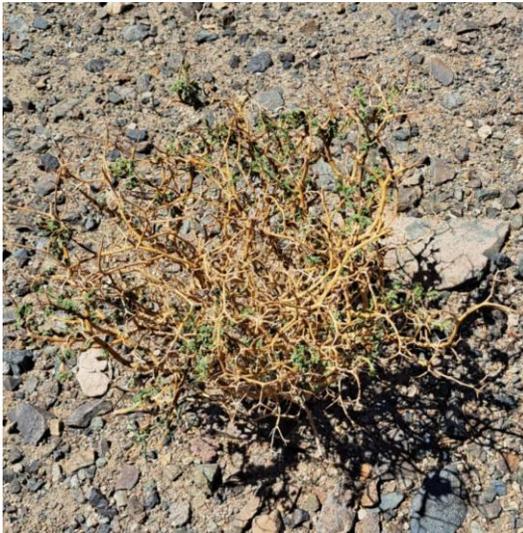
Ruppia philifolia



Arenaria rivularis



Calceolaria pinifolia



Adesmis spinosissima



Phacelia cumingii

Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

5.4. Descripción de la Vegetación

En el área de estudio, se documentó la presencia de vegetación tanto zonal como azonal. En relación con las clasificaciones propuestas por Ahumada y Faúndez (2009) para la vegetación azonal, se identificaron formaciones de Bofedal, Vega y Pajonal.

La vegetación en tipo bofedal exhibe exhibió una estructura caracterizada por especies de crecimiento en cojín. Entre las especies dominantes destacan *Oxychloë andina*, *Phylloscirpus acaulis* y *Zameioscirpus atacamensis*.

Por otro lado, se observaron especies de crecimiento rizomatoso en vegas, cuyas especies dominantes fueron *Calandria compacta*, *Carex gayana*, *Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia eminens*, *Lobelia oligophylla* y *Arenaria rivularis*.

Dentro de las especies registradas, algunas presentan un comportamiento cespitoso, dando origen a una vegetación de pajonal. Este grupo incluyó especies como *Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia eminens*, *Deyeuxia velutina*, *Festuca chrysophylla*, *Hordeum pubiflorum*, *Triglochin palustris* y *Triglochin concinna*.

Dentro del cohorte de especies encontradas en la vegetación zonal, se identificaron a las especies *Acaena magellanica*, *Adesmia echinus*, *Adesmia spinosissima*, *Atriplex oreophila*, *Atriplex imbricat*, *Cristaria andicola*, *Calandrinia compacta*, *Nicotiana corymbosa* y *Phacelia cumingii*, especies que es posible registrar en ecosistemas altoandinos, pero no suelen asociarse a sectores anegados o de gran acceso al recurso hídrico como son bofedales y/o vegas altoandinas.

5.2.1 Sector Salar de Pedernales Sur

(a). Cobertura

Durante el terreno, los transectos prospectados evidenciaron que existe una dominancia de especies de crecimiento rizomático asociado a vegetación de pajonal y bofedal. Las especies de bofedales para esta área correspondieron a *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxichole andina*, por su parte, las especies de pajonal fueron representadas por *Triglochin concinna*, *Puccinellia frígida*, *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia curvula*, entre otras. Es importante mencionar que el género *Deyeuxia* alcanzó un protagonismo mayor al 50% del total de la vegetación activa presente en el sector. Lo anterior, responde a que, en los transectos T1, T3 y T6, las especies dominantes son de hábitos de bofedal, mientras que para los transectos T2, T7 y T8, las taxa que predominan son de hábitos cespitosos. En el caso de los transectos restantes (T4, T5, T9 y T10), estos presentan una cobertura similar entre los dos grupos de especies encontradas.

Los resultados anteriores establecen que para el Salar de Pedernales se registra una cobertura de vegetación absoluta promedio del 42,4% (Tabla 5-6).

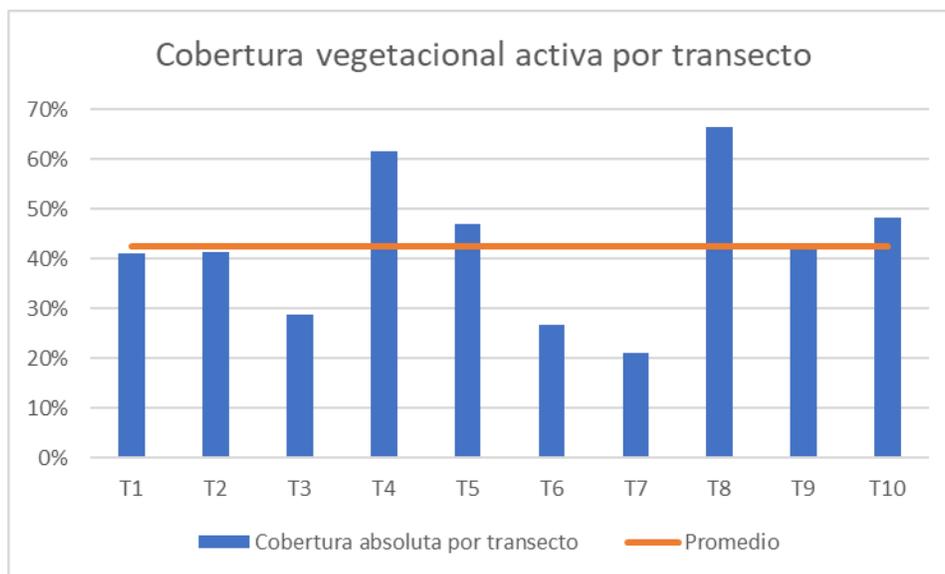
Tabla 5-6. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto en sector Salar de Pedernales Sur.

Transecto	Cobertura absoluta por transecto
T1	41,0%
T2	41,4%
T3	28,7%
T4	61,5%
T5	46,9%
T6	26,7%
T7	21,1%
T8	66,5%
T9	42,2%
T10	48,2%
Promedio	42,4%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta el porcentaje de cobertura de vegetación activa para cada transecto, demostrando una concentración de la cobertura vegetal en los transectos T4 y T8.,mientras que las menores coberturas se presentan en los transectos T7, T6 y T3, los cuales se encuentran muy por debajo del promedio del sector.

Gráfico 5-3. Cobertura de vegetación por transecto en sector Salar de Pedernales Sur.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, respecto a los otros componentes del sector, el análisis arrojó que la sal es la que presenta el mayor porcentaje total dentro del sector, estando presente en todos los transectos realizados. Seguido a este, se encuentra el mantillo y la especie *Zameioscirpus atacamensis*, las cuales también fueron observadas en prácticamente todos los transectos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Dentro del área evaluada se observaron unidades con agua a lo largo de gran parte de los transectos, excluyendo únicamente a los transectos T4 y T8. La mayor presencia de agua se observó en los transectos T5 y T10, donde dicho componente ocupó el 30% de los transectos evaluados. En los demás transectos, la participación de este elemento se observó entre un 20% (T1, T6, T7 y T9) y un 5% (T2 y T3) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

En cuanto a los rastros, estos solo se observaron en el transecto T2, donde la cobertura fue de 4,0%. El suelo desnudo no presentó una dominancia en el sector estudiado, alcanzando coberturas de entre 0,8% a 2,0%, y solo se observó su presencia en los transectos T3, T4 y T9 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La baja dominancia de suelo desnudo, con solo un 4% se compensa con la alta existencia de sal, como se mencionó anteriormente. En lo que respecta a la sal, este elemento que se extiende dentro de toda el área estudiada. Dicho elemento, presenta su mayor auge en el transecto T3 (45,0%), mientras que en los transectos T2, T4, T6, T8 y T9, se registró la presencia de sal en un 25% de cada

transecto. En lo que respecta a los transectos T1, T5, T7 y T10, estos presentaron una cobertura de sal entre un 6% y un 15% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La presencia de mantillo se observó en todos los transectos, cubriendo un 44,6% en el transecto T7. Por otra parte, en los transectos T1, T2, T3 y T6, la presencia de mantillo fue de 20% aproximadamente. En los transectos restante, dicho componente se observó en una cobertura cercana al 10% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Respecto a las fecas encontradas en este sector, estas ocupan un 9,2% total como componente, siendo el transecto T3 el con mayor porcentaje (5,6%), mientras que los transectos T1, T4 y T6 no superaron el 2%. En los transectos restantes no se presentó este componente.

A continuación, se presenta una tabla con los porcentajes de las coberturas por componente y transecto (Tabla 5-7).

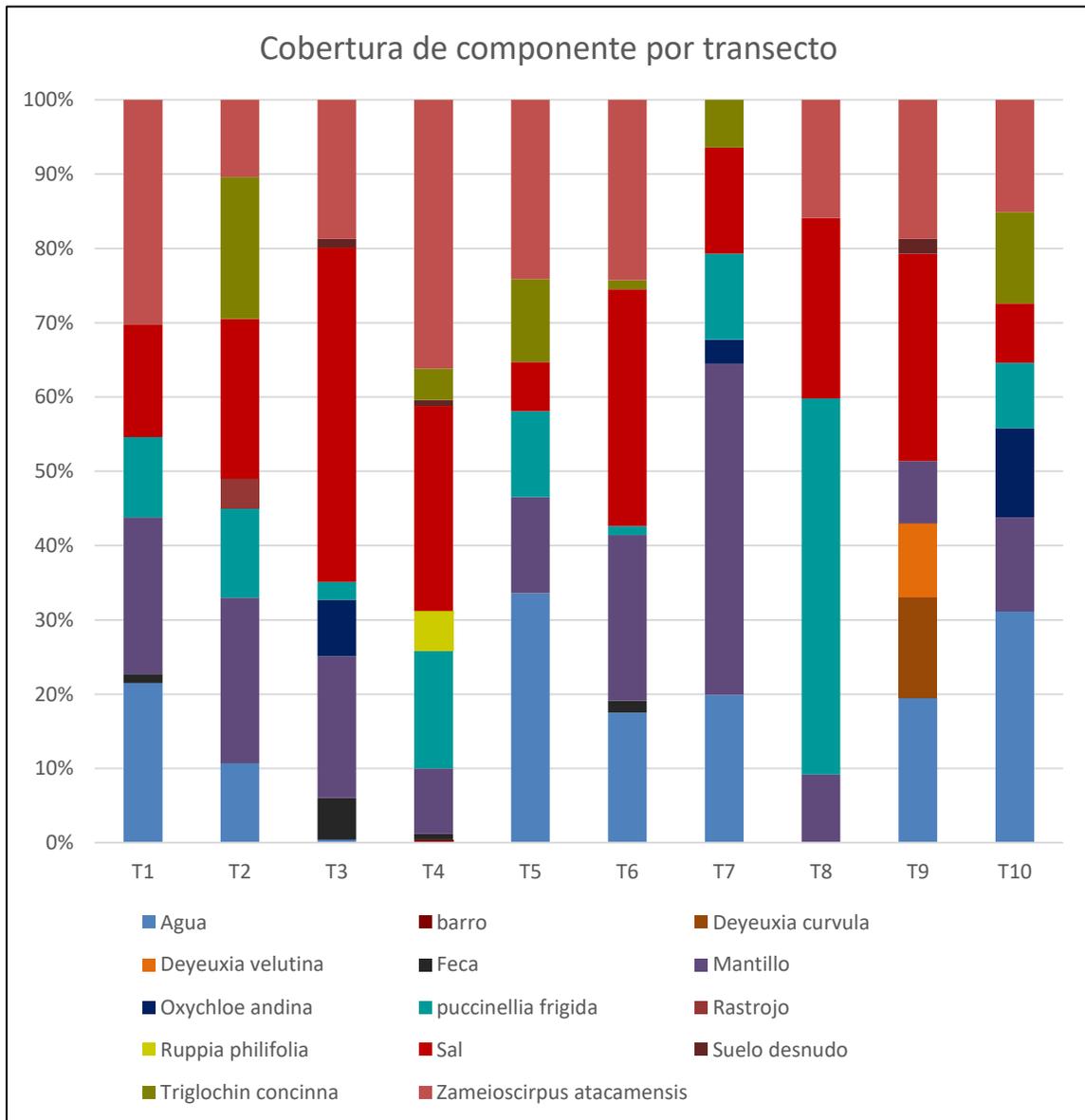
Tabla 5-7. Cobertura de componentes por transecto de muestreo en sector Salar de Pedernales.

Componente	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	% Promedio por componente
Agua	21,5%	10,7%	0,4%	0,0%	33,6%	17,5%	19,9%	0,0%	19,5%	31,1%	15,4%
barro	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,04%
Feca	1,2%	0,0%	5,6%	0,8%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	13,5%	0,0%	2,3%
Mantillo	21,1%	22,3%	19,1%	8,8%	12,9%	22,3%	44,6%	9,2%	10,0%	12,7%	18,3%
Rastrojo	0,0%	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%
Sal	15,1%	21,5%	45,0%	27,6%	6,6%	31,9%	14,3%	24,3%	8,4%	8,0%	20,3%
Suelo desnudo	0,0%	0,0%	1,2%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
<i>Deyeuxia curvula</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Oxychloe andina</i>	0,0%	0,0%	7,6%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	12,0%	2,3%
<i>puccinellia frigida</i>	10,8%	12,0%	2,4%	15,8%	11,6%	1,2%	11,6%	50,6%	27,9%	8,8%	15,3%
<i>Ruppia philifolia</i>	0,0%	0,0%	0,0%	5,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,0%	0,7%
<i>Triglochin concinna</i>	0,0%	19,1%	0,0%	4,2%	11,2%	1,2%	6,4%	0,0%	0,0%	12,3%	5,4%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	30,3%	10,4%	18,7%	36,2%	24,1%	24,3%	0,0%	15,9%	18,7%	15,1%	19,4%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	41,1%	41,5%	28,7%	61,6%	46,9%	26,7%	21,2%	66,5%	48,6%	48,2%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-4. Cobertura observada por transecto en sector Salar de Pedernales Sur.



Fuente. Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-2. Transecto 1



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-3. Transecto 2.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-4. Transecto 3.



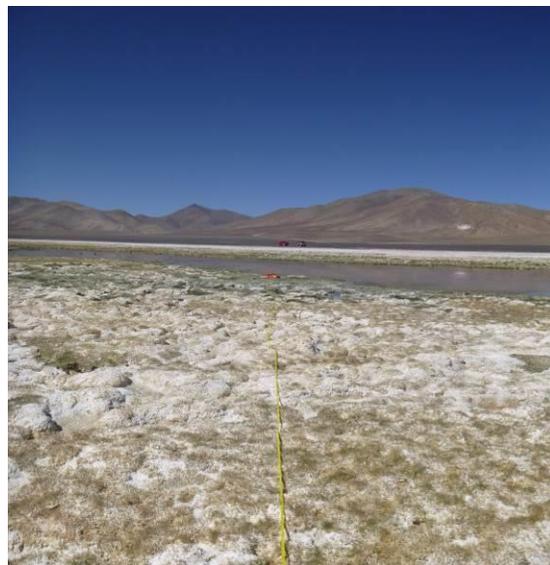
Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-5. Transecto 4.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-6. Transecto 5.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-7. Transecto 6.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-8. Transecto 7.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-9. Transecto 8.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-10. Transecto 9.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-11. Transecto 10.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

(b). Fenología

Durante la campaña realizada en el sector Salar de Pedernales, todas las especies encontradas se presentaron en estado vegetativo (Tabla 5-8).

En la Tabla 5-8 se observan las variaciones de fenología por especie, donde se puede observar que todas las especies del sector se presentaron en estado vegetativo.

Tabla 5-8. Fenología por especie en sector Salar de Pedernales Sur.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Deyeuxia curvula</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Oxychloë andina</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Puccinellia frigida</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Ruppia philifolia</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Triglochin concinna</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	100,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes fotografías se muestra la fisionomía vegetal, desde norte a sur del sector evaluado. En estas imágenes es posible constatar la alta presencia de cobertura de sal a lo largo del sector. Del mismo modo, permiten identificar que la fisionomía de la vegetación pareciera relacionarse con otros factores ambientales, como la disponibilidad de agua en el lugar, y no una respuesta al gradiente norte - sur.

Fotografía 5-12. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector del sector Salar de Pedernales Sur.

Cobertura vegetal, T9 (Norte)



Cobertura vegetal, T2 (Norte)



Cobertura vegetal, T4 (Sur)



Cobertura vegetal, T8 (Sur)

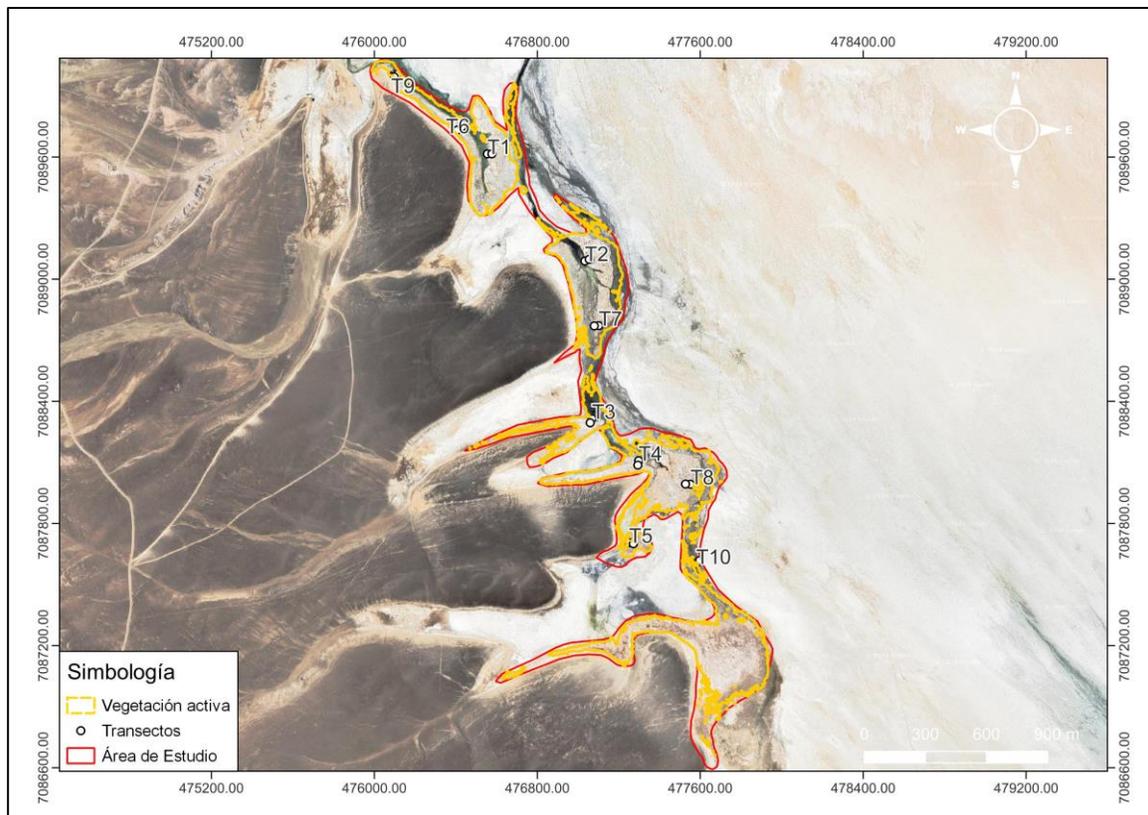


Fuente: Elaboración propia.

(c). NDVI

La Figura 5-5. NDVI sector Salar de Pedernales Sur **Figura 5-5** muestra los resultados del índice NDVI para el sector Salar de Pedernales Sur, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 66,4 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,1146 según la metodología propuesta. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,18, con un máximo de 0,43. En este sentido, los valores del índice permitieron caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T4, T8 y T5, entre otros.

Figura 5-5. NDVI sector Salar de Pedernales Sur.



Fuente: Econativa Consultores.

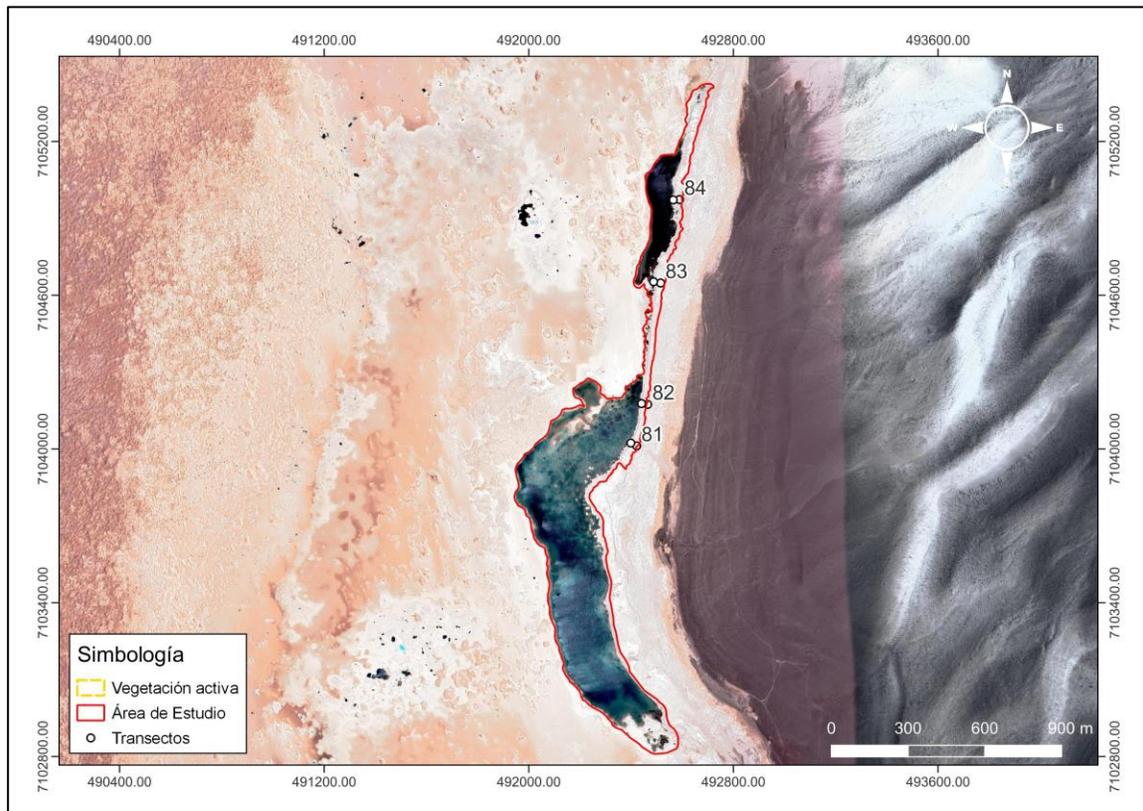
5.2.2 Sector Salar de Pedernales Norte

Para el sector Salar de Pedernales Norte se debían realizar 6 puntos, de cuales solo se pudieron llevar a cabo 4 con sus respectivos transectos. Esto, debido a que las condiciones climáticas y geográficas del sector no permitieron a los especialistas avanzar de manera segura hacia los puntos señalados.

Durante la campaña de terreno, no se observó la presencia de vegetación en el sector, lo que fue corroborado a través del análisis de NDVI, considerando los bajos niveles presentados por el índice a lo largo del sector Salar de Pedernales Norte (Figura 5-6). NDVI sector Salar de Pedernales Norte (Figura 5-6).

En el área señalada solo se observó suelo desnudo y algunos sectores con sal, lo anterior en bajas superficies del área (Fotografía 5-13).

Figura 5-6. NDVI sector Salar de Pedernales Norte.



Fuente: Econativa Consultores.

Fotografía 5-13. Fotografías representativas del Sector Salar de Pedernales Norte.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

5.2.3 Sector Salar La Laguna

(a). Cobertura

El sector Salar La Laguna se caracterizó por presentar una formación de bofedal salino, registrándose una variación entre hábitos cespitoso y de cojines dentro de los transectos realizados. Las especies dominantes fueron *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxychloe andina*, con coberturas del 40% en el extremo norte del área prospectada (T11), disminuyendo esa situación en el transecto T12, donde la especie *Deyeuxia velutina* toma protagonismo. En el transecto T13, las especies de bofedal dominaron nuevamente, y en el transecto T14 las únicas especies vegetales activas avistadas correspondieron a *Z. atacamensis* y *O. andina*. Finalmente se tiene que el promedio de la cobertura absoluta de vegetación activa fue de un 26,2% (Tabla 5-9).

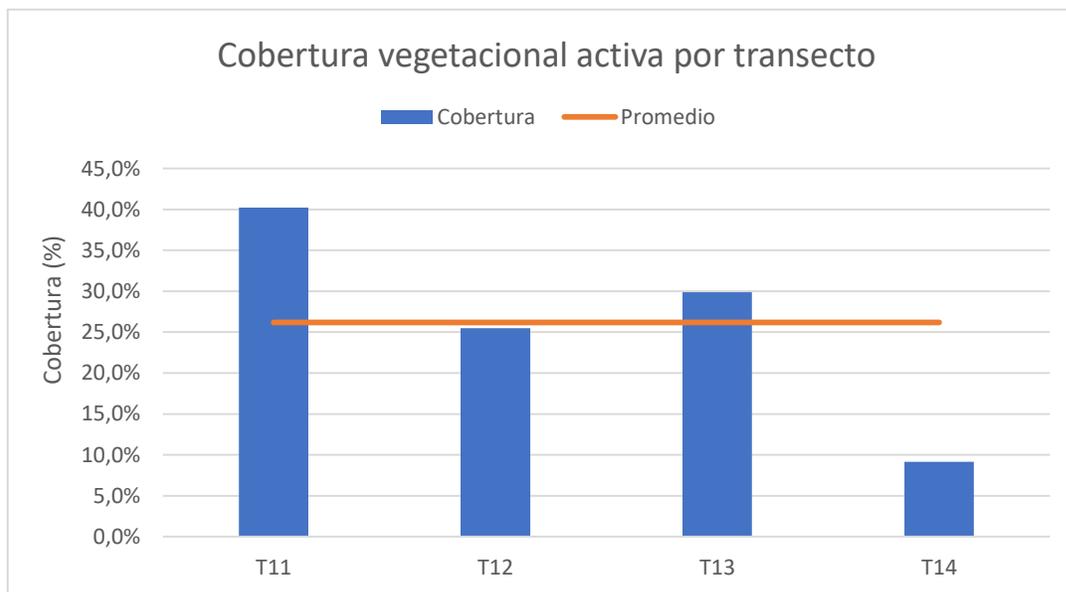
Tabla 5-9. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Salar La Laguna.

Transecto	Cobertura absoluta por transecto
T11	40,2%
T12	25,5%
T13	29,9%
T14	9,2%
Promedio	26,2%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada a través de los transectos del sector. En este se aprecia la mayor concentración de cobertura vegetal en el transecto T11, mientras que el transecto T14 presenta el menor porcentaje de cobertura vegetal del lugar.

Gráfico 5-5. Cobertura de vegetación por transecto en sector Salar La Laguna.



Fuente: Elaboración propia.

En base a los datos levantados en los transectos, se observó una disminución de la cobertura vegetal de norte a sur. A través de estos, las especies de bofedales salinos representan el mayor porcentaje de la cobertura vegetal, mientras que especies de pajonales (*D. velutina*) presentaron una dominancia en el transecto T12.

Por otra parte, para el componente agua, este se hace presente solo en el transecto T12 (6,8%) y T14 (1,2%), cuya aparición en el caso del primer transecto mencionado se asocia con suelo desnudo (1,9%).

Elementos salinos (sal) son dominantes a través del área evaluada, presentando una cobertura de entre 40% a 80%, lo cual estaría explicado por del tipo de ambiente de “salar” del lugar.

Los rastrojos se apreciaron en los cuatro transectos, donde la cobertura de dicho componente fue baja en el transecto T11 (2%), y toma protagonismo en T12 (23,9%). Por su parte, los transectos T13 y T14 presentaron coberturas de un 1% para este componente.

La presencia de mantillo se concentró principalmente en el transecto T13 (19,12%), siendo menor en los transectos T12 (1,59%) y T14 (5,18%). Mientras que en el transecto T11 no se observa presencia de este componente.

En la Tabla 5-10 se presentan los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente.

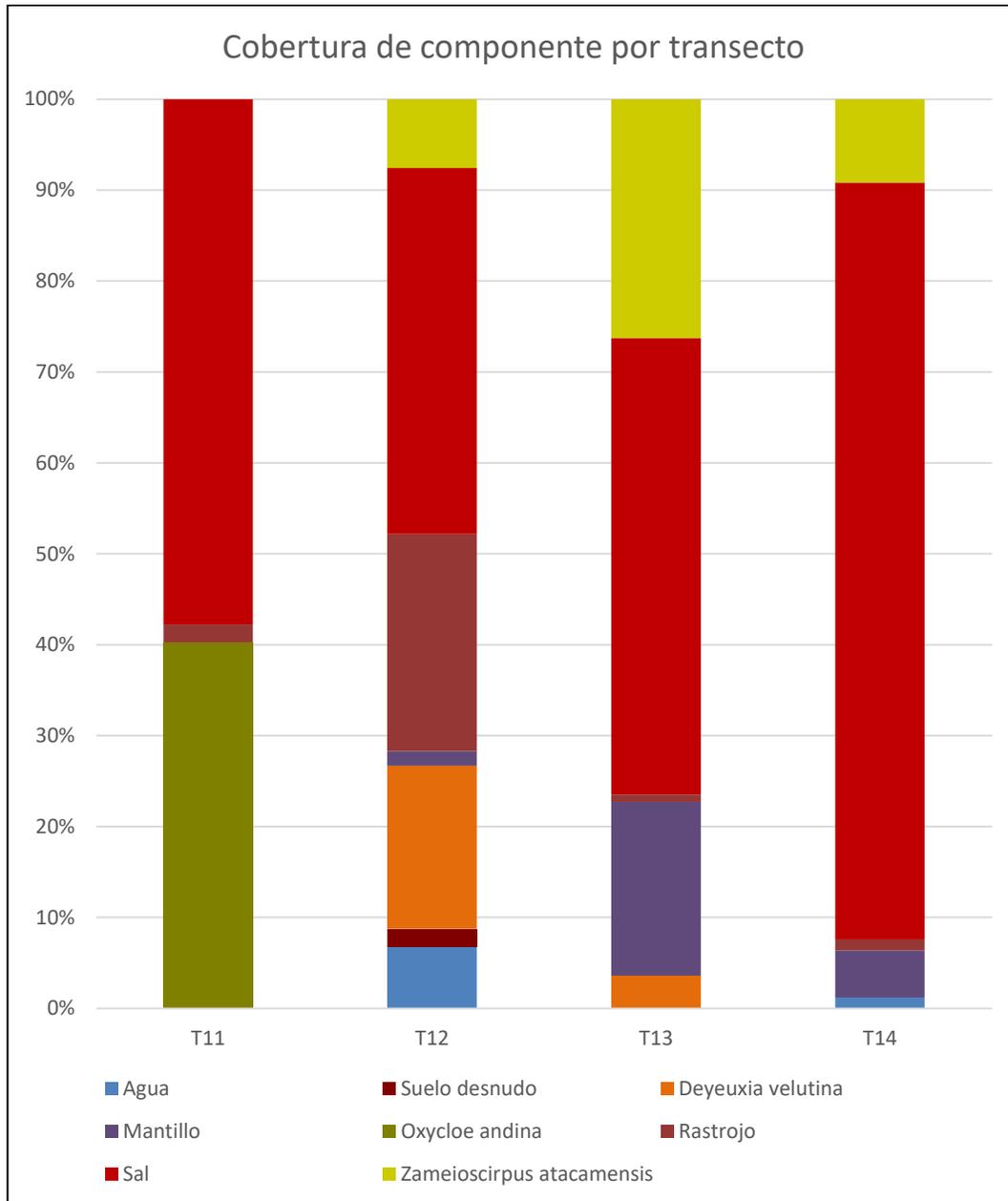
Tabla 5-10. Tabla de componentes por transecto en sector Salar la Laguna.

Componente	T11	T12	T13	T14	% Promedio por componente
Agua	0,0%	6,8%	0,0%	1,2%	2,0%
Suelo desnudo	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,5%
Mantillo	0,0%	1,6%	19,1%	5,2%	6,5%
Rastrojo	2,0%	23,9%	0,8%	1,2%	7,0%
Sal	57,8%	40,2%	50,2%	83,3%	57,9%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	17,9%	3,6%	0,0%	5,4%
<i>Oxycloe andina</i>	40,2%	0,0%	0,0%	0,0%	10,1%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	7,6%	26,3%	9,2%	10,8%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	40,2%	25,5%	29,9%	9,2%	
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

En el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-6. Coberturas observadas por transecto en sector La Laguna



Fuente: Elaboración propia.

