



INFORME



**FLORA Y FAUNA DE VERTEBRADOS TERRESTRES
PRESENTES EN EL ÁREA DEL PROYECTO “PILAS DINÁMICAS DE
LIXIVIACIÓN”, COMPAÑÍA MINERA
DOÑA INÉS DE COLLAHUASI**

Noviembre 2007



INDICE

1. INTRODUCCION	3
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivos Generales	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3. METODOLOGÍA	4
3.1 Flora y Vegetación Terrestre	4
3.2 Fauna de vertebrados Terrestres	5
4. RESULTADOS	7
4.1 Área de Estudio	7
4.2 Flora y Vegetación Terrestre	11
4.2.1 Riqueza de especies	11
4.2.2. Abundancia de especies	12
4.2.3 Vegetación	14
4.2.4. Relaciones de similitud de flora y vegetación entre estaciones	16
4.2.5. Estado de conservación de la flora y Formaciones vegetacionales	17
4.2.6 Riqueza de especies (Segunda campaña)	18
4.2.7 Abundancia de especies	20
4.2.8 Análisis de especies en categoría de conservación	21
4.3 Fauna de Vertebrados Terrestres	22
4.3.1 Riqueza de especies	22
4.3.2 Frecuencia y abundancia relativa de vertebrados	24
5. CONCLUSIONES	26
5.1 Flora y Vegetación Terrestre	26
5.2 Fauna de Vertebrados Terrestres	27
6. ANEXOS	29
7. LITERATURA CITADA	36

1. INTRODUCCIÓN

Como parte del ambiente biológico presente en un sector particular, la flora y la fauna de vertebrados son elementos a considerar en cualquier estudio de proyectos que involucren la alteración de tales ambientes. El estudio de la flora y la fauna permiten establecer tanto la presencia de especies importantes, como los potenciales efectos de la perturbación humana sobre ellos. El área de estudio corresponde al altiplano de la Región de Tarapacá, al interior de la Mina Doña Inés de Collahuasi, en un tramo ubicado entre las actuales pilas de lixiviación y el botadero de material estéril.

El objetivo de la presente asesoría, es realizar un reconocimiento del medio biótico, considerando la flora y fauna terrestres en el área de influencia del proyecto. El área de estudio abarca dos unidades fisiográficas: tolares y coironales ralos en un sector plano y carcanales con roqueríos en uno de sus bordes, en los que se encontraron llaretales y queñoales.

La existencia de las unidades fisiográficas descritas, la altitud y el clima estepárico de altura (Fuenzalida 1965) determinan la existencia de una vegetación conformada por matorrales bajos (tolares) y praderas con predominancia de gramíneas (coironales). Ambas formaciones vegetales se encontraron a lo largo de toda la extensión del área estudiada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Realizar un reconocimiento del medio biótico considerando la fauna de vertebrados terrestres, la flora y la vegetación. Este estudio permitirá conocer el actual estado del medio en el área de influencia del Proyecto “Adecuación Pilas Lixiviación Collahuasi”, que se desarrolla al interior de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, Región de Tarapacá.

2.2 Objetivos Específicos

Flora Terrestre

- Determinar la riqueza florística en el área de influencia directa del proyecto (diversidad biológica);

- Determinar la abundancia y ubicación (en el marco del proyecto) de las especies descritas;
- Analizar el estado de conservación y endemismo de las especies presentes en el área de estudio;
- Comparar la presencia y abundancia de especies amenazadas (llaretas y queñoas) en sectores de carcanal dentro y fuera del área de influencia del proyecto.

Vegetación

- Referenciar la vegetación presente en el área de influencia del proyecto;
- Determinar la presencia y representatividad (%) de las diferentes formaciones vegetacionales sobre el conjunto de las estaciones de muestreo establecidas en el nuevo tramo.

Fauna

- Determinar la presencia de fauna de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) que habitan en el área de influencia del proyecto;
- Determinar la abundancia de cada grupo de vertebrados terrestres (mediante censos, conteos, etc.) y ubicación (en el marco del proyecto) de las especies presentes;
- Analizar el estado de conservación y endemismo de las especies presentes en el área de estudio;
- Comparar la actividad de vizcachas (especie amenazada) en sectores dentro y fuera del área de influencia del proyecto.

3. METODOLOGÍA

3.1 Flora y Vegetación Terrestre

La metodología empleada en el estudio vegetacional está basada en la Carta de Ocupación de Tierras (CEPE Montpellier, Francia) y que ha sido ocupada con modificaciones en varias regiones del país (Etienne y Prado 1982). Esta metodología entrega una caracterización del estado actual de la vegetación en cuanto a su estructura vertical (estratos), estructura horizontal (cobertura) y sus especies dominantes. Además se realizó un listado de riqueza florística asignando un valor de cobertura absoluta (%) según Braun-Blanquet (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) (Anexo I). La prospección de terreno se desarrolló en dos campañas: la primera, del 24 al 26 de septiembre de 2007, donde se realizaron 8 descripciones vegetacionales, una en cada estación de muestreo,

en el área estudiada, y la segunda campaña, entre el 12 y 14 de noviembre de 2007, donde se efectuaron 27 estaciones de muestreo, las que se presentan en la Tabla 4.1.2; estas estaciones contaron con 4 parcelas cada una de 100 m².

Análisis de la información

La flora se analizó en base al estado de conservación de las especies, de acuerdo con el Libro Rojo de la Flora Vasculare de Chile (Benoit 1989), así como su grado de endemismo. Se analizó la estructura de la vegetación en cada estación y la relación entre estaciones mediante un Análisis de Componentes Principales (PCA). Además se analizó la vulnerabilidad de las formaciones vegetacionales encontradas de acuerdo con Ormazabal (1989) y la representación de ellas a una escala regional y nacional. El material vegetal recolectado se determinó utilizando la bibliografía disponible. La nomenclatura de las especies sigue a Marticorena y Quezada (1985), salvo actualizaciones posteriores.

Para comparar la abundancia de Lletas y Queñoas (numero de individuos), dentro y fuera del área de influencias, se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

3.2 Fauna de Vertebrados Terrestres

La caracterización del medio se realizó mediante un muestreo cualitativo-cuantitativo en diferentes sectores, abarcando toda el área de Influencia del proyecto (tolares, coironales, roqueríos). Este tipo de muestreo permite abarcar una gran superficie (muestreo cualitativo) y recopilar la mayor cantidad de información posible (muestreo cuantitativo). El área de estudio está ubicado entre las actuales pilas de lixiviación y el botadero (ver Figura 1).

La unidad del muestreo cuantitativo fueron los sectores o estaciones de muestreo, los cuales se definieron en función de la accesibilidad y homogeneidad del sector estudiado. El muestreo cualitativo estuvo orientado a describir los elementos más conspicuos y representativos del sitio (como las distintas formaciones vegetacionales). En cada estación de muestreo, se hizo un recorrido pedestre abarcando un circuito variable (150 a 400 m lineales), dependiendo de la homogeneidad del ambiente. Las estaciones se ubicaron en una disposición reticular, con una distancia entre estaciones de entre 500 y 700 m aproximadamente.

La determinación de la fauna se realizó principalmente, mediante observación directa de los individuos. En términos generales, los animales fueron identificados y fotografiados. Se estimó la abundancia relativa para cada clase, así como la proporción entre los individuos contabilizados de la especie y el total de individuos contabilizados de cada clase.

Se recorrieron las áreas de estudio (en vehículo y a pie) y se evaluó directamente la presencia y abundancia de vertebrados terrestres, anotando su presencia en función de avistamientos, capturas o audiciones, así como registros indirectos (por ejemplo fecas, huellas, egagrópilas y nidos). El muestreo de las distintas clases se efectuó siguiendo las metodologías dispuestas por CONAMA (1996).

La determinación de anfibios y reptiles se realizó mediante observación directa de los individuos. Estos fueron observados, identificados y fotografiados.

En el caso de las aves, se recorrió el área contabilizando los individuos de las diferentes especies con ayuda de binoculares 10 x 50, y registrando los ejemplares avistados o escuchados.

Para el estudio de mamíferos, en el caso de animales mayores (ej. vicuñas, zorros, vizcachas), se buscaron evidencias indirectas (huellas y fecas), además de avistamientos directos. Para los micromamíferos (ej. Tuco-tucos) se buscaron evidencias indirectas, como cuevas, fecas y huellas. En la segunda campaña, para cumplir con el objetivo de comparar la abundancia de vizcachas dentro y fuera del área de influencia del proyecto, se realizó un conteo de defecaderos recientes en 4 cuadrantes de 10 m x 10 m, por cada estación de muestreo en el ambiente de carcanal, totalizando 10 estaciones dentro del carcanal a intervenir y 10 estaciones en el carcanal pero fuera del área a intervenir. En total, se realizaron 80 cuadrantes (40 dentro y 40 fuera del área a intervenir, en ambientes de carcanal).

Análisis de la información

Para cada uno de los taxa identificados se analizó su estado de conservación de acuerdo con la Ley de Caza N° 19.473 (SAG 2006), así como su endemismo. Específicamente, el estado de conservación es el que corresponde a la zona norte (I a III regiones). Las especies censadas fueron comparadas en su abundancia y frecuencia relativas.

Para la identificación de las especies avistadas en terreno, se utilizaron las siguientes fuentes bibliográficas (en la medida que se avisten especies de estos grupos de animales):

- **Reptiles y Anfibios:** Cei (1962), Donoso-Barros (1966, 1970), Veloso & Navarro (1988), Núñez & Jaksic (1992) y Veloso *et al.* (1995), Formas (1995), Pincheira-Donoso & Núñez (2005), Mella (2005), Mella & Peñaloza (2005) y Ramírez & Pincheira-Donoso (2005).
- **Aves:** Johnson & Goodall (1965), Cody (1970), Araya & Millie (1996), Araya *et al.* (1995), Araya & Bernal (1995), Rottmann (1995), Pearman (1995), de la Peña & Rumboll (1998), Egli (1998, 2002), Jaramillo (2005), Martínez & González (2005).

