

VARIACION ESTACIONAL DE LA FLORA Y VEGETACION EN LA
 PRECORDILLERA ANDINA DE LA COMUNA DE PUTRE (I REGION DE
 TARAPACA, CHILE) DURANTE EL PERIODO 2002-2003

*SEASONAL FLORISTIC AND VEGETATIONAL CHANGE IN THE
 PRE-ANDEAN MOUNTAIN IN PUTRE COUNTY (I REGION OF
 TARAPACA, CHILE), DURING 2002 AND 2003*

Alejandra E. Muñoz¹ & Cristián Bonacic¹

¹Fauna Australis, Departamento de Ciencias Animales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 306, Correo 22, Santiago, Chile. aemunoz@puc.cl

RESUMEN

La precordillera de la I Región de Chile (18° 15' S – 69° 33' W) es una franja que recibe efectos tanto del adyacente desierto ubicado hacia el poniente a menor altitud, como del Altiplano, el piso superior con el cual limita hacia el oriente. La vegetación en el área presenta, en consecuencia, una variación altitudinal, donde la precordillera se ubica en el segundo de cuatro pisos denominado comúnmente *tolar* o *estepa arbustiva pre-altiplánica* (sensu Gajardo). En esta zona 10 parcelas fueron muestreadas mediante el uso de transectos, en cuatro trabajos en terreno durante el año 2002 y 2003. En ellas se investigó acerca de las formas de vida, cobertura vegetal absoluta y relativa, diversidad y riqueza de especies vegetales vasculares en un período anterior y posterior a la época de lluvias estivales (estación seca y estación húmeda). La precipitación estival del año 2002 fue 203 mm, un monto normal para la región, mientras que el año 2003 la precipitación estival fue menor e igual a 84,7 mm (inferior al 50% del promedio de la última década a esa fecha). La amplia mayoría de especies vegetales vasculares encontradas (92,9 %) es de origen nativo (n= 98 especies) y sus principales formas de vida son caméfitas, nanofanerófitas y hemcriptófitas. Los resultados de los transectos presentaron patrones de estacionalidad; arrojaron mayor cobertura, riqueza de especies y mayores índices de biodiversidad durante la estación húmeda respecto a la seca. En la estación seca nanofanerófitas y caméfitas, principalmente tolas (de la voz aymara *t'ola* que significa arbusto), son las formas de vida más abundantes, mientras que en la estación húmeda se suman las terófitas y hemcriptófitas herbáceas. El cambio proporcional de cobertura vegetal entre estaciones húmeda y seca, así como la participación relativa de terófitas se vieron disminuidos durante el año 2003, precedido por menor precipitación estival que el año 2002.

PALABRAS CLAVES: Altiplano, vegetación, formas de vida, lluvias estivales.

ABSTRACT

The pre-andean mountains of the northern Chile (18° 15' S – 69° 33' W) corresponds to a narrow strip which is affected by the desert at lower altitud to the west, and the Altiplano, a higher plateau at the east. The vegetation in the area also presents an altitudinal variation, and the pre-andean mountains constitutes the second of four altitudinal floors, commonly called *tolar* or *pre-altiplano shrubland* (sensu Gajardo). Ten sampling sites were studied for life forms of plants, absolute and relative vegetal cover, plant diversity and species richness of vascular plants before and after summer rainfall (dry and wet season) in four expeditions during 2002 and 2003 by using transects. The summer rainfall in 2002 was 203 mm, considered a normal precipitation for the region, whereas the following year presented a lower amount of rain of 84.7 mm (less than 50% of normal summer rain for the area). The majority of the species of plants (92,9 %) were native (total n=98 species) and the most abundant life forms were chamaephytes, nanophanerophytes and hemcryptophytes. The results of the transects showed patterns of seasonality; they presented higher vegetal cover, species richness and biodiversity in wet season. In the dry season nanophanerophytes and chamaephytes, mainly tolas (shrubs in Aymara language), are the most abundant life forms. Whereas in the wet season therophytes and hemcryptophytes herbs also are present. The proportional change of vegetal cover between wet and dry season and the presence of terophytes community were lower in the wet season during 2003, which was dryer than 2002.

KEYWORDS: Altiplano, vegetation, life forms, summer rainfalls.

INTRODUCCION

Los ecosistemas del norte de Chile corresponden a ecosistemas desérticos y forman parte de una unidad geomorfológica árida mayor, comprendida entre Perú y el norte de Chile, cuya existencia es el resultado de su posición latitudinal, la corriente marina fría de Humboldt y el efecto de sombra de lluvias que ejerce la Cordillera de los Andes (Arroyo *et al.* 1988, Marquet *et al.* 1998). En el extremo norte de Chile, llámese I y II regiones, la Cordillera de los Andes pertenece a una gran unidad orográfica del macizo andino conocida como el Altiplano. Este es un sector de tierras altas de América del Sur localizado en los Andes centrales, entre 15° y 27°S aproximadamente, y es compartido por Argentina, Bolivia, Chile y Perú (Charrier 1997). Su elevación sobre el nivel del mar, cercana a 4.000 m, condiciona la existencia de características climáticas únicas en el continente (Aceituno 1997), las cuales afectan a las especies de fauna y flora presentes.

De ese modo, la flora y vegetación de la I Región presentan una marcada segregación según altitud y en consecuencia clima, lo cual se traduce en la existencia de pisos o cinturones vegetacionales desarrollados en un sentido longitudinal (CONAF 1981), al igual como ocurre en otros hábitat de montaña en el mundo (Cavieres *et al.* 2000).