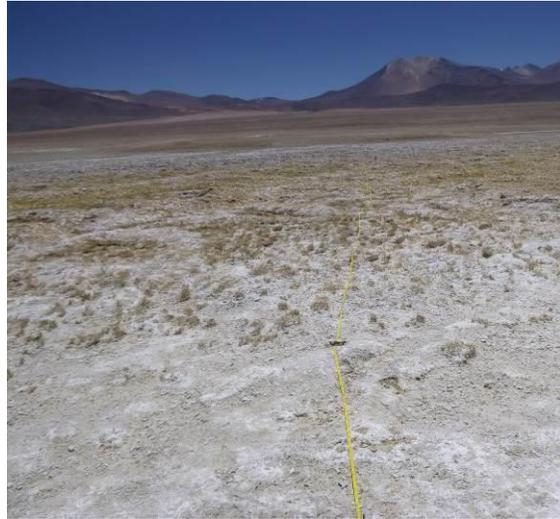
A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-14. Transecto 11.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-15. Transecto 12.



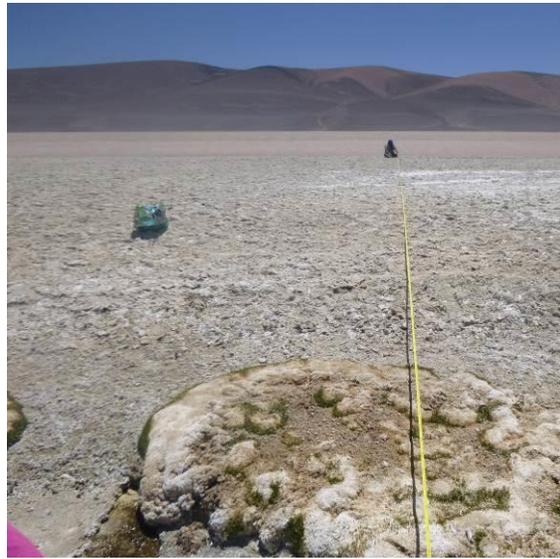
Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023

Fotografía 5-16. Transecto 13.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

Fotografía 5-17. Transecto 14.



Fuente: Campaña de Terreno -enero 2023.

(b). Fenología

A continuación, se presenta en la Tabla 5-11 el estado fenológico de las especies observadas en sector Salar La Laguna, las cuales se encontraron todas en estado vegetativo.

Tabla 5-11. Fenología por especie en sector Salar La Laguna.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Oxychloë andina</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	100,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de la vegetación en el sector Salar La Laguna, siguiendo una dirección norte-sur, quedando graficada la homogeneidad de la vegetación a lo largo de los transectos prospectados (Fotografía 5-18).

Fotografía 5-18. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en sector La Laguna.

Cobertura vegetal, T11 (Norte)



Cobertura vegetal, T12 (Norte)



Cobertura vegetal, T13 (Sur)



Cobertura vegetal, T14 (Sur)

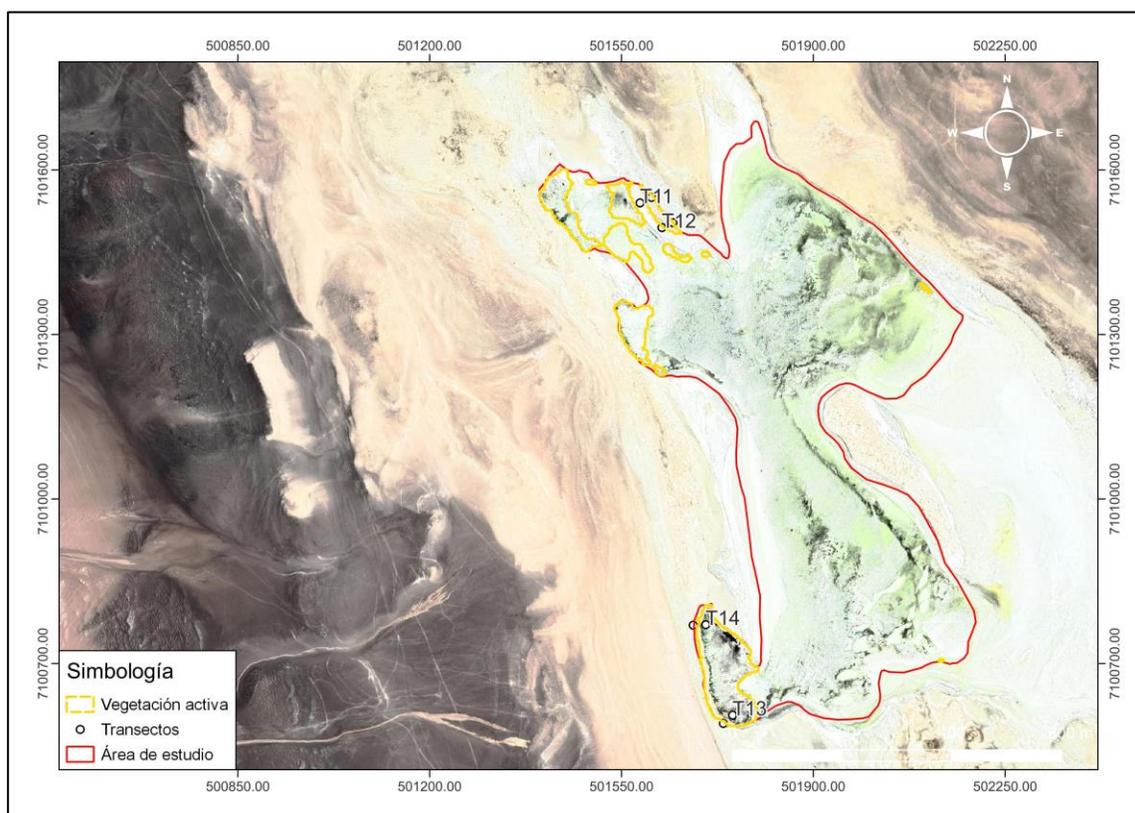


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-7 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Salar La Laguna, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 3,4 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,097 de acuerdo con la metodología establecida. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,19, con un máximo de 0,44. En este sentido, los valores del índice permitieron caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos. Pese a esto, cabe considerar que en este sector se presentó una diferencia importante entre los datos derivados de terreno y la información satelital, donde, por ejemplo, el transecto 11 presentó los mayores niveles de cobertura del sector.

Figura 5-7. NDVI sector Salar La Laguna.



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.4 Sector Cabecera Sur Río La Ola

(a). Cobertura

Para el sector La Ola, la formación dominante corresponde a pajonal, donde las especies con mayor cobertura fueron las de la familia Poaceae, siendo *Triglochin concinna*, *Triglochin palustris*, *Deyeuxia velutina* y *Deyeuxia eminens* las especies con mayor protagonismo dentro del área estudiada. La cobertura promedio de la vegetación activa del sector total fue de 54,3% (Tabla 5-12 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

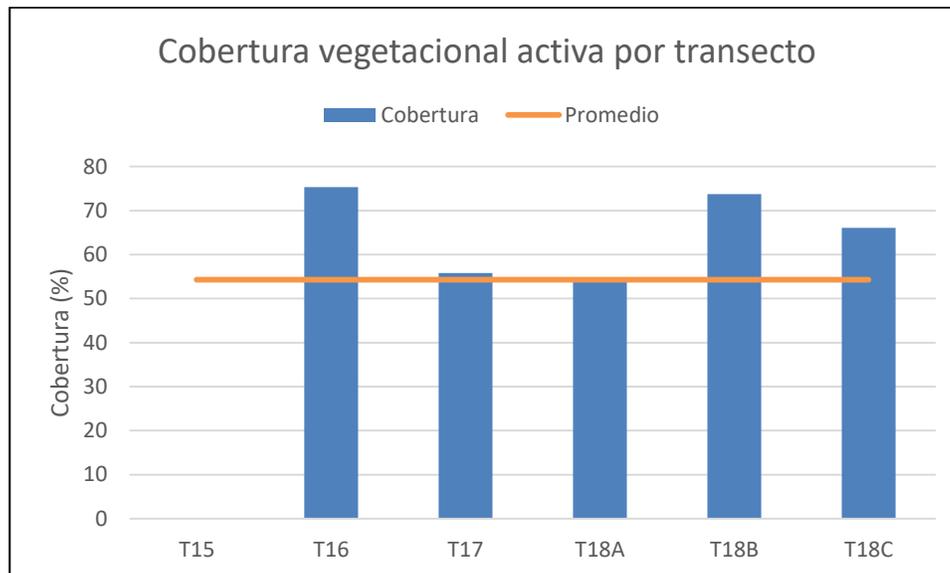
Tabla 5-12. Porcentaje de cobertura absoluta de Vegetación Activa por transecto en Sector Río La Ola.

Transecto	Cobertura absoluta por transecto
T15	0,0%
T16	75,3%
T17	55,8%
T18A	54,8%
T18B	73,7%
T18C	66,1%
Promedio	54,3%

Fuente: Elaboración propia.

El ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector Cabecera Sur Río La Ola. En este se aprecia una alta cobertura en gran parte de los transectos, sobre todo en los transectos T16, T18b y T18c, mientras que el transecto T15 no presentó cobertura vegetal activa.

Gráfico 5-7. Cobertura de vegetación por transecto en sector Cabecera Sur Río La Ola.



Fuente: Elaboración propia.

En torno a las especies que componen la vegetación activa del sector, la especie *Deyeuxia velutina* presentó la mayor cobertura, alcanzando el 19%, seguida por las especies *Deyeuxia eminens*, *Triglochin concinna* y *Triglochin palustris*, las cuales presentaron una cobertura promedio de 15,9%, 9,8% y 6,8%, respectivamente. En menor medida se encontraron las especies *Zamaeioscirpus atacamensis* (1,1%) y *Deyeuxia curvula* (1,7%).

Respecto a los otros componentes presentes en el sector, se observó que el componente hídrico se presentó solo en los transectos T18b y T18c, cuya cobertura fue del 12,4% y 3,2%, respectivamente.

Con respecto a la existencia de sal, esta se encontró entre los transectos T16 a T18b, registrando su mayor presencia en el transecto T17, donde se observó una cobertura del 35,9%, mientras que hacia los transectos T16 y T18a, se detectó una disminución hasta el 2,8% y 1,2% de cobertura, respectivamente.

El mantillo se encontró en los transectos T15, T17 y T18a, con mayor presencia en el transecto T15 (13,5%), y menor superficie en los transectos restantes (<2,5%).

Para el primer transecto (T15), el suelo desnudo fue un componente relevante, alcanzando una cobertura del 86,5% del área evaluada. Para el resto de los transectos, la participación del suelo desnudo varió entre 3,2% y 7,6%, registrándose una disminución de su cobertura hacia el sureste del área estudiada.

La siguiente Tabla 5-13 presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionadas anteriormente.

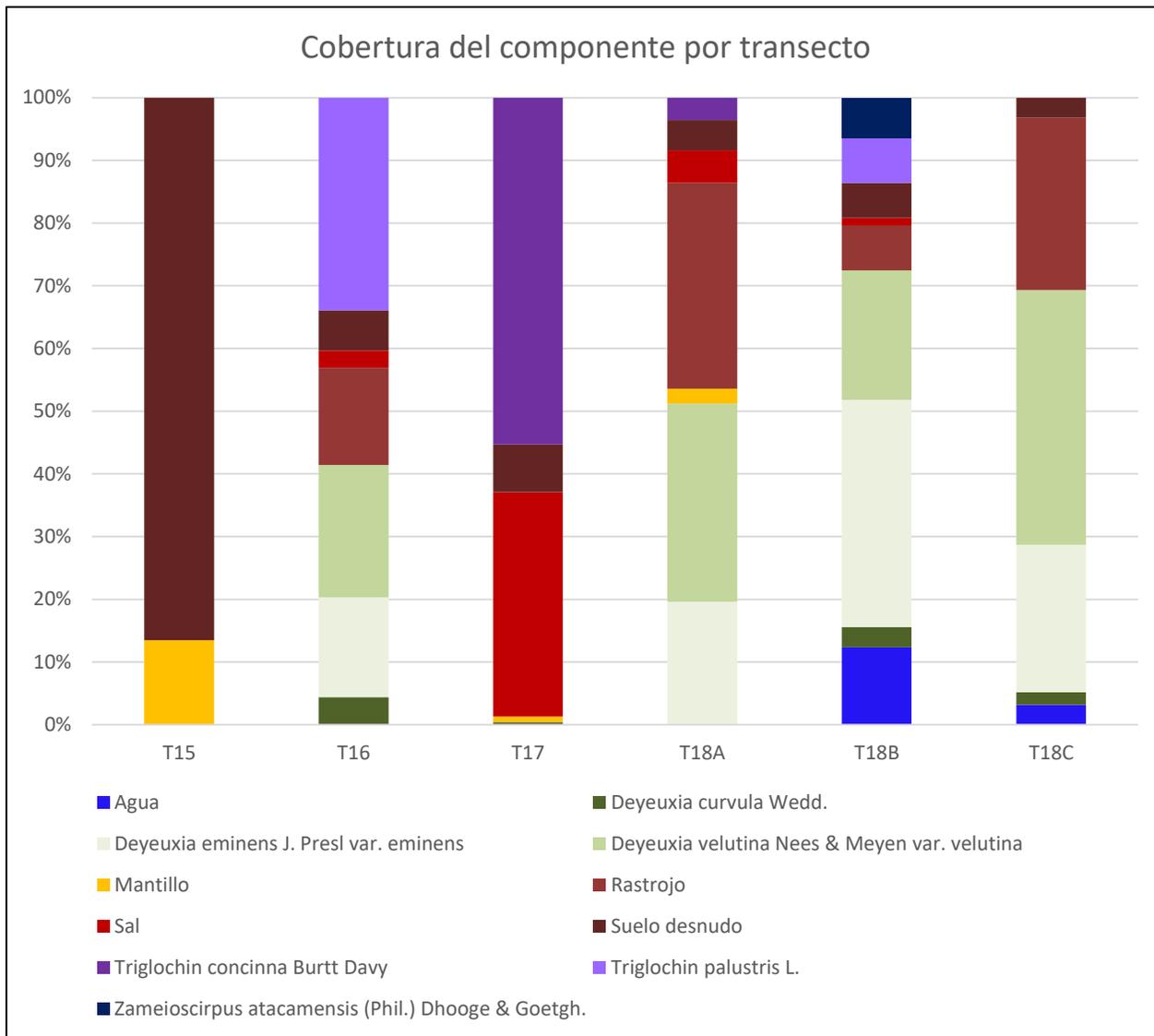
Tabla 5-13. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Cabeecera Sur Río la Ola

Componente	T15	T16	T17	T18A	T18B	T18C	% Promedio por componente
Agua	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	12,4%	3,2%	2,6%
Mantillo	13,5%	0,0%	0,9%	2,4%	0,0%	0,0%	2,8%
Rastrojo	0,0%	15,5%	0,0%	32,8%	7,2%	27,5%	13,8%
Sal	0,0%	2,8%	35,9%	5,2%	1,2%	0,0%	7,5%
Suelo desnudo	86,5%	6,4%	7,6%	4,8%	5,6%	3,2%	19,0%
<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	0,0%	4,4%	0,4%	0,0%	3,2%	2,0%	1,7%
<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl var. <i>eminens</i>	0,0%	15,9%	0,0%	19,6%	36,3%	23,5%	15,9%
<i>Deyeuxia velutina</i> Nees & Meyen var. <i>velutina</i>	0,0%	21,1%	0,0%	31,6%	20,7%	40,6%	19,0%
<i>Triglochin concinna</i> Burtt Davy	0,0%	0,0%	55,4%	3,6%	0,0%	0,0%	9,8%
<i>Triglochin palustris</i> L.	0,0%	33,9%	0,0%	0,0%	7,2%	0,0%	6,9%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i> (Phil.) Dhooge & Goetgh.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,4%	0,0%	1,1%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	0,0%	75,3%	55,8%	54,8%	73,8%	66,1%	
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas observadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-8. Coberturas observadas por transecto en sector Cabecera Sur Río La Ola



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en el sector Cabecera Sur Río La Ola.

Fotografía 5-19. Transecto 15.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-20. Transecto 16.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-21. Transecto 17.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-22. Transecto 18A.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-23. Transecto 18B.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-24. Transecto 18C.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Durante la campaña, el 13,8% de la vegetación avistada se observó en estado reproductivo activo (flor), sin embargo, la mayoría se encontraba en estado vegetativo o bien en semillación, con excepción de las especies *Deyeuxia eminensis* y *Triglochin palustris* que presentaron individuos en estado de floración (10,9% y 2,9% respectivamente).

En la Tabla 5-14, se observan los estados fenológicos presentados por especie.

Tabla 5-14. Fenología por especie en sector Cabecera Sur Río La Ola

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Deyeuxia curvula</i>	0,0%	68,0%	32,0%
<i>Deyeuxia eminens</i>	10,9%	16,3%	72,8%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	71,3%	28,7%
<i>Triglochin concinna</i>	0,0%	96,6%	3,4%
<i>Triglochin palustris</i>	2,9%	90,3%	6,8%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	100,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de los sectores de norte a sur (Fotografía 5-25).

Fotografía 5-25. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en sector Cabecera Sur Río La Ola.

Cobertura vegetal, T15 (Norte)



Cobertura vegetal, T16 (Norte)



Cobertura vegetal, T8B (Sur)



Cobertura vegetal, T18C (Sur)

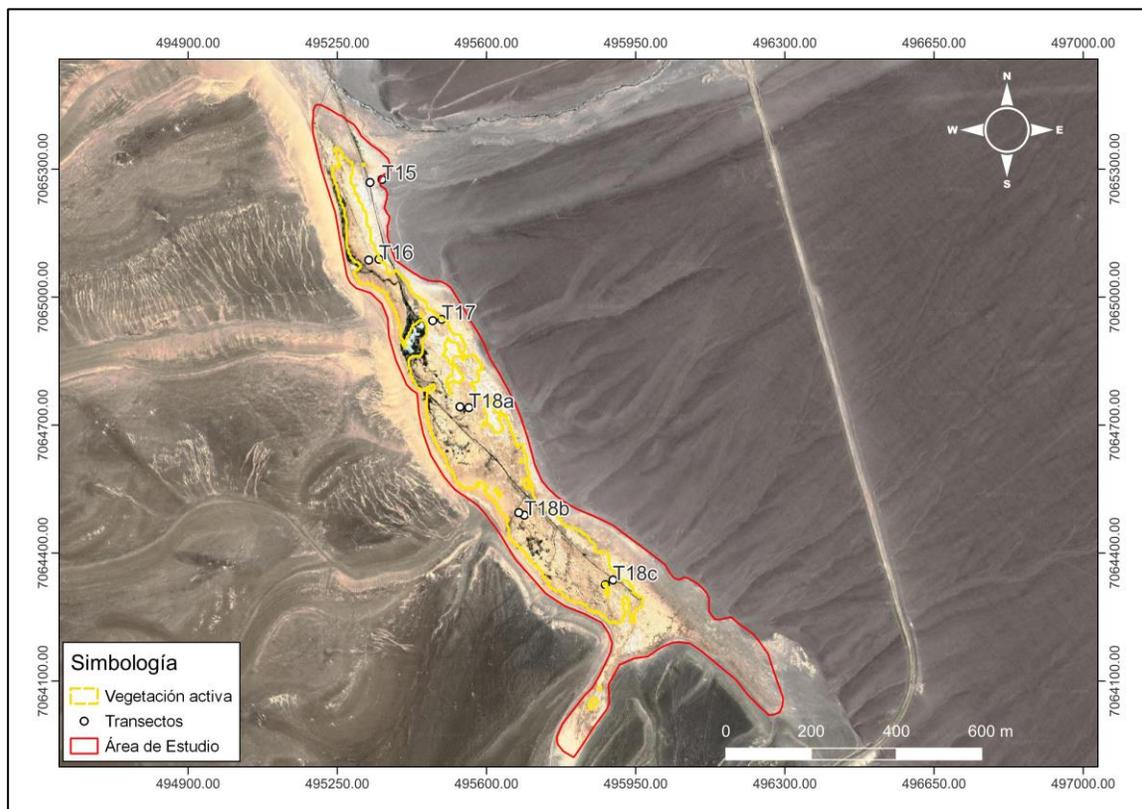


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-8 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Cabecera Sur Río La Ola, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 12,52 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,297 de acuerdo a la metodología propuesta. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,36, con un máximo de 0,47. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de baja a media densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observa una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como lo son los transectos T16, T18b y T18c.

Figura 5-8. NDVI sector Cabecera Sur Río La Ola



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.5 Sector Salar Piedra Parada

(a). Cobertura

El sector Piedra Parada corresponde a un salar, donde la presencia de la vegetación activa tiende a ser escasa, por lo que el promedio de la cobertura vegetal fue de 15,4% (Tabla 5-15 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Lo anterior es representado por las especies *Oxychloë andina* y *Zameioscirpus atacamensis*.

Desde oeste a este, se observó a *Oxychloë andina*, correspondiente a la única especie vegetal de los transectos T19 y T20. En los transectos T21, T23 y T24 se registró a *Zameioscirpus atacamensi*, mientras que en el transecto T22 no se divisó ninguna especie de origen vegetal (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

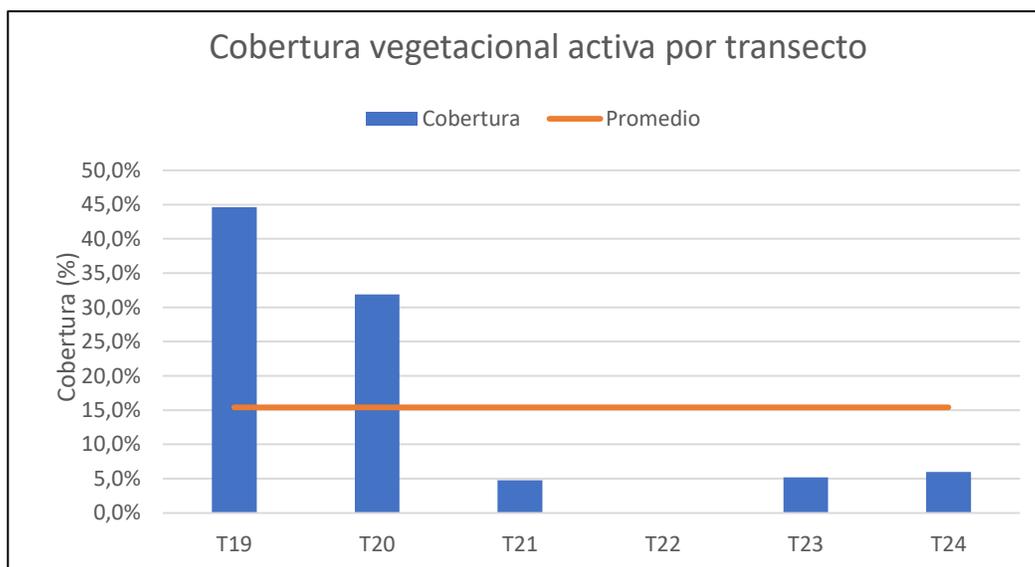
Tabla 5-15. Porcentaje de cobertura absoluta de Vegetación Activa por transecto en Sector Salar Piedra Parada.

Transecto	Cobertura absoluta transectos
T19	44,6%
T20	31,9%
T21	4,8%
T22	0,0%
T23	5,2%
T24	6,0%
Total	15,4%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector. En este se aprecia la alta concentración de la cobertura vegetal en los transectos T19 y T20, pese a que el sector en general presenta un bajo porcentaje de cobertura, lo cual se refleja en el promedio de este.

Gráfico 5-9. Coberturas de vegetación por transecto en sector Salar Piedra Parada.



Fuente: Elaboración propia.

El agua se hace presente en todos los transectos, siendo el transecto T22 donde mayor cobertura presentó (50,6%). Los transectos T21 y T20 también corresponden a sitios donde el agua presentó una fuerte dominancia (37,1% y 29,9%, respectivamente). En los demás sectores, dicho componente no superó una participación del 15%.

A pesar de estar situado en un salar, la sal solo se hizo presente en el transecto T24, donde alcanzó una cobertura del 29,1%.

El mantillo presentó su máxima dominancia en los transectos T19 y T20, donde promedió 23,1% del área prospectada. La presencia de dicho componente también se hizo ver en los transectos T23 y T24, donde su participación no superó el 5%.

Considerando al barro, suelo arenoso, suelo pedregoso y rocas como parte de suelo desnudo, se establece que dicho componente se presenta en la totalidad del área estudiada, presentando valores máximos de 64,5% (T23) y mínimos de 26,3% (T19).

La siguiente Tabla 5-16 se presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionadas anteriormente.

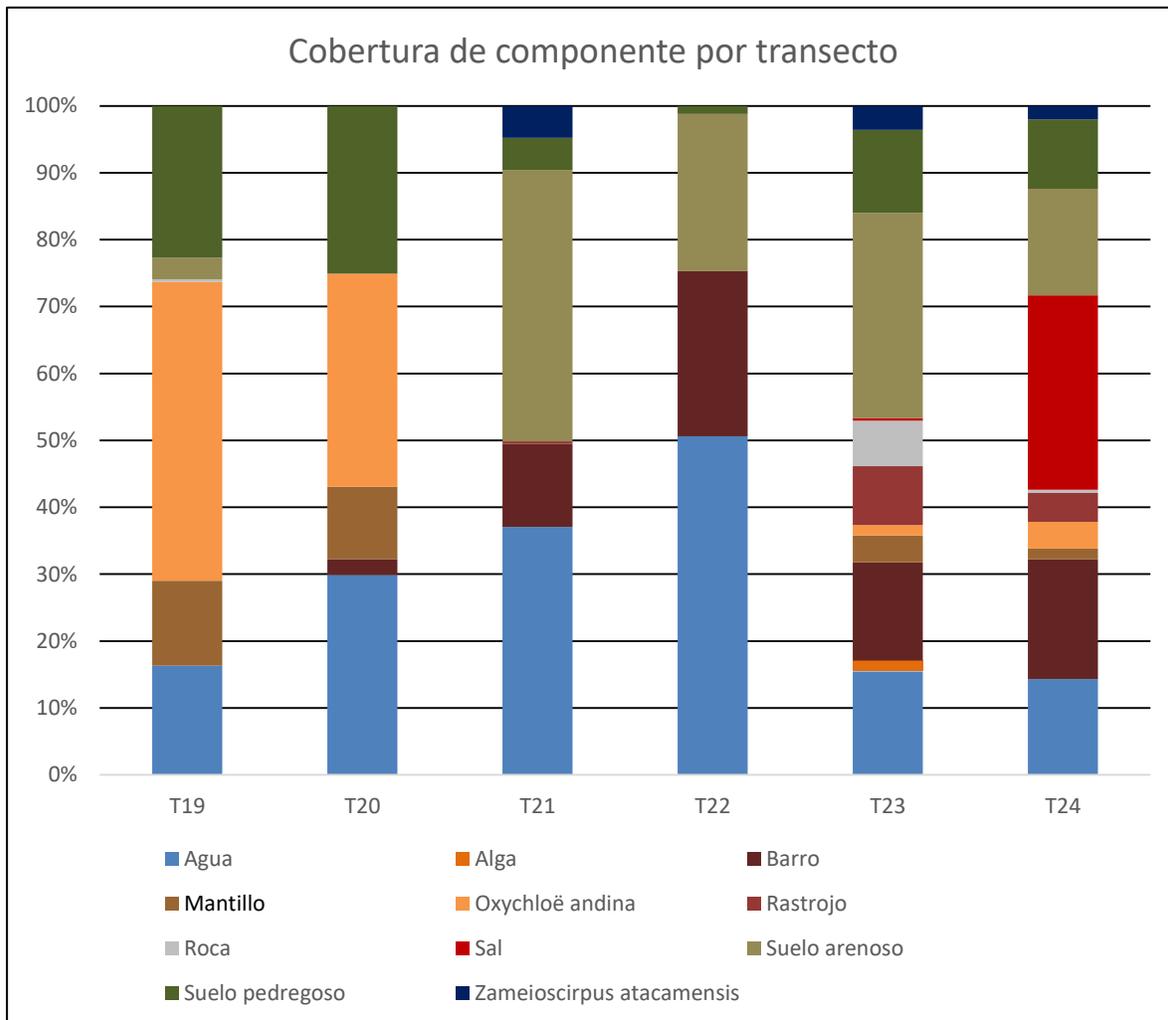
Tabla 5-16. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Piedra Parada.

Componente	T19	T20	T21	T22	T23	T24	% Promedio por componente
Agua	16,3%	29,9%	37,1%	50,6%	15,5%	14,3%	27,3%
Alga	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,3%
barro	0,0%	2,4%	12,4%	24,7%	14,7%	17,9%	12,0%
Mantillo	12,7%	10,8%	0,0%	0,0%	4,0%	1,6%	4,9%
Rastrojo	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	8,8%	4,4%	2,3%
Roca	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	6,8%	0,4%	1,3%
Sal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	29,1%	4,9%
Suelo arenoso	3,2%	0,0%	40,6%	23,5%	30,7%	15,9%	19,0%
Suelo pedregoso	22,7%	25,1%	4,8%	1,2%	12,4%	10,4%	12,8%
<i>Oxychloë andina</i>	44,6%	31,9%	0,0%	0,0%	1,6%	4,0%	13,7%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	3,6%	2,0%	1,7%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	44,6%	31,9%	4,8%	0,0%	5,2%	6,0%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-10. Coberturas observadas por componente en sector Piedra Parada



Fuente: Elaboración propia.

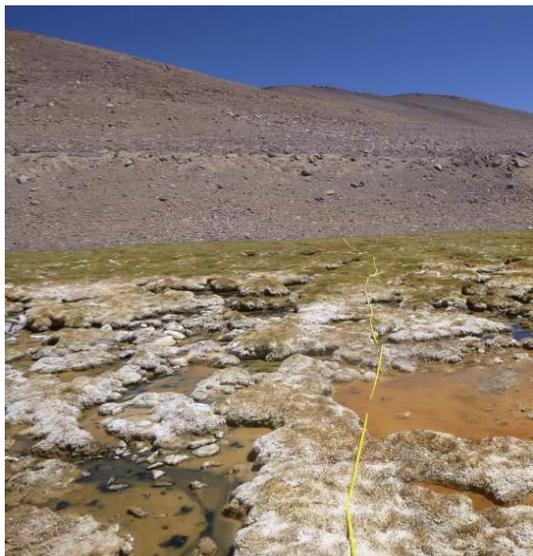
A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-26. Transecto 19.



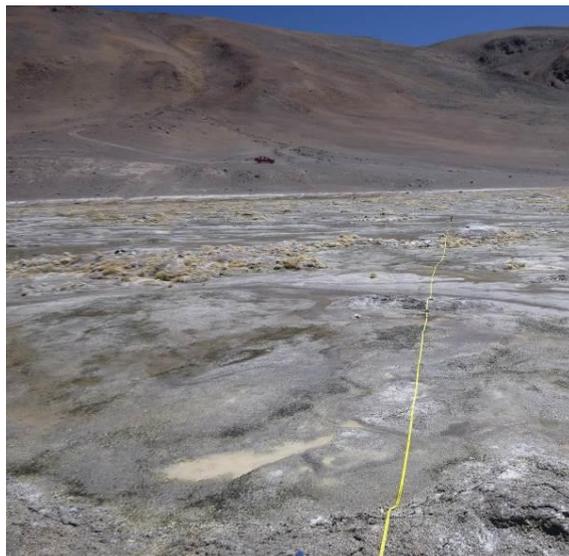
Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-27. Transecto 21.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-28. Transecto 22.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-29. Transecto 23.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-30. Transecto 24.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

En cuanto a la fenología de las especies, todos los individuos de *Oxychloë andina* observados estaban en estado vegetativo, mientras que el 92% de los individuos de *Zameioscirpus atacamensis* estaban en estado vegetativo, y el 8% en estado de propagación activa (semillación) (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.17**).

En Tabla 5-17**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observan las variaciones de fenología por especie y campaña.

Tabla 5-17. Fenología por especie en sector Piedra Parada.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Oxycloe andina</i>	0%	100%	0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0%	92%	8%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de la vegetación en el sector Piedra Parada:

Fotografía 5-31. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en sector Piedra Parada.