- **Mamíferos:** Osgood (1943), Mann (1978), Tamayo & Frassinetti (1980), Miller & Rottmann (1976), Campos (1986, 1996), Reise & Venegas (1987), Redford & Eisenberg (1992), Willson & Reeder (1993), Contreras & Yáñez (1995) y Muñoz-Pedrerros & Yáñez (2000).

A modo de complemento general, se revisaron los estudios de Jaksic (1996), Lazo & Silva (1993), Torres-Mura (1994) y Muñoz *et al.* (1996).

Finalmente, para comparar la abundancia de vizcachas (medida como actividad con defecaderos recientes), dentro y fuera del área de influencias, se realizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

4. RESULTADOS

4.1 Área de Estudio

El área de estudio se ubica en el área de operaciones de la Mina Doña Inés de Collahuasi (Figura 4.1.1). El sector de estudio se dividió en estaciones o recorridos de muestreo, abarcando los distintos ambientes: tolar, coironal, combinaciones de ambos ambientes y carcanal (Tabla 4.1.1). Además, se dividió a las estaciones de muestreo en aquellas ubicadas dentro del área de influencia indirecta (primera campaña, 2 estaciones, B4.1 y B4.2; segunda campaña 10 estaciones (de PL12 a PL21) no serán intervenidas) y las localizadas en el área de influencia directa (primera campaña, las 6 estaciones restantes; segunda campaña, 17 estaciones (PL1, PL2 a PL11, PL22 a PL27) las que debieran ser intervenidas por el proyecto). Las estaciones del área de influencia indirecta se indican como un complemento del área general cercana al proyecto. En la primera campaña, para el muestreo de flora se establecieron 8 estaciones, las que fueron recorridas en una extensión variable con un radio mínimo de 70 m. y un radio máximo de 150 m. Para el muestreo de fauna se seleccionaron 6 estaciones en la primera campaña y 27 en la segunda. El muestreo de fauna en cada estación abarcó entre 15 y 45 minutos por sector (Tabla 4.1.1). El grado de intervención antrópica es de media a alta y está dado fundamentalmente por las faenas de caminos y movimiento de tierras (pilas de lixiviación, caminos, botadero de material estéril). La altitud en el área de estudio varía entre 4.203 m. y 4.261 m. (Tabla 4.1.2 y Figura 4.1.1). Sólo en los sectores de carcanal se observan zonas con menor intervención antrópica. El sustrato general es pedregoso, y en algunos sectores es arenoso. En las estaciones de muestreo, la vegetación presentó una cobertura variable entre las categorías de vegetación rala y abierta (Anexo I), con zonas de coironal y tolar bajo que no superan los 60 cm de altura. En los sectores de carcanal (roqueríos), con una mayor disponibilidad de piedras y rocas, se encuentran poblaciones importantes, en número de individuos, de *Azorella compacta* (llaretales) y *Polylepis tarapacana* (queñoales), así como de otras plantas leñosas y herbáceas. Además, estos sectores constituyen microhábitats para reptiles y roedores.

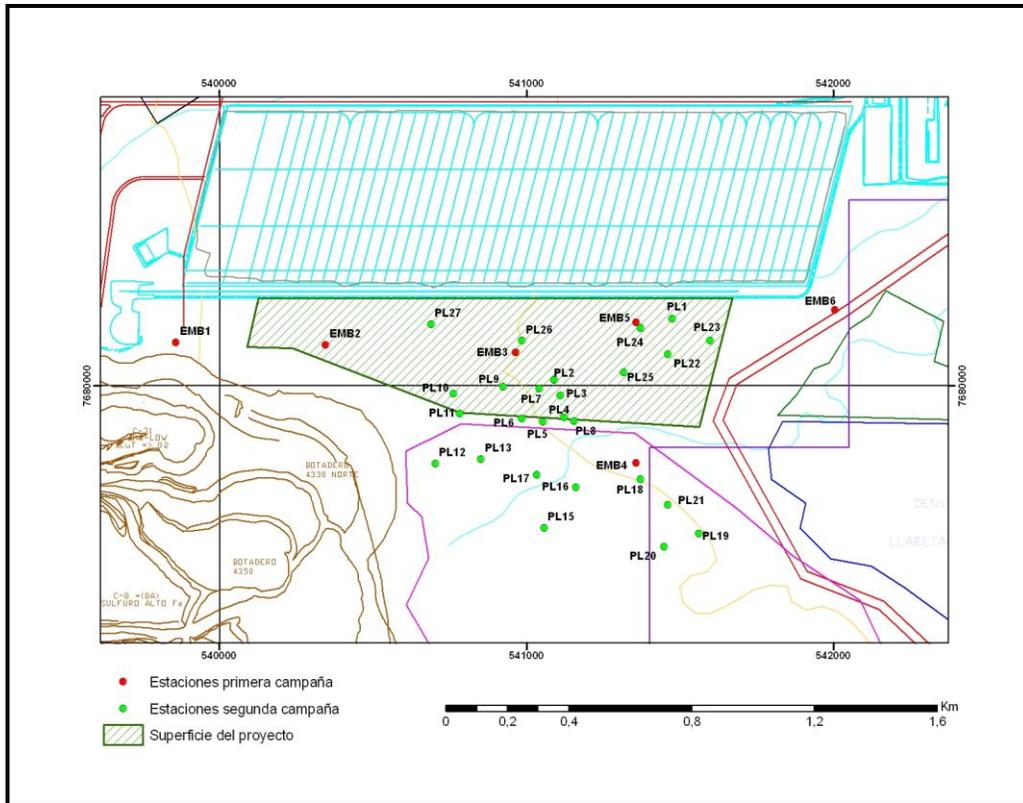


Figura 4.1.1: Ubicación de las estaciones de muestreo de flora y fauna. Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá. En la figura superior, el área achurada representa la superficie estimada del proyecto. En la figura inferior, los polígonos en rojo (A) indican área de carcanal y línea verde indica quebrada u hondonada (B) (Imagen inferior obtenida de Google Earth). Las estaciones B4.1 y B4.2 están en el área de influencia indirecta del proyecto.

Tabla 4.1.1: Estaciones de muestreo (EM) de flora y de fauna de vertebrados: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá (primera campaña). Las estaciones B4.1 y B4.2 se consideran dentro del área de influencia indirecta del proyecto, mientras que todo el resto están dentro del área de influencia directa del proyecto.

EM	Nombre de referencia	Coordenadas UTM (WGS 84)	Breve caracterización
EMB1	Borde botadero oeste	539776 E 7679816 N 4261 msnm	Plano, pedregoso, alta intervención antrópica (entre pilas y botadero, camino). Coironal abierto. 15 minutos de muestreo. Dominancia de gramíneas
EMB2	Plano tolar y coironal	540315 E 7679801 N 4236 msnm	Plano, pedregoso y tierra, alta intervención antrópica (caminos, pilas, botadero). Tolar bajo y coironal abierto. 20 minutos de muestreo.
EMB3.1	Borde carcanal e inicio quebrada	540905 E 7679762 N 4211 msnm	Plano, pedregoso, cerca borde carcanal, alta intervención antrópica (caminos, pilas). Coironal abierto, ambiente de quebrada. Con piedras planas. 30 minutos de muestreo. Presencia de <i>Azorella compacta</i> de las cuales se contabilizaron 4 individuos en 30x30 m
EMB3.2	Quebrada medio 1	540961 E 7679795 N	Solo muestreo de vegetación. Cobertura rala. En este sector se contabilizaron 13 individuos de <i>Azorella compacta</i> en 25x25 m. También se encontró <i>Polylepis tarapacana</i> .
EMB4.1	Borde sur carcanal 1	541299 E 7679394 N 4205 msnm	Plano, pedregoso, carcanal, media a alta intervención antrópica (caminos, pilas, pozos). Con piedras y roqueríos. Coironal bajo abierto. 45 minutos de muestreo. En las cercanías de este punto se encontró una población de <i>Polylepis tarapacana</i> y varios individuos de <i>Azorella compacta</i>
EMB4.2	Borde sur carcanal 2	541299 E 7679394 N 4205 msnm	Plano, pedregoso, carcanal, media a alta intervención antrópica (caminos, pilas, pozos). Con piedras y roqueríos Coironal bajo de cobertura abierta.
EMB5	Quebrada medio 2	541258 E 7679864 N 4203 msnm	Plano, pequeña depresión, pedregoso, alta intervención antrópica (pila muy cerca, caminos). Tolar bajo y coironal muy abierto. Con roqueríos. 20 minutos de muestreo. Presencia de <i>Azorella compacta</i> y <i>Polylepis tarapacana</i> .
EMB6	Borde pila este	541877 E 7679954 N 4187 msnm	Semiplano, pedregoso, carcanal, alta intervención antrópica (caminos, pilas). Tolar bajo muy ralo, coironal y carcanal, con rocas. 20 minutos de muestreo. Se contabilizaron 12 individuos de <i>Azorella compacta</i> en 25X25 m

Tabla 4.1.1 (continuación): Estaciones de muestreo (PL) de flora y de fauna de vertebrados: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá (segunda campaña). Las estaciones PL12 a PL21 se consideran dentro del área de influencia indirecta del proyecto, mientras que todo el resto están dentro del área de influencia directa del proyecto.