La precordillera corresponde al segundo de cuatro pisos o cinturones vegetacionales ordenados de menor a mayor altitud en los Andes de la I Región, denominado comúnmente como puna (Villagrán *et al.* 1981, Gutiérrez *et al.* 1988, Arroyo *et al.* 1997, Negrete 1997), tolar o matorral bajo (CORFO 1982, Villagrán *et al.* 1982) o estepa arbustiva pre-altiplánica (Gajardo 1994, Gajardo 1997, Rundel 2003). Ante la variedad de denominaciones, y concordando de este modo con Rundel (2003), se escogen en este trabajo la de *tolar* o *estepa arbustiva pre-altiplánica* excluyendo el término puna debido a que ha sido considerado como más amplio para referirse a todas las comunidades vegetales que viven en el Altiplano. El tolar, ubicado entre 3.100 y 3.800 m de altitud, corresponde al piso más rico en especies y de mayor cobertura vegetal. Su fisionomía está dominada por formaciones arbustivas o *tolares* (de la voz aymara *t'ola*) de hojas resinosas y persistentes.

Las condiciones abióticas en las cuales se desarrollan las comunidades vegetales son

rigurosas; existe una baja concentración de oxígeno y dióxido de carbono en el aire, la humedad relativa es baja y existe alta radiación solar. Además, los suelos se encuentran pobremente desarrollados y presentan una escasa disponibilidad de nutrientes (Marquet *et al.* 1998). La geomorfología del lugar está caracterizada por la dominancia de laderas rocosas de alta pendiente. Existen muy pocos terrenos planos.

Este ecosistema, además, constituye el hábitat de diversas especies nativas de fauna tales como guanaco (*Lama guanicoe* Müller), taruca o ciervo andino (*Hippocamelus antisensis* D'Orbigny), quirquincho de la puna (*Chaetophractus nationi* Thomas), la perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii* Vigors) y el picaflor del norte (*Rhodopis vesper* Lesson); entre ellos destaca la taruca o ciervo andino (*Hippocamelus antisensis*), pues presenta problemas en su estado de conservación (Glade 1993) y su presencia en Chile está ligada exclusivamente a este ecosistema (Sielfeld *et al.* 1988, 1999).

Los estudios realizados en la vegetación de la I Región en su mayoría realizan comparaciones a través de un gradiente altitudinal pero carecen de información acerca de lo que ocurre en un mismo piso a través de distintas estaciones de crecimiento o entre años consecutivos. Este estudio tuvo por primer objetivo distinguir la estructura y fisonomía de las distintas comunidades vegetales presentes en la zona precordillerana de la localidad de Putre y definir como varían entre estaciones de crecimiento determinadas, principalmente, por la disponibilidad hídrica. Además se observó cómo se comportaron las variaciones estacionales de cobertura vegetal entre años consecutivos.

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en la precordillera del extremo norte de Chile en la Región de Tarapacá (I Región). Específicamente, el área de estudio se desarrolla de norte a sur en un eje que va desde el poblado de Putre (18° 11' 52'' S - 69° 33' 31'' W) hasta el poblado de Belén (18° 28' 3'' S - 69° 30' 54'' W) alrededor de los 3.200 a 4.000 m de altitud (Fig. 1).

Según Di Castri y Hajek (1976) el área de estudio se ubica en una zona de desierto marginal de altura con una tendencia tropical, pues las lluvias accidentales tienden a ocurrir en verano. De acuerdo a la clasificación agroclimática realizada por Novoa

y Villaseca (1989), el área de estudio se desarrolla bajo un clima desierto de altura, específicamente en los agroclimas Putre y Potrerillos. En ella el promedio menor del mes más frío oscila alrededor de 0° C y la máxima media del mes más cálido varía entre 10 a 18° C. La precipitación anual se ubica entre 50 y 200 mm y está concentrada principalmente en enero y febrero, debido a la influencia del ciclón continental sudamericano de características tropicales; respecto a esto último, según los datos de pluviometría entregados por las estaciones Putre y Central Chapiquiña de la Dirección General de Aguas (DGA) del Ministerio de Obras Públicas (MOP), la precipitación estival (en este estudio considerada como aquella ocurrida entre diciembre y marzo del año siguiente) concentra más del 90% de la precipitación anual. Debido a esto se puede distinguir dos estaciones de crecimiento de plantas de acuerdo a la disponibilidad hídrica del suelo: una estación seca previo a la caída de lluvias estivales y una estación húmeda de mayor cobertura y riqueza vegetal, posterior a la misma.

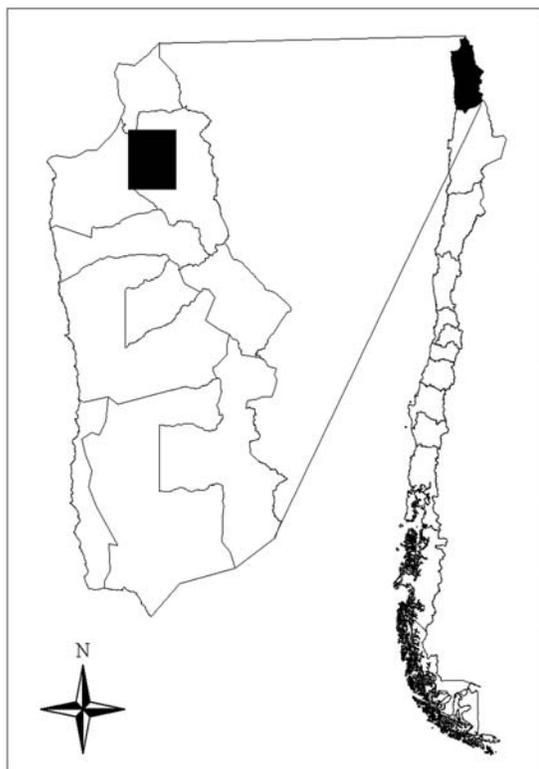


FIGURA 1: Ubicación del área de estudio.