Cobertura vegetal, T19 (Norte)



Cobertura vegetal, T20 (Norte)



Cobertura vegetal, T23 (Sur)



Cobertura vegetal, T24 (Sur)

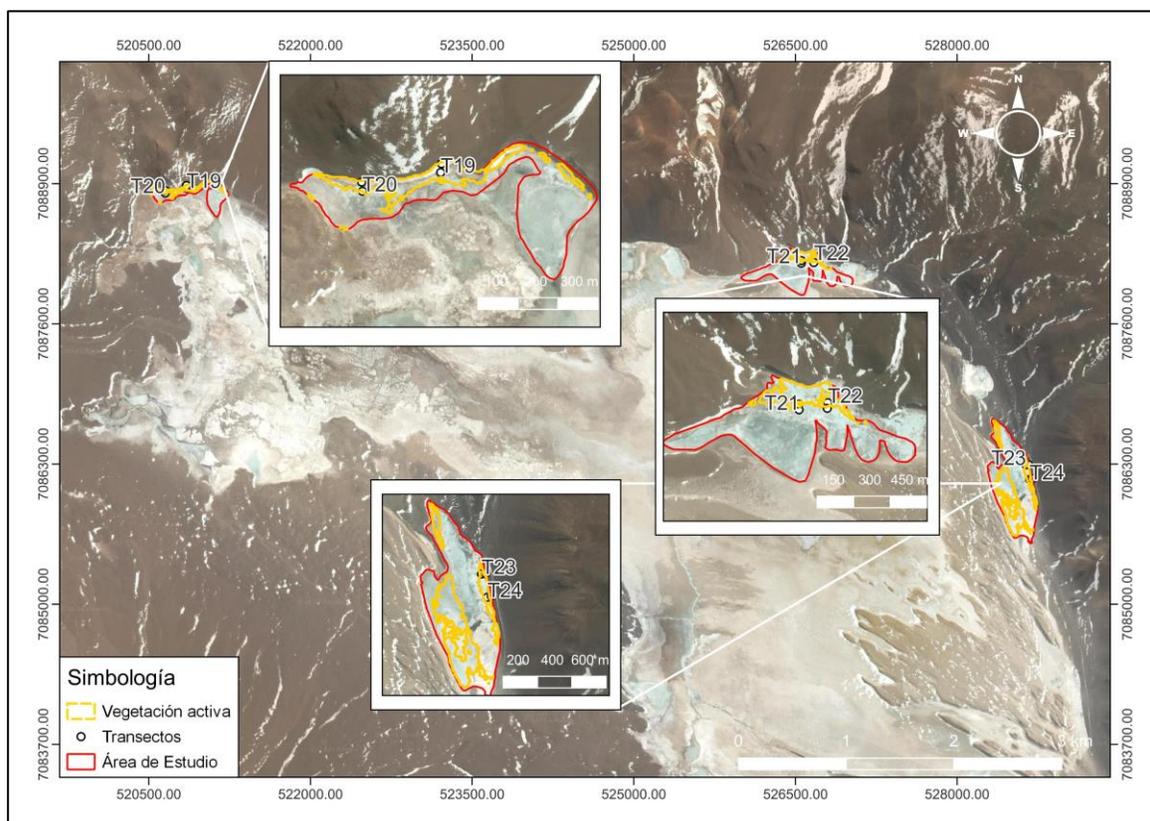


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-9 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Salar Piedra Parada, durante el verano de 2023. Se destaca que, de acuerdo con la metodología planteada, en este sector se definieron tres polígonos independientes. El primero polígono (de oeste a este) presenta una superficie de 1,7 hectáreas de vegetación activa, considerando valores de NDVI superiores a 0,12. El segundo de estos, presenta una superficie de 2,3 hectáreas de vegetación activa considerando valores de NDVI superiores a 0,093. Finalmente, el último polígono presento una superficie de vegetación de 8,8 hectáreas considerando valores de NDVI superiores a 0,093. Entre las tres superficies evaluadas con vegetación activa, se desprende un promedio de NDVI de 0,15 y un máximo de 0,35 (Polígono 1), caracterizándose el sector como una zona de muy baja densidad vegetal, lo que es coincidente con la información recabada en terreno.

Figura 5-9. NDVI sector Salar Piedra Parada



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.6 Sector Quebrada Asiento

(a). Cobertura

El sector Quebrada Asiento presentó una gran diversidad de especies, principalmente de comportamiento zonal, no asociadas directamente a unidades de pajonales o bofedales. Pese a esto, se observó una gran presencia de especies azonales de hábitos cespitosos como son las especies *Deyeuxia curvula* y *Deyeuxia eminens*, las cuales se restringieron al primer transecto (T25), donde su cobertura absoluta fue equivalente al 19,9% en conjunto (Tabla 5-18). Dentro de dicho transecto, también se observó a *Zameioscirpus atacamensis*, donde alcanzó una cobertura del 6,1%, mientras que en los demás transectos no fue registrada. Especies zonales como *Acaena magellanica*, *Senecio nutans*, *Atriplex aerophila*, *Atriplex imbricata* y *Lycium chañar* tomaron protagonismo entre los transectos T26 a T30, donde su participación en el componente vegetacional fue absoluto. Por lo anterior la vegetación activa promedió un 23,4% del total (Tabla 5-19).

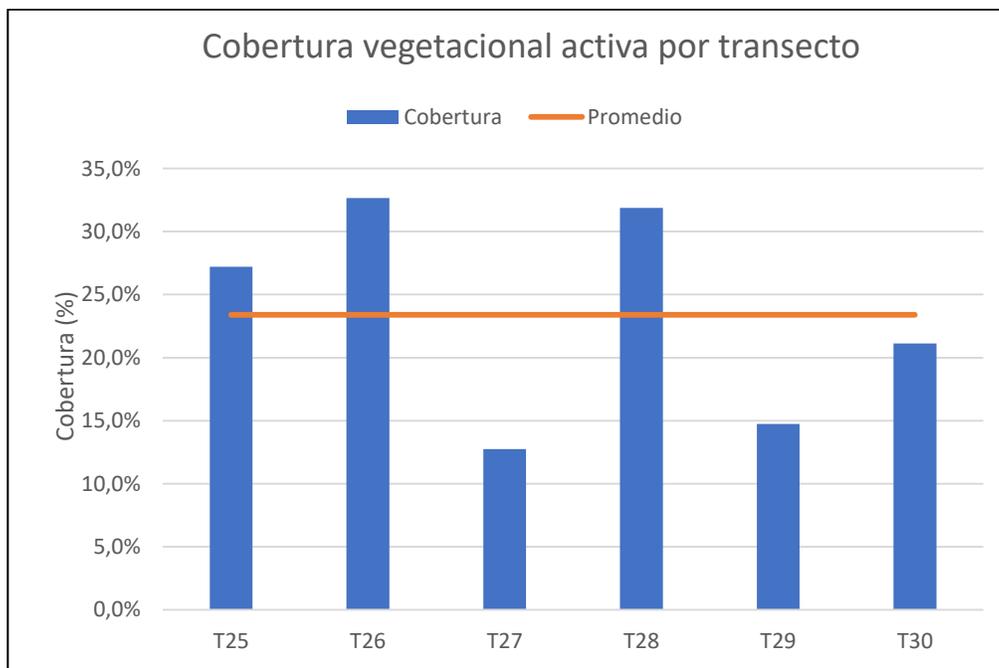
Tabla 5-18. Porcentaje de cobertura absoluta de Vegetación Activa por transecto sector Quebrada Asiento

Transecto	Cobertura absoluta transectos
T25	27,2%
T26	32,7%
T27	12,8%
T28	31,9%
T29	14,7%
T30	21,1%
Promedio	23,4%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetacional registrada en el sector. En este se aprecia el bajo porcentaje de cobertura vegetacional registrado, concentrándose en los transectos T26, T28 y T25.

Gráfico 5-11. Coberturas de vegetación por transecto en sector Quebrada Asiento



Fuente: elaboración Propia.

En base a lo expuesto en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se establece que la cobertura vegetal fue heterogénea en el sector. En el transecto T25, las especies del género *Deyeuxia* dominaron, sin embargo, dicha dominancia se pierde rápido hacia el sur de dicho sector, siendo las especies de hábitos zonales como *Acaena magellanica*, *Senecio nutans*, *Atriplex aerophila*, *Atriplex imbricata* y *Lycium chañar*, las que protagonizan en los demás transectos del área de estudio. Dicha participación de cada grupo de especies fue casi absoluta, vale decir, en el transecto T25, aproximadamente el 100% de las especies dominantes fueron del género *Deyeuxia*, mientras que, en los transectos restantes, las especies zonales se presentaron en el 100% de del componente vegetal. Dentro del sector no se registró la presencia de agua.

Los rastrojos presentaron una participación variada, siendo mayor en los transectos centrales (T26 a T29). En estos, la cobertura del componente varió entre 29,1% a 15,9% desde norte a sur, mientras que en los transectos de los extremos (T25 y T30), los rastrojos se presentaron en un 2,7% y 9,6%, respectivamente.

En el área prospectada, se registró la presencia de una tubería en los transectos T28 y T29, cuya cobertura fue menor al 1%. Además, se observaron heces dentro del transecto T28 con una cobertura del 1,2%.

Considerando como suelo desnudo a sectores dominados por rocas, suelos descubiertos y suelos pedregosos, se observó que dicho componente presentó una cobertura del 70% en las áreas más descubiertas (transectos T25, T27, T29 y T30), y una cobertura del 38% a 48% en los sectores donde existen otros componentes protagonistas (T26 y T28, respectivamente).

En la Tabla 5-19 se presentan los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionadas anteriormente.

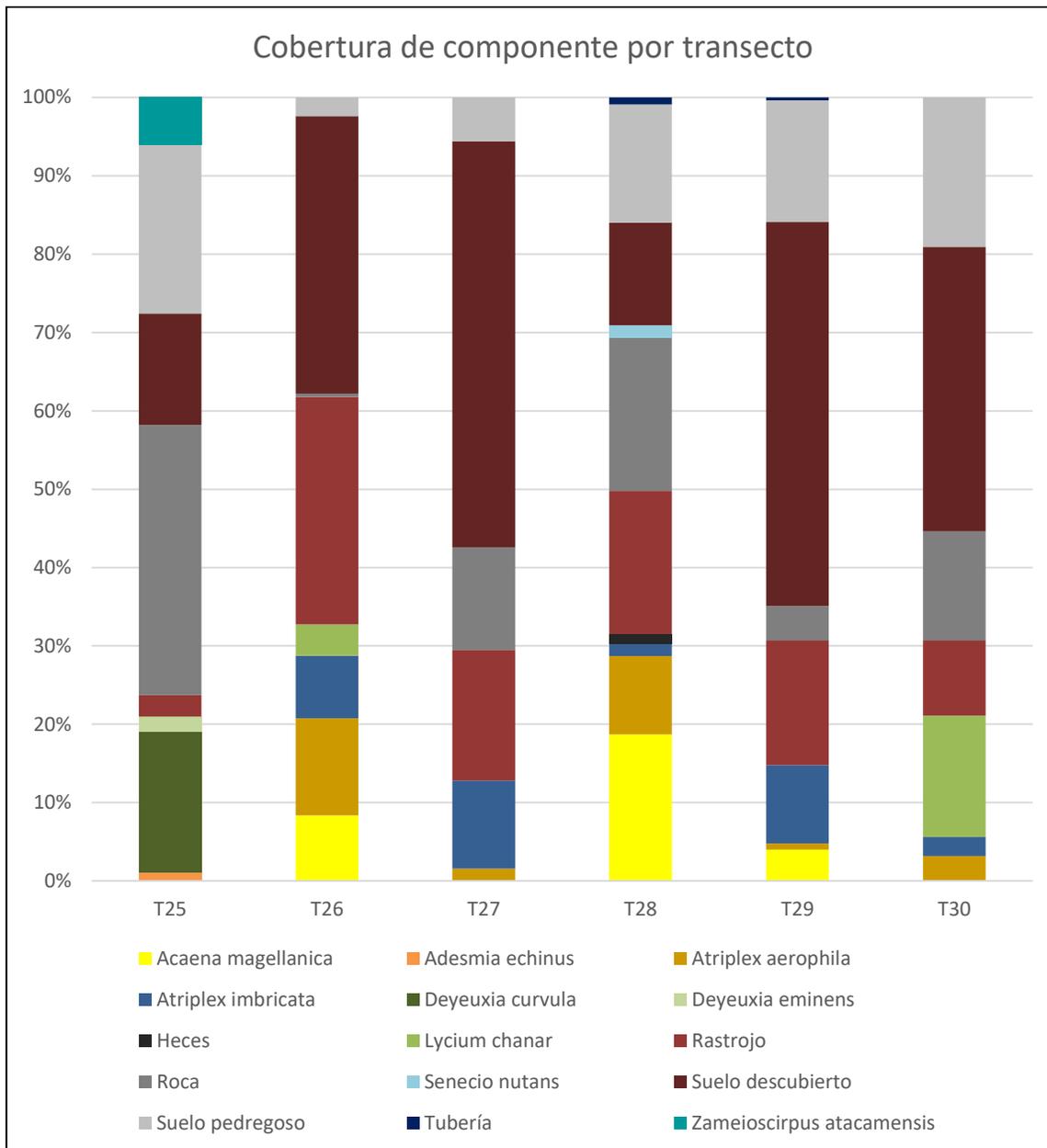
Tabla 5-19. Cobertura de componentes por transecto de muestreo en sector Quebrada Asiento.

Componente	T25	T26	T27	T28	T29	T30	% Promedio por componente
Heces	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,2%
Rastrojo	2,7%	29,1%	16,7%	18,3%	15,9%	9,6%	15,4%
Roca	34,5%	0,4%	13,1%	19,5%	4,4%	13,9%	14,3%
Suelo descubierto	14,2%	35,5%	51,8%	13,1%	49,0%	36,3%	33,3%
Suelo pedregoso	21,5%	2,4%	5,6%	15,1%	15,5%	19,1%	13,2%
Tubería	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,4%	0,0%	0,2%
<i>Acaena magellanica</i>	0,0%	8,4%	0,0%	18,7%	4,0%	0,0%	5,2%
<i>Adesmia echinus</i>	1,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
<i>Atriplex aerophila</i>	0,0%	12,4%	1,6%	10,0%	0,8%	3,2%	4,7%
<i>Atriplex imbricata</i>	0,0%	8,0%	11,2%	1,6%	10,0%	2,4%	5,5%
<i>Deyeuxia curvula</i>	18,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,0%
<i>Deyeuxia eminens</i>	1,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
<i>Lycium chananar</i>	0,0%	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,5%	3,3%
<i>Senecio nutans</i>	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,3%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	6,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	27,1%	32,8%	12,8%	31,9%	14,8%	21,1%	
TOTAL	100,0%	100,2%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-12. Cobertura de componente de muestreo en sector Quebrada Asiento



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-32. Transecto 25.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-33. Transecto 26.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-34. Transecto 27.



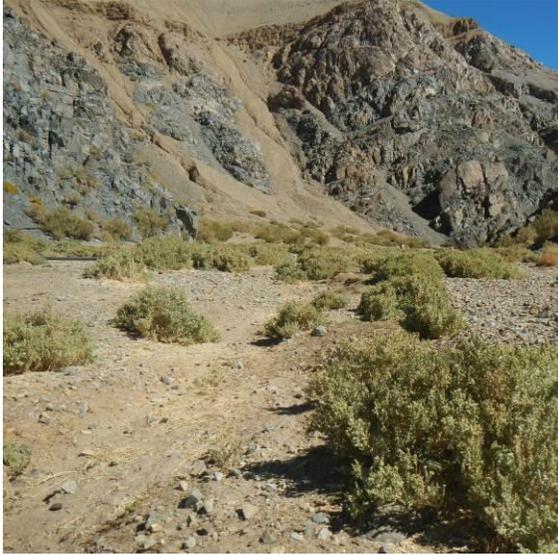
Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-35. Transecto 28.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-36. Transecto 29.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-37. Transecto 30.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

En relación con este punto, se pudo observar que la mayoría de las especies se encontraban en estado vegetativo, donde *A. magellanica*, *Adesmia echinus*, *D. curvula*, *D. eminens*, *L. chañar* y *Z. atacamensis* correspondieron a los taxa cuya presencia fue de individuos en un estado 100% vegetativo. Respecto a las especies *Atriplex imbricata* y *A. aerophila*, estas presentaron individuos en estado de floración (39,1% promedio), vegetativo (40,0% promedio) y con semilla (21,0% promedio). Por su parte, la especie *Senecio nutans* fue la única cuya presencia se asoció en un 100% a individuos en flor (Tabla 5-20).

En la Tabla 5-20 se observan las variaciones de fenología por especie y campaña.

Tabla 5-20. Fenología por especie en sector Quebrada Asiento.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Acaena magellanica</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Adesmia echinus</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Atriplex aerophila</i>	30,0%	48,6%	21,4%
<i>Atriplex imbricata</i>	48,2%	31,3%	20,5%
<i>Deyeuxia curvula</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Deyeuxia eminens</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Lycium chanar</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Senecio nutans</i>	100,0%	0,0%	0,0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	100,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisonomía de los sectores con vegetación en el área de estudio del sector Quebrada Asiento, quedando graficada la homogeneidad de la vegetación dentro de los transectos estudiados (Fotografía 5-38).

Fotografía 5-38. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector Quebrada Asiento.

Cobertura vegetal, T25 (Norte)



Cobertura vegetal, T26 (Norte)



Cobertura vegetal, T29 (Sur)



Cobertura vegetal, T30 (Sur)

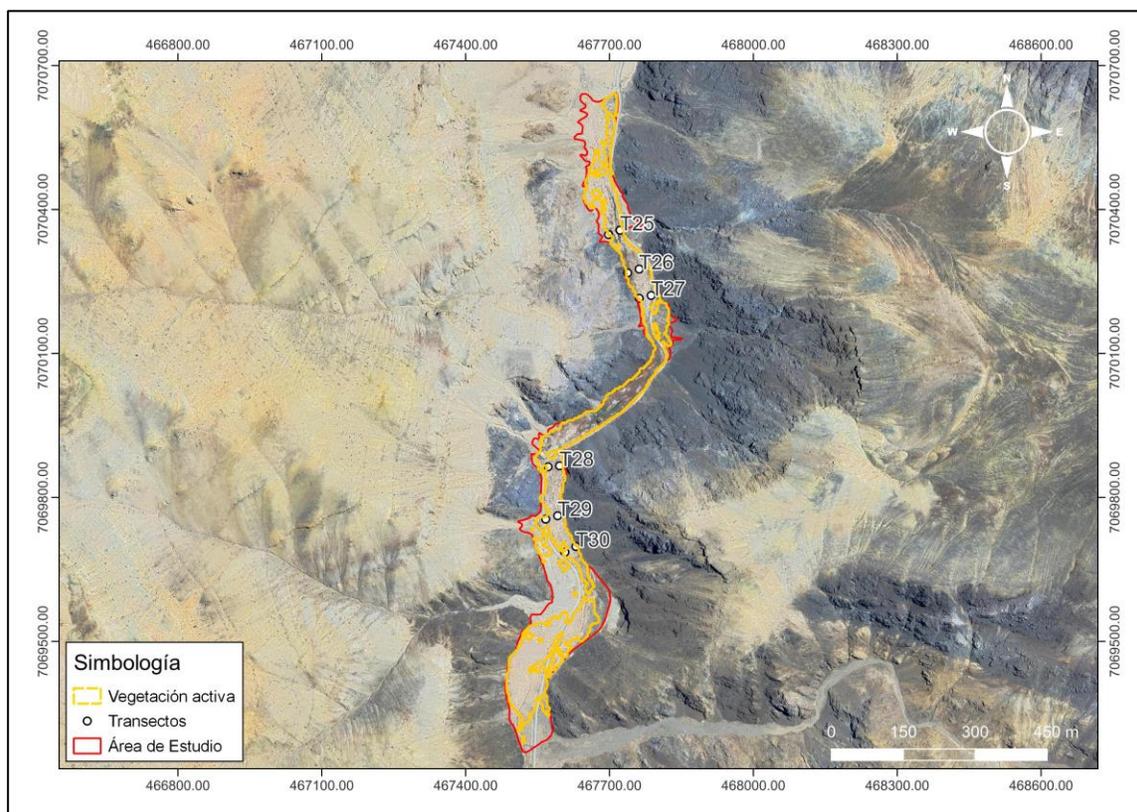


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-10 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada Asiento, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 6,1 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,15 de acuerdo a la metodología propuesta. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,20, con un máximo de 0,47. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de muy baja a media densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observaron variaciones del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como lo son los transectos T26, T28 y T25.

Figura 5-10. NDVI sector Quebrada Asiento



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.7 Sector Quebrada Ciénega

(a). Cobertura

En este sector, existe una alta presencia de especies zonales, sobre todo, en los primeros transectos de quebrada. Entre los transectos T31 y T33, las especies zonales *Atriplex aerophila*, *Cristaria andicola*, *Nicotiana corymbosa* y *Schizopetalon rupestre* son las que dominan en el componente vegetacional, sin embargo, la cobertura de dicho componente fue relativamente baja en comparación a otros componentes. En el caso de los transectos T34, T35 y T36, la cobertura vegetacional superó el 50% del área prospectada, encontrándose especies propias de bofedales altoandinos como *Phylloscirpus deserticola*, además, dentro de dichos transectos, los taxa *Acaena magellanica* y *Pappostipa frigida* correspondieron a las especies dominantes. Por el contrario, especies como *Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia velutina*, *Nastanthus caespitosus* y *Halerpestes uniflora* presentaron una cobertura menor al 5% dentro de los transectos en donde se encontraban, correspondientes a los transectos T34, T35 y T36.

Lo anterior indica un promedio de vegetación activa para el sector de Quebrada Ciénega del 33,9% (Tabla 5-21).

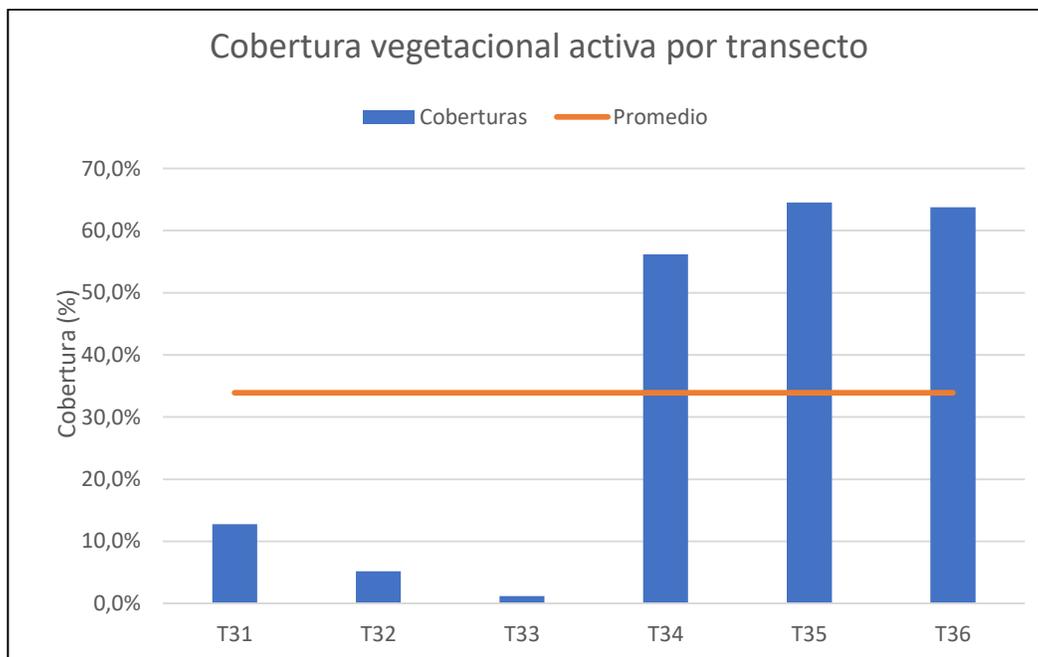
Tabla 5-21. Porcentajes de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Ciénega.

Transecto	Cobertura absoluta por transectos
T31	12,8%
T32	5,2%
T33	1,2%
T34	56,2%
T35	64,5%
T36	63,8%
Promedio	33,9%

Fuente: Econativa consultores.

El ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. esquematiza la variación de cobertura vegetacional registrada en el sector. En este, se aprecia como la cobertura vegetacional se encuentra concentrada en los transectos T34, T35 y T36, mientras que los transectos restantes poseen porcentajes de cobertura vegetacional muy por debajo del promedio del sector.

Gráfico 5-13. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Ciénega



Fuente: Elaboración propia.

Según el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y en concordancia a lo mencionado anteriormente, se observó que en los transectos T31, T32 y T33, el componente vegetal fue escaso. En los transectos T34, T35 y T36, se observó un aumento de la cobertura vegetal activa desde norte a sur dentro del sector.

En lo que respecta al agua, dicho componente no se registró en ninguno de los transectos, lo cual no se relaciona con la composición florística del lugar, ya que se presentaron algunas especies de carácter azonal, lo que supondría la clara presencia de agua en el sector, en ejemplo de esto es la presencia de *Phylloscirpus deserticola*.

Los rastrojos presentaron una participación variada, siendo mayor en el transecto T36, donde la cobertura fue de 26,3%. En los demás transectos la cobertura de dicho componente no superó el 9%, siendo de 8% para los transectos T31, T34 y T35, y de valores inferiores al 3% del área evaluada, en los transectos T32 y T33

Considerando como suelo desnudo a sectores dominados por rocas, suelos descubiertos y suelos pedregosos, se observó que dicho componente presentó una variación negativa desde norte a sur,

donde, en el transecto T31 se registró una cobertura del 70,9%, mientras que en el transecto T36 se observó que el mismo componente se presenta en un 10% de cobertura.

En cuanto al mantillo, este presentó un comportamiento distinto al de suelo desnudo. Dicho componente alcanzó su expresión máxima en el transecto T33, equivalente al 45,5%, mientras que hacia los extremos la presencia de mantillo disminuyó a 7,2% hacia el norte, en el transecto T31, y hasta 0% hacia el sur, en el transecto T36.

La Tabla 5-22 presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente.

Tabla 5-22. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Ciénega.

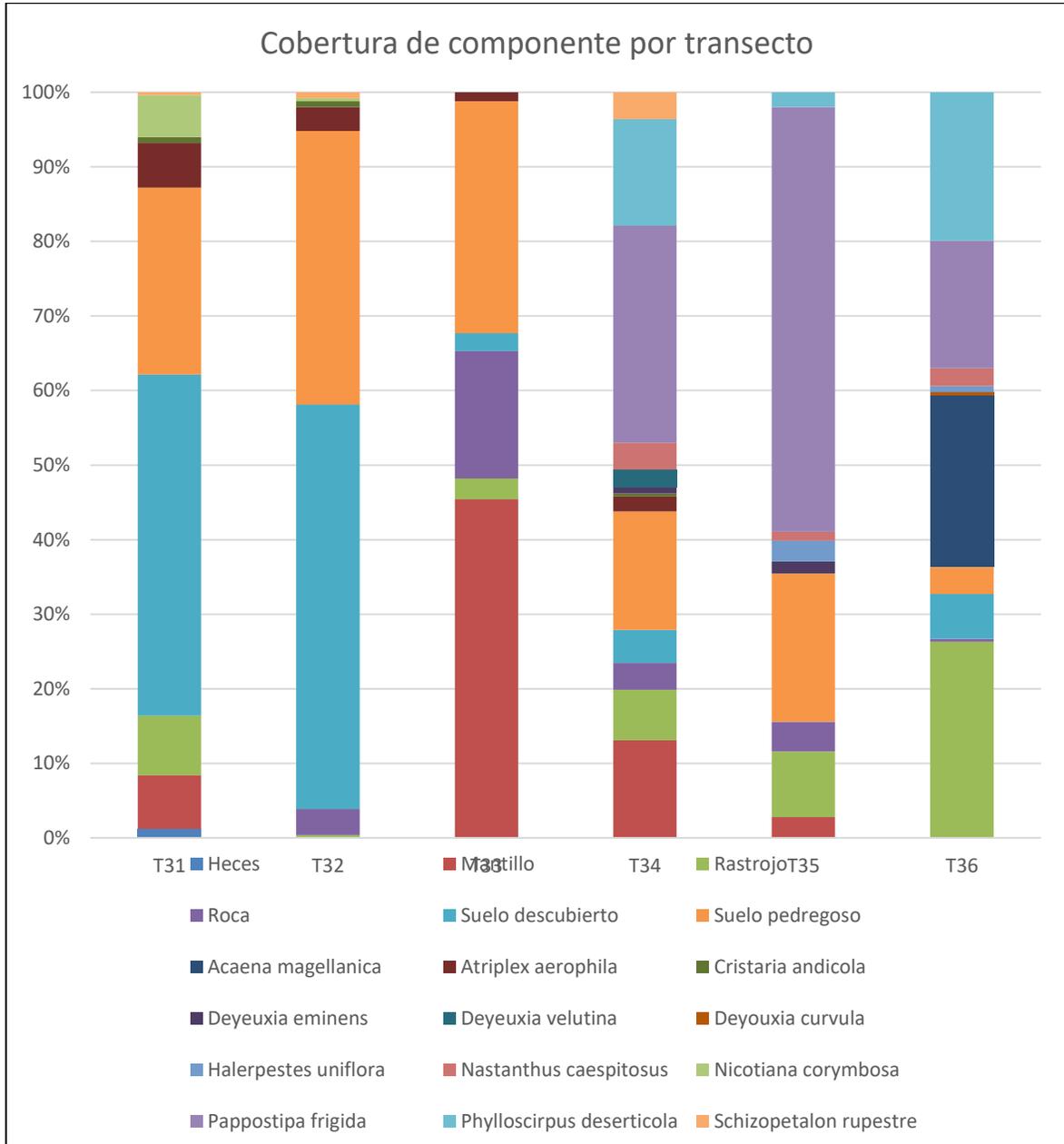
Componente	T31	T32	T33	T34	T35	T36	% Promedio por componente
Heces	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
Mantillo	7,2%	0,0%	45,4%	13,1%	2,8%	0,0%	11,4%
Rastrojo	8,0%	0,4%	2,8%	6,8%	8,8%	26,3%	8,9%
Roca	0,0%	3,5%	17,1%	3,6%	4,0%	0,4%	4,8%
Suelo descubierto	45,8%	54,2%	2,4%	4,4%	0,0%	6,0%	18,8%
Suelo pedregoso	25,1%	36,7%	31,1%	15,9%	19,9%	3,6%	22,1%
<i>Acaena magellanica</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	23,1%	3,9%
<i>Atriplex aerophila</i>	6,0%	3,2%	1,2%	2,0%	0,0%	0,0%	2,1%
<i>Cristaria andicola</i>	0,8%	0,8%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,3%
<i>Deyeuxia eminens</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	1,6%	0,0%	0,4%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	0,0%	0,0%	0,4%
<i>Deyouxia curvula</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%
<i>Halerpestes uniflora</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,8%	0,6%
<i>Nastanthus caespitosus</i>	0,0%	0,0%	0,0%	3,6%	1,2%	2,4%	1,2%
<i>Nicotiana corymbosa</i>	5,6%	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
<i>Pappostipa frigida</i>	0,0%	0,0%	0,0%	29,1%	57,0%	17,1%	17,2%
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,0%	0,0%	0,0%	14,3%	2,0%	19,9%	6,0%
<i>Schizopetalon rupestre</i>	0,4%	0,8%	0,0%	3,6%	0,0%	0,0%	0,8%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	12,8%	5,2%	1,2%	56,2%	64,6%	63,7%	

Componente	T31	T32	T33	T34	T35	T36	% Promedio por componente
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 5-14 se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-14. Coberturas observadas por transectos en sector Quebrada Ciénega



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-39. Transecto 31.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-40. transecto 32.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-41. Transecto 33.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-42. Transecto 34.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-43. Transecto 35.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-44. Transecto 36.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto a la fenología de las especies presentes, *Atriplex aerophila*, *Dyeuxia eminens*, *Deyeuxia curvula*, *Nastanthus caespitosus*, *Pappostipa frigida* y *Phylloscirpus deserticola* presentaron solo individuos en estado vegetativo, exceptuando a *P. deserticola*, que presentó un 2% de individuos con flor. Para el caso de las especies *Cirstaria andicola*, *Halerpeste uniflora*, *Nicotiana corymbosa* y *Schizopetalon rupestre*, estas registraron proporciones similares de individuos en flor (promedio 50%) y vegetativo (promedio 50%). Particularmente, para el caso de los individuos de *Acaena magellanica*, estos se divisaron todos con semilla (Tabla 5-23).