EM	Nombre de referencia	Coordenadas UTM (PSAT 56)	Breve caracterización
PL1	Estepa 1	541473 E 7680215 N 4194 msnm	Coironal y tolar ralo, semiplano, Alta intervención (caminos, pilas pozos)
PL2	Carcanal adentro 1	541089 E 7680018 N 4147 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL3	Carcanal adentro 2	541109 E 7679967 N 4174 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL4	Carcanal adentro 3	541122 E 7679895 N 4210 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL5	Carcanal adentro 4	541052 E 7679882 N 4211 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL6	Carcanal adentro 5	540984 E 7679891 N 4215 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo. Pedregal
PL7	Carcanal adentro 6	541041 E 7679988 N 4212 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL8	Carcanal adentro 7	541154 E 7679884 N 4211 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL9	Carcanal adentro 8	540924 E 7679994 N 4209 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL10	Carcanal adentro 9	540762 E 7679972 N 4221 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo. Escasa vegetación
PL11	Carcanal adentro 10	540782 E 7679908 N 4225 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo
PL12	Carcanal fuera 1	540702 E 7679746 N 4229 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo. Queñoal
PL13	Carcanal fuera 2	540851 E 7679760 N 4223 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL14	Carcanal fuera 3	540898 E 7679622 N 4224 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo. Queñoal
PL15	Carcanal fuera 4	541056 E 7679538 N 4227 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL16	Carcanal fuera 5	541161 E 7679670 N	Carcanal, coironal y tolar ralo.

		4215 msnm	
PL17	Carcanal fuera 6	541032 E 7679710 N 4223 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL18	Carcanal fuera 7	541371 E 7679695 N 4208 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL19	Carcanal fuera 8	541560 E 7679520 N 4215 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL20	Carcanal fuera 9	541448 E 7679477 N 4214 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL21	Carcanal fuera 10	541459 E 7679612 N 4207 msnm	Carcanal, coironal y tolar ralo.
PL22	Estepa 2	541460 E 7680100 N 4198 msnm	Plano, alta intervención (camino, pilas cerca), tolar y coironal
PL23	Estepa 3	541597 E 7680144 N 4192 msnm	Hondonada, alta intervención (camino, pilas cerca), tolar y coironal
PL24	Estepa 4	541371 E 7680186 N 4199 msnm	Hondonada, alta intervención (camino, pilas cerca), tolar y coironal
PL25	Estepa 5	541315 E 7680041 N 4195 msnm	Plano, alta intervención (camino, pilas cerca), tolar y coironal
PL26	Estepa 6	540985 E 7680144 N 4222 msnm	Plano, alta intervención (camino, pilas cerca), tolar y coironal
PL27	Estepa 7	540688 E 7680197 N 4226 msnm	Plano, alta intervención (camino, pilas cerca), tolar y coironal

4.2 Flora y Vegetación Terrestre

4.2.1 Riqueza de especies

Primera campaña

Se encontraron 22 especies de plantas vasculares terrestres, pertenecientes a 12 familias (Tabla 4.2.1). La familia más representada fue Asteraceae con 6 especies. Además se encontró sólo una especie representante por familia en 8 casos (66,7%). La riqueza por estación fluctuó entre 4 (Estación B3.1) y 14 taxa (Estaciones B4.1 y B5) con un promedio para el área de estudio de 9 y una dispersión moderada de los datos en torno al promedio (Desviación Estándar = DE = 4) (Tabla 4.2.2) (Figura 4.2.1). El coeficiente de variación indica una heterogeneidad de los datos relativamente alta (CV = 42%). *Parastrephia lepidophylla* (Asteraceae), *Pycnophyllum bryoides* (Caryophyllaceae) y *Stipa sp.* (Poaceae) son las especies más recurrentes, encontrándose en 7 estaciones de muestreo. En el segundo lugar, de las especies más representadas, se encuentran

Azorella compacta (Umbelliferae) y *Baccharis tola* (Asteraceae), las que se encontraron en 5 estaciones (Tabla 4.2.2). Se constató en terreno la presencia de 2 especies en categoría de conservación a nivel nacional: *Azorella compacta* (Estaciones B3, B3.1, B4.1, B5 y B6) y *Polylepis tarapacana* (Estaciones B.3.1, B4.1 y B5) (Tabla 4.2.2). En algunos casos, individuos de estas especies, se encontraron en el área de influencia directa del proyecto, por ejemplo en las estaciones B3.1, B3.2 B5 y B6 (Figura 1).

Del total de taxa, un 90,9% son nativos no endémicos de Chile y solo un 9,1% son taxa endémicos, estos son *Fabiana squamata* y *Baccharis tola* (Marticorena *et. al.* 1988). Debido a la dificultad de identificación, los taxa *Stipa* sp., *Nototriche* sp. y *Deyeuxia* sp. se determinaron como taxa nativas y no endémicas.

Tabla 4.2.1: Listado de Familias de plantas vasculares terrestres encontradas en el área de estudio: Proyecto pilas dinámicas de lixiviación, Collahuasi, Región de Tarapacá.

	Familias	Número de especies
1	Asteraceae	6
2	Cactacea	1
3	Caryophyllaceae	1
4	Ephedraceae	1
5	Fabaceae	2
6	Malvaceae	1
7	Poaceae	4
8	Rosaceae	1
9	Solanaceae	1
10	Umbelliferae	2
11	Valerianaceae	1
12	Verbenaceae	1

Tabla 4.2.2: Riqueza y cobertura de plantas vasculares terrestres y Familias, registradas durante la primera campaña en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá.

No	Especie	Familia	B1	B2	B3.1	B3.2	B4.1	B4.2	B5	B6
1	<i>Adesmia melanthes</i>	Fabaceae					<5		p	
2	<i>Adesmia oculata</i>	Fabaceae			p				p	
3	<i>Azorella compacta</i>	Umbelliferae			p	5	10		5	p
4	<i>Baccharis tola</i>	Asteraceae	p				<5	<5	p	p
5	<i>Conyza deserticola</i>	Asteraceae					p			
6	<i>Deyeuxia sp.</i>	Poaceae		p	p				p	
7	<i>Ephedra rupestris</i>	Ephedraceae			p					
8	<i>Fabiana squamata</i>	Solanaceae					5			
9	<i>Jarava frigida</i>	Poaceae			p		10		p	p
10	<i>Mulinum spinosum</i>	Umbelliferae			p			5	<5	p
11	<i>Nassella nardoides</i>	Poaceae	15	10	p				10	
12	<i>Nototriche sp.</i>	Malvaceae	p		p					
13	<i>Opuntia ignescens</i>	Cactacea	p							
14	<i>Parastrephia lepidophylla</i>	Asteraceae	5	p	p		5	15	p	p
15	<i>Parastrephia lucida</i>	Asteraceae					p		p	
16	<i>Parastrephia quadrangularis</i>	Asteraceae	p							
17	<i>Polylepis tarapacana</i>	Rosaceae				p	5		p	
18	<i>Pycnophyllum bryoides</i>	Caryophyllaceae	5	10	p		5	<5	5	p
19	<i>Senecio nutans</i>	Asteraceae				p	p		p	p
20	<i>Stipa sp.</i>	Poaceae	10	15	p		p	10	10	p
21	<i>Urbania pappigera</i>	Verbenaceae		<5		p	p	<5		
22	<i>Valeriana urbani</i>	Valerianaceae					p			
Riqueza total por estación			8	6	11	4	14	6	14	8
Riqueza Promedio / DE / CV			9/4/42							
Cobertura total por estación			35	35	0	1	40	30	30	0
Cobertura Promedio / DE / CV			21/18/83							

Abreviaturas: DE = Desviación estándar; CV = coeficiente de variación.

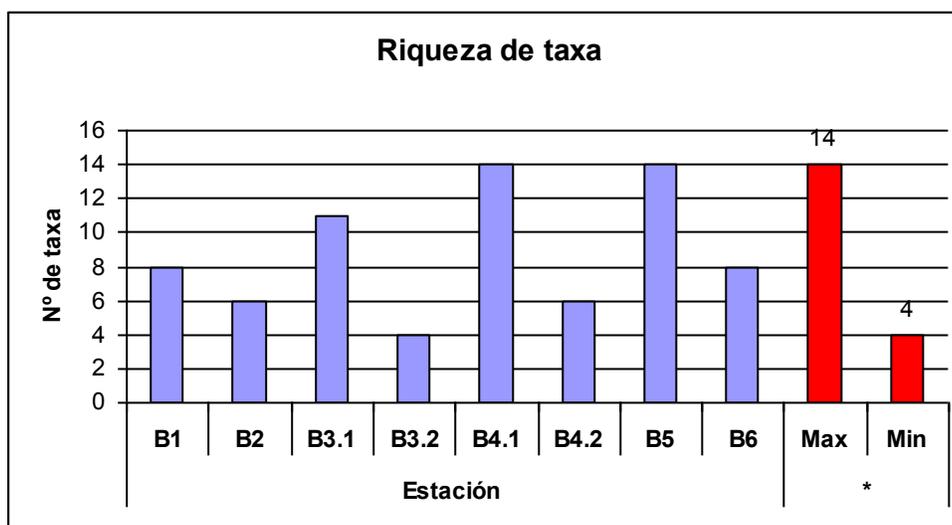


Figura 4.2.1: Riqueza de plantas vasculares terrestres, registradas en 8 estaciones de muestreo en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá.

4.2.2. Abundancia de especies

La abundancia (cobertura) de la vegetación varió entre 0% (Estaciones B3 y B6) y 40% (Estación B4.1). El promedio para el área estudiada fue de 21% (DE = 18%, CV = 83%; Tabla 4.2.1; Figura 4.2.2.). En general, la cobertura de las especies observadas fueron bajas, encontrándose muchas de ellas con una cobertura inferior al 5% (p). Los valores más altos de cobertura se registraron en *Nassella nardoides*, *Parastrephia lepidophylla* y *Stipa sp.*, las cuales presentaron una cobertura de 15% en las estaciones B1, B4.2 y B2, respectivamente (Tabla 4.2.1).