FIGURE 1: Location of the study area.

La precordillera en esta área, conocida como la Cordillera Central de Chapiquiña, es una cadena montañosa que corresponde al borde occidental del Altiplano. Respecto a sus características edáficas, la ausencia de condiciones climáticas que posibiliten una actividad orgánica adecuada resulta en suelos de escasa evolución y delgados. Los suelos se desarrollan en condiciones de fuertes pendientes y, en forma general, son en parte litosólicos y regolíticos, de colores pardo a pardo grisáceos. Poseen texturas medias y gravosas en superficie, con cierto contenido arcilloso en profundidad. Es común la presencia de afloramientos rocosos. En esta unidad también se incluyen terrazas artificiales constituidas por suelos de quebradas y coluvios, utilizadas con fines agrícolas (CONAF 1981, 1986).

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron cuatro expediciones al terreno, dos de ellas en el año 2002 y las dos restantes en el 2003. Durante éstas, un total de 10 parcelas de una hectárea de superficie fueron establecidas como sitios de muestreo a lo largo del área de estudio (Fig. 2). Durante el año 2002 se tomaron los datos de las parcelas uno, dos y tres en Abril (estación húmeda) y diciembre (estación seca). En el año 2003, por su parte, se tomaron los datos de las parcelas restantes (cuatro a 10) en enero (estación seca) y abril-mayo (estación húmeda). Las mediciones hechas en diciembre de 2002 y enero 2003, meses incluidos dentro del período estival, fueron consideradas como representativas de la estación seca, pues a la fecha no había caído agua, por lo cual la vegetación no había cambiado.

Los sitios escogidos eran homogéneos en cuanto no presentaban indicios de intervención antrópica ni se encontraban contiguos a caminos; estos sitios correspondían a terrenos ondulados en laderas de cerros con un rango de 18 a 53 % de pendiente (Tabla I).

Las precipitaciones ocurridas en los años 2002 y 2003 presentaron notables diferencias: la precipitación estival 2001-2002 alcanzó 203 mm, mientras que la precipitación estival 2002-2003 fue de 84,7 mm. Los datos de pluviometría fueron obtenidos de la estación Putre (18° 12' 9,7'' S - 69° 33' 30,1'' W) para las parcelas medidas más al norte (uno, dos y tres) y de la estación Central Chapiquiña (18° 22' 35,5'' S - 69° 32' 47,8'' W) para las parcelas restantes, del Centro de Información de Recursos Hídricos (DGA-MOP).

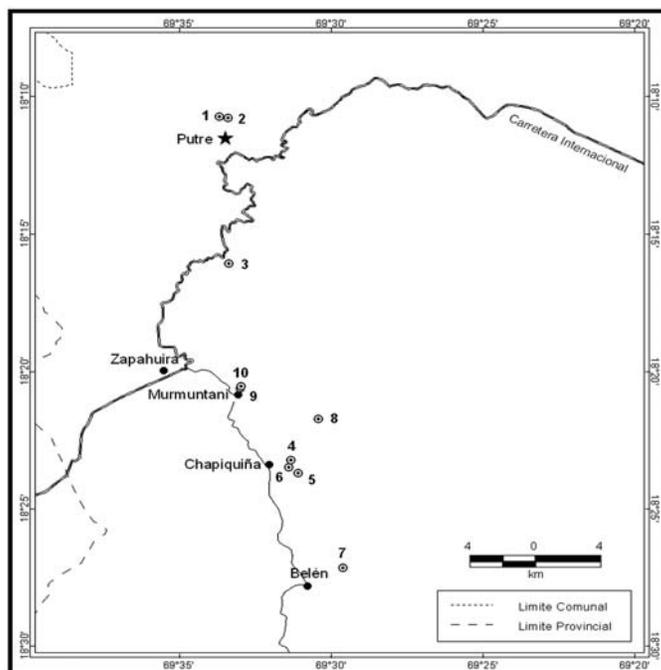


FIGURA 2: Ubicación de parcelas de muestreo.

FIGURE 2: Location of the sampling sites.

TABLA I. Ubicación y descripción de las parcelas de muestreo en el área de estudio.

TABLE I. Location and description of the sampling sites in the study area.