Tabla 5-23. Fenología por especie en sector Quebrada Ciénega.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Acaena magellanica</i>	0%	0%	100%
<i>Atriplex aerophila</i>	0%	100%	0%
<i>Cristaria andicola</i>	80%	20%	0%
<i>Deyeuxia eminens</i>	0%	100%	0%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0%	100%	0%
<i>Deyeuxia curvula</i>	0%	100%	0%
<i>Halerpestes uniflora</i>	56%	44%	0%
<i>Nastanthus caespitosus</i>	0%	100%	0%
<i>Nicotiana corymbosa</i>	87%	13%	0%
<i>Pappostipa frigida</i>	0%	100%	0%
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	2%	98%	0%
<i>Schizopetalon rupestre</i>	25%	75%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de los sectores con vegetación en el área de estudio del sector Quebrada Ciénega. En estas se aprecia el cambio presentado hacia el sur del sector, donde se observó una mayor cobertura vegetal (Fotografía 5-45).

Fotografía 5-45. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector de Quebrada Ciénega

Cobertura vegetal, T31 (Norte)



Cobertura vegetal, T32 (Norte)



Cobertura vegetal, T35 (Sur)



Cobertura vegetal, T36 (Sur)

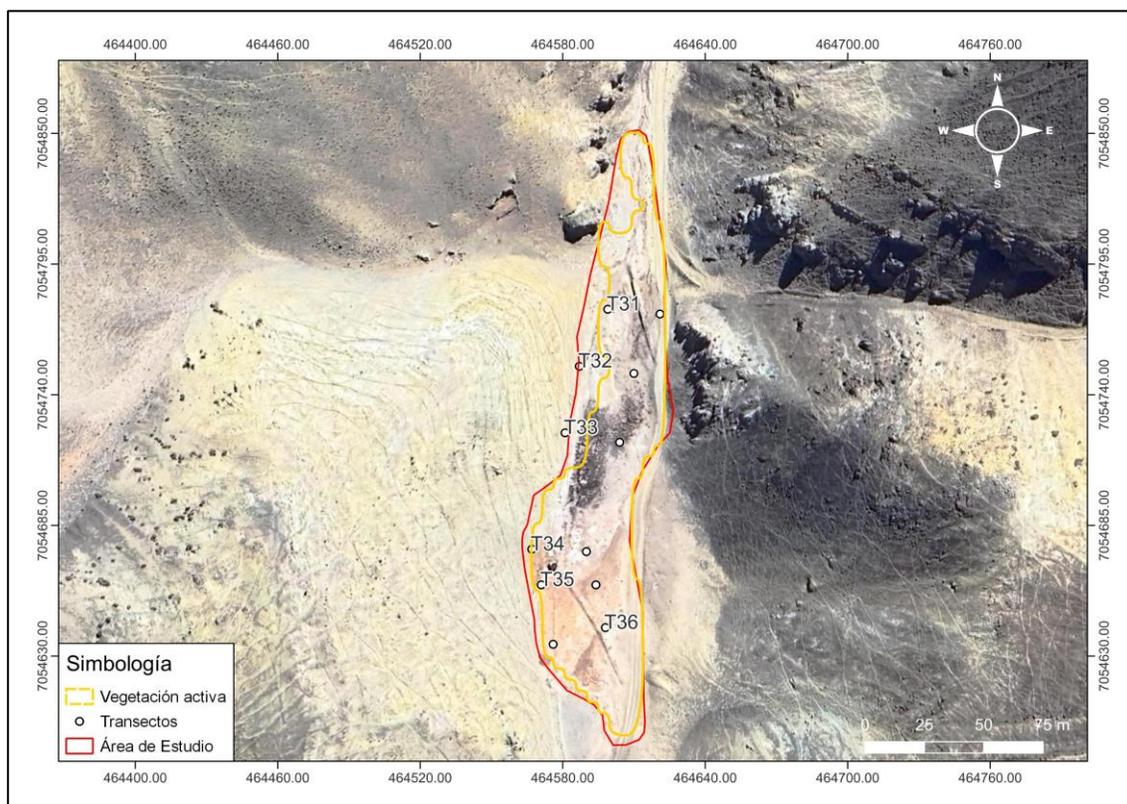


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-11 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada Ciénaga, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 0,72 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,11 de acuerdo con la metodología propuesta. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,19, con un máximo de 0,40. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, aumentando hacia el sur del sector, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T34, T35 y T36.

Figura 5-11. NDVI sector Quebrada Ciénaga.



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.8 Sector Quebrada Pastos Largos

(a). Cobertura

En el sector de Quebrada Pastos Largos, se encuentra dominado por especies como *Halerpestes exilis* y *Schizopetalon rupestre*, mientras que como especies acompañantes se registró a *Viola frigida*, *Nastanthus caespitosus*, *Nicotiana corymbosa*, entre otras.

Al observar las Fotografía 5-46 y Fotografía 5-47 se logra visualizar una ausencia de especies vegetales en estado activo (0% de cobertura vegetal en ambos transectos). Esta condición a desde oeste a esta mejora, observándose un aumento de las especies del género *Deyeuxia* (*D. curvula*, *D. eminens* y *D. velutina*), las cuales en conjunto presentan una cobertura de 8,4% en el transecto T39 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), cuya presencia aumenta rápidamente en los transectos procedentes. La dominancia de esta especie anuncia que el área evaluada presenta vegetación que caracteriza a las zonas de pajonales. Otras especies visualizadas dentro del Sector Pastos Largos corresponden a *Oxychloë andina* y *Zameioscirpus atacamensis*. *O. andina* se presenta solo en T4. Respecto a lo anterior el promedio de cobertura absoluta para este sector es de 32,9% (Tabla 5-24).

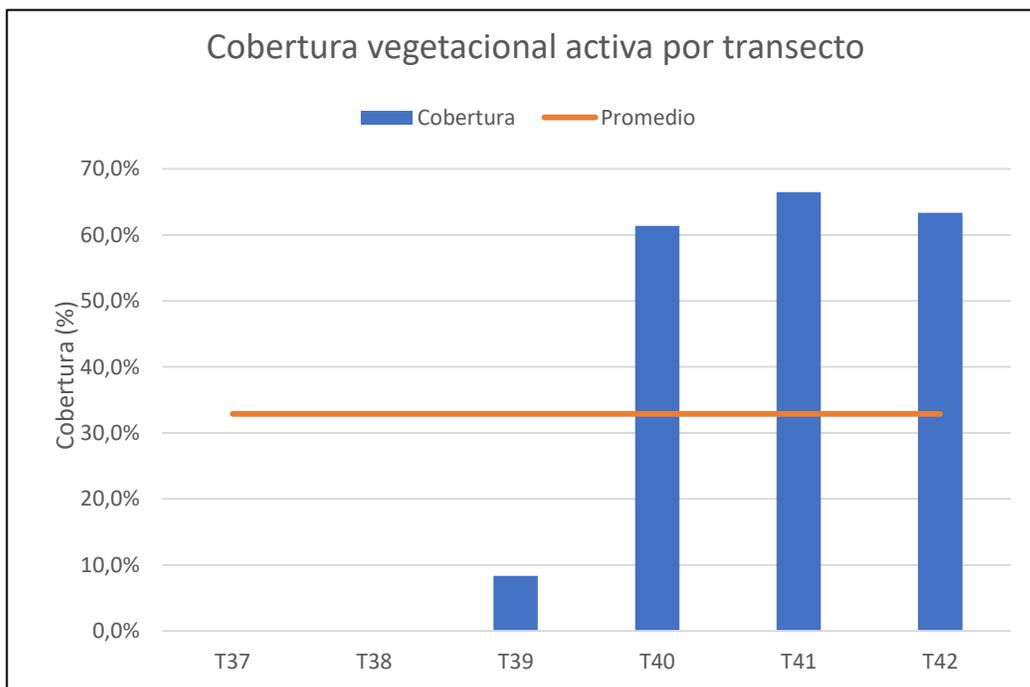
Tabla 5-24. Porcentajes de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Pastos Largos

Transecto	Cobertura absoluta por transectos
T37	0,0%
T38	0,0%
T39	8,4%
T40	60,6%
T41	64,9%
T42	63,4%
Promedio	32,9%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector. En este se evidencia la alta concentración de la vegetación en los transectos T40, T41 y T42.

Gráfico 5-15. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Pastos Largos



Fuente: Elaboración propia.

En base a lo expuesto en el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observó que la cobertura a través del paisaje expresa un claro aumento en los transectos de oeste a este. En T37 y T38 la cobertura vegetal se ausenta, mientras que en T39 las especies de hábito cespitoso del género *Deyeuxia* comienzan a aparecer. Entre T40 y T42 estas mismas especies logran dominar en un 60% el área evaluada, mientras que las otras especies avistadas no logran presentar una cobertura predominante.

Por otra parte, el componente hídrico se registró entre los transectos T39 y T41, donde su participación osciló entre 19,1% y 27,1%, siendo mayor en los transectos T39 (25,1%) y T41 (27,1%).

El suelo desnudo se registró en todos los transectos prospectados. Dentro de estos, el mayor protagonismo se registró en el transecto T38, con un 48,6% de suelo desnudo. En los transectos T37 y T39, el componente presentó coberturas de 12%. Por otra parte, en los transectos T40, T41 y T42, el suelo desnudo presentó una cobertura de 5,2%, 1,2% y 8,4%, respectivamente.

El mantillo correspondió al componente que mayor dominancia tuvo dentro del sector. En cuanto a su cobertura, esta disminuyó de oeste a este, reflejado por una cobertura del 87,6% en el transecto T37, y 5,2% en el transecto T42. Dicha disminución se expresó de manera relativamente constante en el espectro espacial.

Solo en el caso de los transectos T40 y T42 se observaron rastrojos, con una cobertura de 1,6% y 19,9%, respectivamente. Por otra parte, en el transecto T42 se registraron fecas, las cuales tienen un porcentaje de participación de un 2,8%.

La Tabla 5-25 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente.

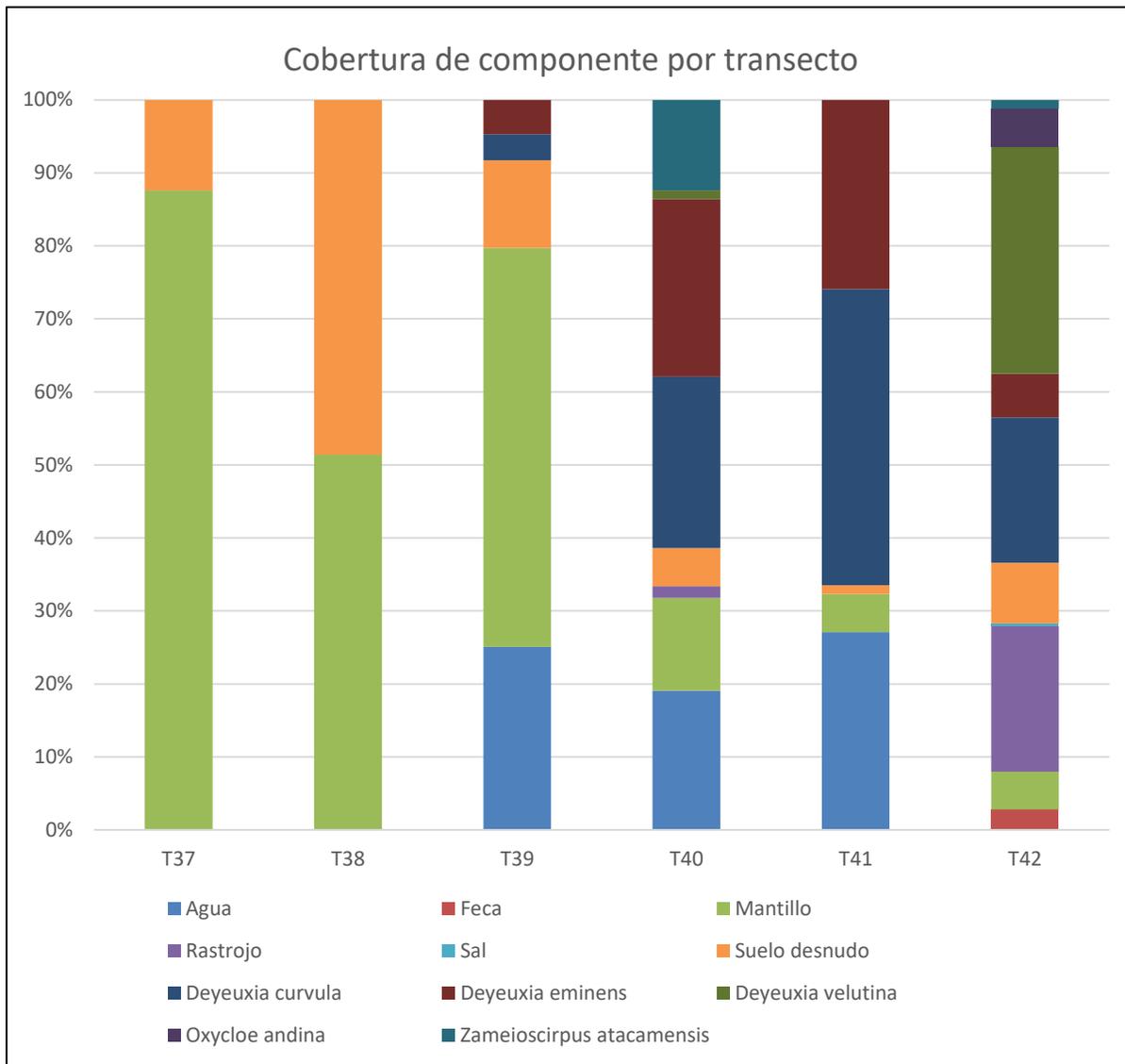
Tabla 5-25. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Pastos Largos.

Componente	T37	T38	T39	T40	T41	T42	% Promedio por componente
Agua	0,0%	0,0%	25,1%	19,1%	27,1%	0,0%	11,9%
Feca	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%	0,5%
Mantillo	87,6%	51,4%	54,6%	12,7%	5,2%	5,2%	36,1%
Rastrojo	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	19,9%	3,6%
Sal	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%
Suelo desnudo	12,4%	48,6%	12,0%	5,2%	1,2%	8,3%	14,6%
<i>Deyeuxia curvula</i>	0,0%	0,0%	3,6%	23,5%	40,6%	19,9%	14,6%
<i>Deyeuxia eminens</i>	0,0%	0,0%	4,7%	24,3%	25,9%	6,0%	10,2%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	31,1%	5,4%
<i>Oxycloe andina</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	5,2%	0,9%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	0,0%	0,0%	12,4%	0,0%	1,2%	2,3%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	0,0%	0,0%	8,3%	61,4%	66,5%	63,4%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes

Gráfico 5-16. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada Pastos Largos



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-46. Transecto 37.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-47. Transecto 38.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-48. Transecto 39.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-49. Transecto 40.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-50. Transecto 41.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-51. Transecto 42.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto a la fenología, las especies de hábito propio de bofedales (*O. andina* y *Z. atacamensis*), no presentaron individuos con flor o con semillas (100% vegetativos). Por otra parte, *D. curvula* registró un 53,6% de los individuos en estado vegetativo y un 45,9% con flor. En el caso de la especie *D. eminens*, un 29,4% de los individuos fueron registrados en estado vegetativo, y 70,6% en flor. Finalmente, la especie *D. velutina* presentó individuos en los tres estados (Flor - 27,2%, vegetativo 55,6%, y con semilla - 17,3%) (Tabla 5-26).

Tabla 5-26. Fenología por especie en sector Quebrada Pastos Largos.

	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Deyeuxia curvula</i>	45,9%	53,6%	0,5%
<i>Deyeuxia eminens</i>	70,6%	29,4%	0,0%
<i>Deyeuxia velutina</i>	27,2%	55,6%	17,3%
<i>Oxychloë andina</i>	0,0%	100,0%	0,0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	100,0%	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de los sectores con vegetación en el área de estudio del sector Pastos Largos. En estas se observa el cambio en las coberturas entre este y oeste del sector (Fotografía 5-90).

Fotografía 5-52. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en sector Quebrada Pastos Largos.

Cobertura vegetal, T37 (Este)



Cobertura vegetal, T38 (Este)



Cobertura vegetal, T42 (Oeste)



Cobertura vegetal, T42 (Oeste)

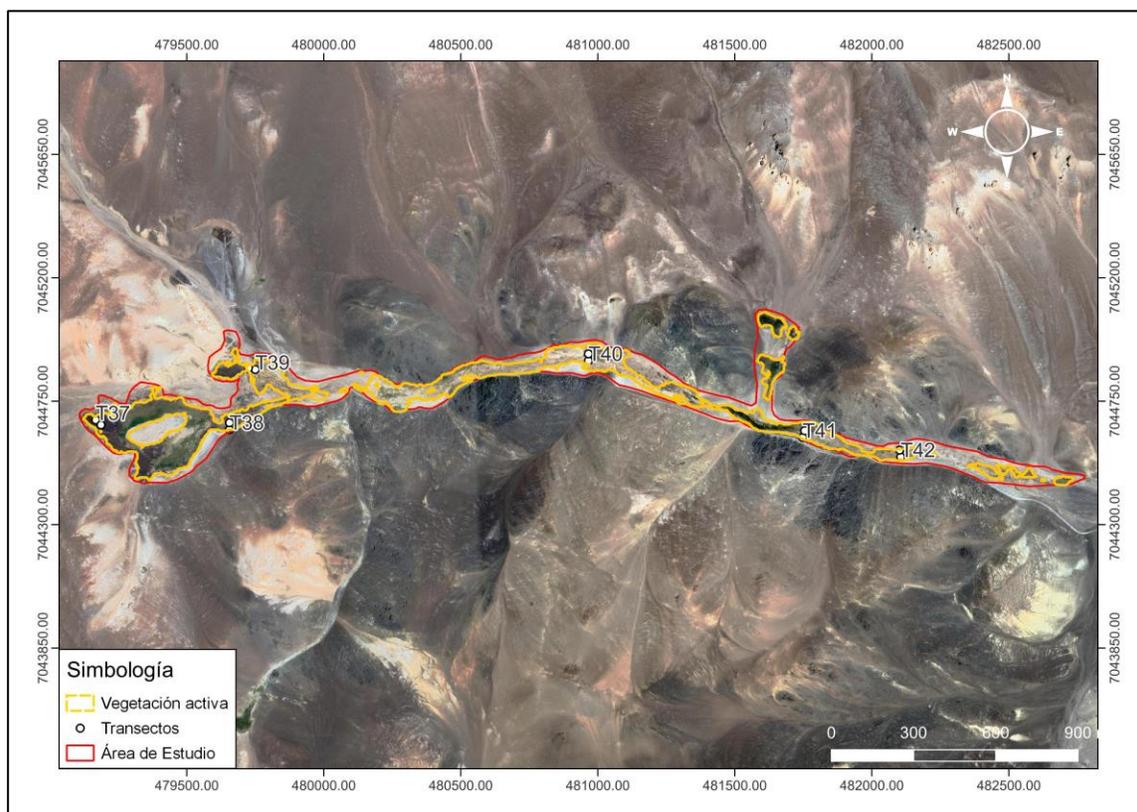


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-12 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada Pastos Largos, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 23,11 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,23 de acuerdo con la metodología planteada. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,37, con un máximo de 0,72. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de media densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T40, T41 y T42.

Figura 5-12. NDVI sector Quebrada Pastos Largos.



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.9 Sector Quebrada Río Negro

(a). Cobertura

El sector de Quebrada Río Negro, las especies del género *Deyeuxia* alcanzaron en conjunto una cobertura mayor al 90%, condición típica de un ambiente de pajonal. Desde noroeste a sureste, la especie *Adesmia echinus* se presentó solo en los transectos T46 y T47. En lo que respecta a la especie *Calceolaria pinifolia*, esta se registró solo en el transecto T46, condición de singularidad que también se observó en *Phylloscirpis atacamensis*, la cual sólo se observó el transecto T43. En cuanto a la especie *Zameioscirpus atacamensis*, esta abarcó el 69,4% del área prospectada en el transecto T43, cuya cobertura disminuyó a un 30,6% en el transecto T45, para ausentarse en los transectos siguientes, registrándose nuevamente en el transecto T48 (30,65%). Otras especies de hábitos semejantes, como es el caso de *Oxychloë andina*, se presentó en los transectos T43 y T44. Por su parte, en los transectos T44, T45 y T48, se encontró *Deyeuxia curvula*, *D. eminens*, *D. velutina*, *Festuca chrysophylla* y *Pappostipa frígida*, especies características de pajonales. Cabe indicar que, estas mismas especies tuvieron una participación menor en los transectos restantes (T43, T47 y T46). Cabe señalar que, solo en el transecto T47 se registró la presencia de musgo, cuya cobertura fue menor al 2,0%.

Debido a lo anterior, se puede observar que, de noroeste a sureste, la condición de bofedal domina, pero en latitudes más bajas, las especies de pajonal toman protagonismo. Por lo anterior, la cobertura absoluta dio un promedio de ocupación por vegetación activa del 60,5% para el sector de Río Negro (Tabla 5-27).

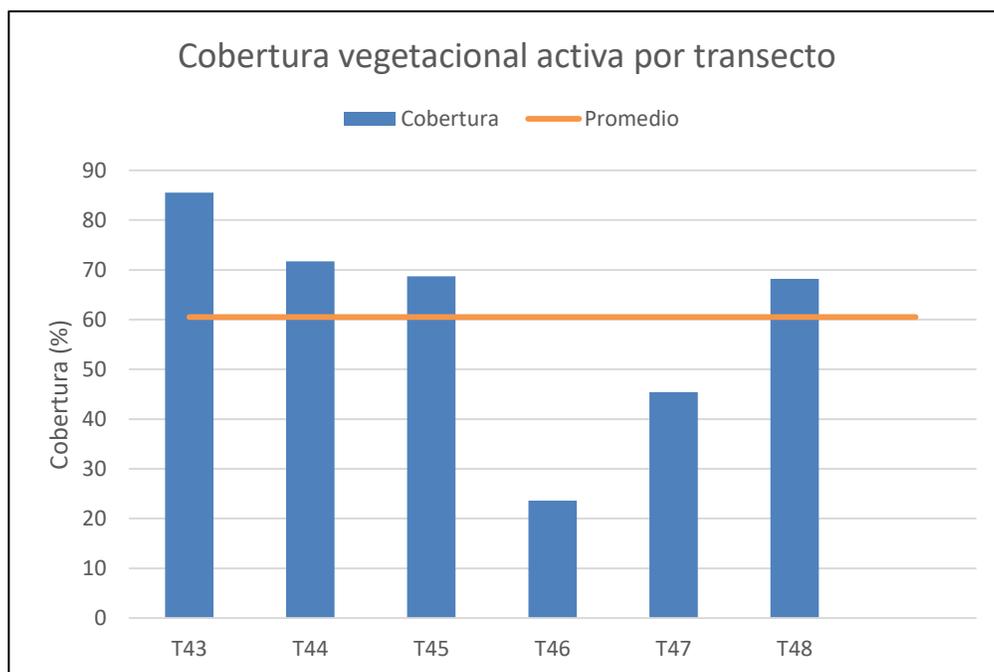
Tabla 5-27. Porcentaje de Cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Río Negro

Especie	Cobertura absoluta transectos
T43	85,5%
T44	71,7%
T45	68,7%
T46	23,6%
T47	45,4%
T48	68,2%
Total	60,5%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector. En este, es visible la alta cobertura vegetal presentada en gran parte de los transectos, donde solo los transectos T46 y T47 mostraron valores por debajo del promedio.

Gráfico 5-17. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Río Negro



Fuente: Elaboración propia.

Del **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se desprende que, entre los transectos T43 y T47, se observó una disminución de la cobertura vegetal. En el transecto T43 las especies de bofedales fueron las dominantes, mientras que del transecto T44 a T46, las especies de hábito cespitoso fueron las que caracterizaron al paisaje. Sin embargo, este aumento de dominancia de especies cespitosas se asocia con la disminución de la cobertura vegetal y disponibilidad del recurso hídrico.

Los espejos de agua se registraron en los transectos T43 y T44, donde la cobertura de dicho componente fue de 7,5% y 4,0%, respectivamente. Por su parte, el mantillo solo se presentó en el transecto T43, con una cobertura de 2,0%.

Al considerar el suelo desnudo como la adición de los usos de suelo descubierto, suelo pedregoso y rocas, se establece que dicho componente alcanzó su mayor protagonismo en los transectos T47 (76,4%) y T48 (50,4%). Por su parte, entre los transectos T43 y T46 se registró una disminución del componente en dirección noroeste, pasando de 8,9% a 1,2%.

Entre los transectos T43 y T48 se observó la presencia de rastrojo, cuya cobertura fue mayor en los transectos T45 y T48, donde dicho componente alcanzó coberturas del 21%. En los transectos restantes, la cobertura de rastrojo fue menor al 5%. Por otra parte, entre los transectos T44 y T48 se registraron fecas, las cuales tuvieron un porcentaje de participación menor al 3%.

La Tabla 5-28 presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente.

Tabla 5-28. Cobertura de componente por transecto de muestras en sector Quebrada Río Negro

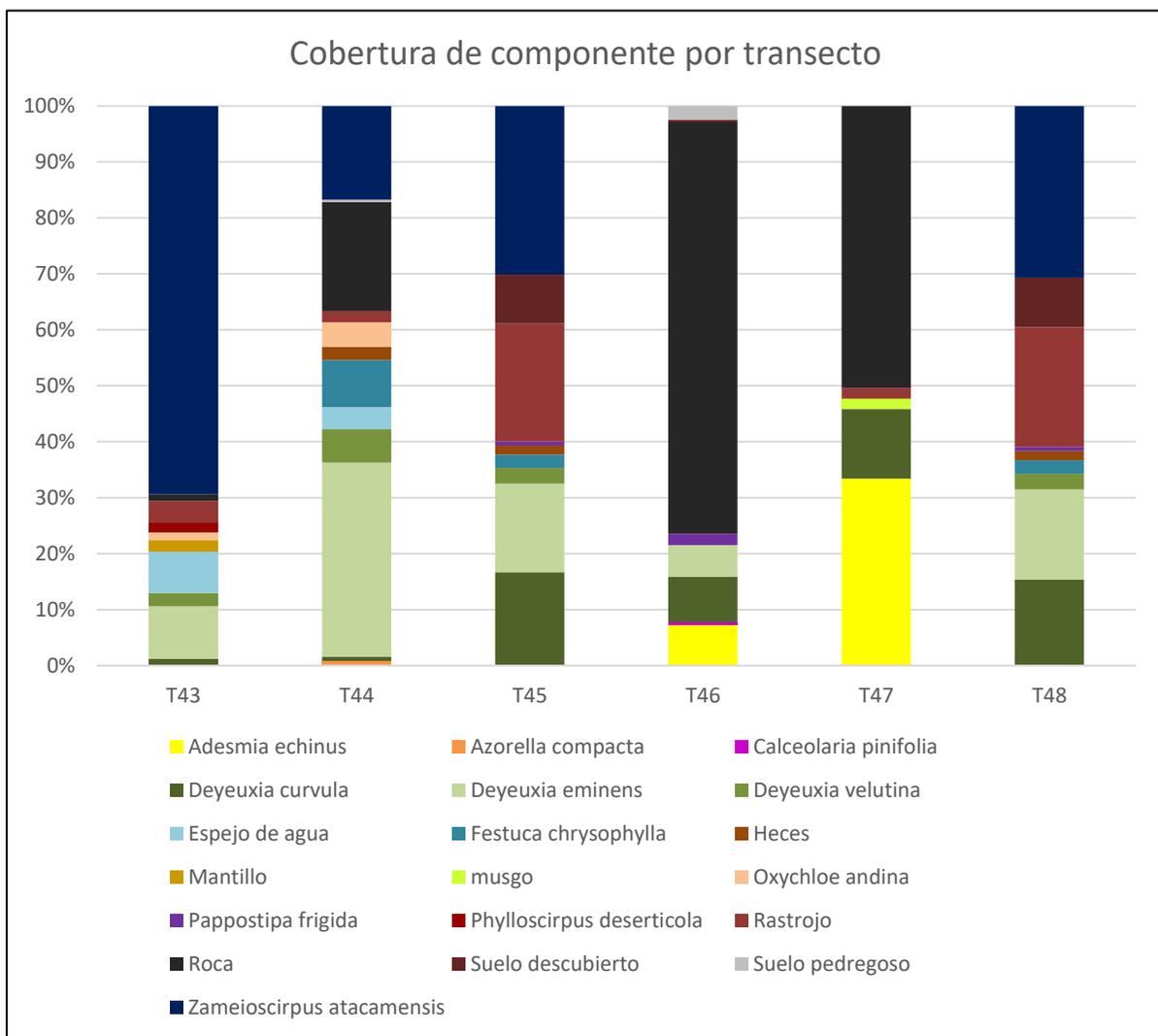
Componente	T43	T44	T45	T46	T47	T48	% Promedio por componente
Espejo de agua	7,5%	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%
Heces	0,0%	2,4%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,9%
Mantillo	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
musgo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,0%	0,3%
Rastrojo	3,9%	2,0%	21,0%	0,0%	1,9%	21,4%	8,4%
Roca	1,2%	19,5%	0,0%	73,6%	50,4%	0,0%	24,1%
Suelo descubierto	0,0%	0,0%	8,7%	0,4%	0,0%	8,9%	3,0%
Suelo pedregoso	0,0%	0,4%	0,0%	2,4%	0,0%	0,0%	0,5%
<i>Adesmia echinus</i>	0,0%	0,0%	0,0%	7,3%	33,4%	0,0%	6,8%
<i>Azorella compacta</i>	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
<i>Calceolaria pinifolia</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,1%
<i>Deyeuxia curvula</i>	1,2%	0,8%	16,7%	8,1%	12,4%	15,3%	9,1%
<i>Deyeuxia eminens</i>	9,4%	34,7%	15,9%	5,7%	0,0%	16,1%	13,6%
<i>Deyeuxia velutina</i>	2,4%	6,0%	2,8%	0,0%	0,0%	2,8%	2,3%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0,0%	8,4%	2,4%	0,0%	0,0%	2,4%	2,2%
<i>Oxychloe andina</i>	1,6%	4,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,0%
<i>Pappostipa frigida</i>	0,0%	0,0%	0,8%	2,0%	0,0%	0,8%	0,6%
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	69,4%	16,7%	30,2%	0,0%	0,0%	30,6%	24,5%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	85,5%	71,7%	68,7%	23,6%	45,8%	68,1%	

TOTAL | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100%

Fuente: Elaboración propia.

En el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-18. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada Río Negro



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-53. Transecto 43.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-54. Transecto 44.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-55. Transecto 45.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-56. Transecto 46.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-57. Transecto 47.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-58. Transecto 48.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto a la fenología, las especies zonales como *Adesmia echinus* y *Calceolaria pinifolia* se observaron solo en estado vegetativo, al igual que *P. deserticola*. *Pappostipia frigida*, *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia eminens* y *Deyeuxia curvula* y *Oxychloë andina*, las cuales presentaron individuos en estado vegetativo principalmente (Tabla 5-29).

Tabla 5-29. Fenología por especie en sector Quebrada Río Negro.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Adesmia echinus</i>	0,00%	100,00%	0,00%
<i>Calceolaria pinifolia</i>	0,00%	100,00%	0,00%
<i>Deyeuxia curvula</i>	12,41%	87,59%	0,00%
<i>Deyeuxia eminens</i>	24,88%	66,83%	3,41%
<i>Deyeuxia velutina</i>	42,86%	57,14%	0,00%
<i>Festuca chrysophylla</i>	100,00%	0,00%	0,00%
<i>Oxychloë andina</i>	26,67%	73,23%	0,00%
<i>Pappostipia frigida</i>	11,10%	88,90%	0,00%
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00%	100,00%	0,00%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	57,14%	41,24%	1,62%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de los sectores con vegetación en el sector Quebrada Río Negro. En estas se visibiliza la disminución de cobertura vegetal hacia el sur del sector.

Fotografía 5-59. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector de Quebrada Río Negro.