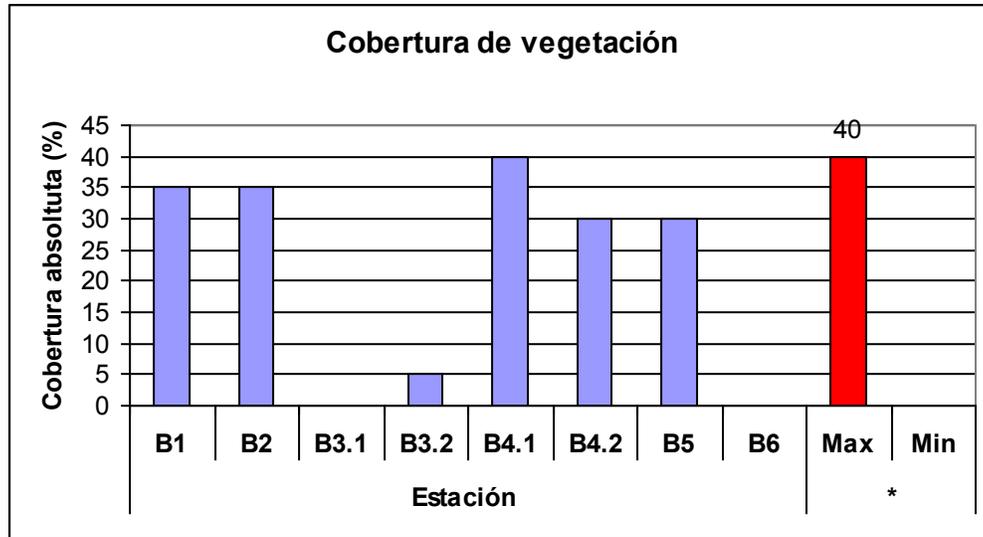


Figura 4.2.2: Cobertura absoluta de plantas vasculares terrestres, registradas en 8 estaciones de muestreo en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá.

4.2.3 Vegetación

La descripción de la vegetación de cada estación muestreada mediante 2 componentes (horizontal y vertical) se presenta en la Tabla 4.2.3. Se encontraron 6 tipos de formaciones vegetales, de los cuales 5 corresponden a estepa alto andina, donde las especies predominantes fueron *Stipa sp.* y *Nassella nardoides*. Las 3 formaciones restantes corresponden a matorral, en el cual las especies predominantes fueron *Polylepis tarapacana*, *Fabiana squamata*, *Senecio nutans*, *Parastrephia lepidophylla* y *Azorella compacta*.

Tabla 4.2.3: Tipos de formación vegetal presentes en cada una de las estaciones de muestreo: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá.

Estación	Tipo de vegetación
1	Estepa alto andina, hasta 25 cm. de <i>Nassella nardoides</i> abierto
2	Estepa alto andina, hasta 50 cm. de <i>Stipa sp.</i> abierto
3.1	Estepa alto andina, hasta 50 cm. de <i>Stipa sp.</i> abierto
3.2	Matorral, hasta 1 m. con <i>Polylepis tarapacana</i> y <i>Azorella compacta</i> abierto
4.1	Matorral, hasta 1m. de <i>Fabiana squamata</i> con <i>Azorella compacta</i> y <i>Polylepis tarapacana</i> abierto
4.2	Estepa alto andina, hasta 50 cm de <i>Stipa sp.</i> abierto
5	Estepa alto andina, hasta 25 cm. de <i>Nassella nardoides</i> y <i>Stipa sp.</i> muy abierto
6	Matorral, hasta 50 cm. de <i>Senecio nutans</i> , <i>Parastrephia lepidophylla</i> y <i>Azorella compacta</i> abierto

La distribución porcentual de las formaciones vegetales de matorral y estepa, en las 8 estaciones estudiadas se muestra en la Figura 4.2.3. La formación vegetal predominante es la de estepa abierta, que se encontró en un 50% de las estaciones estudiadas. En segundo lugar se encuentra el matorral abierto con un 37,5% y finalmente la estepa muy abierta con un 12,5%.

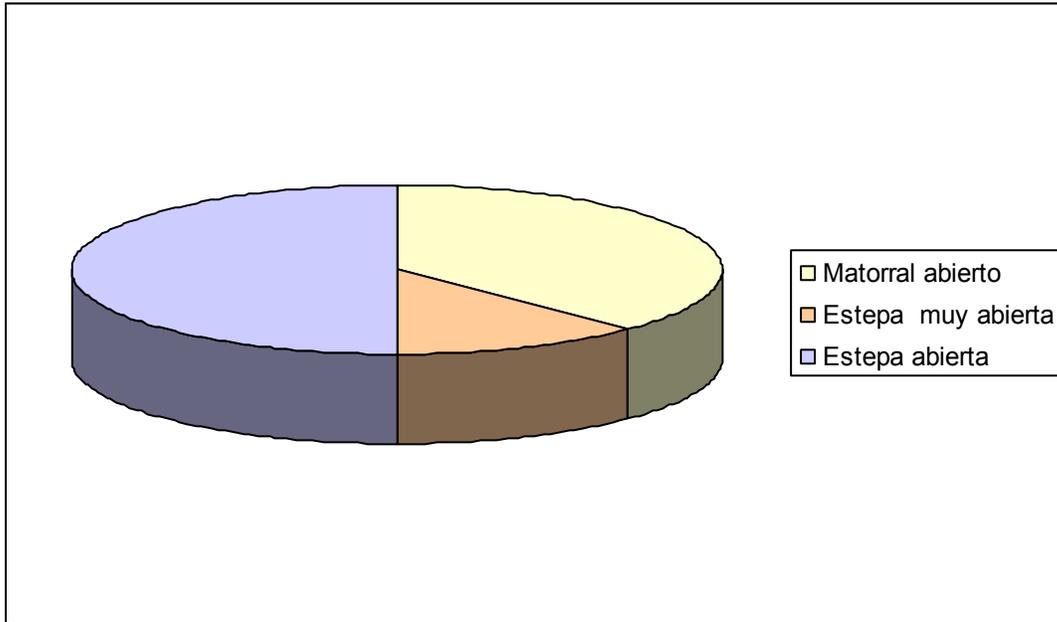


Figura 4.2.3. Tipos de formaciones vegetales presentes en el área de estudio. Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá.

4.2.4. Relaciones de similitud de flora y vegetación entre estaciones

Análisis de Componentes Principales (PCA)

El análisis de componentes principales (Figura 4.2.3) es un análisis exploratorio, el cual busca establecer similitudes entre las distintas estaciones, dadas por la estructura de la vegetación. El PCA indica que la estación B4.1 (fuera del área de las nuevas pilas de lixiviación) se diferencia del resto, lo que está de acuerdo con los altos valores de riqueza de especies y de cobertura de esta estación en relación con las otras estaciones estudiadas. En términos de peso de las variables que afectan la posición de B4.1 (Anexo I), las especies *Azorella compacta*, *Conyza deserticola*, *Polylepis tarapacana*, *Nassella nardoides* y *Parastrephia quadrangularis*, son aquellas variables que condicionan la clasificación. Las estaciones B1 y B2 se agrupan porque presentan taxa y coberturas similares. Ambas estaciones se ubican en el extremo oeste del área de estudio y en una zona de estepa abierta.

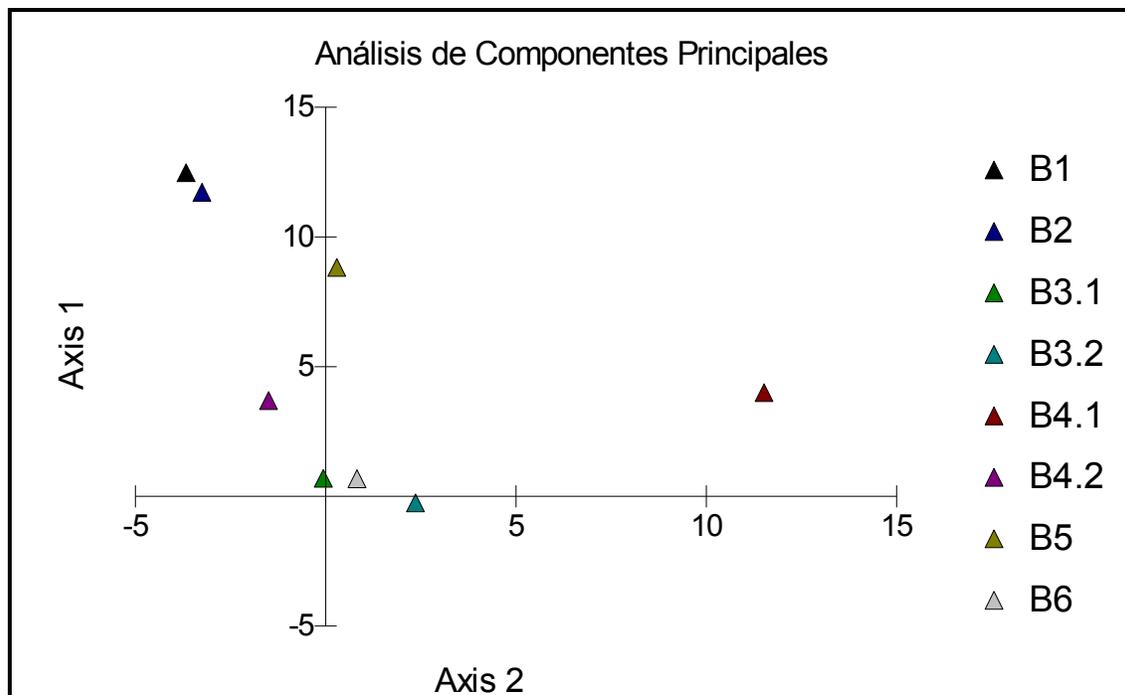


Figura 4.2.3. Análisis de Componentes Principales (PCA) de la vegetación en 8 estaciones de muestreo.

4.2.5. Estado de conservación de la flora y Formaciones vegetacionales

Se encontraron dos especies en categoría de conservación. *Azorella compacta* y *Polylepis tarapacana*, ambas Vulnerables. No se encontraron formaciones vegetacionales que estén incluidas como vulnerables a nivel nacional de acuerdo con Ormazabal (1989).

4.2.6 Riqueza de Especie (Segunda campaña)

Se encontraron 23 especies de plantas vasculares terrestres, pertenecientes a 12 familias (Tabla 4.2.4). La familia más representada fue Asteraceae con 6 especies. Además se encontró sólo una especie representante por familia en 8 casos (66,7%). La familia de las Fabaceae presentó 2 especies, las Poaceae 5 especies y 2 especies de la familia Umbelliferae.