Nº	sector	ubicacion geográfica	pendiente (%)	altitud (ms.n.m.)	exposición
1	Putre	18° 10' 43,8" S 69° 33' 38,9" W	31	3790	NE
2	Putre	18° 10' 47,4" S 69° 33' 22,5" W	24	3861	NW
3	Zapahuira	18° 16' 5,6" S 69° 33' 21,7" W	32	3615	NW
4	Chapiquiña	18° 23' 14,2" S 69° 31' 18,3" W	18	3599	W
5	Chapiquiña	18° 23' 42,2" S 69° 31' 3,5" W	18	3625	SW
6	Chapiquiña	18° 21' 43,9" S 69° 31' 22,1" W	53	3547	SW
7	Belén	18° 27' 9,5" S 69° 29' 35,4" W	19	3604	NW
8	Belén	18° 21' 44" S 69° 30' 23,7" W	30	3500	W
9	Murmuntani	18° 20' 37,2" S 69° 32' 57,6" W	24	3638	NW
10	Murmuntani	18° 20' 32,9" S 69° 32' 56,2" W	40	3644	SW

Con el fin de obtener un listado florístico del área de estudio, se recolectó una muestra de cada especie de planta vascular distinguida, tanto en las parcelas como en los recorridos por el terreno. Estos ejemplares fueron identificados y depositados en un herbario en dependencias de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Para cada especie se asignaron nombre científico, familia, forma de vida, condición de especie autóctona o alóctona de Chile y tipo biológico (Tabla II); respecto a este último, Godron *et al.* (1968) clasifican la vegetación en cuatro tipos biológicos fundamentales, los cuales incluyen a un grupo de especies con características convergentes en cuanto a su forma y comportamiento (en Etienne y Prado 1982). Estos tipos son: herbáceo, leñoso bajo (de altura inferior a 2 m), leñoso alto (de altura superior a 2 m) y suculento. Las formas de vida de las especies se asignaron según la clasificación propuesta por el botánico C. Raunkiaer (citado por Kent & Cooker 1992). La nomenclatura y el carácter autóctono o alóctono de Chile de las especies se basó principalmente en Marticorena (1990) y Marticorena y Quezada (1985), excepto para tres familias: Cactaceae que se basó en Hunt (1999) y Hoffmann & Walter (2004), Poaceae donde se consultó a Soreng (2003) y Soreng & Pennington (2003), e Iridaceae que siguió a Rodríguez & Marticorena (2000). La categoría Poaceae fue usada para denominar especies gramíneas que no presentaban órganos reproductivos, lo cual inhabilita su identificación; por consiguiente, esta categoría podría agrupar más de una especie, lo cual lo hace un elemento no comparable; en la mayoría de los casos (sobre el 80 %) estas Poaceae correspondían a gramíneas comúnmente llamadas coirones.

Para estimar la abundancia de las especies en las comunidades vegetales se usó el método de puntos en la línea (Line Point Method), por ser considerado un método que entrega una estimación confiable de las medias poblacionales en zonas de vegetación arbustiva y es eficiente en el uso del tiempo (Heady *et al.* 1959). En cada parcela se realizaron tres transectos lineales de 50 m de largo divididos en intervalos cada 50 cm. En cada punto se anotó la presencia (o ausencia) de una determinada especie. A partir de los datos obtenidos de los transectos se estimó: a) cobertura vegetal absoluta de cada parcela, definida como la proporción de la superficie del suelo cubierto por la proyección perpendicular de las especies vegetales; b) cobertura relativa a una especie o grupo de especies;

y c) índice de biodiversidad de Shannon (H), estimado como:

$$h = -\sum_{i=1}^S (n_i / n * \ln(n_i / n))$$

donde n_i : número de individuos pertenecientes a la i ésima especie, n : número de individuos de la muestra y S : número de especies en la muestra.

Los transectos son usados comúnmente para investigar cambios en la vegetación a través de un gradiente ambiental o a través de diferentes hábitat (Sutherland 1996); en este caso particular fueron comparados para cada parcela los resultados entre el período que antecede a las lluvias y el período posterior a las lluvias estivales. De este modo, para comparar la cobertura vegetal de las parcelas entre estaciones se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, únicamente en las mediciones del año 2003 ($n=7$), pues durante el año 2002 el tamaño muestral ($n=3$) es demasiado reducido para aplicar la prueba.

Adicionalmente, se aplicó la prueba por rangos de Spearman para investigar si el cambio en cobertura vegetal de los sitios de muestreo se relacionaba con la riqueza de especies presentes en los transectos.

Para investigar sobre el comportamiento interanual, se comparó la disminución porcentual promedio de cobertura entre el período posterior a las lluvias y el previo a la caída de las mismas, entre los años 2002 y 2003, utilizando la prueba t .

Por último, unidades vegetacionales homogéneas fueron distinguidas en función de las características estructurales y las especies dominantes presentes en ellas de acuerdo a la metodología propuesta en la Carta de Ocupación de Tierras (Etienne & Prado 1982); este método ha sido usado en otras investigaciones para describir la vegetación altoandina en la Provincia de Parinacota (Troncoso 1983). De acuerdo a ella, las formaciones vegetacionales se clasifican según la estratificación y cobertura de sus componentes. Para el área de estudio, como fue mencionado, se distinguieron cuatro tipos biológicos fundamentales: leñoso alto (LA), leñoso bajo (LB), herbáceo (H) y suculento (S). Así, las formaciones vegetacionales fueron denominadas de acuerdo a la dominancia de uno o más tipos biológicos categorizados según su estratificación y grado de cubrimiento del suelo, en escalas previamente definidas. Adicionalmente, en cada tipo biológico constituyente de una formación vegetacional dada, se identificaron las especies más representativas. En general, tales especies debieran alcanzar una cobertura al menos mayor o igual al 10 % (Etienne & Prado 1982).

TABLA II. Inventario de especies vegetales vasculares clasificadas según forma de vida, tipo biológico y origen geográfico.