Cobertura vegetal, T43 (Norte)



Cobertura vegetal, T43 (Norte)



Cobertura vegetal, T47 (Norte)



Cobertura vegetal, T47 (Norte)

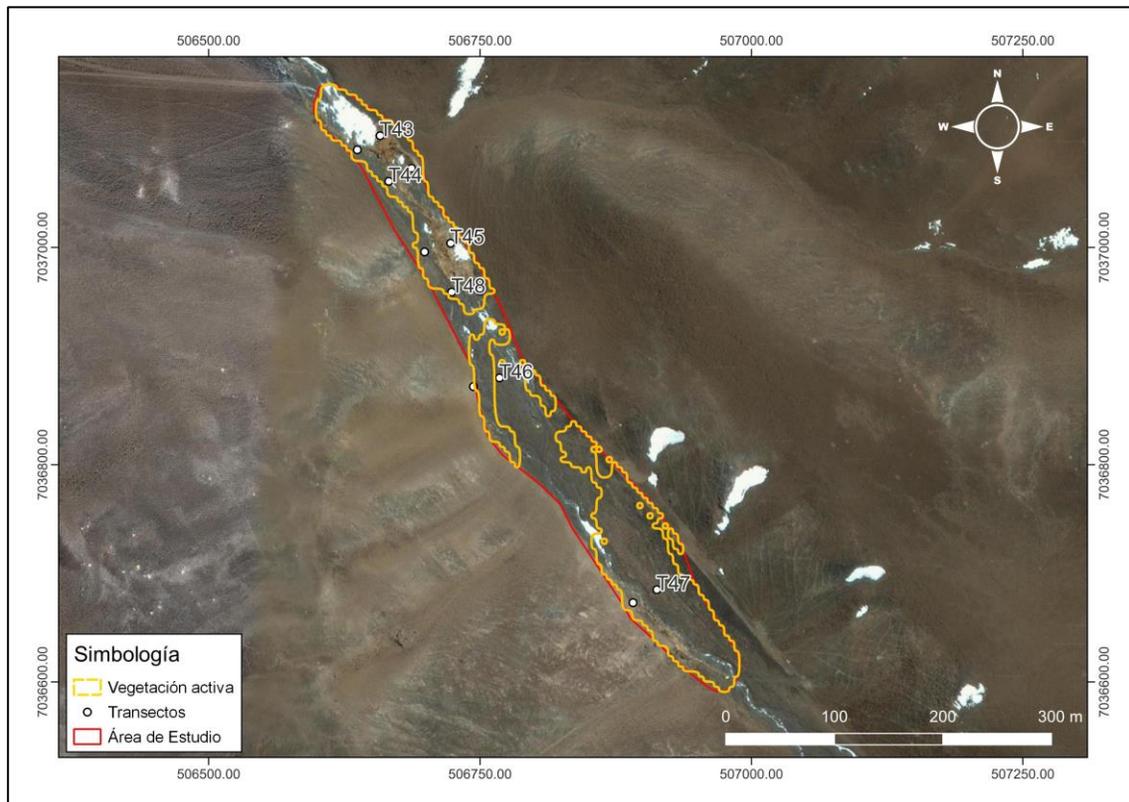


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-13 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada Río Negro, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 2,57 hectáreas de vegetación activa, considerando valores de NDVI superiores a 0,10 de acuerdo a la metodología propuesta. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,24, con un máximo de 0,66. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetal, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, siendo mayor en el norte del sector, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T43, T44 y T45.

Figura 5-13. NDVI sector Quebrada Río Negro.



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.10 Sector Quebrada Tinajas

(a). Cobertura

El sector Quebrada Tinajas estuvo dominado principalmente por especie zonales, sin embargo, no queda exenta a la existencia de especies típicas de bofedales y pastizales. Las especies zonales, correspondientes a *Adesmia echinus*, *Arenaria rivularis*, *Atriplex aerophila*, *Calandrinia compacta*, *Doniophyton weddellii*, *Halerpestes exilis*, *Joborosa caulescens*, *Nastanthus caespitosus*, *Phacelia cumingii* y *Schizopetalon rupestre*, desde sur a norte presentaron una cobertura dominante en los transectos T50, T52 y T53, en cambio, en los demás transectos, las mismas especies se presentaron entre un 17,5% y un 15,1% dentro de la superficie evaluada, sin embargo, dicha cobertura sigue siendo representativa dentro del componente flora. Por otro lado, las especies de hábito cespitoso solo se registraron entre los transectos T49 y T52. Dichos taxa correspondieron a *Carex gayana*, *Deyeuxia velutina* y *Eleocharis atacamensis*, y su presencia se acentuó en el transecto T51. Las especies que componen bofedales como *Zameioscirpus atacamensis* y *Lobelia oligophylla* se presentaron en los transectos T49, T51 y T52, registrando su auge en los transectos T51 y T49 (Tabla 5-30). La presencia de especies vegetales promedió un 49,07% del área evaluada en el sector Quebrada Tinajas (Tabla 5-31)

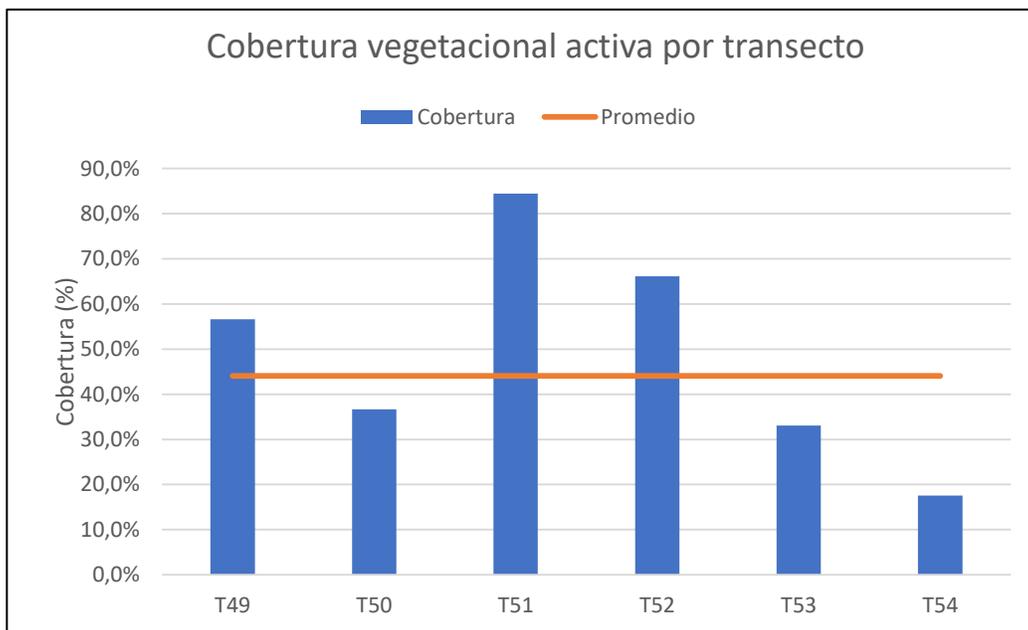
Tabla 5-30. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Tinajas.

Especie	Cobertura absoluta transectos
T49	56,6%
T50	36,7%
T51	84,5%
T52	66,1%
T53	33,1%
T54	17,5%
Promedio	49,1%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector. Este permite observar la alta concentración de la vegetación activa en los transectos T51 y T52, mientras que el transecto T54 presentó una mínima cobertura.

Gráfico 5-19. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada Tinajas



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los espejos de agua, se registraron solo en los transectos T51 y T52, donde la cobertura de dicho componente fue de 4,0% y 1,6%, respectivamente. En cuanto al mantillo, este se presentó en los transectos T50 (10,0%), T52 (1,6%), T53 (4,8%) y T54 (13,5%).

Los suelos desnudos alcanzaron su mayor protagonismo en los transectos T50 (53,4%), T53 (62,2%) y T54 (68,9%). En los demás transectos el componente presentó una participación menor al 30%.

Solo en el transecto T49 se observó la presencia de rastrojo, cuya cobertura fue de 13,1%. Dicho componente estuvo ausente en los demás transectos del sector.

La Tabla 5-31 presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente.

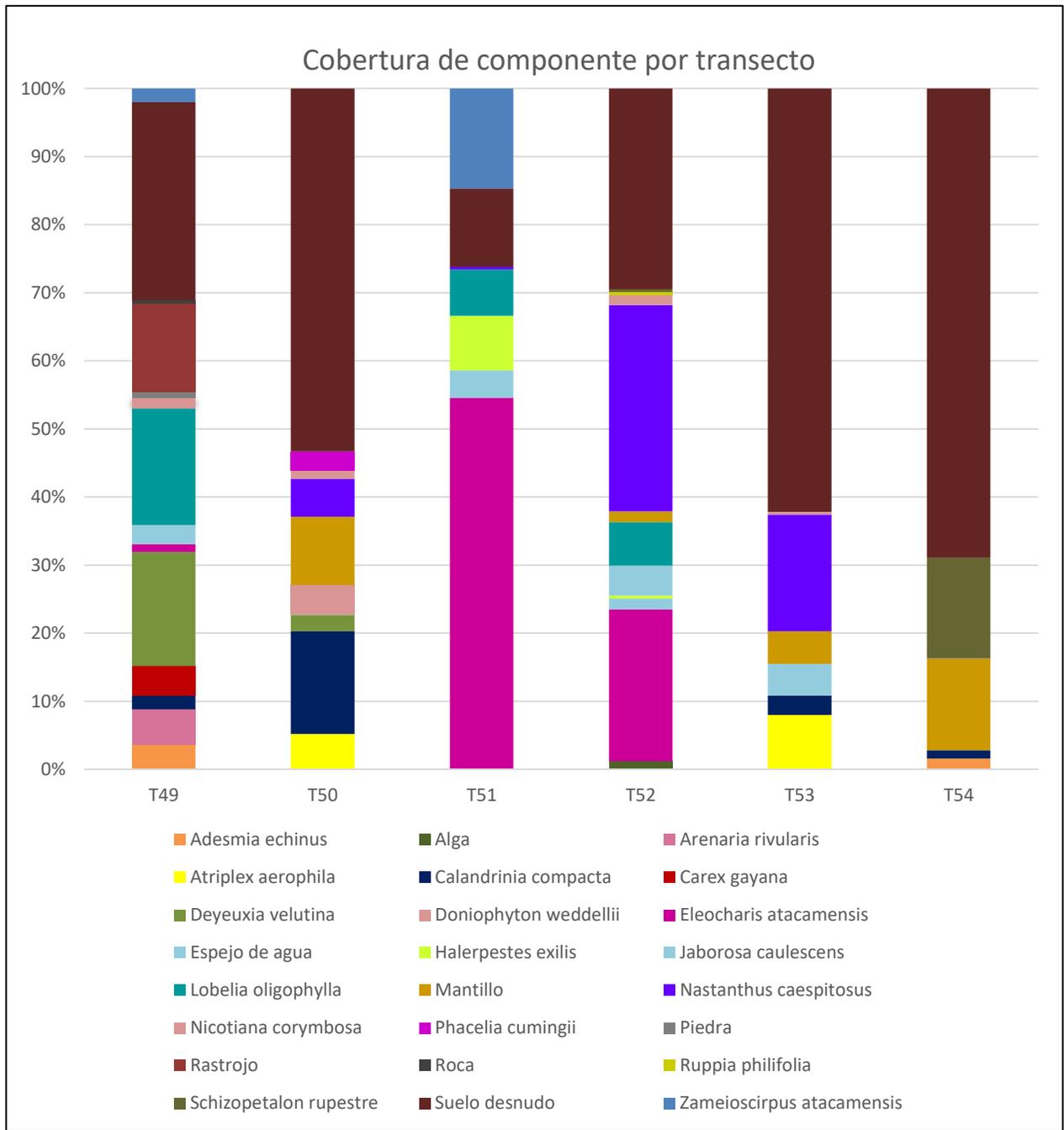
Tabla 5-31. Cobertura de componente por transecto de muestreo en Sector Quebrada Tinajas.

Componente	T49	T50	T51	T52	T53	T54	% Promedio por componente
Alga	0,0%	0,0%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,2%
Espejo de agua	0,0%	0,0%	4,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,9%
Mantillo	0,0%	10,0%	0,0%	1,6%	4,8%	13,5%	5,0%
Piedra	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Rastrojo	13,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,2%
Roca	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
Suelo desnudo	29,1%	53,3%	11,5%	29,5%	62,2%	68,9%	42,4%
<i>Adesmia echinus</i>	3,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,9%
<i>Arenaria rivularis</i>	5,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%
<i>Atriplex aerophila</i>	0,0%	5,2%	0,0%	0,0%	8,0%	0,0%	2,2%
<i>Calandrinia compacta</i>	2,0%	15,1%	0,0%	0,0%	2,8%	1,2%	3,5%
<i>Carex gayana</i>	4,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%
<i>Deyeuxia velutina</i>	16,7%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%
<i>Doniophyton weddellii</i>	0,0%	4,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%
<i>Eleocharis atacamensis</i>	1,2%	0,0%	54,6%	22,3%	0,0%	0,0%	13,0%
<i>Halerpestes exilis</i>	0,0%	0,0%	8,0%	0,4%	0,0%	0,0%	1,4%
<i>Jaborosa caulescens</i>	2,8%	0,0%	0,0%	4,4%	4,7%	0,0%	2,0%
<i>Lobelia oligophylla</i>	17,1%	0,0%	6,8%	6,4%	0,0%	0,0%	5,1%
<i>Nastanthus caespitosus</i>	0,0%	5,6%	0,4%	30,3%	17,1%	0,0%	8,9%
<i>Nicotiana corymbosa</i>	1,6%	1,2%	0,0%	1,5%	0,4%	0,0%	0,8%
<i>Phacelia cumingii</i>	0,0%	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
<i>Ruppia philifolia</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,1%
<i>Schizopetalon rupestre</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	14,8%	2,5%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	2,0%	0,0%	14,7%	0,0%	0,0%	0,0%	2,8%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	56,6%	36,7%	84,5%	66,1%	33,0%	17,6%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-20. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada Tinajas



Fuente: Elaboración propia.

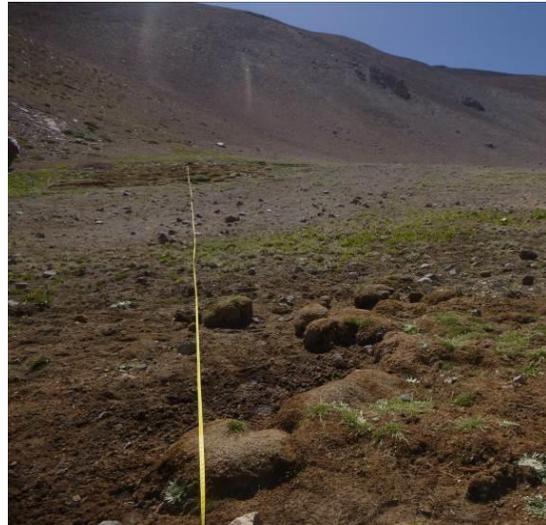
A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-60. Transecto 49.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-61. Transecto 50.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-62. transecto 51.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-63. Transecto 52.



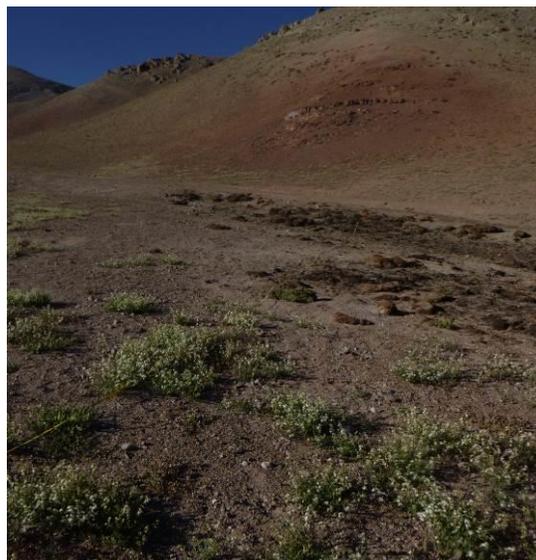
Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-64. Transecto 53.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-65. Transecto 54.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto al análisis de la fenología, en consideración a la gran diversidad de especies dentro del área estudiada se encontró una gran variedad de estados en los individuos evaluados. La mayoría de ellos se encontraron en estado de floración (47,25%), seguidos de individuos en estado vegetativos (35,79%) y finalmente en estado de propagación (16,96%) (Tabla 5-32).

Tabla 5-32. Fenología por especie en sector Quebrada Tinajas.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Adesmia echinus</i>	100,00%	0,00%	0,00%
<i>Arenaria rivularis</i>	7,69%	92,31%	0,00%
<i>Atriplex oreophila</i>	100,00%	0,00%	0,00%
<i>Calandrinia compacta</i>	96,23%	3,77%	0,00%
<i>Carex gayana</i>	0,00%	0,00%	100,00%
<i>Deyeuxia velutina</i>	4,17%	8,33%	87,50%
<i>Doniophyton weddellii</i>	27,27%	72,73%	0,00%
<i>Eleocharis atacamensis</i>	3,06%	34,69%	62,24%
<i>Halerpestes exilis</i>	42,86%	57,14%	0,00%
<i>Jaborosa caulescens</i>	40,0%	60,0%	0,00%
<i>Lobelia oligophylla</i>	39,5%	60,5%	0,00%
<i>Nastanthus caespitosus</i>	42,5%	52,2%	5,2%
<i>Nicotiana corymbosa</i>	0,00%	66,7%	33,3%
<i>Phacelia cumingii</i>	100,00%	0,00%	0,00%
<i>Ruppia philifolia</i>	0,00%	100,00%	0,00%
<i>Schizopetalon rupestre</i>	100,00%	0,00%	0,00%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	100,00%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran el cambio de la composición de la vegetación que se observó en el sector Quebrada Tinajas, entre los transectos T54 y T49.

Fotografía 5-66. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector Quebrada Tinajas.

Cobertura vegetal T54



Cobertura vegetal T54



Cobertura vegetal T49



Cobertura vegetal T49

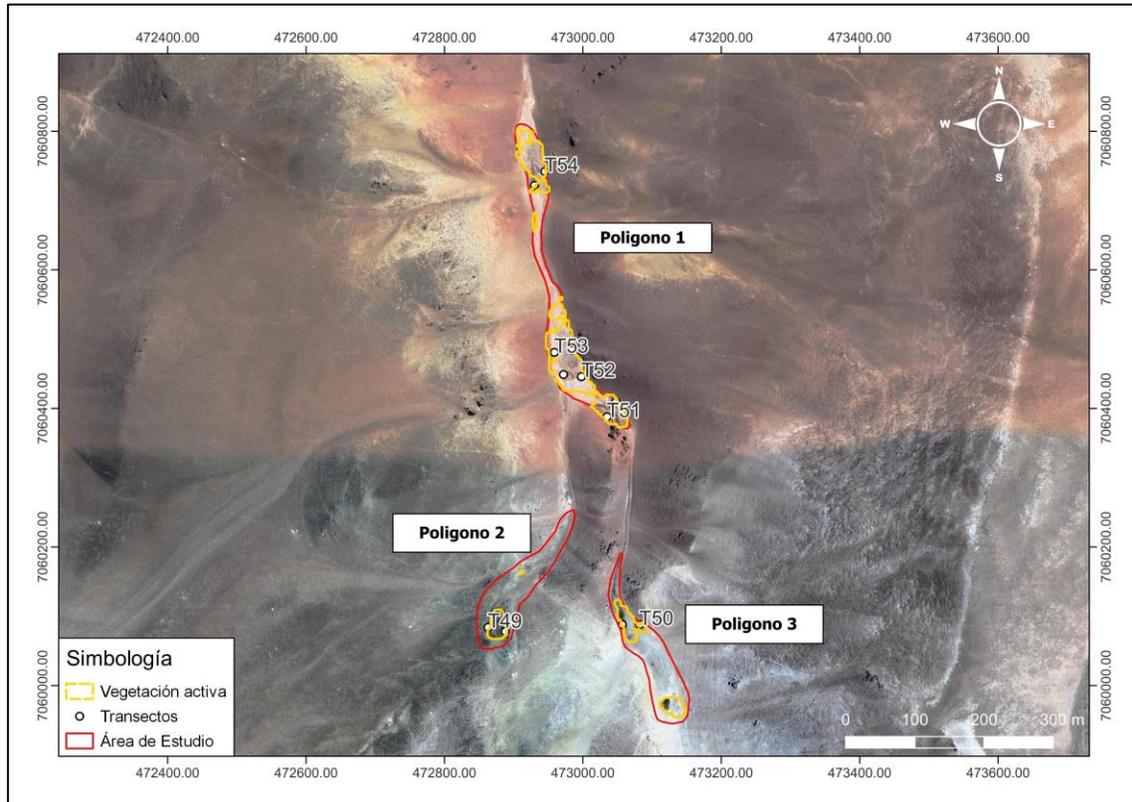


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-14 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada Tinajas, durante el verano de 2023. Dado que dentro del sector se identificaron tres superficies con vegetación de acuerdo con la metodología planteada, es que se realizaron tres polígonos independientes, los cuales fueron analizados de forma independiente. El primer polígono presentó una superficie de 0,82 hectáreas con vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,14 de acuerdo con la metodología estipulada. En el segundo polígono se registró una superficie con vegetación activa de 0,09 hectáreas considerando valores de NDVI superiores a 0,24. Finalmente, en el último polígono se determinó la presencia de 0,19 hectáreas de vegetación activa considerando valores de NDVI superiores a 0,18. Considerando la vegetación activa de los tres polígonos, se determina un valor promedio de NDVI de 0,26, con un máximo de 0,54 en el primer polígono. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetal, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, concentrando mayores valores en la zona central del sector, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T51 y T52.

Figura 5-14. NDVI sector Quebrada Tinajas.



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.11 Sector Quebrada Tordillos

(a). Cobertura

Este sector estuvo dominado por especies de pajonal, aunque las especies de bofedal y azonales también se observaron dentro del área estudiada.

Los taxa cespitosos registrados en el sector Quebrada Tordillos correspondieron a *Carex gayana*, *Eleocharis atacamensis*, *Deyeuxia velutina* y *Festuca chrysophylla*. La especie *C. gayana* se presentó en los transectos T55, T57, T59 y T60.

Siguiendo con lo anterior, la especie *E. atacamensis* se observó en los transectos T55, T56, T57 y T60. En el caso de la especie *D. velutina*, esta se presentó en la mayoría de los transectos exceptuando en T59. Dicha especie presentó las siguientes coberturas absolutas por transecto: 5,98%, 7,97%, 0,8%, 1,2% y 21,1% en los transectos T55, T56, T57, T58 y T60 respectivamente.

La especie *F. chrysophylla* se observó en los transectos T56, T57 y T60. Las especies de hábitos de bofedal (*Lobelia oligophylla*, *Oxychloe andina* y *Zameioscirpus atacamensis*) se presentaron en los transectos T55, T56 y T60. Finalmente, las especies zonales, correspondientes a *Calandrinia compacta*, *Joborosa caulescens* y *Nicotiana corymbosa*, se presentaron solo entre los transectos T55 y T58. La cobertura absoluta de vegetación del sector Quebrada Tordillos promedió 30,6% (Tabla 5-33).

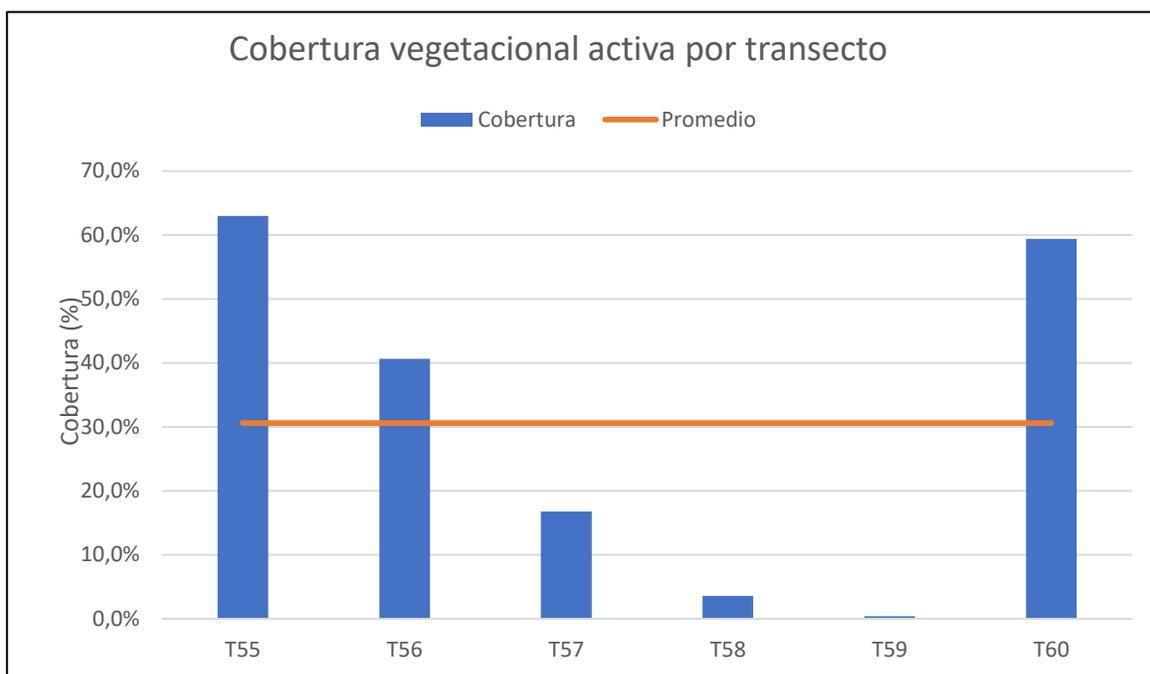
Tabla 5-33. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto sector Quebrada Tordillos.

Especie	Cobertura absoluta transectos
T55	63,0%
T56	40,7%
T57	16,7%
T58	3,6%
T59	0,4%
T60	59,4%
Promedio	30,6%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector, donde se establece que, a través del paisaje, se registra una disminución de la cobertura de especies vegetales de norte a sur, la cual aumentó nuevamente en el transecto T60.

Gráfico 5-21. Cobertura de vegetación por transecto, sector Tordillos



Fuente: Elaboración propia.

Dentro del área evaluada se observó sal solo en el transecto T55, donde su cobertura fue de 4%. Por su parte, los rastrojos se extendieron entre los transectos T55 y T59, presentando siempre una participación menor al 10%.

Los suelos desnudos fueron un componente relevante dentro del sector Quebrada Tordillos, ya que se presentaron en los seis transectos evaluados, y alcanzaron su mayor presencia en el transecto T59 (84,5%). En los transectos T58 y T56 dicho componente presentó coberturas cercanas al 70%, mientras que, en los transectos restantes, la participación del componente varió entre 21,1% a 39,0%.

El mantillo se distribuyó en la totalidad de los transectos, cuya cobertura fue menor al 10% en todos estos sectores estudiados.

La Tabla 5-34 presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente.

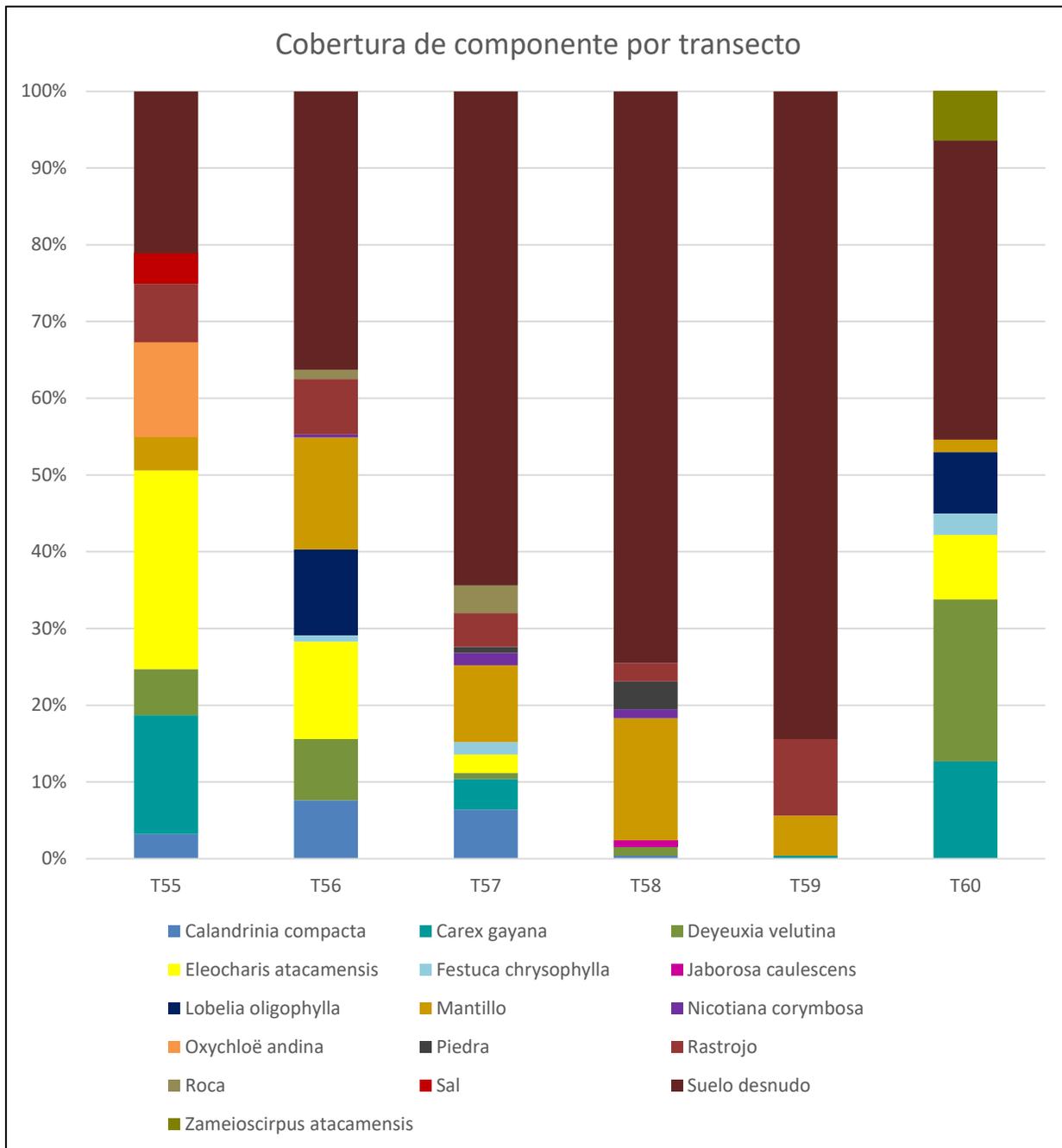
Tabla 5-34. Cobertura de componente por transecto de muestreo en Sector Quebrada Tordillos

Componente	T55	T56	T57	T58	T59	T60	% Promedio por componente
Mantillo	4,4%	14,6%	10,0%	15,9%	5,2%	1,6%	8,6%
Piedra	0,0%	0,0%	0,8%	3,6%	0,0%	0,0%	0,7%
Rastrojo	7,6%	7,2%	4,4%	2,4%	10,0%	0,0%	5,3%
Roca	0,0%	1,2%	3,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%
Sal	4,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,7%
Suelo desnudo	21,1%	36,3%	64,4%	74,5%	84,4%	39,0%	53,3%
<i>Calandrinia compacta</i>	3,2%	7,6%	6,4%	0,4%	0,0%	0,0%	2,9%
<i>Carex gayana</i>	15,5%	0,0%	4,0%	0,0%	0,4%	12,7%	5,4%
<i>Deyeuxia velutina</i>	6,0%	8,0%	0,8%	1,2%	0,0%	21,1%	6,2%
<i>Eleocharis atacamensis</i>	25,9%	12,7%	2,4%	0,0%	0,0%	8,4%	8,2%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0,0%	0,8%	1,6%	0,0%	0,0%	2,8%	0,9%
<i>Jaborosa caulescens</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,1%
<i>Lobelia oligophylla</i>	0,0%	11,2%	0,0%	0,0%	0,0%	8,0%	3,2%
<i>Nicotiana corymbosa</i>	0,0%	0,4%	1,6%	1,2%	0,0%	0,0%	0,5%
<i>Oxychloë andina</i>	12,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,4%	1,1%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	62,9%	40,7%	16,8%	3,6%	0,4%	59,4%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-22. Coberturas observadas por transecto en Sector Quebrada Tordillos



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-67. Transecto 55.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-68. Transecto 56.



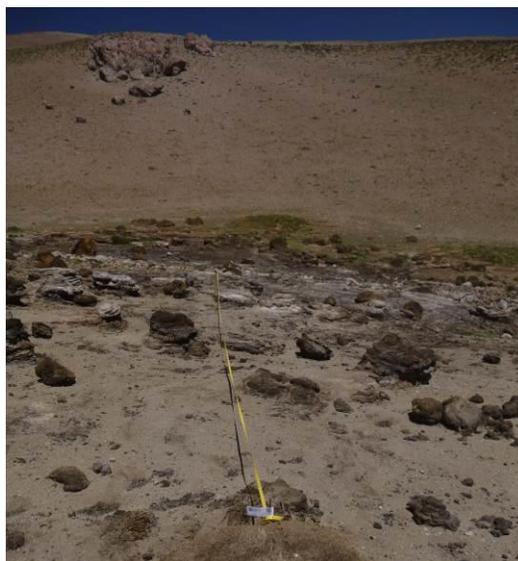
Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-69. Transecto 57.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-70. Transecto 58.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-71. Transecto 59.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-72. Transecto 60.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

El estado de los individuos observados fue variado, encontrándose principalmente en un estado vegetativo (51,7%), seguido de ejemplares con semillas (32,91%), y en menor proporción, con individuos en flor (15,39%) (Tabla 5-35).