El análisis por estación indica que la riqueza de taxa fluctuó entre 4 en las estaciones PL22 y PL27 (área de pradera) y 13 taxa en la estación PL8 (área carcanal con influencia directa) con un promedio para el área de estudio de 9,4 y una dispersión moderada a baja de los datos en torno al promedio (Desviación Estandar = DE = 2,5) (Tabla 4.2.5) (Figura 4.2.4).

El taxa mas frecuente es *Pycnophyllum bryoides* (Caryophyllaceae) presente en 26 estaciones, solo la estación PL24 no presento ningún individuo de este taxa. En segundo lugar el taxa mas frecuente fue *Parastrephia lepidophylla* (Asteraceae) presente en 25 estaciones, no fue registrada en PL3 y PL10, por ultimo la tercera especie de mayor frecuencia es *Azorella compacta* (Umbelliferae) presente en 22 estaciones, lo cual indica la fuerte presencia de esta especie a lo largo del área de estudio (Tabla 4.2.5).

Como se menciona para la primera campaña solo dos especies presentes en el área de estudio se encuentran en categoría de conservación a nivel nacional: *Azorella compacta* y *Polylepis tarapacana* (Tabla 4.2.5).

Del total de taxa, un 90,9% son nativos no endémicos de Chile y solo un 9,1% son taxa endémicos, estos son *Fabiana squamata* y *Baccharis tola* (Marticorena *et. al.* 1988). Debido a la dificultad de identificación, los taxa *Stipa* sp., *Nototriche* sp. y *Deyeuxia* sp. se determinaron como taxa nativas y no endémicas.

Tabla 4.2.4: Listado de Familias de plantas vasculares terrestres encontradas en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá (segunda campaña).

	Familias	Número de especies
1	Asteraceae	6
2	Cactacea	1
3	Caryophyllaceae	1
4	Ephedraceae	1
5	Fabaceae	2
6	Malvaceae	1
7	Poaceae	5
8	Rosaceae	1
9	Solanaceae	1
10	Umbelliferae	2
11	Valerianaceae	1
12	Verbenaceae	1

Tabla 4.2.5: Riqueza y cobertura de plantas vasculares terrestres y Familias, registradas durante la primera campaña en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá. (Segunda campaña)

Taxa	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8	PL9	PL10	PL11	PL12	PL13	PL14	PL15	PL16	PL17	PL18	PL19	PL20	PL21	PL22	PL23	PL24	PL25	PL26	PL27
<i>Adesmia melanthes</i>	p	3,75	3,75	5	p	p	p	p			2,5					1,25	p	p	P	3,75	p			p			
<i>Adesmia oculta</i>			3,75																				p				
<i>Azorella compacta</i>	p	p	2,5	2,5	p		p	5	1,25	2,5	3,75	2,25	5	p	5	2,5	6,25	8,75	P	2,5	6,25		p	1,25			
<i>Baccharis tola</i>	p		p	p	p			p	p		p	1,25		p	p	p	5	5	P	6,25	1,25		p	p			
<i>Coryza deserticola</i>		p		p	p		p	p					p								p						
<i>Deyeuxia sp.</i>				p	p				p		p	p	p								p						
<i>Ephedra rupestris</i>																											
<i>Fabiana squamata</i>										p				p	p												
Graminea indet.																						5	p	p	15	p	15
<i>Jarava frigida</i>	p	1,25	p	p	p		p	p	5		p	p	p	p	p	p	p				p	p					
<i>Mulinum spinosum</i>			p	1,25	1,25		1,25	p	p	p	p	p	p		p	p	p	p	P		p		p				
<i>Nassella nardoides</i>	10	p	5				11,3	3	7,5	2,5					p	3,75	p	5	6,25	2,5	6,25			25		15	
<i>Nototriche sp.</i>			p		p				p														p		p	p	
<i>Opuntia ignescens</i>									p							p											
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	5	7,5		3,75	7,5	7,5	6,25	2,5	p		7,5	6,25	3,75	3,75	2,5	1,25	10	3,75	6,25	5	8,75	10	p	p	p	20	p
<i>Parastrephia lucida</i>									p														p				
<i>Parastrephia quadrangularis</i>						p	p			1,25	p	p	p		p	p			P								
<i>Polylepis tarapacana</i>	p					p		p			p	p		12,5	3,75	3,75	2,5	p	P	5	p			p			
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	p	p	p	7,5	3,75	5	p	7,5	p	p	8,75	2,5	p	p	7,5	p	5	p	2,5	p	7,5	10	p		p	10	5
<i>Senecio nutans</i>		p	p	p	p		p	p				p	p		p	p	p	p	P	p	p		10				
<i>Stipa sp.</i>		10	p	3,75	10	2,5			5		6,25	5	5	1,25									7,5			p	p
<i>Urbania pappigera</i>						p					p														15	p	
<i>Valeriana urbani</i>														p			p										
Riqueza total por estación	8	9	11	11	12	8	10	13	10	6	12	11	10	9	12	12	11	11	10	9	11	4	11	7	5	7	4
Riqueza Promedio / DE	9,4 / 2,5																										
Cobertura total por estación	15	22,5	15	24	23	15	19	18	19	6,25	28,8	17,3	13,8	17,5	18,8	12,5	28,8	22,5	15	25	30	25	17,5	26,3	30	45	20
Cobertura Promedio / DE	21,3 / 7,6																										

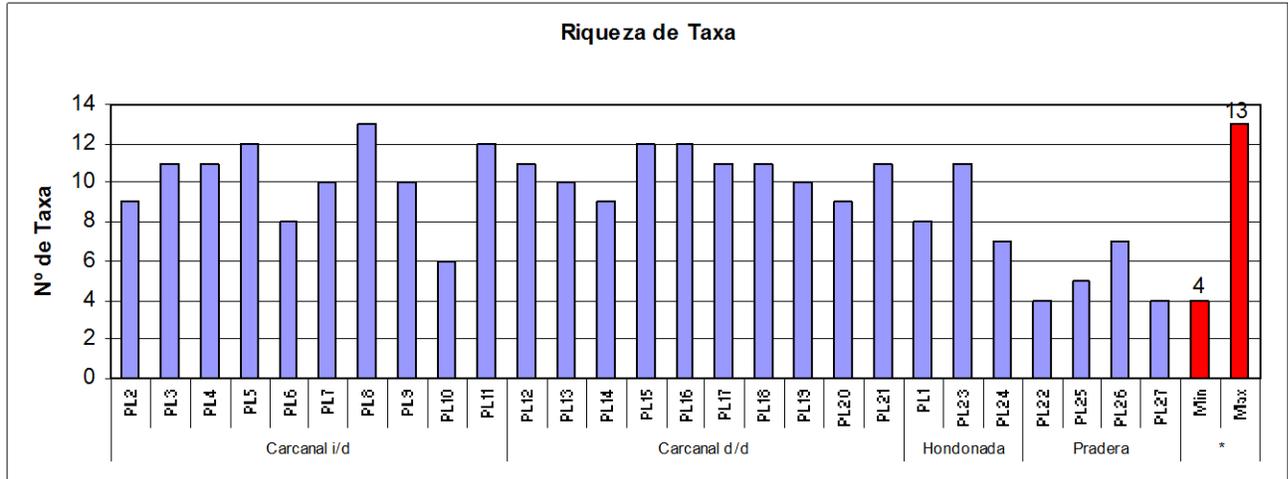


Figura 4.2.4: Riqueza de plantas vasculares terrestres, registradas en 27 estaciones de muestreo en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá. (Segunda campaña).

4.27 Abundancia de especies

La abundancia (cobertura) de la vegetación varió entre 6,25% en la estación PL10 y 45% en la estación PL26. El promedio para el área estudiada fue de 21,3% (DE = 7,6; Tabla 4.2.5; Figura 4.2.5.). La cobertura de las especies es baja, muchas de ellas se contabilizaron sólo como presentes y no alcanzaron a ser registradas con una cobertura mayor al 1,25 %. Los valores más altos de cobertura se registraron en *Nassella nardoides* y *Parastrephia lepidophylla*, las cuales presentaron una cobertura mayor o igual al 20% en las estaciones PL24 y PL28, respectivamente (Tabla 4.2.5).

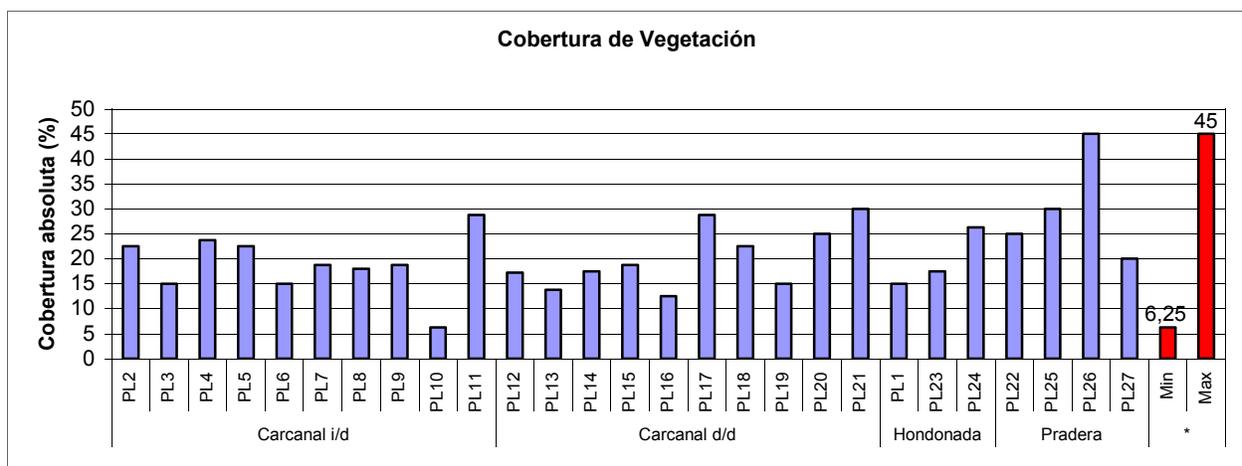


Figura 4.2.5: Cobertura de plantas vasculares terrestres, registradas en 27 estaciones de muestreo en el área de estudio: Proyecto pilas dinámicas de lixiviación, Collahuasi, Región de Tarapacá. (Segunda campaña).