TABLE II. List of vascular plant classified by life form, biologic type and geographic procedence.

DIVISION	CLASE			
Familia	Especie	Forma de vida	Tipo biológico	Origen geográfico
POLYPODIOPHYTA	POLYPODIOPSISIDA			
Adiantaceae	<i>Cheilanthes cf. bonariensis</i> (Willd.) Proctor	Hemicriptófito	herbáceo	naturalizado
	<i>Notholaena nivea</i> (Poir.) Desv.	Hemicriptófito	herbáceo	nativo
	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	Hemicriptófito	herbáceo	nativo
PINOPHYTA	GNETOPSISIDA			
Ephedraceae	<i>Ephedra breana</i> Phil.	Caméfito	herbáceo	nativo
MAGNOLIPHYTA	MAGNOLIOPSISIDA			
Apiaceae	<i>Bowlesia tropaeolifolia</i> Gillies et Hook.	Terófito	herbáceo	nativo
Asclepiadaceae	<i>Philibertia rahmeri</i> (Phil.) Malme	Liana	herbáceo	nativo
Asteraceae	<i>Ambrosia artemisioides</i> Meyen et Walp.	Caméfito	leñoso bajo	nativo
	<i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera	Caméfito	leñoso bajo	nativo
	<i>Baccharis santelicensis</i> Phil.	Caméfito	leñoso bajo	nativo
	<i>Baccharis scandens</i> (Ruiz et Pav.) Pers.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Bidens triplinervia</i> Kunth	Caméfito	herbáceo	nativo
	<i>Chuiraga spinosa</i> Less.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Conyza deserticola</i> Phil.	Hemicriptófito	herbáceo	nativo
	<i>Coreopsis suaveolens</i> Sherff	Caméfito	leñoso bajo	nativo
	<i>Diplostegium cinereum</i> Cuatrec.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Diplostegium meyenii</i> Wedd.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Gnaphalium glandulosum</i> (Walp.) Klatt	Caméfito	herbáceo	nativo
	<i>Grindelia tarapacana</i> Phil.	Caméfito	leñoso bajo	nativo
	<i>Lophopappus tarapacanus</i> (Phil.) Cabrera	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Mutisia acuminata</i> Ruiz et Pav.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Mutisia hamata</i> Reiche	Liana	herbáceo	nativo
	<i>Ophryosporus pinifolius</i> (Phil.) R.M.King & H.Rob.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Plazia daphnoides</i> Wedd.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Polyachyrus sphaerocephalus</i> D.Don	Caméfito	herbáceo	nativo
	<i>Senecio behnii</i> Ricardi et Martic.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Senecio ctenophyllus</i> Phil.	Nanofanerófito	herbáceo	nativo
	<i>Senecio olivaceobracteatus</i> Ricardi et Martic.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Senecio</i> sp.	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo
	<i>Tagetes multiflora</i> Kunth	Terófito	herbáceo	nativo
	<i>Viguiera pazensis</i> Rusby	Caméfito	herbáceo	nativo
	<i>Villanova robusta</i> Phil.	Caméfito	no determinado	nativo
Brassicaceae	<i>Cremolobus chilensis</i> (Lag. ex DC.) DC.	Terófito	herbáceo	nativo
	<i>Descurainia stricta</i> (Phil.) Prantl ex Reiche	Terófito	herbáceo	nativo
	<i>Draba gilliesi</i> Hook. et Arn.	Caméfito	herbáceo	nativo
	<i>Lepidium rahmeri</i> Phil.	Hemicriptófito	herbáceo	nativo
	<i>Sisymbrium</i> sp.	Hemicriptófito	herbáceo	no determinado
Caesalpinaceae	<i>Senna birostris</i> (Dombey ex Vogel) H.S.Irwin et Barneby var. <i>arequipensis</i> (Meyen ex Vogel) H.S.Irwin et Barneby	Nanofanerófito	leñoso bajo	nativo

Continuación Tabla II.