Tabla 5-35. Fenología por especie, sector Quebrada Tordillos

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Calandrinia compacta</i>	34.09%	34.09%	31.82%
<i>Carex gayana</i>	9.76%	43.90%	46.34%
<i>Deyeuxia velutina</i>	1.08%	54.84%	44.09%
<i>Eleocharis atacamensis</i>	4.84%	53.23%	41.94%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0.00%	53.85%	46.15%
<i>Jaborosa caulescens</i>	100.00%	0.00%	0.00%
<i>Lobelia oligophylla</i>	4.17%	95.83%	0.00%
<i>Nicotiana corymbosa</i>	0.0%	87.5%	12.5%
<i>Oxychloë andina</i>	0.0%	0.0%	100.0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0.0%	93.8%	6.3%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la variación de la composición de los distintitos elementos a través del área evaluada.

Fotografía 5-73. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector Tordillos.

Cobertura vegetal, T55 (Norte)



Cobertura vegetal, T56 (Norte)



Cobertura vegetal, T59 (Sur)



Cobertura vegetal, T60 (Sur)

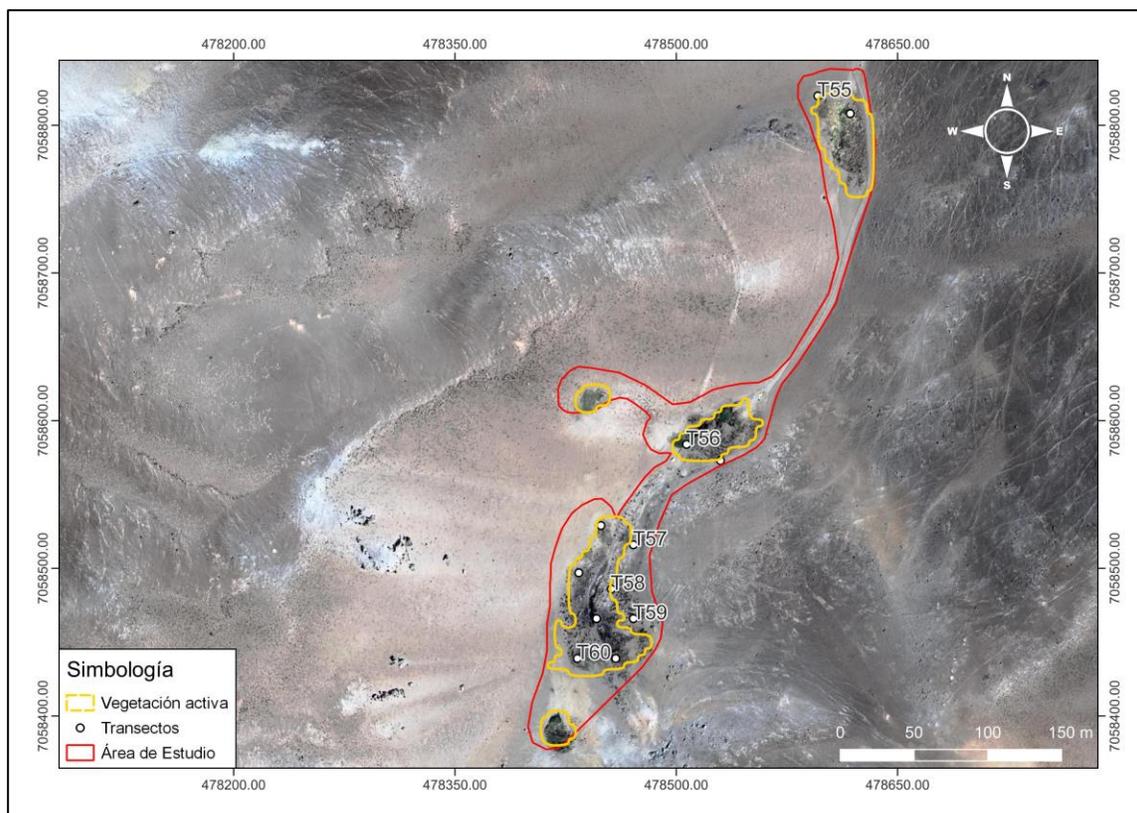


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-15 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Tordillos, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 0,82 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,20 de acuerdo con la metodología planteada. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,27, con un máximo de 0,49. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T55, T56 y T60.

Figura 5-15. NDVI Sector Quebrada Tordillos.



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.12 Sector Quebrada Vertientes 2

(a). Cobertura

Este sector fue dominado por especies de bofedal y pajonal. Para el caso de los taxa de bofedal, se encontraron las especies *Zameioscirpus atacamensis* y *Oxychloë andina*, para las cuales, se observó una tendencia irregular desde noroeste a sureste. Los taxa de pajonal como *Deyeuxia curvula*, *D. eminens*, *D. velutina*, *Festuca chrysophylla* y *Pappostipa frigida* se presentaron en todos los transectos, registrando su mayor abundancia en los transectos T62 y T65 (34,26% y 25,9%), mientras que en el transecto T61 y T63, dichos taxa dominaron en un 20% aproximadamente. Finalmente, en los transectos T64 y T66, su presencia disminuyó a 13,5% y 4,8%, respectivamente (Tabla 5-36). Las especies azonales solo se hicieron presentes en los transectos finales (T65 y T66), siendo el último transecto, donde la predominancia de estos taxa (*Acaena magellanica* y *Calandrinia compacta*) tomó mayor importancia. Estos valores resultaron en un promedio de 36,19% para el sector Quebrada Vertientes 2 (Tabla 5-36).

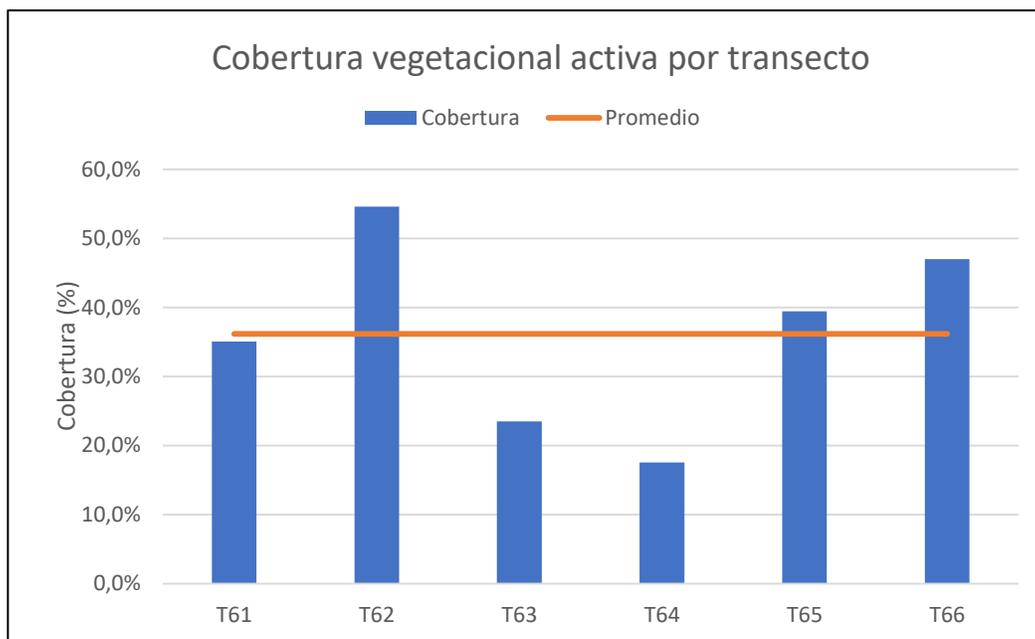
Tabla 5-36. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto Sector Quebrada Vertientes 2.

Especie	Cobertura absoluta transectos
T61	35,1%
T62	54,6%
T63	23,5%
T64	17,5%
T65	39,5%
T66	47,0%
Promedio	36,2%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector, observando un bajo porcentaje de cobertura vegetal en los transectos T63 y T64.

Gráfico 5-23. Coberturas de vegetación por transecto, sector Quebrada Vertientes 2



Fuente: Elaboración propia.

Dentro del área evaluada se observaron espejos de agua durante todos los transectos, cuya participación fue importante dentro de cada uno de ellos. En los transectos T61 y T65, este componente se presentó en más del 50% del transecto, mientras que en los transectos T62, T64 y T66, su aparición se atribuyó a más del 25% del trazado. Finalmente, en el transecto T63, los espejos de agua se observaron en el 15,94% de la superficie evaluada.

En cuanto a los rastros, estos tuvieron su auge en los transectos T66, T64 y T62, donde su aparición fue cercana al 10% del trazado estudiado. En el transecto T61, dicho elemento se ausentó, mientras que en los transectos T64 y T66, reapareció con una participación menor al 5%.

Los suelos desnudos dominaron en los transectos T63 y T64, con un 45%, mientras que en los transectos T61 y T65, su participación fue cercana al 10%. Finalmente, dicho componente en los transectos T66 y T65, presentó una aparición cercana al 5%.

La presencia de mantillo no tuvo un gran protagonismo, cubriendo un 13,5% en el transecto T63, y estando ausente en los transectos T61 y T65, mientras que, en los trazados restantes, la aparición del componente fluctuó entre 4,4% y 7,6%.

La Tabla 5-37 presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionados anteriormente

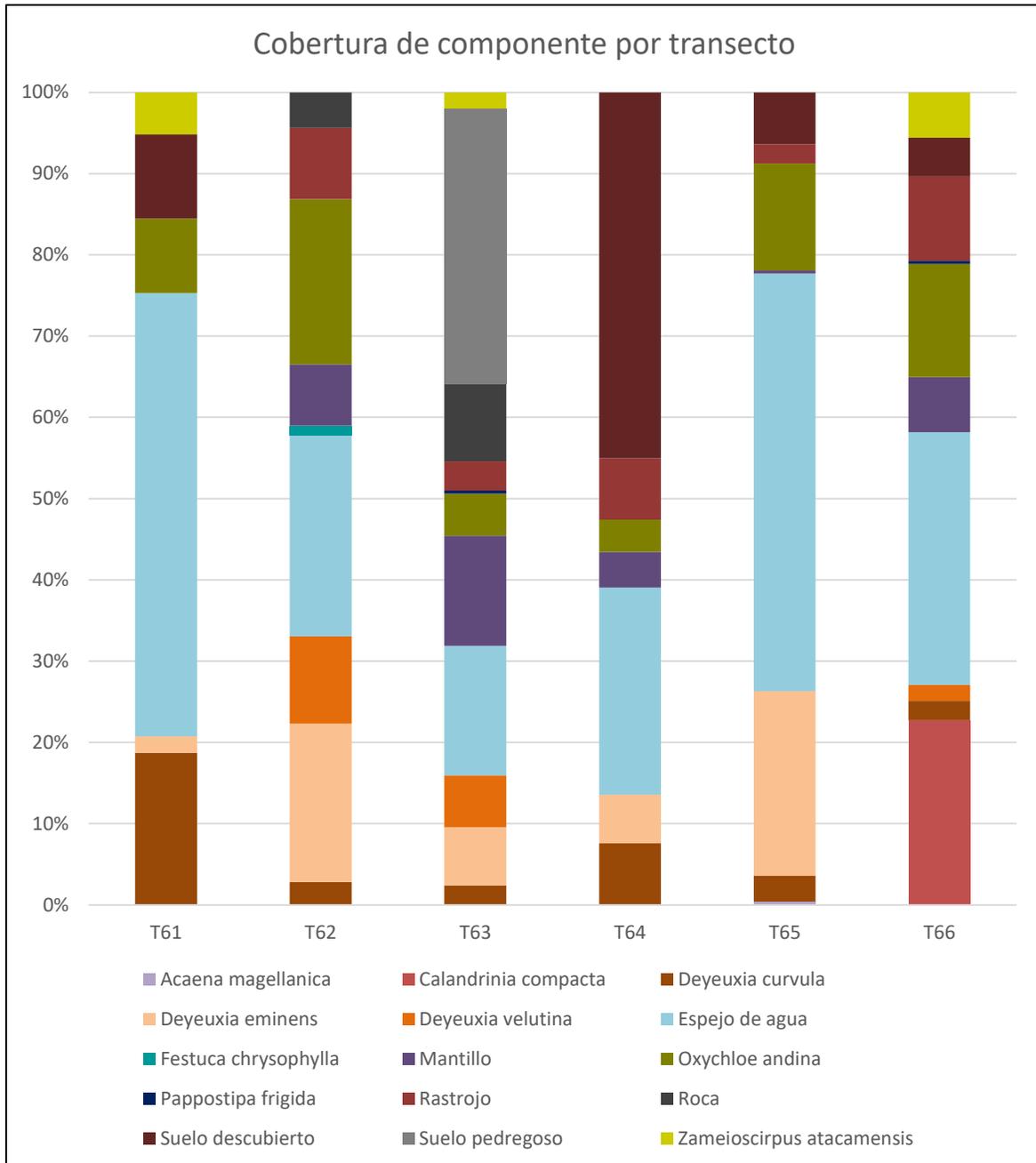
Tabla 5-37. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Vertientes 2

Componente	T61	T62	T63	T64	T65	T66	% Promedio por componente
Espejo de agua	54,6%	24,7%	15,9%	25,5%	51,4%	31,1%	33,9%
Mantillo	0,0%	7,6%	13,6%	4,4%	0,4%	6,8%	5,4%
Rastrojo	0,0%	8,8%	3,6%	7,6%	2,4%	10,4%	5,4%
Roca	0,0%	4,4%	9,6%	0,0%	0,0%	0,0%	2,3%
Suelo descubierto	10,4%	0,0%	0,0%	45,0%	6,4%	4,8%	11,1%
Suelo pedregoso	0,0%	0,0%	33,9%	0,0%	0,0%	0,0%	5,6%
<i>Acaena magellanica</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,1%
<i>Calandrinia compacta</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	22,7%	3,8%
<i>Deyeuxia curvula</i>	18,7%	2,8%	2,4%	7,6%	3,2%	2,4%	6,2%
<i>Deyeuxia eminens</i>	2,0%	19,5%	7,2%	6,0%	22,7%	0,0%	9,6%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	10,8%	6,4%	0,0%	0,0%	2,0%	3,2%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%
<i>Oxychloe andina</i>	9,2%	20,3%	5,2%	4,0%	13,2%	13,9%	11,0%
<i>Pappostipa frigida</i>	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	5,2%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	5,6%	2,1%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	35,1%	54,6%	23,5%	17,5%	39,5%	47,0%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-24. Coberturas observadas por transecto en sector Quebradas Vertientes 2



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-74. Transecto 61.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-75. Transecto 62.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-76. Transecto 63.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-77. Transecto 64.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-78. Transecto 65.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto a los estados fenológicos los Individuos de *Festuca chrysophylla*, *Acaena magellanica*, *Deyeuxia eminens* y *Calandrinia compacta*, estos fueron avistados casi en su totalidad (80% a 100%) en estado vegetativo. Especies como *Deyeuxia velutina*, *Pappostipa frigida* y *Zameioscirpus atacamensis* se registraron en partes iguales entre individuos con flor y vegetativos. En cuanto a la especie *Oxychloë andina*, esta se observó en un 40% de individuos con semillas, y los restantes, en estado vegetativo (Tabla 5-38).

Tabla 5-38. Fenología por especie, sector Quebrada Vertientes 2

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Acaena magellanica</i>	0,00%	100,00%	0,00%
<i>Calandrinia compacta</i>	15,79%	84,21%	0,00%
<i>Deyeuxia curvula</i>	73,12%	26,88%	0,00%
<i>Deyeuxia eminens</i>	15,97%	80,56%	3,47%
<i>Deyeuxia velutina</i>	33,33%	66,67%	0,00%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0,00%	100,00%	0,00%
<i>Oxychloë andina</i>	0,00%	62,42%	37,58%
<i>Pappostipa frigida</i>	50,00%	50,00%	0,00%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	75,00%	25,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisonomía de los sectores con vegetación en el área de estudio del sector Quebrada Vertientes 2, quedando graficada la heterogeneidad del sector.

Fotografía 5-79. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector
Quebrada Vertientes 2

Sector dominado por pajonales y bofedales



Oxychloe andina

Sector de suelo pedregoso



Vegetación en mal estado

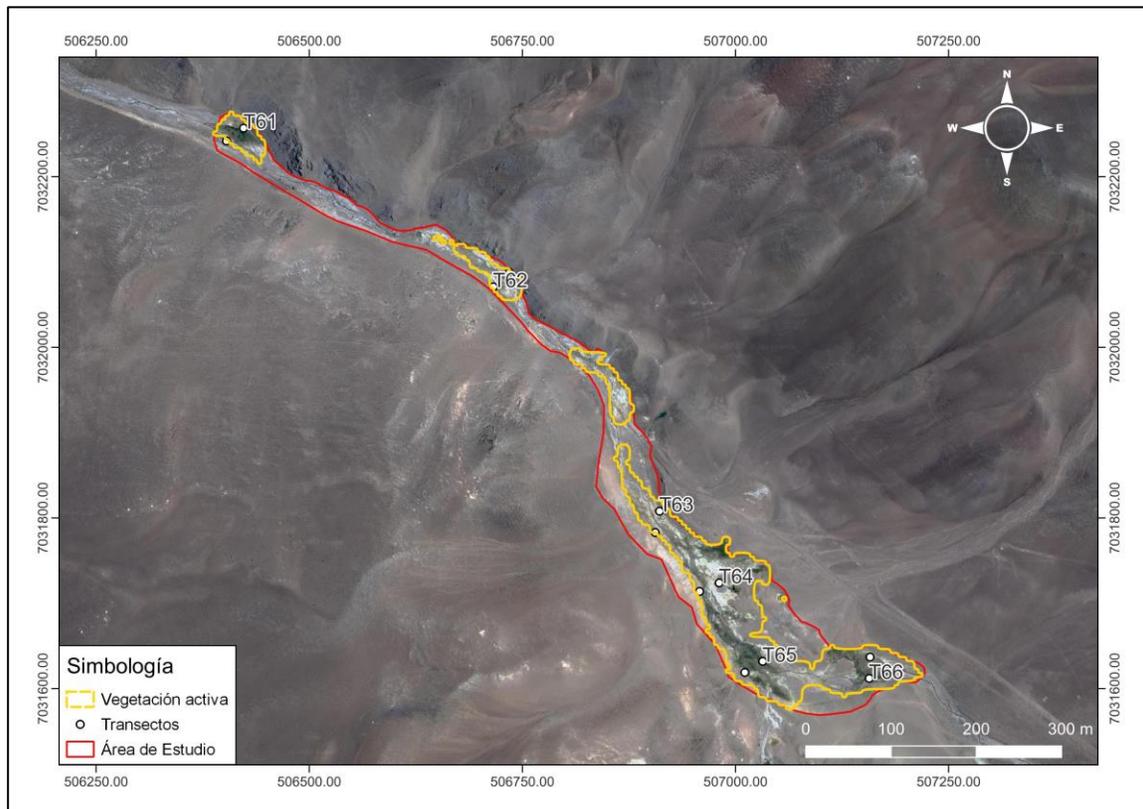


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-16 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada Vertientes 2, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 2,87 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,11 de acuerdo a la metodología propuesta. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,25, con un máximo de 0,55. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de baja densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T62, T66 y T65.

Figura 5-16. NDVI sector Quebrada Vertientes 2



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.13 Sector Leoncito

(a). Cobertura

Al analizar solo la vegetación activa dentro de cada unidad evaluada, las especies con mayor cobertura dentro de los transectos realizados fueron *Deyeuxia velutina*, *Deyeuxia eminens* y *Triglochin concinna*, correspondientes a especies de hábito cespitoso, características de pajonales altoandinos, de acuerdo con Ahumada y Faúndez (2009).

De noroeste a sureste, se observó un incremento de la presencia de especies propias de pajonal entre los transectos T68 y T71. En el sector, se registraron más de 13 taxa.

Desde oeste a este, y en base a la cobertura absoluta por especie, se registró que *Acaena magellanica*, especie zonal de la región de Atacama, se encontraba solo en el transecto T68. Especies del mismo hábito que *A. magellanica*, como es el caso de *Atriplex aerophila*, se registró solo en el transecto T72. Por su parte, *Deyeuxia curvula* y *D. eminens*. se presentaron en todos los transectos prospectados. En el caso de *D. velutina*, dicha especie se ausentó en los transectos T67 y T70, mientras que en el transecto T68, su participación fue del 6,4%. En el resto de los transectos, su presencia fue la siguiente: transecto T69 del 19,3%, transecto T71 del 9,2%, y transecto T72 del 0,8%. Para el presente sector, las especies del género *Deyeuxia* disminuyeron su presencia en los extremos este y oeste del área evaluada. La especie *Hordeum publiflorum* solo se registró en el transecto T67. Al igual que *Pappostipa frigid*, la especie *Oxychloë andina* presentó coberturas menores al 10% en los transectos T67 (7,5%), T68 (0,4%) y T71 (5,6%), mientras que su mayor dominancia se registró en los transectos T69 (35,4%) y T70 (18,7%), estando ausente en el transecto T72. La especie *Phylloscirpus acaulis* solo se presentó en el transecto T72. De igual forma, el registro de *Triglochin concinna* se asoció solo a un transecto, correspondiente a T68, lo que también sucede con *Ruppia philifolia* en el transecto T70. Por su parte, la especie *Zameioscirpus atacamensis* se registró en los transectos T68 y T71 (Tabla 5-39|Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Al analizar la cobertura absoluta por transecto, se obtuvo un promedio para el sector, de una cobertura vegetal del 62,2% (Tabla 5-40|Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

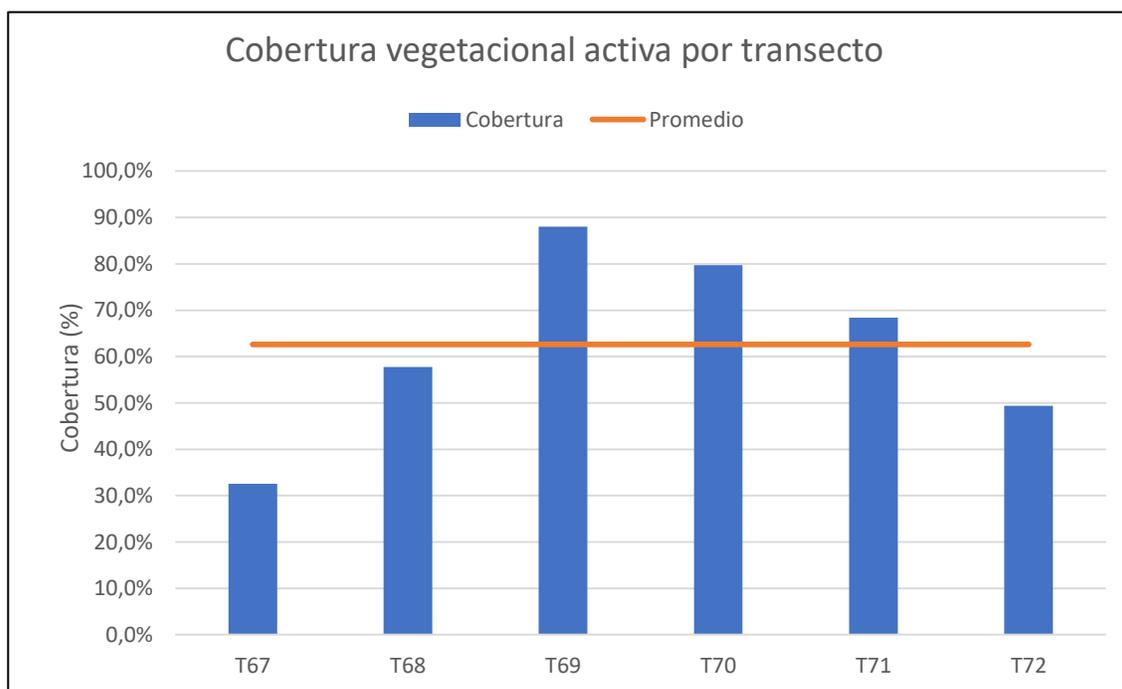
Tabla 5-39. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto Sector Leoncito

Especie	Cobertura absoluta transectos
T67	32,5%
T68	57,8
T69	88,1
T70	79,7
T71	68,4
T72	49,4
Promedio	62,6%

Fuente: Elaboración propia.

El **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector. En este se observa la alta cobertura vegetal presente en gran parte de los transectos, especialmente en T69, T70 y T71, los cuales se encuentran por sobre el promedio del sector.

Gráfico 5-25. Cobertura de vegetación por transecto, sector Leoncito



Fuente: Elaboración propia.

En promedio, la especie *Deyeuxia eminens* presentó la mayor cobertura, correspondiente al 20,3%, seguida por las especies *Deyeuxia curvula* y *Oxychlöe andina*, las cuales presentaron una cobertura promedio de 14,2% y 11,3%, respectivamente (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En menor medida se presentaron las especies *Zamaeioscirpus atacamensis* (3,7%), *Triglochin concinna* (0,1%), *Ruppia filifolia* (0,3%), *Phylloscirpus acaulis* (3,0%), *Papostipia frigida* (0,6%), *Hordeum pubiflorum* (0,9%) y *Festuca chrysophylla* (0,7%).

Respecto al componente Agua, este se hizo presente solo en el transecto T67, cuya cobertura fue del 26,2%

En cuanto a la presencia de sal, se estableció que su protagonismo fue bajo, observando su mayor existencia en el transecto T70 (5,2%), mientras que, en los otros transectos, la cobertura del componente no superó el 2%, estando ausente en los transectos T69 y T72.

El mantillo se encontró en todos los transectos a excepción del T72, siendo el transecto T67, en donde dicho componente presentó una mayor cobertura (4,4%). Aun así, la presencia de mantillo no logró tener una gran representatividad dentro del área, promediando una participación del 1,3%.

El suelo desnudo tuvo una gran relevancia en los transectos T67, T68 y T72, correspondientes a los puntos de estudio límites del área, donde dicho componente presentó coberturas entre 29,1% y 35,1%. En el caso del resto de los transectos, el suelo desnudo se ausentó, exceptuando el transecto T69, donde se registró una presencia del 5,6% del componente.

La siguiente Tabla 5-40 se presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionadas anteriormente

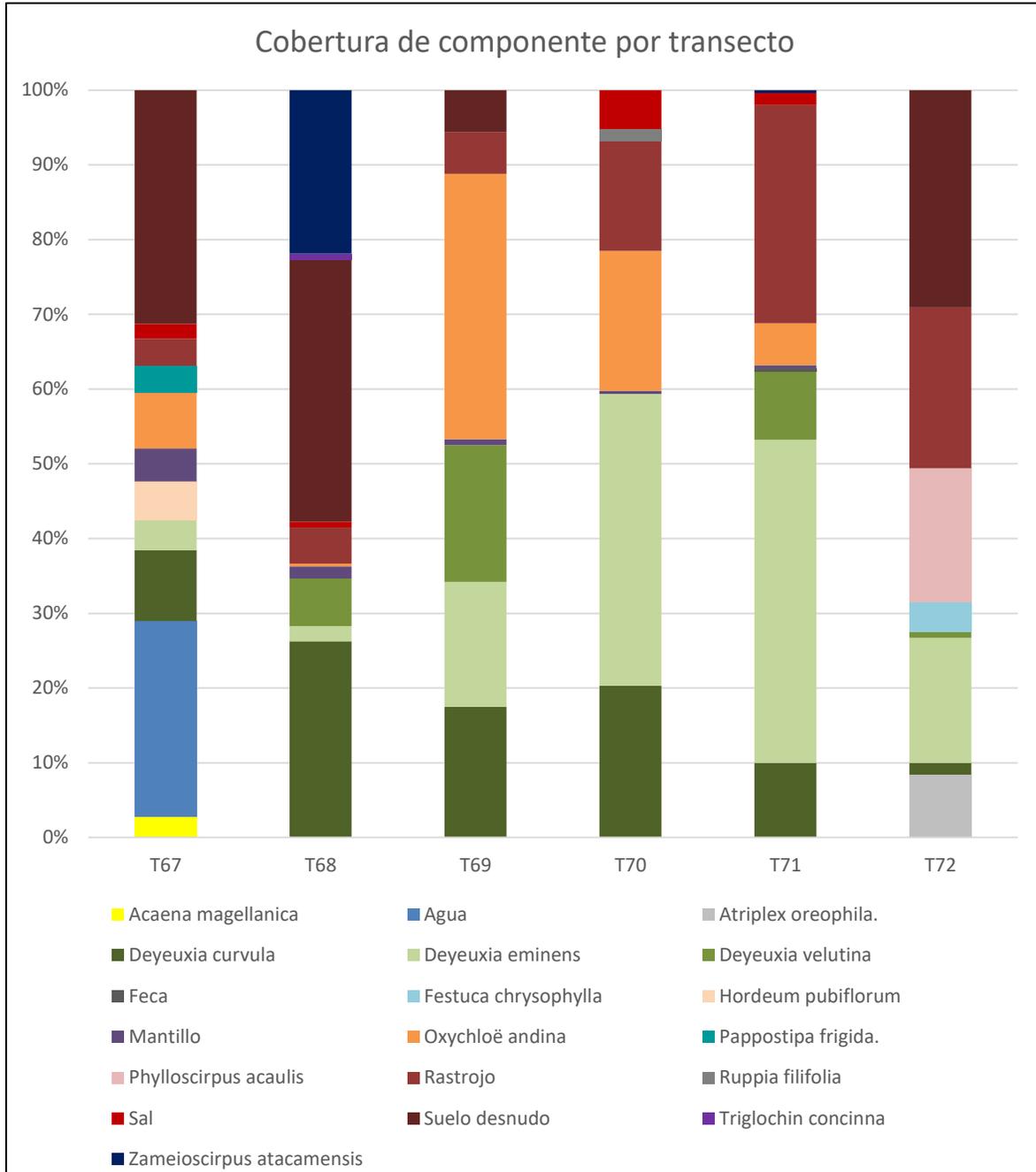
Tabla 5-40. Cobertura de componente por transecto de muestreo en Sector Leoncitos.

Componente	T67	T68	T69	T70	T71	T72	% Promedio por componente
Agua	26,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,4%
Feca	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	0,1%
Mantillo	4,4%	1,6%	0,8%	0,4%	0,4%	0,0%	1,3%
Rastrojo	3,6%	4,8%	5,6%	14,7%	29,2%	21,5%	13,2%
Sal	2,0%	0,8%	0,0%	5,2%	1,6%	0,0%	1,6%
Suelo desnudo	31,3%	35,1%	5,6%	0,0%	0,0%	29,1%	16,9%
<i>Acaena magellanica</i>	2,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
<i>Atriplex oreophila.</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	8,4%	1,4%
<i>Deyeuxia curvula</i>	9,5%	26,3%	17,5%	20,3%	10,0%	1,6%	14,2%
<i>Deyeuxia eminens</i>	4,0%	2,0%	16,7%	39,0%	43,2%	16,7%	20,3%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,0%	6,4%	18,3%	0,0%	9,2%	0,8%	5,8%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,0%	0,7%
<i>Hordeum pubiflorum</i>	5,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%
<i>Oxychloë</i>	7,5%	0,4%	35,5%	18,7%	5,6%	0,0%	11,3%
<i>Pappostipa frigida.</i>	3,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,6%
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,9%	3,0%
<i>Ruppia filifolia</i>	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,3%
<i>Triglochin concinna</i>	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,0%	21,9%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	3,7%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	32,6%	57,8%	88,0%	79,6%	68,4%	49,4%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En el **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes

Gráfico 5-26. Coberturas observadas por transecto en Sector Leoncito



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-80. Transecto 67.



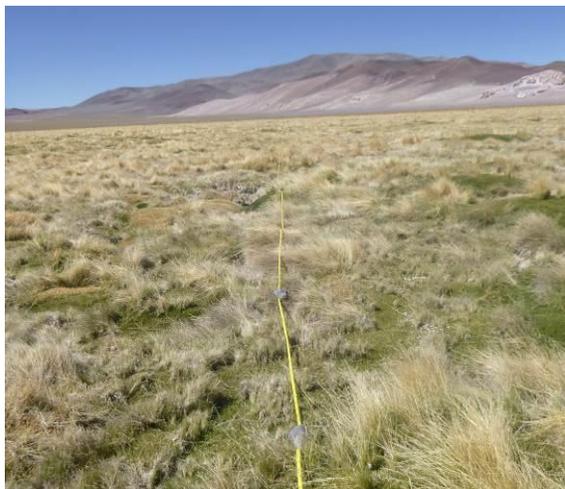
Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-81. Transecto 68.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-82. Transecto 69.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-83. Transecto 70.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-84. Transecto 71.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-85. Transecto 72.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto a los estados fenológicos de las especies encontradas en el sector, en promedio, el 6% de la vegetación avistada se observó en estado reproductivo activo (flor), sin embargo, la mayoría de esta se encontraba en estado vegetativo (79%), o bien en semillación (15%). En la Tabla 5-41 se observan las variaciones de fenología por especie.