4.2.8 Análisis de especies en categoría de conservación

Las especies *Azorella compacta* y *Polylepis tarapacana* se encuentran en el listado de especies vulnerables. La distribución de ambas especies se sectorizó en tres áreas: Carcanal influencia directa (i/d), Carcanal influencia indirecta (i/i) y Hondonada.

En el área de Hondonada se muestrearon 2250 m² y en esta área se registraron un total de 5 individuos de Queñoa y 45 individuos de Llaretta, lo cual representa una densidad de 0,22 y 2 ind./m². En tanto en el área del carcanal i/d se muestrearon 4000 m² y se registraron 4 individuos de Queñoa y 104 individuos de Llaretta lo cual representa un 0,1 y 2,6 ind./m² de densidad, respectivamente. Por ultimo el área del carcanal i/i fue muestreado en 4000 m² donde se registraron 72 individuos de Queñoa y 179 individuos de Llaretta, según los cálculos de densidad esto representa un 1,8 y un 4,47 ind./m², respectivamente (Tabla 4.2.6).

El área del caracanal i/i presenta las más alta densidad para ambas especie, en comparación con los otros sectores. Es importante recalcar la ausencia de Llaretta y Queñoa en el área definida como pradera o estepa alto andina.

Cabe señalar que el área de la Hondonada presenta una alta densidad de Llaretta (2 ind./m²) y está representada en un área muy restringida.

Tabla 4.2.6. Indica los valores de número de individuos de Llaretta y Queñoa en 100 m² y el total de individuos contabilizados en el área muestreada.

Sector	Área Total Muestreada (m ²)	Densidad (Queñoa)	Densidad (Llaretta)	N total (Queñoa)	N Total (Llaretta)
Pradera	900	0	0	0	0
Hondonada	2250	0,22	2	5	45
Carcanal i/d	4000	0,1	2,6	4	104
Carcanal i/i	4000	1,8	4,475	72	179

Para la comparación entre el número de individuos de Llaretta y Queñoa en las dos áreas se aplicó el test estadístico no paramétrico de Mann Whitney; éste indica que para Queñoa existen diferencia significativas en cuanto al número de individuos (abundancia) entre las dos áreas del carcanal (U de Mann Whitney=10,5, Z ajustado= -3,0986 y P=0,001505). Para Llaretta los resultados son marginalmente significativos, lo cual indica que el resultado si bien no es significativo estricto, existe una clara diferencia indicada en los datos (U de Mann Whitney=25, Z ajustado=-1,896 y P=0,06301).

En términos generales la porción del carcanal de influencia directa presenta menor abundancia de Llaretta y Queñoa en comparación con el área del caracanal de influencia indirecta (Figura 4.2.6).

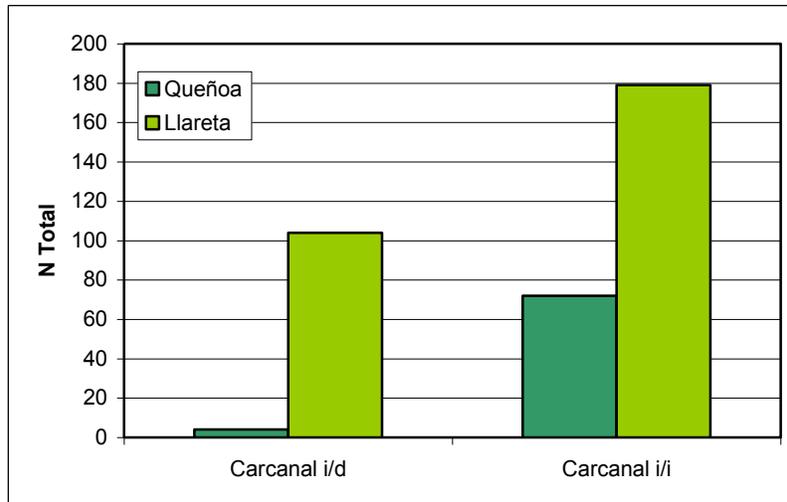


Figura 4.2.6 Indica los valores de N total de Llareta y Queñoa en el carcanal.

4.3 Fauna de Vertebrados Terrestres

4.3.1 Riqueza de especies

En el área de estudio se avistaron al menos 10 especies, de los cuales 1 es un reptil, 4 son mamíferos y 5 son aves. En la Tabla 4.3.1 se resumen las especies de vertebrados observadas en toda el área del proyecto. La ausencia de anfibios se explica por la carencia de ambientes acuáticos en el sector de estudio.

De las 10 especies, 5 (50%) se encuentran en alguno de los 5 “estados de conservación” definidos por el SAG (2006): la perdiz de la puna, el reptil y 4 mamíferos. Las especies catalogadas **en peligro de extinción** son la Vicuña (*Vicugna vicugna*) y la Vizcacha (*Lagidium viscacia*), la especie catalogada como **vulnerable** es la perdiz de la puna, las especies consideradas **raras** son la lagartija (*Liolaemus pantherinus* y/o *L. jamesi*) y el zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*) se considera **Inadecuadamente conocida** (Tabla 4.3.1). Además, 9 especies (90%) presentan algún criterio de protección. Así, 4 especies son consideradas benéficas para la mantención del equilibrio de los ecosistemas naturales (E), 3 especies son beneficiosas para la actividad silvoagropecuaria y 6 especies se consideran con poblaciones reducidas (S, detalles de las especies en Tabla 4.3.1).

De las especies observadas, todas son nativas y es probable que el reptil registrado pueda ser endémico (se observaron huellas de lagartija, y en el estudio de otra zona cercana se encontraron dos especies, por lo que se asume que una o ambas podrían estar en la zona, de las cuales una es endémica (Tabla 4.3.1).

Tabla 4.3.1: Especies de Vertebrados Registradas en el Área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá.

Especie	Nombre Común	Criterios de Protección y Estado de conservación (SAG 2006)	Origen
REPTILES (1-2 especies)			
<i>Liolaemus pantherinus</i>	Lagartija pantera	S, E, Rara	Nativo
<i>Liolaemus jamesi</i>	Jararanco de James	S, E, Rara	Endémico
AVES (5 especies)			
<i>Tinamotis pentlandii</i>	Perdiz de la puna	S, Vulnerable	Nativo
<i>Geositta punensis</i>	Minero de la puna	B	Nativo
<i>Asthenes modesta</i>	Canastero chico	B	Nativo
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la puna	B,E	Nativo
<i>Phrygilus unicolor</i>	Pájaro plomo	S	Nativo
MAMÍFEROS (4 especies)			
<i>Pseudalopex culapeus</i>	Zorro culpeo	E, Inadecuadamente conocida	Nativo
<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña	S, En peligro de extinción	Nativo
<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	S, En peligro de extinción	Nativo
<i>Abrothrix andinus</i>	Ratoncito andino	Sin información	Nativo

Abreviaturas de criterios de protección: E = Benéfica para la Mantenición del Equilibrio de los Ecosistemas Naturales; B = Beneficiosa para la Actividad Silvoagropecuaria; S = con densidades poblacionales reducidas.

De acuerdo a otros monitoreos realizados en sectores cercanos, otras especies muy probables de registrar en el sector de estudio son:

- **Reptiles:** es esperable la presencia de otras especies de lagartijas, como *Liolaemus alticolor* y *L. stolzmanni*, los que se catalogan como especies amenazadas.
- **Aves:** es probable la presencia de otras aves no paseriformes, como suris, carancho cordillerano, y de paseriformes como dormilona gigante, dormilona de nuca rojiza, mero de la puna, jilguero negro, mineros, chincoles, entre otros. La mayoría de las especies de aves terrestres mencionadas no se consideran amenazadas, a excepción del suri.
- **Mamíferos:** en el caso de los mamíferos de gran tamaño es esperable encontrar guanacos (especie amenazada). En el caso de los micromamíferos, es probable la presencia de yaca de la puna (dentro de las especies amenazadas), así como otros

roedores no amenazados, como el lauchón orejudo amarillo, el ratón de vientre blanco y el ratón sedoso.

4.3.2 Frecuencia y abundancia relativa de vertebrados

Primera campaña

Los reptiles son frecuentes en el sector, encontrándose evidencias indirectas (huellas) en 4 de las 6 estaciones (67%; Tabla 4.3.2).

De los cuatro mamíferos registrados, la Vicuña (*Vicugna vicugna*) es la más frecuente, con presencia indirecta (defecaderos y huellas) en 4 estaciones de muestreo (67% de frecuencia; Tabla 4.3.2). Evidencias indirectas (fecas y huellas) de zorro fueron registrados en una estación (17% de frecuencia; Tabla 4.3.2). La vizcacha (*Lagidium viscacia*) fue registrada directamente con dos ejemplares en una estación y evidencias indirectas (fecas) en otra estación (Tabla 4.3.2). Finalmente, se observó un ejemplar de ratoncito andino (*Abrothrix andinus*) y cuevas de roedor en otras 3 estaciones de muestreo (Tabla 4.3.2).

La Riqueza de especies fue muy baja, y varió entre 0 a 5 especies por estación de muestreo (Tabla 4.3.3).

El sector mas sensible desde el punto de vista de la fauna de vertebrados, es el carcanal (roqueríos), donde se concentra la mayor actividad de fauna, y en especial, de especies amenazadas, como la vizcacha (y reptiles; Figura 4.1.1).