DIVISION	CLASE			
Familia	Especie	Forma de vida	Tipo biológico	Origen geográfico
Cactaceae	<i>Corryocactus brevistylus</i> (K.Schum. ex Vaupel)			
	Britton et Rose	Nanofanerófita	suculento	nativo
	<i>Cumulopuntia boliviana</i> (Salm-Dyck)			
	F.Ritter ssp. <i>equinacea</i> (Salm-Dyck) F.Ritter	Caméfitas	suculento	nativo
	<i>Cumulopuntia sphaerica</i> (C.F.Först.)			
	E.F.Anderson	Caméfitas	suculento	nativo
	<i>Echinopsis</i> sp.	Caméfitas	suculento	nativo
	<i>Haageocereus fascicularis</i> (Meyen)			
	F.Ritter	Caméfitas	suculento	endémico
	<i>Neowerdermannia chilensis</i> Backeb.	Caméfitas	suculento	nativo
	<i>Opuntia atacamensis</i> Phil.	Caméfitas	suculento	endémico
	<i>Oreocereus hempelianus</i> (Gürke)			
	D.Hunt	Caméfitas	suculento	nativo
	<i>Oreocereus leucotrichus</i> (Phil.)			
	Wagenkn.	Nanofanerófita	suculento	nativo
	<i>Oreocereus variicolor</i> Backeb.	Nanofanerófita	suculento	nativo
<i>Tunilla soehrensii</i> (Britton et Rose)				
D.R.Hunt et J.Illiff	Caméfitas	suculento	nativo	
Caryophyllaceae	<i>Cardionema ramosissimum</i> (Weinm.)			
	A.Nelson et J.F.Macbr.	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
Chenopodiaceae	<i>Spergularia fasciculata</i> Phil.	Caméfitas	herbáceo	nativo
	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Terófita	herbáceo	nativo
	<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth	Terófita	herbáceo	nativo
Fabaceae	<i>Adesmia spinosissima</i> Meyen	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Adesmia verrucosa</i> Meyen ex Vogel	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Astragalus</i> sp.	no determinado	herbáceo	nativo
	<i>Dalea pennellii</i> (J.F.Macbr.) J.F.Macbr.	no determinado	herbáceo	nativo
	var. <i>chilensis</i> Barneby			
	<i>Lupinus oreophilus</i> Phil.	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Medicago lupulina</i> L.	Terófita	herbáceo	naturalizado
	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	Nanofanerófita	leñoso bajo	naturalizado
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	Terófita	herbáceo	naturalizado
Krameriaceae	<i>Krameria lappacea</i> (Dombey)			
	Burdet et B.B.Simpson	Caméfitas	leñoso bajo	nativo
Labiatae	<i>Satureja</i> sp.	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
Ledocarpaceae	<i>Balbisia microphylla</i> (Phil.) Reiche	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
Loasaceae	<i>Nasa</i> cf. <i>urens</i> (Jacq.) Weigend	Terófita	herbáceo	nativo
Malvaceae	<i>Fuertesimalva chilensis</i> (A.Braun et C.D.Bouché) Fryxell	Terófita	herbáceo	nativo
	<i>Tarasa</i> aff. <i>operculata</i> (Cav.) Krapov.	Caméfitas	leñoso bajo	nativo
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i> L.	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
Plantaginaceae	<i>Plantago hispidula</i> Ruiz et Pav.	Terófita	herbáceo	nativo
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Hemicriptófita	herbáceo	naturalizado
	<i>Plantago</i> aff. <i>sericea</i> Ruiz et Pav. ssp. <i>sericans</i> (Pilger) Rahn	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
Polemoniaceae	<i>Microsteris gracilis</i> (Hook.) Greene	Terófita	herbáceo	nativo
Polygonaceae	<i>Muehlenbeckia hastulata</i> (Sm.) I.M.Johnst.	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
Portulacaceae	<i>Portulaca philippii</i> I.M.Johnst.	Caméfitas	herbáceo	nativo
Rosaceae	<i>Polylepis rugulosa</i> Bitter	Microfanerófita	Leñoso alto	nativo
	<i>Tetraglochin cristatum</i> (Britton)			
	Rothm.	Caméfitas	leñoso bajo	nativo
Santalaceae	<i>Quinchamalium parviflorum</i> Phil.	Terófita	herbáceo	nativo

Continuación Tabla II.

DIVISION	CLASE	Forma de vida	Tipo biológico	Origen geográfico
Familia	Especie			
Scrophulariaceae	<i>Bartsia</i> cf. <i>peruviana</i> Walp.	Caméfitas	herbáceo	nativo
	<i>Calceolaria inamoena</i> Kraenzl.	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
Solanaceae	<i>Dunalia spinosa</i> (Meyen) Dammer	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Fabiana ramulosa</i> (Wedd.) Hunz. et Barboza	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl.	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Lycopersicum chilense</i> Dunal	Caméfitas	leñoso bajo	nativo
	<i>Salpichroa</i> sp.	no determinado	leñoso bajo	nativo
Verbenaceae	<i>Junellia arequipensis</i> (Botta) Botta	Caméfitas	leñoso bajo	nativo
	<i>Junellia seriphioides</i> (Gillies et Hook.) Moldenke	Nanofanerófita	leñoso bajo	nativo
	<i>Verbena gynobasis</i> Wedd.	Caméfitas	leñoso bajo	nativo
	<i>Verbena hispida</i> Ruiz et Pav.	Geófitas	leñoso bajo	nativo
MAGNOLIPHYTA	LILIOPSIDA			
Iridaceae	<i>Olsynium scirpoideum</i> (Poepp.) Goldblatt	Geófitas	herbáceo	nativo
Poaceae	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
	<i>Cortaderia atacamensis</i> (Phil.) Pilger	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
	<i>Eragrostis weberbaueri</i> Pilger	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
	<i>Festuca orthophylla</i> Pilger	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
	<i>Jarava lepostachya</i> (Griseb.) F.Rojas	Hemicriptófita	herbáceo	nativo
	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P.Beauv.) Steud.	Terófitas	herbáceo	nativo
	<i>Nassella pubiflora</i> (Trin. et Rupr.) E.Desv.	Caméfitas	herbáceo	nativo
	<i>Poa</i> sp.	Hemicriptófita	herbáceo	no determinado
	<i>Stipa</i> sp.	Hemicriptófita	herbáceo	nativo

RESULTADOS

FLORA

Un total de 98 especies vegetales vasculares fueron distinguidas en el área de estudio; de ese total, 90 fueron reconocidas a nivel de especie, con cinco de ellas descritas en categorías infraespecíficas, y las ocho restantes quedaron reconocidas hasta el nivel de género. Veinte y nueve familias botánicas conforman el listado florístico (Tabla II). La división Magnoliophyta (Angiospermas) es la más abundante con 27 familias y, dentro de esta división, la clase Magnoliopsida (Dicotiledóneas) contiene 25 de ellas. Las familias con mayor número de especies son Asteraceae (26 especies), Cactaceae (11) y Poaceae (nueve).