Tabla 5-41. Fenología por especie, sector Leoncito.

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Acaena magellanica</i>	0%	100%	0%
<i>Atriplex oreophila</i>	0%	100%	0%
<i>Deyeuxia curvula</i>	0%	51%	49%
<i>Deyeuxia eminens</i>	0%	38%	62%
<i>Deyeuxia velutina</i>	2%	15%	83%
<i>Festuca chrysophylla</i>	0%	100%	0%
<i>Hordeum pubiflorum</i>	23%	77%	0%
<i>Oxychloë andina</i>	0%	100%	0%
<i>Pappostipa frigida</i>	0%	100%	0%
<i>Phyllocirpus acaulis</i>	0%	100%	0%
<i>Triglochin concinna</i>	0%	100%	0%
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	59%	41%	0%
<i>Ruppia philifolia</i>	0%	100%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la fisionomía de los sectores con vegetación en el área de estudio (Fotografía 5-86).

Fotografía 5-86. Fotografías representativas de la fisonomía de la vegetación existente en el sector Leoncito.

Sector norte área de estudio (T67)



Sector sur del área de estudio (T72)

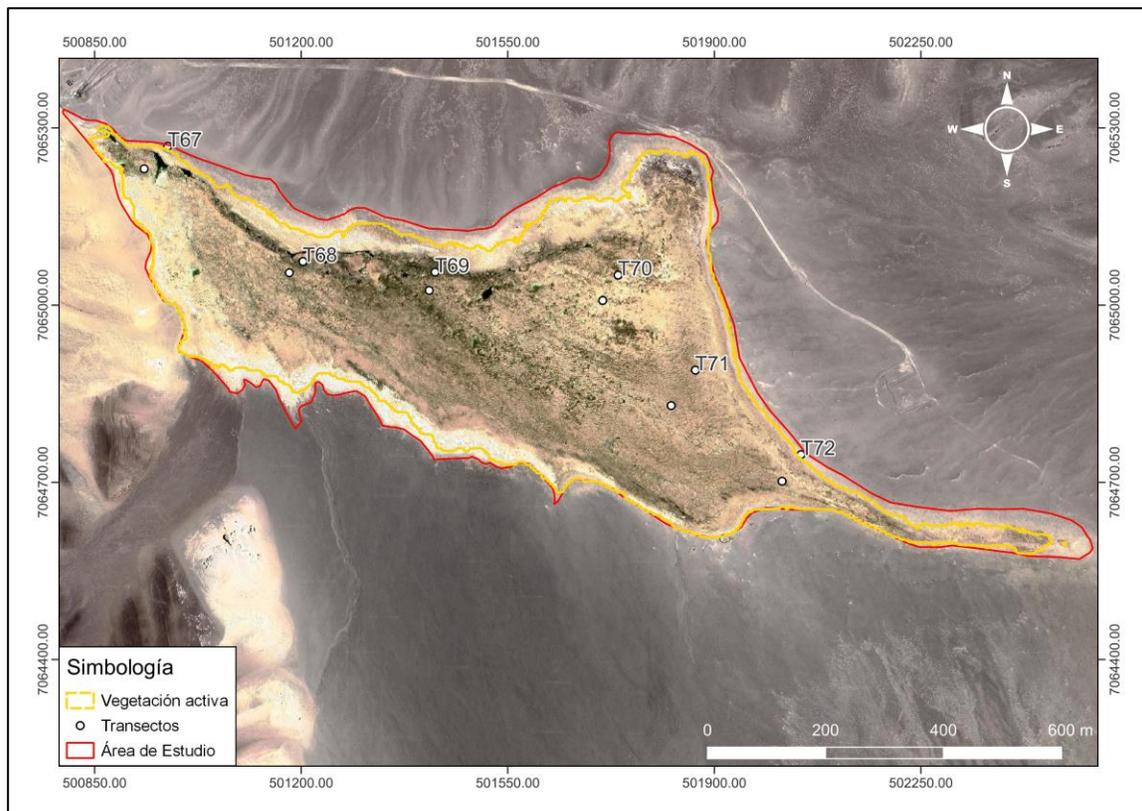


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-17 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Leoncito, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 41,75 hectáreas de vegetación activa del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,17 de acuerdo con la metodología establecida. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,35, con un máximo de 0,52. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de media densidad vegetal, lo que es coincidente con la información recabada en terreno. Del mismo modo, se observó una alta variación del índice al interior del polígono de vegetación activa, lo que explicaría la diferencia de cobertura total evidenciada en los distintos transectos, notando mayores valores de NDVI en los transectos de mayor cobertura, como son los transectos T69, T70 y T71.

Figura 5-17. NDVI sector Leoncito



Fuente: Econativa Consultores.

5.2.14 Sector Quebrada el Colorado

(a). Cobertura

El Sector Quebrada el Colorado se caracterizó por presentar una cobertura baja de vegetación activa, la cual nunca superó el 6% dentro de los transectos prospectados. Desde noroeste a sureste, en el área se presentó solo una especie de la familia poacea, correspondiente a *Dyeuxia velutina*, la cual se observó solo en el transecto T73. Especies zonales de la región como son *Doniophyton weddellii*, *Nastanthus caespitosus*, *Schizopetalon rupestre* y *Viola frigida* fueron los taxa con mayor representación dentro del sector. En el transecto T73, la especie *H. exilis* se registró con una cobertura menor al 0,5%, sin embargo, en el transecto T74, la misma especie cubrió el 6,0% del área evaluada. En el transecto T75, la especie *N. caespitosus* fue el único taxón vegetal registrado. Por su parte, los transectos T76 y T77 no registraron individuos de origen vegetal activos. Para el caso del transecto T78, la especie *D. weddellii* cubrió el 1,6% del trazado realizado, mientras que *V. frigida* ocupó el 0,8% del área prospectada (Tabla 5-42; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La cobertura absoluta por transecto dio un promedio de 2,2% para todo el sector Quebrada Colorado (Tabla 5-43).

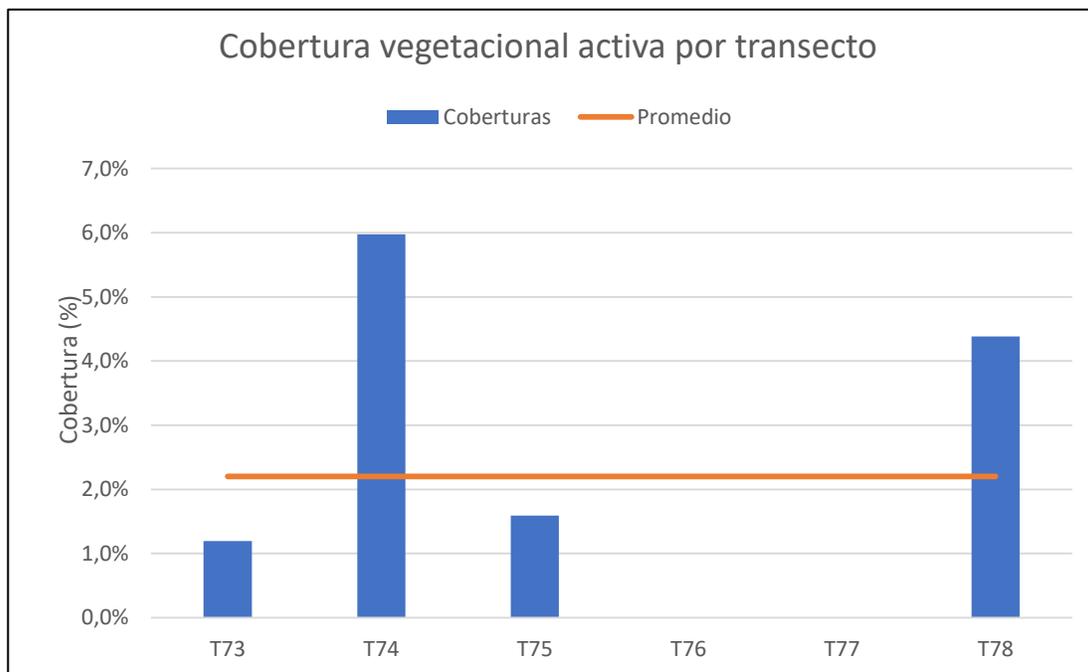
Tabla 5-42. Porcentaje de cobertura absoluta de vegetación activa por transecto Sector Quebrada el Colorado.

Especie	Cobertura absoluta transectos
T73	1,2%
T74	6,0%
T75	1,6%
T76	0,0%
T77	0,0%
T78	4,4%
Promedio	2,2%

Fuente: Elaboración propia.

El **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** esquematiza la variación de cobertura vegetal registrada en el sector, donde se observa el nulo porcentaje de vegetación activa registrada para los transectos T76 y T77.

Gráfico 5-27. Cobertura de vegetación por transecto, sector Quebrada el Colorado



Fuente: Elaboración propia.

Tras el análisis del **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y en concordancia a lo declarado en párrafos anterior, se observa que la cobertura vegetal dentro del Sector Quebrada el Colorado fue escasa.

El componente hídrico (cursos de agua y espejo de agua) se registró solo en los transectos T73 y T74, donde su cobertura fue de 2,8% y 3,2%, respectivamente.

Considerando como suelo desnudo a sectores dominados por rocas, piedra y suelos descubiertos, se observa que dicho componente presentó una participación alta dentro del paisaje, cuya cobertura siempre se registró cercana o superior al 60%, siendo 57,4% el valor mínimo por transecto (T73) y 64,9% el valor máximo (T78).

Al igual que el suelo desnudo, el mantillo tuvo una participación importante dentro del área. Dicho componente, presentó su cobertura máxima en los transectos T73, T75, T77 y T78, donde se registró una participación del 37,8%, 33,1%, 35,9% y 30,7%, respectivamente. En cuanto a los transectos T75 y T76, la influencia del mantillo correspondió al 24,3% y 7,6%, siendo este último transecto (T76), el que menor cobertura de mantillo presentó.

La siguiente Tabla 5-43 ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se presenta los porcentajes de las coberturas por componente y transecto mencionadas anteriormente

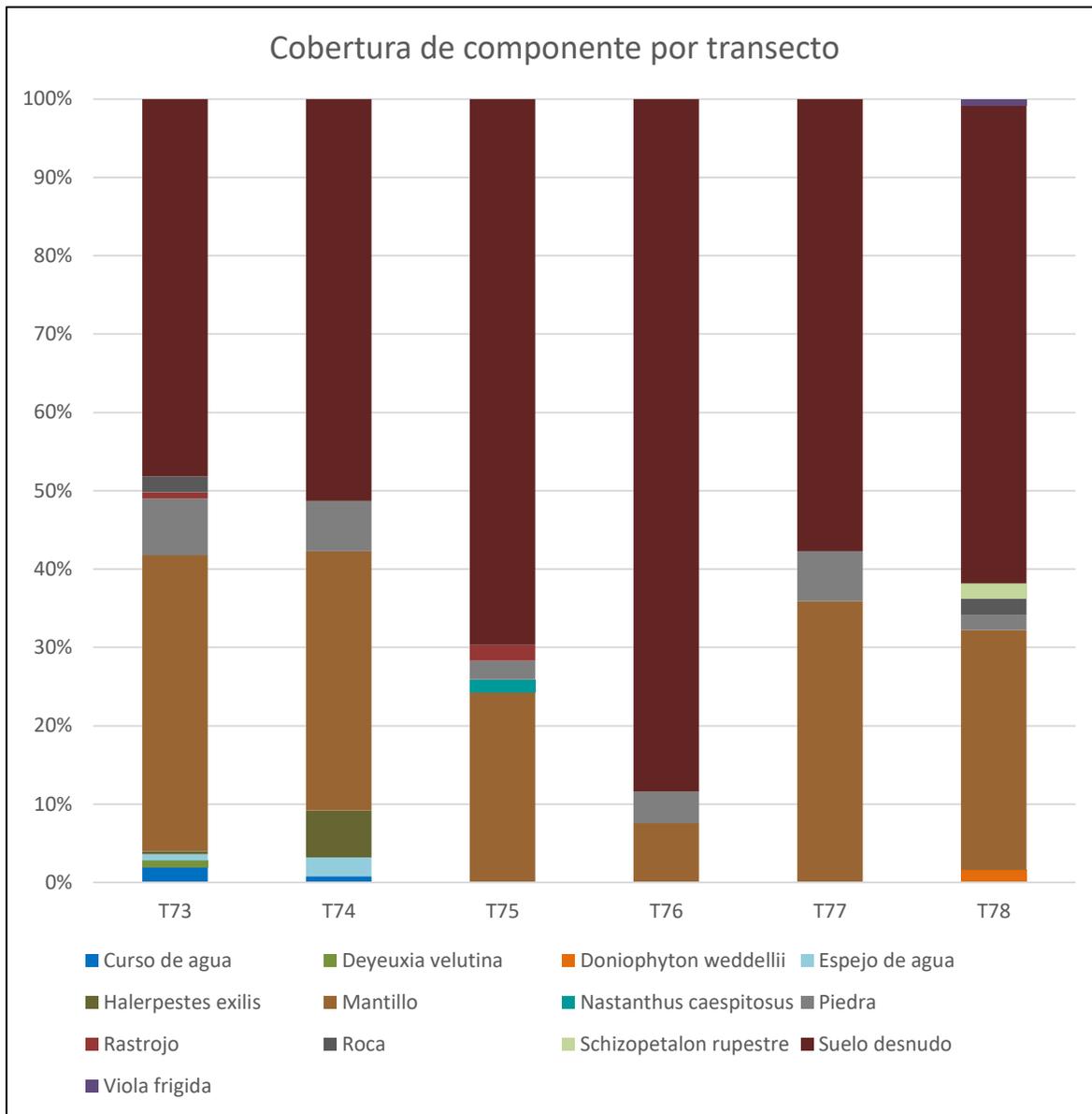
Tabla 5-43. Cobertura de componente por transecto de muestreo en sector Quebrada Colorado

Componente	T73	T74	T75	T76	T77	T78	% Promedio por componente
Curso de agua	2,0%	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
Espejo de agua	0,8%	2,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
Mantillo	37,8%	33,1%	24,3%	7,6%	35,9%	30,6%	28,2%
Piedra	7,2%	6,4%	2,4%	4,0%	6,4%	2,0%	4,7%
Rastrojo	0,8%	0,0%	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%
Roca	2,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,7%
Suelo desnudo	48,2%	51,3%	69,7%	88,4%	57,7%	61,0%	62,7%
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%
<i>Doniophyton weddellii</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,3%
<i>Halerpestes exilis</i>	0,4%	6,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%
<i>Nastanthus caespitosus</i>	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
<i>Schizopetalon rupestre</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	2,0%	0,3%
<i>Viola frigida</i>	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,1%
COBERTURA TOTAL DE VEGETACIÓN POR TRANSECTO	1,2%	6,0%	1,6%	0,0%	0,0%	4,4%	
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia.

En ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observan las coberturas identificadas por transecto y sus diferentes porcentajes.

Gráfico 5-28. Coberturas observadas por transecto en sector Quebrada el Colorado



Fuente: Elaboración propia.

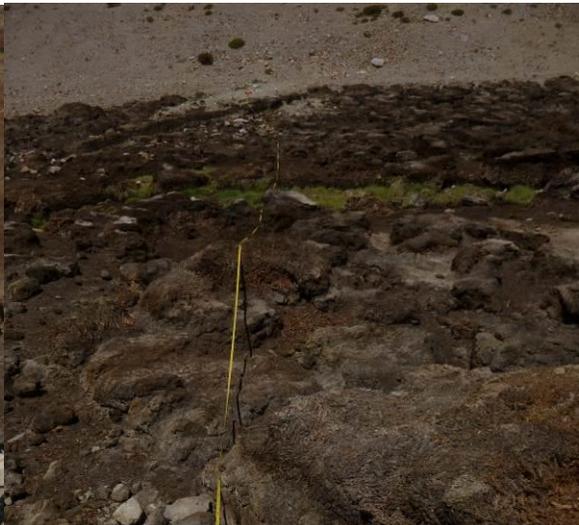
A continuación, se presentan fotografías de cada uno de los transectos levantados en la campaña de terreno.

Fotografía 5-87. Transecto 73.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-88. Transecto 74.



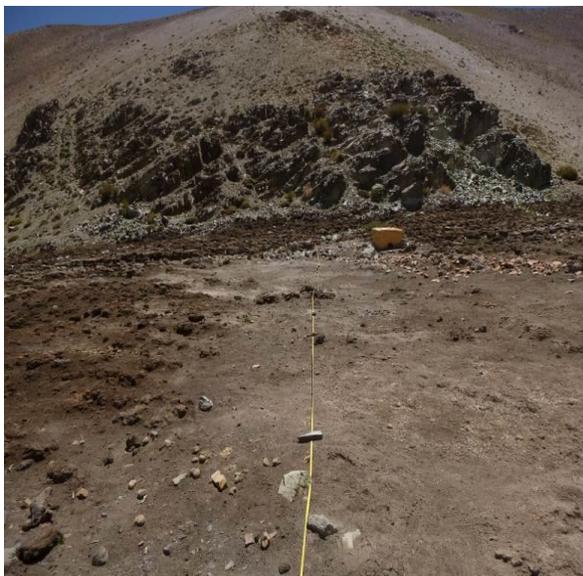
Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-89. Transecto 75.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-90. Transecto 76.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-91. Transecto 77.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

Fotografía 5-92. Transecto 78.



Fuente: Campaña de Terreno enero 2023.

(b). Fenología

Respecto a los estados fenológicos, la totalidad de individuos de *Deyeuxia velutina* y *Nastanthus caespitosus* se avistaron en estado de propagación (semillas), mientras que los individuos de *Doniophyton weddellii* y *Schizopetalon rupestre*, se hallaron solo en estado vegetativo. Por su parte, la especie *Viola frigida* presentó individuos en floración, mientras que *Halerpestes exilis* presentó individuos tanto en floración (87,5%) como vegetativos (12,5%) (Tabla 5-44; Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Tabla 5-44. Fenología por especie, sector Quebrada el Colorado

Especie	Estado		
	FLO	VEG	SEM
<i>Deyeuxia velutina</i>	0.0%	0.0%	100.0%
<i>Doniophyton weddellii</i>	0.0%	100.0%	0.0%
<i>Halerpestes exilis</i>	87.5%	12.5%	0.0%
<i>Nastanthus caespitosus</i>	0.0%	0.0%	100.0%
<i>Schizopetalon rupestre</i>	0.0%	100.0%	0.0%
<i>Viola frigida</i>	100.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia.

Las siguientes fotografías muestran la composición de la mayor parte de los suelos del sector Quebrada el Colorado. (Fotografía 5-93)

Fotografía 5-93. Fotografías representativas de la fisionomía de la vegetación existente en el sector Quebrada el Colorado

Suelo pedregoso

Suelo desnudo

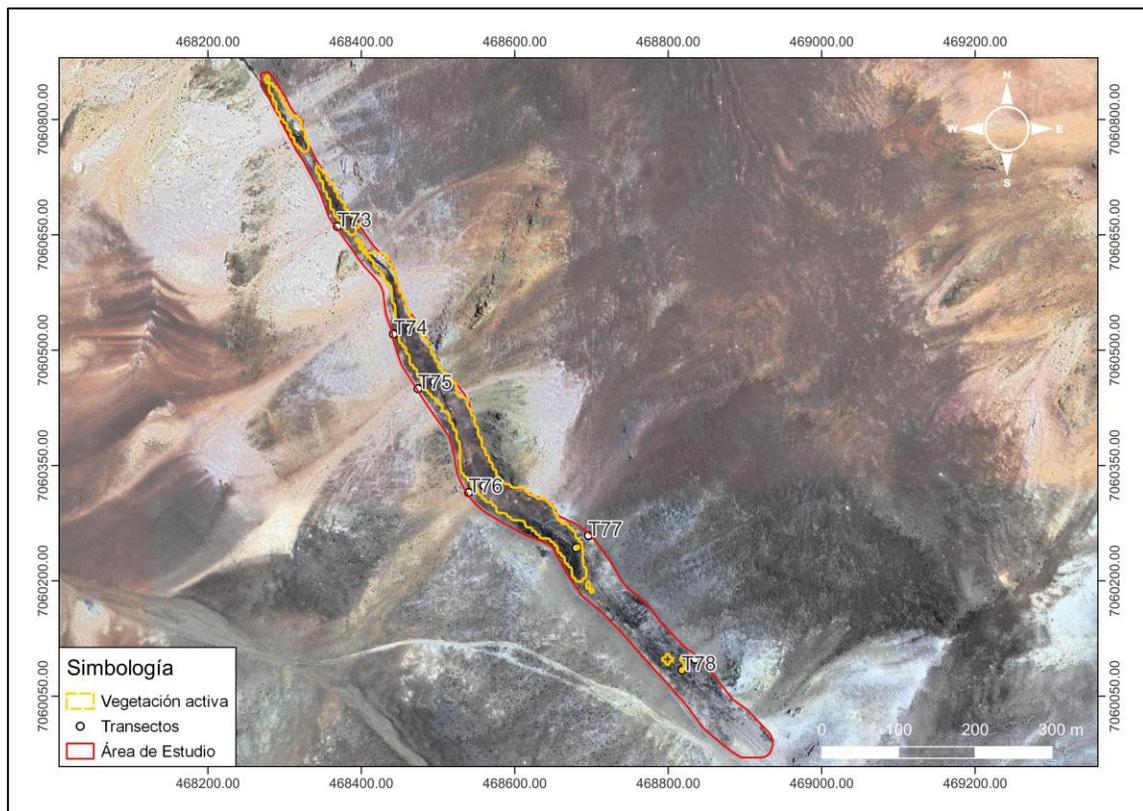


Fuente: Campaña de terreno, enero 2023.

(c). NDVI

La Figura 5-18 muestra los resultados del índice NDVI para el sector Quebrada el Colorado, durante el verano de 2023. El índice permitió identificar una superficie de 1,77 hectáreas de vegetación activa dentro del área de estudio, considerando valores de NDVI superiores a 0,21 de acuerdo con la metodología planteada. Esta superficie presentó un valor promedio de NDVI de 0,27, con un máximo de 0,45. En este sentido, los valores del índice permiten caracterizar al sector como una zona de muy baja densidad vegetacional, lo que es coincidente con la información recabada en terreno.

Figura 5-18. NDVI sector Quebrada el Colorado



Fuente: Econativa Consultores.

5.5. Estado de Conservación de las Especies Registradas

A partir del listado florístico de terreno, presentado en el apartado 5.1.1. de este documento, específicamente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se procedió a revisar las especies que se encontraban en alguna categoría de conservación según el Reglamento de Clasificación de especies (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente (MMA).

Según el estudio realizado el área de estudio no presentó ninguna especie en categoría RCE dentro de los transectos realizados. Sin embargo, en el Sector Quebrada Tinajas fuera del transecto T51, se registró la presencia de *Alstroemeria andina*, clasificada en un estado de preocupación menor (LC) según el D.S. 13/2013 MMA.

No obstante, se debe indicar que dicha especie se observó solamente en las cercanías del sector Quebrada Tinajas, fuera del transecto T51 en un ambiente de quebradas.

Figura 5-19. *Alstroemeria andina*.



Fuente: Registro de Terreno Econativa, 2023.

5.6. Estado observado de la vegetación y flora

Los sectores de vegetación zonal presentaron dominancia de especies típicas de ecosistemas altoandinos, como es el caso de las especies *Atriplex oreophila*, *Ademia echinus*, *Calceolaria pinifolia*, *Cistanthe frigida*, *Crucksanksia macrantha*, *Doniophyton weddellii*, *Gilia craddifolia*, *Halerpestes exilis*, *Joborosa caulense*, *Lycium chañar*, *Phacelia cumingii* y *Schizopetalon rupestre*, mientras que la vegetación de tipo bofedal exhibió una estructura caracterizada por especies de crecimiento en cojín, como *Oxychloë andina*, *Phylloscirpus acaulis* y *Zameioscirpus atacamensis*.

Por otra parte, la formación de pajonal hídrico con características salinas se encontró asociada a las especies de crecimiento cespitoso como *Deyeuxia curvula*, *Deyeuxia eminens*, *Deyeuxia velutina*, *Festuca chrysophylla*, *Hordeum pubiflorum*, *Triglochin palustris* y *Triglochin concinna*.

Los resultados de la caracterización permitieron identificar que gran parte de los sectores estudiados corresponden a formaciones vegetacionales del tipo Pajonales hídricos salinos (7), seguida de Bofedales (3) y vegetación zonal (3). En la Tabla 5-45 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se presentan las formaciones registradas en cada sector del área de estudio.

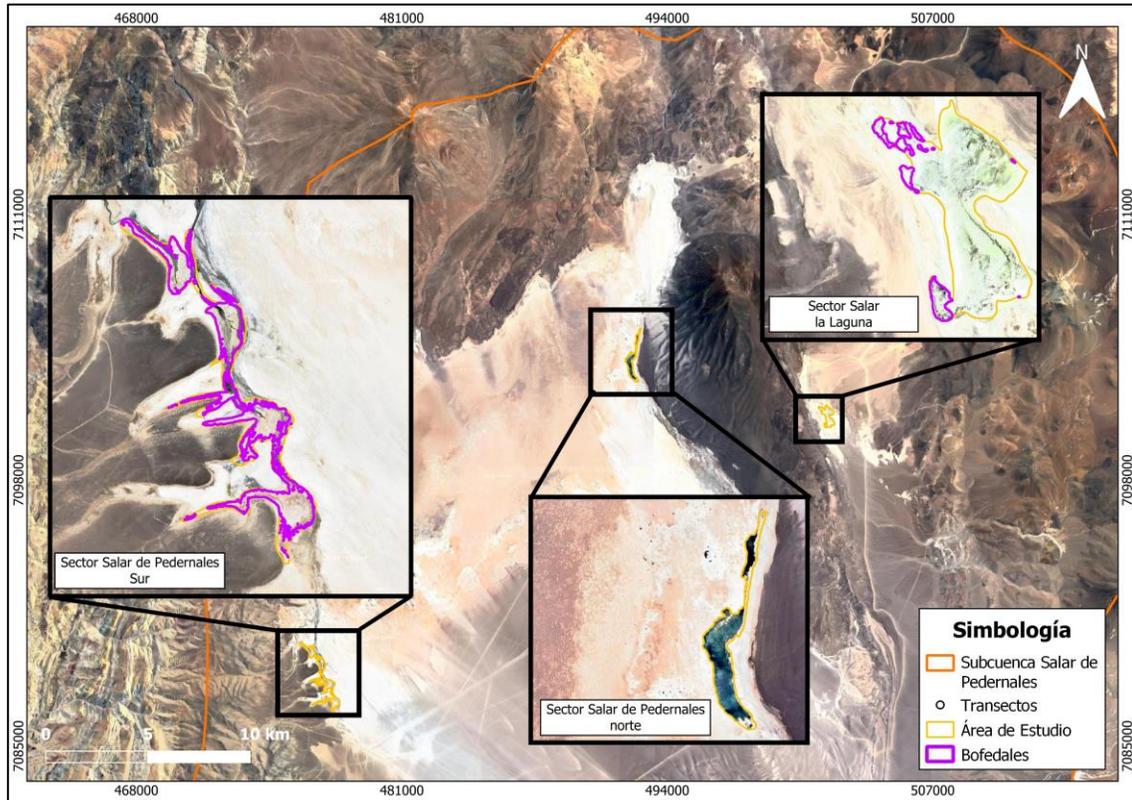
Tabla 5-45. Formaciones vegetacionales identificadas por sector.

Tipo formación	Salar de Pedernales Sur	Salar de Pedernales Norte	La Laguna	La Ola	Piedra Parada	Quebrada Asiento	Quebrada Ciénaga	Quebrada Pastos Largos	Quebrada Río Negro	Quebrada Tinajas	Tordillos	Quebrada Vertientes 2	Leoncito	Quebrada el Colorado	Total
Bofedales	x		x		x										3
Pajonales hídricos salinos				x			x	x	x		x	x	x		7
Vegetación zonal						x				x				x	3
Sin formación vegetal		x													1

Fuente: Econativa Consultores, 2023.

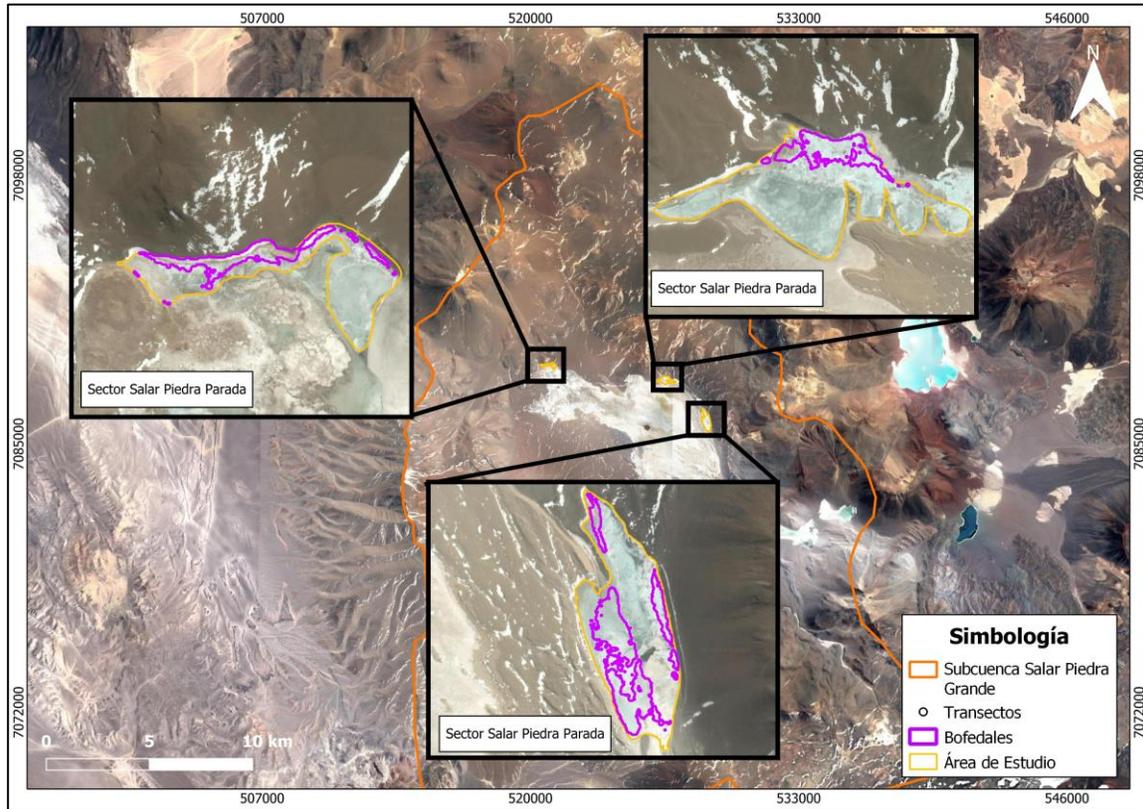
A continuación, se muestra la ubicación de las formaciones vegetacionales identificadas tras la campaña de terreno, en la cual se visualiza que las formaciones de bofedal se concentraron en el sector norte de la zona estudiada, mientras que las formaciones de vegetación zonal lo hicieron hacia el oeste.

Figura 5-20. Ubicación de formaciones vegetacionales en subcuenca Salar de Pedernales.