Tabla 4.3.2: Abundancia de vertebrados en el área de estudio: Proyecto Adecuación Pilas de Lixiviación Collahuasi, Región de Tarapacá (primera campaña). El orden de las especies sigue la Tabla 4.3.1.

Nombre común	Estaciones de muestreo						Abundancia	
	EMB1	EMB2	EMB3	EMB4	EMB5	EMB6	N	%
REPTILES			X h	X h	X h	X h	4X	-
MAMIFEROS								
Zorro culpeo				X f			X	-
Vicuña		X d	X d,h	X h	X h		4X	-
Vizcacha				X f		2	2 + X	-
Ratoncito andino			X c	1	X c	X c	1 + 3X	-
Riqueza de especies	0	1	3	5	3	3	-	-

Nota: la X indica presencia indirecta, cuevas (c), fecas (f), defecaderos (d), huellas (h).

Segunda campaña

De las 27 estaciones de muestreo, la actividad de fauna fue muy baja, con sólo 5 estaciones en que se avistaron aves (5 especies). En el caso de la vizcacha, se registró presencia de defecaderos recientes en las 20 estaciones de ambiente de carcanal, mientras que defecaderos y huellas de vicuña se registraron en todas las estaciones de ambiente de estepa.

Comparación de actividad de vizcachas en ambiente de carcanal.

En las 20 estaciones de muestreo dispuestas en ambiente de carcanal, se registraron defecaderos recientes de vizcachas, tanto en las 10 estaciones dentro del área de influencia como en las otras 10 estaciones fuera del área del proyecto.

La abundancia de las vizcachas, medida como el número de defecaderos recientes en cuadrantes de 10 x 10 m, fue significativamente diferente en ambos sectores del carcanal, fuera y dentro del área de influencia (U de Mann Whitney = 540,5; Z ajustado = -2,51; p = 0,012; n fuera = 40; n dentro = 40). En el caso de las 10 estaciones de carcanal dentro del área de influencia (con 4 cuadrantes cada una), la densidad promedio de defecaderos fue de 2,77 defecaderos/100 m² (n = 40; DE = 2,98; rango de 0 a 13), valor inferior al sector fuera del área de influencia, con un promedio de 4,08 defecaderos/100 m² (n = 40; DE = 2,69; rango de 0 a 9). En resumen, si bien la presencia de vizcachas se registra en ambos sectores, la actividad de vizcacha es significativamente mayor en el sector fuera del área de influencia del proyecto.

5. CONCLUSIONES

5.1 Flora y Vegetación Terrestre

Durante la primera campaña la riqueza de taxa en las estaciones se fluctuó entre los 4 (Estación B3.2) y 14 taxa; (Estaciones B4.1 y B5), mientras que la cobertura absoluta fluctuó entre 0 y 40%: La cobertura máxima se encontró en la estación B4.1 (en el área de influencia indirecta), mientras que el mínimo se encontró en las estaciones B3.1 y B6.

Se encontró un total de 22 especies de plantas vasculares, que constituye un 22,7% de las 97 especies reportadas por Teillier (1999) para el área. Otro antecedente sobre riqueza y cobertura para vegetación altoandina lo aporta Villagrán *et al.* (1983) para un estudio realizado en el alto Loa (Región de Tarapacá). La riqueza registrada en dicho estudio varió entre 11 y 38 especies, mientras que la cobertura de la vegetación varió, a su vez, entre 31% y 6%. Estos valores sitúan el presente estudio dentro de los rangos esperables para la zona, siendo incluso posiblemente un poco mayores, puesto que en el área estudiada no se encontraron ambientes de vega o bofedal, lo que restringe la posibilidad de ampliar el listado florístico. Es relevante destacar que en lugares con cobertura muy baja se encontró una alta riqueza de taxa (Estación B3 con 11 taxa y estación B6 con 8 taxa). La familia con mayor número de especies en el área fue Asteraceae o familia de las compuestas. Por otra parte, se encontraron 8 familias representadas por una sola especie, lo que podría ser un indicador de sensibilidad. En el área de estudio las especies de la familia Asteraceae corresponden principalmente a los arbustos leñosos que se encuentran en los matorrales (tolares). Estas especies se disponen en 6 formaciones vegetacionales que abarcan desde pastizales ralos (cobertura entre 5 y 10%) hasta matorrales abiertos (cobertura entre 25 y 50%).

Los sectores de mayor diversidad de especies vegetales y/o con presencia de plantas en categoría de conservación son aquellos con relieves heterogéneos y presencia de pequeñas quebradas, hondonadas o roqueríos (5 de 8 estaciones de muestreo; Fig.4.1.1). El análisis de componentes principales indica que la estación B4.1 (localizado en el área de influencia indirecta) no se agrupa con el resto lo cual indica que es diferente en cuanto a estructura, esta estación se ubica en un ambiente rocoso (carcanal) y su composición florística difiere de las estepas (B1 y B2), en el primero son numéricamente importantes *Azorella compacta* (Umbelliferae) y *Polylepis tarapacana* (Rosaceae), en tanto en el segundo es dominante *Nassella nardoides* (Poaceae). Los antecedentes anteriores permiten concluir que los ambientes más sensibles a la intervención que propone el proyecto podrían ser aquellos con relieves complejos, que albergan a especies endémicas y en categoría de conservación como *Azorella compacta* y *Polylepis tarapacana*. Estas especies se ubican en el borde del carcanal y en una pequeña hondonada (aunque en esta última área, los ejemplares de *P. tarapacana* son individuos de baja altura).

En tanto durante la segunda campaña, se reforzó el muestreo de la primera campaña, este refuerzo se concentró en el área del carcanal, el cual fue subdividido según el emplazamiento del proyecto de pilas de lixiviación. Los resultado de este muestreo indican que los taxa encontrados en una primera instancia corresponden a los mismos,

sólo se encontró en esta segunda campaña una Gramineae que dada su condición fenológica fue imposible determinarla.

En el último monitoreo se intento describir el patrón de distribución de Llaretas y Queñoa sobre el carcanal y las áreas aledañas. Los resultados indican que el área con mayor número de individuos de Queñoa y Llaretas se encuentran en el carcanal de influencia indirecta, el cual no será afecto por el proyecto. Cabe mencionar la existencia de una hondonada (pequeña depresión longitudinal Suroeste-Noereste), en donde se registró Llaretas (45 individuos).

5.2 Fauna de Vertebrados Terrestres

El muestreo se considera representativo del área de estudio, abarcando todos los ambientes, como coironales, tolares (en distinto grado de dominancia) y roqueríos (carcanales), en sectores de terrenos planos o semi planos. El grado de intervención antrópica es alto y está dado fundamentalmente por los caminos cercanos y movimiento de tierras asociados a las faenas mineras (pilas, botaderos, tendido eléctrico, instalaciones). Sólo en los sectores cercanos al carcanal (roqueríos) existe una baja intervención antrópica. La homogeneidad y escasez de fauna (baja riqueza y abundancia) lejos en los roqueríos, se asocia a las condiciones de uniformidad de vegetación. Además, las condiciones climáticas asociadas a fuertes vientos durante todo el día, determinaron en general una baja abundancia de fauna (no se registraron aves en la primera campaña).

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el sector de estudio, se encontró una baja riqueza de especies, compuesta por al menos 10 taxa de vertebrados terrestres (5 aves, un reptil y 4 mamíferos). La ausencia de anfibios se explica por la inexistencia de ambientes acuáticos en el tramo recorrido. Cinco de las especies (50%) se consideran amenazadas, como la perdiz de la puna, los reptiles y 3 mamíferos. Es probable registrar varias otras especies (ver resultados), la mayoría de ellas concentradas en el ambiente de carcanal (el que no será intervenido).

Los ambientes que presentaron la mayor riqueza de especies y los que pueden considerarse más sensibles son los roqueríos (zonas cercanas del carcanal), debido a la presencia de vizcachas, zorros, reptiles y otros roedores (Figura 4.1.1). Estos sectores no debieran verse afectados por la intervención asociada al proyecto de pilas de lixiviación. En el caso de las vizcachas, su presencia se registra en todo el ambiente de carcanal, aunque la actividad es mayor en el sector fuera del área de influencia del proyecto que en el carcanal que potencialmente puede verse afectado.

En general, las especies más sensibles son las de baja movilidad y alto grado de amenaza, como los reptiles y la vizcacha, además de algunos micromamíferos potenciales de encontrarse, sobre todo en los parches de matorral más densos y roqueríos. El área específica del proyecto puede considerarse un sector de amortiguación del impacto de intervención antrópica entre las áreas ya intervenidas

(actuales pilas de lixiviación) y los sectores más sensibles (carcanales), que como ya se señaló, presentan mayor biodiversidad, por lo que su potencial intervención debe ser rigurosamente considerada.

6. ANEXOS

Anexo I (Tablas metodología flora y vegetación)

Tabla 1. Tabla de cobertura para la estimación del estado de la vegetación según su estructura horizontal.

Categoría	Descripción
1	Muy ralo (0-5%)
2	Ralo (5-10%)
3	Muy abierto (10-25%)
4	Abierto (25-50%)
5	Semidenso (50-75%)
6	Denso (75-100%)

Tabla 2. Cobertura por especie Braun-Blanquet

Categoría	Descripción
R	Individuo solitario, cobertura insignificante
+	Pocos individuos, cobertura insignificante
1	<5%
2	5-15%
3	15-25%
4	25-50%
5	50-75%
6	75-100%

Anexo II: Variables del Análisis de Componentes Principales (PCA).