Las tres formas de vida más frecuentes en la flora son, en orden descendente, caméfitas, nanofanerófitas y hemicriptófitas con una participación en conjunto superior al 75 % (Fig. 3).

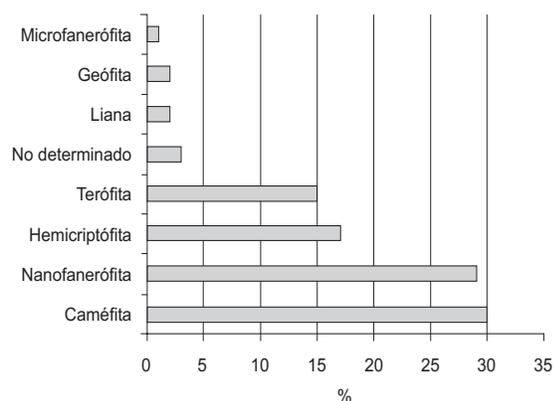


FIGURA 3: Participación de las formas de vida en la flora del área de estudio.

FIGURE 3: Relative composition of life forms in the flora of the study area.

Del total de las especies vegetales vasculares registradas, 91 correspondieron a especies nativas (92,9 %), dos de las especies nativas correspondieron además a especies endémicas de Chile (2%); cinco especies fueron categorizadas como especies naturalizadas (5,1 %) y dos (2 %) no fueron determinadas por estar sólo hasta la categoría de géneros cuyas especies en Chile no son sólo nativas. Las especies naturalizadas son: *Cheilanthes* cfr. *bonariensis* (Adiantaceae), *Medicago lupulina* y *Melilotus indicus* (Fabaceae), *Erodium cicutarium* (Geraniaceae) y *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). La primera de ellas, una Pteridofita (helecho), no está plenamente reconocida pues se recomienda confrontar con otras muestras y en el área hay otras especies del género *Cheilanthes* citadas (Gajardo 1997). Tanto *Medicago lupulina* como *Melilotus indicus* fueron vistas asociadas a bordes de quebradas en sustratos arenosos y húmedos. Las últimas especies, *Erodium cicutarium* y *Plantago lanceolata* son malezas de gran distribución en Chile, y en el área de estudio se vieron únicamente en lugares intervenidos por el hombre. Las especies no determinadas fueron: *Sisymbrium* sp. (Brassicaceae) y *Poa* sp. (Poaceae). Las dos especies endémicas a Chile, *Haageocereus fascicularis* y *Opuntia atacamensis*, pertenecen a la familia Cactaceae.

En conjunto, la flora del área de estudio presenta tanto géneros endémicos de los Andes de Sudamérica, tales como *Polylepis*, *Chuquiraga*, *Parastrephia* y *Oreocereus*, así como también se presentan géneros de las familias más numerosas de plantas (Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, etc.) que están representados en forma cosmopolita (e.g. *Senecio*, *Stipa*, *Lupinus* y *Descurainia*). No existen, eso sí, géneros endémicos a Chile, pues esta región ecológica está también presente en la zona andina de las vecinas naciones de Argentina, Bolivia y Perú.

COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal absoluta mostró variaciones durante las distintas estaciones de crecimiento. Durante el año 2002, en las mediciones tomadas posterior a la caída de lluvias, las parcelas promediaron una cobertura vegetal igual a (media±DE) 64±6,1 %. Posteriormente y previo al próximo período de precipitaciones, la cobertura vegetal absoluta

promedio de las parcelas disminuyó a 36,5±3,7 %. Durante el 2003, por su parte, la cobertura vegetal absoluta promedió 69,7±7,9 en la estación húmeda, mientras que en la estación seca fue inferior con un valor de 54,8±13,5. Para estas mediciones, realizadas durante el año 2003, la prueba de Wilcoxon indica que existe evidencia de que la cobertura vegetal varía según estación del año ($T = 1$, $n = 7$; $P = 0,025$). En las Tablas III y IV se muestra el detalle de cobertura vegetal por especie, según estación y año de muestreo.

Según los datos de cobertura relativa de cada especie vegetal, y luego de la asignación de su forma de vida, se calculó la abundancia de las formas de vida en las mediciones realizadas durante la estación húmeda y durante la estación seca (Tablas III y IV). Al comparar la abundancia de las formas de vida durante las estaciones de crecimiento (ver Tabla V), lo primero que destaca es que las terófitas, en otras palabras, las hierbas, están ausentes en los transectos realizados durante la estación seca. En cuanto a la representatividad, las principales formas de vida presentes durante la estación seca son perennes, nanofanerófitas y caméfitas. La suma de ambas categorías en esa estación fue siempre superior al 50 %. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la participación de hemicriptófitas está subestimada en ambas estaciones, pues las especies de la categoría Poaceae no aparecen con una forma de vida asignada, pero como ya fue mencionado, la mayor parte de los casos correspondían a gramíneas comúnmente llamadas coirones. La parcela 10, en donde nanofanerófitas y caméfitas están menos representadas, corresponde a un bosque de queñoa con arbustos al igual que el caso de la parcela 3, de ahí que sólo ellas tengan el componente de microfanerófitas, aunque con distinta abundancia.