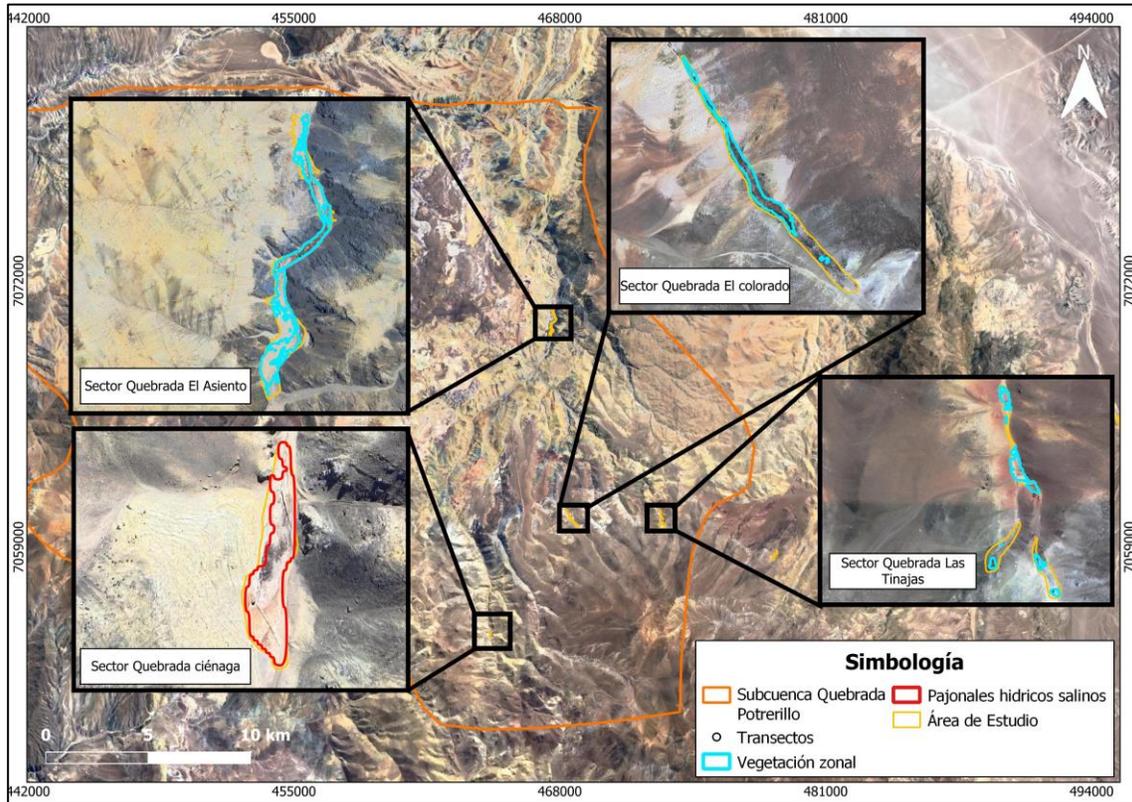
Fuente: Econativa Consultores.

Figura 5-21. Ubicación de formaciones vegetacionales subcuenca Salar Piedra Parada.



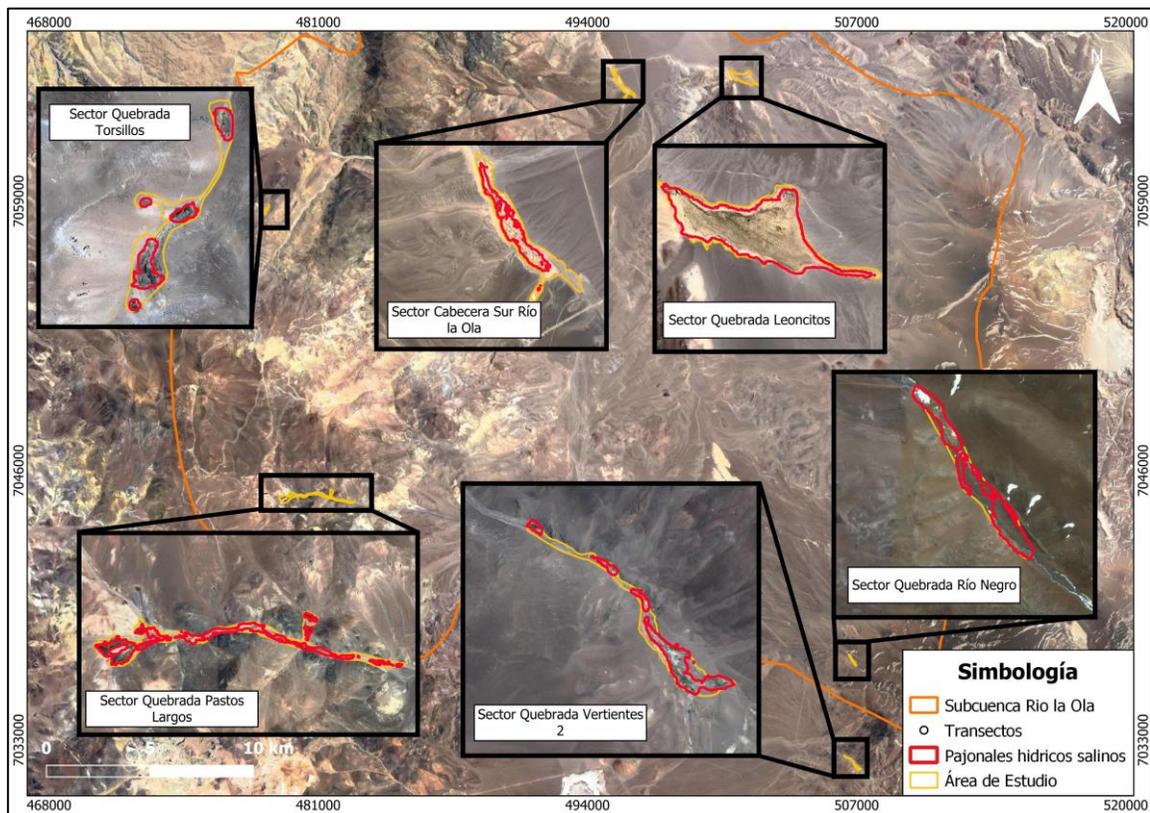
Fuente: Econativa Consultores.

Figura 5-22. Ubicación de formaciones vegetacionales subcuenca Quebrada Potrerillo.



Fuente: Econativa Consultores.

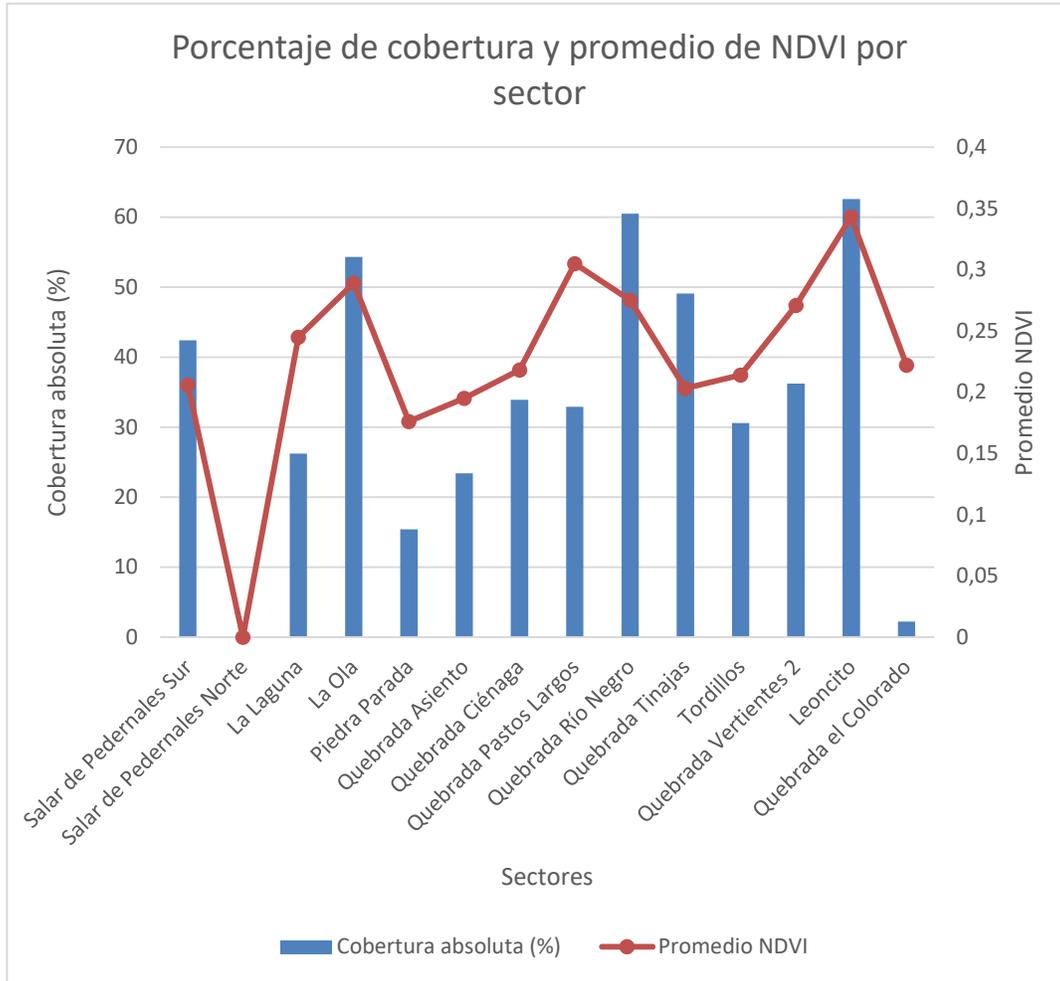
Figura 5-23. Ubicación de formaciones vegetacionales subcuenca Río la Ola.



Fuente: Econativa Consultores.

En cuanto a la cobertura absoluta obtenida de los transectos, la información de terreno permitió determinar que los sectores Leoncito (62,6%), Quebrada Río Negro (60,5%) y Cabecera Sur Río La Ola (54,3%), fueron los de mayor cobertura, mientras que los sectores Quebrada el Colorado (2,2%), Salar Piedra Parada (15,4%) y Quebrada Asiento (23,4%), correspondieron a los de menor cobertura absoluta. Cabe señalar que, el sector Salar de Pedernales Norte, no presentó cobertura vegetal (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Estos resultados son coincidentes con los valores promedio de NDVI presentados por sector, donde las zonas de mayor cobertura vegetal absoluta correspondieron a aquellos de mayor NDVI (Gráfico 5-29).

Gráfico 5-29. Porcentajes de cobertura determinada en terreno y promedio de NDVI por sector.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el índice NDVI permitió identificar que los sectores de mayor superficie vegetal activa corresponden a Leoncitos, Salar de Pedernales Sur y Quebrada Pastos Largos. Mientras que las de menor superficie corresponden a Quebrada Ciénega, Tordillos y La Laguna, además del sector Salar de Pedernales Norte en el cual el índice no logró determinar vegetación activa, lo que coincide con la información de terreno (Tabla 5-46).

Tabla 5-46. Cobertura absoluta y superficie de vegetación activa por sector

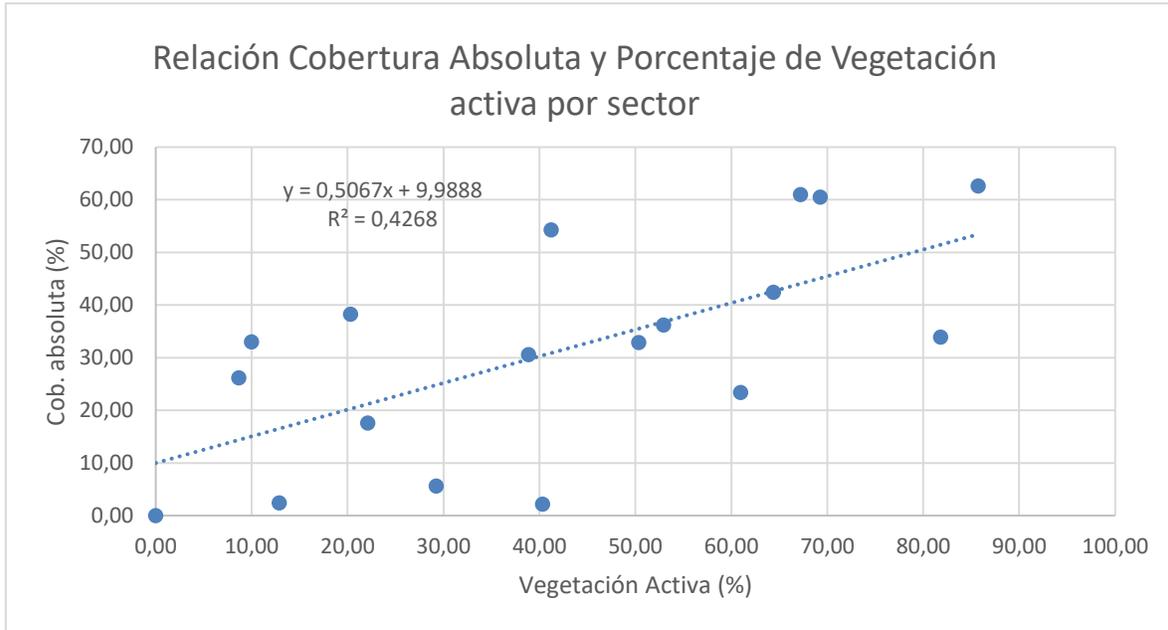
Sector	Superficie sector (ha)	Superficie vegetación activa (ha)	Porcentaje vegetación (%)	Cobertura absoluta (%)	Valor corte NDVI para vegetación activa	Promedio NDVI área con vegetación activa	Máximo NDVI área con vegetación activa
Sector Salar de Pedernales Sur	103,12	66,41	64,40	42,40	0,11	0,18	0,43
Sector Salar de Pedernales Norte	49,35	0,00	0,00	0,00	S/V	S/V	S/V
Sector Salar La Laguna	39,07	3,39	8,68	26,20	0,10	0,19	0,44
Sector Cabecera Sur Río La Ola	30,38	12,52	41,21	54,30	0,30	0,36	0,47
Sector Salar Piedra Parada 1	8,30	1,69	20,33	38,25	0,11	0,19	0,35
Sector Salar Piedra Parada 2	18,18	2,34	12,87	2,40	0,09	0,12	0,2
Sector Salar Piedra Parada 3	29,95	8,76	29,25	5,60	0,12	0,15	0,24
Sector Quebrada Asiento	10,07	6,14	60,97	23,40	0,15	0,2	0,47
Sector Quebrada Ciénega	0,88	0,72	81,82	33,90	0,11	0,19	0,4
Sector Quebrada Pastos Largos	45,89	23,11	50,36	32,90	0,23	0,37	0,72
Sector Quebrada Río Negro	3,71	2,57	69,27	60,50	0,10	0,24	0,66

Sector	Superficie sector (ha)	Superficie vegetación activa (ha)	Porcentaje vegetación (%)	Cobertura absoluta (%)	Valor corte NDVI para vegetación activa	Promedio NDVI área con vegetación activa	Máximo NDVI área con vegetación activa
Sector Quebrada Tinajas 1	1,22	0,82	67,21	60,98	0,14	0,22	0,54
Sector Quebrada Tinajas 2	0,90	0,09	10,00	33,00	0,24	0,33	0,45
Sector Quebrada Tinajas 3	0,86	0,19	22,09	17,60	0,18	0,22	0,37
Sector Tordillos	2,11	0,82	38,86	30,60	0,20	0,27	0,49
Sector Quebrada Vertientes 2	5,42	2,87	52,95	36,20	0,11	0,25	0,55
Sector Leoncito	48,69	41,75	85,75	62,60	0,17	0,35	0,52
Sector Quebrada Colorado	4,39	1,77	40,32	2,20	0,21	0,27	0,45

Fuente: Econativa Consultores, 2023.

Al determinar relaciones entre la cobertura absoluta obtenida de los transectos y el porcentaje de vegetación activa obtenida de la información satelital y tratamiento de imágenes con índice espectral NDVI, se establece que existe una relación positiva entre estas dos variables de carácter medio (0,43) (Gráfico 5-30).

Gráfico 5-30. Relación cobertura absoluta y porcentaje de vegetación activa por sector.



Fuente: Econativa Consultores, 2023.

6. DISCUSIONES

Durante la campaña de terreno, se identificó una total de 42 especies vegetales. De estas, 12 correspondieron a especies zonales y 30 a especies azonales. Si bien dentro de los sectores estudiados no se encontraron especies en categoría de conservación RCE, en las cercanías del sector Quebrada Tinajas se observó la presencia de *Alstroemeria andina*, la cual se encuentra clasificada como en preocupación menor (LC) D.S. 13/2013 MMA. Esta especie es zonal, cuyo hábitat corresponde a taludes arenosos o rípios de cordillera, no asociándose a los ecosistemas de humedales altoandinos (Muñoz y Moreira, 2003). La riqueza total registrada difiere con estudios realizados en humedales altoandinos del norte de Chile, lo cual estaría explicado por la superficie del área estudio. En el caso de Puertas *et al.* (2023) describen 25 especies para el salar de Michincha, pero solo se considera el área donde domina el salar, por tanto, se puede establecer que existe coherencia con los resultados obtenidos considerando que 30 de las 42 especies registradas en el presente estudio son propios ambientes zonales. Tellier y Becerra (2003) describen la presencia de 21 taxa para el salar de Ascotán, siendo congruente de igual forma con los datos obtenidos.

Con respecto a la riqueza de los sectores estudiados, Quebrada Tordillos fue el de mayor riqueza de especies, en conjunto con los sectores Quebrada Pastos Largos, Quebrada Vertientes 2 y Salar Piedra Parada, mientras que las de menor riqueza correspondieron a los sectores Quebrada Asiento, Quebrada Río Negro, Leoncito y Cabecera Sur Río La Ola. Esto expresaría que las formaciones de bofedales tienden a ser más diversas que aquellas de naturaleza zonal, mientras que la diversidad de pajonales hídricos salinos varía entre sí. Universidad de Antofagasta (S.A) menciona que existen diferencias en la salinidad de los efluentes que alimentan el Salar de Pedernales registrándose desde aguas diluidas a salobres. Esta diferencia podría tener relevancia en la riqueza florística de los pajonales hídricos salinos, ya que según la concentración de sales es posible determinar una variabilidad de especies incluso dentro de un mismo ecosistema (Tellier y Becerra, 2003; Ruthsatz, 2022), sin embargo, no se debe descartar que otros factores pudieran estar afectando la riqueza de especies de determinados sectores.

Considerando la composición y dominancia de especies de cada sector, fue posible identificar que gran parte de los sectores estudiados corresponden a Pajonales hídricos salinos, los cuales son dominados por especies cespitosas como las del género *Deyeuxia*, concordando con lo propuesto por Ahumada y Faundes (2009). Por otro lado, los sectores ubicados al norte del sistema correspondieron a formaciones vegetacionales de bofedales, conformados por la presencia de las especies *Oxychloë andina* y *Zameioscirpus atacamensis*, formaciones que se asocian a la presencia de salares y cuya dominancia también es relatado por Ahumada y Faundes (2009). Mientras que al oeste del sistema estudiado se identificó una dominancia de especies zonales, conformando

formaciones de vegetación zonal. Esta distribución de las formaciones podría atender a la geomorfología del Salar de Pedernales y Sistemas Aledaños, presentándose los bofedales en la zona donde se encuentra el Salar, unidad que corresponde a la zona baja del área de estudio (3.300 – 3.500 m.s.n.m. aproximadamente), mientras que en las zonas altas del área de estudio (3.600 – 4.300 m.s.n.m. aproximadamente), donde dominan quebradas que aportan el afluente del Salar, se presentan los pajonales hídricos salinos y solo una formación de vegetación zonal. Sin embargo, Puertas *et al.* (2023) establecen que para el caso de estudio del Salar Michincha (región de Tarapacá) los pajonales hídricos dominados por especies del género *Deyeuxia* corresponderían a formaciones transicionales provenientes de bofedales dominados por especies como *O. andina*. Si bien los autores no atribuyen el total de esta transición a la alteración por recarga hídrica del salar, si evidencian una relación entre la dominancia de las formaciones transicionales y el inicio de esta recarga. Esto podría suponer que la distribución de las formaciones también atendería a un deterioro del sistema estudiado. En el citado estudio fue posible llegar a dicha conclusión tras un análisis multitemporal de la composición florística del área de estudio, por tanto, para que en el presente caso se pueda refutar o aceptar dicha hipótesis es imprescindible reiterar el monitoreo realizado. A esto se adiciona que otros autores suponen que la presencia de especies zonales se podría asociar al deterioro de los ecosistemas de SVAHT, pues implica la colonización de especies con menor demanda de agua (Ahumada y Faundez, 2009; Ruthsatz, 2022), relevando aún más la importancia de monitorear la diversidad de especies dentro del sistema estudiado.

El uso de información satelital e índices multispectrales (NDVI) permitieron corroborar y complementar la información levantada en terreno, considerando que, en términos generales, los mayores valores de NDVI se asociaron a las formaciones de pajonales hídricos salinos, lo cual estaría relacionado con la presencia de especies de la familia Poales caracterizadas por tener una mayor vigorosidad, tasa de crecimiento y densidad al momento de colonizar determinados ambientes. Los valores de corte de NDVI para delimitar la vegetación fluctuaron entre 0,09 y 0,23 (Tabla 5-46), esta oscilación de valores concuerda con estudios similares, estableciendo De la Fuente *et al.* (2021) valores de 0,09 para el caso del Salar de Pedernales, mientras que Puertas *et al.* (2023) definen un valor de corte de 0,10 para el Caso de Salar Michincha. Chávez *et al.* (2019) definen un valor de corte de 0,23 para pajonales altoandinos de altiplano chileno. Estos gradientes de variación atienden a las diferencias en la composición florística de cada formación estudiada, reiterándose que los pajonales tienden a presentar un mayor valor de NDVI en relación con bofedales altoandinos, los cuales a su vez varían entre sí (Moreau *et al.*, 2003; Otto *et al.*, 2011).

Al determinar los mayores valores promedios de NDVI para definir el área de estudio (Tabla 5-1), se establecen que estos se presentan en el año 2023. Esto sería la expresión de elevadas precipitaciones en el año 2022, cuyo fenómeno fue relatado previamente por Anderson *et al.* (2021), estableciendo que entre los años 2013 a 2015 se evidenció un aumento de los valores de

NDVI para gran parte de la vegetación azonal presente en la porción del Altiplano andino chileno debido al aumento de las precipitaciones en años previos. Paicho (2022) destaca que entre el año 2000 a 2020 en la vegetación altoandina en general se ha evidenciado un aumento de los valores de NDVI (0,023 por década) que se relaciona positivamente con la precipitación, sin embargo, este mejoramiento del NDVI no se relaciona con un mejoramiento en el estado de los sistemas estudiado, ya que pueden existir fenómenos asociados al deterioro de estos, como es el caso relatado anteriormente del reemplazo de bofedales por pajonales hídricos. En este sentido, un cambio de estas formaciones estaría asociado a un aumento del NDVI, denotando un deterioro de los ecosistemas estudiados.

A modo general, fue posible determinar una relación positiva de carácter medio ($R^2 = 0,43$) entre la cobertura absoluta de cada transecto y el porcentaje de vegetación activa dentro del sector, en este sentido, mientras mayor cobertura absoluta en un sector exista, mayor será el porcentaje de vegetación activa. Estas variables son dependientes entre sí, por lo que los valores presentados son los esperados.

7. CONCLUSIONES

Se registraron un total de 42 especies vegetacionales, correspondientes principalmente a herbáceas nativas, acompañadas de arbustos y subarbustos de origen nativo, además de dos especies herbáceas endémicas las cuales fueron *Nastanthus caespitosus* y *Alstroemeria andina*. De esta última es importante destacar que, se encuentra en categoría de conservación, clasificada como preocupación menor (LC), sin embargo, como se mencionó en el apartado 5.3, esta se encontró cercano al transecto T51, del sector Tinajas, y por lo tanto fuera del área de estudio.

En torno a la riqueza presentada por sector, el sector Leoncito (13) fue el de mayor riqueza de especies, en conjunto con los sectores Quebrada Tordillos (10), Río Negro (10), Quebrada Vertientes 2 (9) y Quebrada Asiento (9), mientras que las de menor riqueza correspondieron a los sectores Salar de Pedernales Sur (7), Cabecera Sur Río La Ola (6), Quebrada Pastos Largos (5), Salar Piedra Parada (2), y Salar de Pedernales Norte (0).

En cuanto a la cobertura vegetal, la información de los transectos realizados en terreno permitió definir a los sectores Leoncito, Quebrada Río Negro y Cabecera Sur Río La Ola, como los de mayor cobertura absoluta. Mientras que los sectores Salar de Pedernales Norte, Quebrada el Colorado, Salar Piedra Parada y Quebrada Asiento, fueron los de menor cobertura. Estos resultados fueron coincidentes con los valores promedio de NDVI presentados por sector, donde las zonas de mayor cobertura vegetal absoluta correspondieron a aquellos de mayor NDVI.

La composición y dominancia de especies permitió definir que, tres sectores correspondieron a formaciones de bofedal, tres sectores a formaciones de vegetación zonal, y siete a pajonales hídricos salinos. En cuanto al patrón de distribución de estas formaciones, se establece que los bofedales se presentan en la zona del Salar, unidad que corresponde a la zona baja del área de estudio (3.300 – 3.500 m.s.n.m. aproximadamente), mientras que en las zonas altas del área de estudio (3.600 – 4.300 m.s.n.m. aproximadamente), donde dominan quebradas que aportan el afluente del Salar, se presentan los pajonales hídricos salinos y solo una formación de vegetación zonal.

La presencia de especies zonales en los sectores Quebrada Tinajas, Quebrada el Colorada y Quebrada Asiento, fue un factor especialmente relevante, ya que indicaría el posible deterioro de los ecosistemas, por lo que es necesario monitorear su presencia y cobertura a lo largo de los SVAHT. En adición, se destaca que los pajonales hídricos también podrían corresponder a formaciones transicionales de deterioro, sin embargo, para aseverar dicha hipótesis es necesario contrastar datos de composición de especies de los sectores estudiados con años anteriores.

8. REFERENCIAS

- Adam, E., Mutanga, O., & Rugege, D. (2010). Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands Ecology and Management*, 18(3), 281–296.
- Anderson, T., Christie, D., Chávez, R. y Olea, M. (2021). Spatiotemporal peatland productivity and climate relationship across the western south american altiplano. *JGR Biogeoscience*. Vol. 126 (6). 12 – 24 p.
- Ahumada, M. y Faúndez, L. (2009). Guía Descriptiva de los Sistemas Vegetacionales Azonales Hídricos Terrestre de la Ecorregión Altiplánica (SVAHT). Ministerio de Agricultura de Chile, Servicio Agrícola y Ganadero, 118 pp.
- Chavez, R., Christie, D., Olea, M. y Anderson, T. (2019). A Multiscale Productivity Assessment of High Andean Peatlands across the Chilean Altiplano Using 31 Years of Landsat Imagery. *Remote sensing*. Vol 11. 23 p.
- Burton ML, Samuelson LJ, Mackenzie MD (2009) Riparian woody plant traits across an urban-rural land use gradient and implications for watershed function with urbanization. *Landsc Urban Plan* 90:42–55.
- CONAF – CONAMA - BIRF. (1999). Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile. 88 pp.
- Convención de Ramsar sobre los Humedales (2018) Perspectiva mundial sobre los humedales:
- De la Fuente, A., Meruane, C. y Suárez, F. 2021. Long-term spatiotemporal variability in high Andean wetlands in northern Chile. *Science of the Total Environment*. Vol. 756. 13 p.
- Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas.
- Ekka A, Pande S, Jiang Y, Zaag P Van Der (2020) Water Anthropogenic Modifications and River Ecosystem Services: A Landscape Perspective. *Water* 12:1–21.
- Ferreira CSS, Kašanin-Grubin M, Solomun MK, Sushkova S, Minkina T, Zhao W, Kalantari Z (2023) Wetlands as nature-based solutions for water management in different environments. *Curr Opin Environ Sci Heal* 33.
- Flores L, Contreras-López M, Figueroa Sterquel, Rodrigo Arenas Martija A (2022) Humedal costero de Mantagua: Un lugar para la conservación de la biodiversidad en Chile Central. Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Garreaud R, Vuille M, Clement AC (2003) The climate of the Altiplano: Observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 194:5–22.

Hernández, J. (2000). Manual de Métodos y Criterios para la Evaluación y Monitoreo de la Flora y Vegetación. 37 p.

Huete, A. (2012) Vegetation índices, remote sensing and forest monitoring, *Geogr. Compass*, 6.

McFeeters, S. (1996). The use of the Normalized Differences Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.*, 17

Ministerio de Medio Ambiente. 2012. DS 41/2012 y 42/2012: Sexta y Séptima Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N°40.234 del 11 de abril de 2012.

Ministerio de Medio Ambiente. 2012. DS 33/2012: Quinta Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N°40.198 del 27 de febrero de 2012. Página 5.

Ministerio de Medio Ambiente. 2012. DS 19/2012. Octava Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N° 40.482 del 11 de febrero de 2013.

Ministerio de Medio Ambiente. 2012. Ficha de antecedentes de especie: *Alstroemeria andina*. 1-7.

Ministerio de Medio Ambiente. 2013. DS16/2016 duodécima Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente. 2013. DS38/2015 undécima Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente. 2013. DS6/2017 décima tercera Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente. 2013. DS79/2018 décima cuarta Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente. 2013. DS13/2013 Noveno Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile.

Ministerio de Medio Ambiente. 2013. DS52/2014 Decima Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaria General de la Presidencia. Santiago de Chile.

MINSEGPRES. 2007. DS 151/2007: Primera Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N° 38.722 del 24 de Marzo de 2007.

MINSEGPRES. 2008a. DS 50/2008: Segunda Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N° 39.100 del 30 de Junio de 2008.

MINSEGPRES. 2008b. DS 51/2008: Tercera Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N° 39.100 del 30 de Junio de 2008.

MINSEGPRES. 2009. DS 23/2009: Cuarta Clasificación de Especies según su estado de Conservación. Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Santiago de Chile. Diario Oficial N° 39.355 del 7 de mayo de 2009.

Moreau, S., Bosseno, R., Gu, X.F. y Baret, F. (2003). Assessing the biomass dynamics of Andean bofedal and totora high-protein wetland grasses from NOAA/AVHRR. *J. Remote Sensing of Environment*, Vol. 85. 516-529.

Muñoz, M. & Moreira, A. (2003). *Alstroemerias de Chile. Diversidad, distribución y conservación*. Taller La Era, Santiago de Chile. 140 pp.

Otto M., Scherer D. y Richters J. (2011). Hydrology differentiation and spatial distribution of high altitude wetlands in a semi-arid Andean region derived from satellite data. *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol. 15. 1713-1727.

Paicho, A. (2022). *Dinámicas espaciales y temporales de la vegetación zonal en la Región Altiplano Andino, Hostop de Biodiversidad Andes Tropicales (2000 – 2020)*. Tesis presentada al Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad de Chile, para optar al grado académico de Magister en Geografía. 109 p.

Planet Team. (2017). *Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth*. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>.

Ramos, H., García, J., Muñoz, J. & Garcia, X. (2013). Guía de densidad para manejo de bosques naturales de *Pinus teocote* Schelcht. *Et Cham. En Hidalgo. Rev. Mex. Cien. For.* Vo.l 14 (19). 62 - 77.

Perillo G, Wolanski E, Cahoon D, Hopkins C (2019) *COASTAL WETLANDS AN INTEGRATED ECOSYSTEM*, Second. Elsevier, Amsterdam.

Russo RE (2008) *Wetlands: Ecology, Conservation and Restoration*. Nova Science Publishers IN (ed) New York, USA, p 465.

Ruiz-Eskude, M.J., (2015). "Assessing high altitude andean wetlands using plant community structure: a multivariate análisis and remote sensing approach. The faculty of graduate and postdoctoral studies (Forestry). The university of British Columbia, Vancouver. 127 pp.

Ruthsatz, B., (1995). Vegetación y ecología de los bofedales tropicales altoandinos del norte de Chile. *Phytocoenologia* 25 (2): 185-234. Traducción: G. Kottirsch & L. Cavieres. 2022. En: *Chloris Chilensis*, Año 25 (1): 165-214.

Squeo, F. A., Arroyo, M. T., Marticorena, A, ArancioG., Muñoz-Schick, M., Negritto, M. & Barrera, E. (2008). Catálogo de la Flora Vascular de la Región de Atacama. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama, La Serena, Kap, 6, 97-120.

Simeone A, Oviedo E, Bernal M, Flores M (2008) Las aves del humedal de Mantagua: riqueza de especies, amenazas y necesidades de conservación. *Boletín Chil Ornitología* 14:22–35.

Tang, Liang, Mingzhu He, and Xinrong Li. (2020). Verification of Fractional Vegetation Coverage and NDVI of Desert Vegetation via UAVRS Technology. *Remote Sensing* 12, no. 11: 1742.

Tellier, S. & Becerra, P. (2003). Flora y vegetación del Salar de Ascotan, Andes del Norte de Chile. *Gayana bot.* Vol. 60(2). 114 – 122.

Universidad de Antofagasta. (S.A.). Salar de Pedernales. PED. 105 – 124.

Torres A, Acevedo E (2008) El Problema de Salinidad en los Recursos Suelo Y Agua que Afectan el Riego y Cultivos en los valles de Lluta y Azapa en el Norte de Chile. *Idesia*:31–44.

Vila T (1990) Salar Deposits in Northern Chile. In: *Stratabound Ore Deposits in the Andes*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, p 703–720