Variable	PC1	PC2
<i>Adesmia melanthes</i>	0,27296	0,10949
<i>Adesmia oculta</i>	-0,04655	-0,1366
<i>Azorella compacta</i>	0,32705	-0,01758
<i>Baccharis tola</i>	0,11073	0,24378
<i>Conyza deserticola</i>	0,32327	0,09368
<i>Deyeuxia sp.</i>	-0,09469	-0,0717
<i>Ephedra rupestris</i>	-0,09507	-0,22852
<i>Fabiana squamata</i>	0,32327	0,09368
<i>Jarava frigida</i>	0,32613	0,06539
<i>Mulinum spinosum</i>	-0,07331	-0,15395
<i>Nassella nardoides</i>	-0,13746	0,42522
<i>Nototriche sp.</i>	-0,16717	0,15027
<i>Opuntia ignescens</i>	-0,12381	0,42527
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0,0017	0,07584
<i>Parastrephia lucida</i>	0,27296	0,10949
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	-0,12381	0,42527
<i>Polylepis tarapacana</i>	0,34008	0,06467
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	0,0235	0,32856
<i>Senecio nutans</i>	0,2322	-0,12189
<i>Stipa sp.</i>	-0,14466	0,28584
<i>Urbania pappigera</i>	0,13343	-0,08003
<i>Valeriana urbani</i>	0,32327	0,09368

ANEXO III (Anexo fotográfico)



Fotografía 1: Fotografías de algunas de las estaciones de muestreo, mostrando los distintos ambientes (tolar, pajonal, roqueríos).



Fotografía 2: Fecas recientes de vizcacha (*Lagidium viscacia*), roedor amenazado. Se encontraron evidencia de su actividad en todo el borde carcanal.



Fotografía 3: En el ambiente de carcanal se encuentran las especies de fauna más sensibles, como vizcachas, otros roedores y reptiles. Este ambiente no debiera ser intervenido por el proyecto.



Fotografía 4: Estación E3.2. Ambiente heterogéneo con roqueríos (*Azorella compacta* y *Jarava frigida*).



Fotografía 5: Estación E4.1. Ambiente con roqueríos presencia de *Polylepis tarapacana*. Esta estación se encuentra en el área de influencia indirecta del proyecto.



Fotografía 6: *Azorella compacta* en la Estación E6



Fotografía 7: *Polylepis tarapacana* en categoría: Vulnerable



Fotografía 8: *Fabiana squamata* (endémica de Chile), estación E4.1. (en área de influencia indirecta).



Fotografía 9: *Polylepis tarapacana* y *Azorella compacta*, en la estación PL15, Carcanal.

7. LITERATURA CITADA

- Araya B, M. Bernal, R. Schlatter & M. Sallaberry. 1995.** Lista patrón de las aves de Chile. Tercera Edición. Ed. Universitaria, Santiago.
- Araya B. & G. Millie. 1996.** Guía de campo de las aves de Chile. Ed. Universitaria, Santiago.
- Araya B. & M. Bernal. 1995.** Aves. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds). Diversidad Biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile. 350-360.
- Campos H. 1986, 1996.** Mamíferos terrestres de Chile. Marisa Cuneo Ediciones, Corporación Nacional Forestal, Santiago.
- Cei. 1962.** Batracios de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
- Cody M. 1970.** Chilean bird distribution. Ecology 51 (3): 455-464.
- CONAMA. 1996.** Metodologías Para la Caracterización de la Calidad Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 242 pp.
- Contreras L.C & J.L Yáñez. 1995.** Mamíferos. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds). Diversidad Biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile. 336-349.
- Contreras L.C. 2000.** Biogeografía de Mamíferos Terrestres de Chile, en: Muñoz-Pedreros & Yáñez (eds.) Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia: 241-249.
- De la Peña M.R. & M. Rumboll. 1998.** Birds of Southern South America and Antarctica. Collins illustrated checklist. HarperCollins Publishers, London. 304 pp.
- Díaz N. y J. Valencia. 1985.** Larval morphology and phenetic relationships of the Chilean Alsodes, Telmatobius, Caudiverbera and Insuetophrynus (Anura:Leptodactylidae). Copeia 1985 (1): 175-181.
- Donoso-Barros R. 1966.** Reptiles de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile, Santiago.
- Donoso-Barros R. 1970.** Catálogo Herpetológico Chileno. Boletín Museo Nacional de Historia Natural, Chile 31: 50-124.
- Etienne M. & Prado. 1982.** Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Ciencias Agrícolas No 10. Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales/UNESCO-MAB 120 p.
- Egli G. 1998.** Voces de la Fauna Chilena. (Compact Disc).
- Egli G. 2002.** Voces de aves chilenas (Compact Disc).
- Formas J.R. 1995.** Anfibios. En: Simonetti JA, MTK Arroyo, AE Spotorno & E Lozada (eds). Diversidad Biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile. 314-325.
- Fuenzalida H. 1965.** Clima en CORFO. Geografía Económica de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 228-267 p.

- Glade A.A. (ED). 1993.** Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago.
- Jaksic F.M. 1996.** Ecología de los Vertebrados de Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 262 pp.
- Jaramillo A. 2005.** Aves de Chile. Lynx Ediciones, Barcelona, 240 pp.
- Johnson A.W. & J.D. Goodall. 1965.** The Birds of Chile and Adjacent Regions of Argentina, Bolivia, and Perú. Platt eds., Buenos Aires, Argentina.
- Lazo I. & E. Silva. 1993.** Diagnóstico de la ornitología en Chile y recopilación de la literatura científica publicada desde 1970 a 1992. Revista Chilena de Historia Natural 66: 103-118.
- Mann G. 1978.** Los Pequeños Mamíferos de Chile. Gayana, Zoología 40. Universidad de Concepción.
- Martcorena C. & M. Quezada. 1985.** Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica. 42(1-2): 1-157.
- Martcorena C, Matthei O, Rodríguez R, Kalin Arroyo M, Muñoz M, Squeo F y Arancio G. 1998.** Catalogo de la flora vascular de Chile. Gayana Botánica. 55(1): 23-83
- Martínez D. & G. González. 2005.** Las aves de Chile. Nueva Guía de campo. Ediciones del Naturalista, Santiago. 620. pp.
- Mella J. 2005.** Guía de campo de reptiles de Chile: Zona Central. Ediciones del Centro de Ecología Aplicada, Santiago, 165 pp.
- Mella J. & A. Peñaloza. 2005.** Flora y Fauna en El Abra. SC Minera El Abra. 158 pp.
- Miller S.D. & J. Rottmann. 1976.** Guía de reconocimiento de mamíferos chilenos. Editorial Gabriela Mistral, Santiago.
- Mueller-Dumbois. 1974.** Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Muñoz-Pedrerros A. & J. Yáñez, Eds. 2000.** Mamíferos de Chile. CEA Ediciones, Valdivia. 464 pp.
- Muñoz M, H Nuñez & J Yáñez (eds. 1996)** Libro Rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la Diversidad Biológica de Chile. Corporación Nacional Forestal, Santiago.
- Núñez H. & F. Jaksic. 1992.** Lista comentada de los reptiles terrestres de Chile continental. Boletín Museo Nacional de Historia Natural 43: 63-91.
- Núñez H. & J.C. Torres-Mura. 1992.** Adiciones a la herpetofauna de Chile. Noticiario Mensual, Museo Nacional de Historia Natural, N° 322: 3-7.
- Osgood W.H. 1943.** The Mammals of Chile. Field Museum of Natural History, Zoological series 30: 1-268.

- Ormazábal C. 1988.** Sitios de interés botánico y tipos vegetacionales con riesgo de extinción en Chile. En: libro rojo de la flora terrestre. Benoit I.L, (ed): 157 p. CONAF. Santiago de Chile
- Pearman M. 1995.** The Essential Guide to Birding in Chile. Worldwide Publications, England. 95 pp.
- Pincheira-Donoso D. & H. Núñez. 2005.** Las especies chilenas del género *Liolaemus* Wiegmann, 1834 (Iguania: Tropicuridae: Liolaeminae). Taxonomía, Sistemática y Evolución. Publicación Ocasional del Museo Nacional de Historia Natural, Chile N° 59: 7-486.
- Ramírez G. & D. Pincheira-Donoso. 2005.** Fauna del altiplano y desierto de Atacama. Vertebrados de la Provincia de El Loa. Phrynosaura Ediciones. Calama. 392 pp.
- Redford K.H. & J.F. Eisenberg. 1992.** Mammals of the Neotropics. Volume 2: The Southern Cone. Chile, Argentina, Uruguay And Paraguay. University of Chicago Press, Chicago. 430 pp.
- Reise D. & W. Venegas. 1987.** Catalogo de registros, localidades y biotopos del trabajo de investigación acerca de los pequeños mamíferos de Chile y Argentina. Gayana, Zoología 51:103-130.
- Rottmann J. 1995.** Guía de Identificación de Aves de Ambientes Acuáticos. Unión de Ornitólogos de Chile. 80 pp.
- SAG. 2006.** La Ley de caza y su reglamento. Servicio Agrícola y Ganadero, División de Protección de los Recursos Naturales Renovables. 98 pp.
- Tamayo M. & D. Frassinetti. 1980.** Catálogo de los mamíferos fósiles y vivientes de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 37: 323-399.
- Teillier S. 1999.** Catálogo de las plantas vasculares del área altoandina de Salar de Coposa-cordón Collaguasi. Chile, Región de Tarapacá (I). Chloris Chilensis. Año 2. N° 1.
- Torres-Mura J.C. 1994.** Fauna terrestre de Chile. En Perfil Ambiental de Chile. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago.
- Veloso A. J.C. Ortiz, J. Navarro, H. Núñez, P. Espejo & M.A. Labra. 1995.** Reptiles, en: Simonetti JA, MTK Arroyo, A Spotorno & E Lozada (eds). Diversidad Biológica de Chile. CONICYT, Santiago, Chile: 326 - 335.
- Veloso A. & J. Navarro. 1988.** Lista sistemática y distribución geográfica de anfibios y reptiles de Chile. Bolletino del Museo Regionale di Scienze Naturali 6: 481-539.
- Villagrán C., M.T. Kalin Arroyo & C. Marticorena. 1983.** Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 56 (2) 137-157.
- Wilson D.E. & D.M. Reeder (Eds.). 1993.** Mammal Species of the World: Taxonomic And Geographic Reference. Smithsonian Institution Press, Washington D.C.