Respecto a la variación interanual de cobertura vegetal, la disminución porcentual de la cobertura vegetal entre la estación húmeda y previo a caída de lluvias estivales fue mayor en promedio durante el año 2002 (42,5%) que en el 2003 (22,02%). Eso sí, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($t = 1,06$; $gl = 8$; $P = 0,025$). En cuanto a las formas de vida destaca el caso de las terófitas. Únicamente en las mediciones realizadas durante la estación húmeda aparece esta forma de vida. Las terófitas fueron notoriamente más abundantes en los transectos medidos durante el año 2002 (42,1 ± 17,9 %), respecto del año 2003 (16,8 ± 10,8 %) (ver detalle en Figuras 4 y 5).

TABLA III. Cobertura vegetal absoluta y relativa (%), riqueza de especies e índice de biodiversidad de Shannon en las parcelas de muestreo durante la estación húmeda.

TABLE III. Absolute and relative vegetal cover (%), species richness and Shannon index of biodiversity in sampling sites during wet season.

Especie / Parcela	Año 2002			Año 2003						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Plantago hispidula</i>	24,8	53,6	6,3	28,1	1,1	3,1	16,1	8,1	18,2	12,3
<i>Baccharis boliviensis</i>	14,3	1,3	8,6	55,1	8,2	4,6	10,7	24,9	7,1	10,5
<i>Fabiana ramulosa</i>	6,0	1,8	20,3		17,6	14,4	25,4	18,1	1,0	0,5
<i>Diplostephium meyenii</i>		16,1	3,1	2,3		13,9	23,4	10,4	19,7	3,6
pastos	21,1	3,6	9,4	3,0	13,2	9,2	2,4	10,4	5,6	11,8
<i>Parastrephia lepidophylla</i>					40,7					
<i>Lophopappus tarapacanus</i>						1,0	1,0	7,2	18,2	1,5
<i>Plantago sericea</i>		1,8	9,4				9,8		1,0	7,3
<i>Microsteris gracilis</i>	8,3		3,1	1,8	6,0	1,5			5,6	1,4
<i>Polylepis rugulosa</i>		9,4								16,8
<i>Baccharis santelicens</i>		0,5	7,0		2,2		0,5	3,6		12,3
<i>Verbena gynobasis</i>						18,0		0,5	1,0	0,5
<i>Cumulopuntia sphaerica</i>			3,6	1,7	2,6	2,4	4,1	2,5	0,9	
<i>Stipa</i> sp.	0,8			0,6	4,4	3,6		1,8	6,1	
<i>Cremolobus chilensis</i>		1,8	14,1							
<i>Adesmia spinosissima</i>	0,8				3,3	0,5	4,9	1,8	1,0	2,7
<i>Muhlenbergia peruviana</i>		3,6							7,1	2,3
<i>Senecio</i> sp.				0,6	0,6	7,7	1,0		0,5	0,9
<i>Senecio olivaceobracteatus</i>		1,8				5,1	0,5			1,8
<i>Tagetes multiflora</i>	3,8	1,8	0,8	0,6	0,6			0,9	1,0	
<i>Baccharis petiolata</i>	2,3					5,1				
<i>Balbisia microphylla</i>								5,4	1,0	0,9
<i>Gnaphalium glandulosum</i>	1,5	1,8	3,1							
<i>Jarava leptostachya</i>										5,9
<i>Calceolaria inamoena</i>	0,8	1,8				2,1	0,5			
<i>Ephedra breana</i>		3,6				0,5		0,5		
<i>Fuertesimalva chilensis</i>	3,0		0,8	0,6	0,6					
<i>Nassella pubiflora</i>	5,3									
<i>Tunilla soehrensii</i>		5,4								
<i>Coreopsis suaveolens</i>										4,1
<i>Lupinus oreophilus</i>	0,8		3,1							
<i>Spergularia fasciculata</i>				1,2				0,9	1,5	0,5
<i>Dunalia spinosa</i>						3,1				
<i>Mutisia acuminata</i>						3,1				
<i>Senecio behnii</i>	3,0							0,5		
<i>Bartsia bartsioides</i>							1,0	0,5		0,5
<i>Senna birostris</i>								0,5	1,5	
<i>Cardionema ramosissimum</i>				1,2			0,5			
<i>Conyza deserticola</i>			1,6							0,5
<i>Poa</i> sp.	1,5									
<i>Tetraglochin cristatum</i>						0,5				0,9
<i>Bowlesia tropaeolifolia</i>	0,8									
<i>Bromus catharticus</i>	0,8									
<i>Pellaea ternifolia</i>				1,2						
<i>Quinchamalium parviflorum</i>						0,5				
<i>Cumulopuntia boliviana</i>									0,5	
<i>Oreocereus variicolor</i>	0,8									
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cobertura vegetal absoluta (%)	67	57	68	57,7	62,7	76,7	69,7	75,3	66,7	79,0
Índice de Shannon	2,3	1,7	2,4	1,4	1,9	2,6	2,0	2,3	2,4	2,6
Riqueza de especies	19	15	15	13	13	20	15	18	19	23

TABLA IV. Cobertura vegetal absoluta y relativa (%), riqueza de especies e índice de biodiversidad de Shannon en las parcelas de muestreo durante la estación seca.

TABLE IV. Absolute and relative vegetal cover (%), species richness and Shannon index of biodiversity in sampling sites during dry season.

Especie / Parcela	Año 2002			Año 2003						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Fabiana ramulosa</i>	35	18,1	31,3	26,4	0,7	28,1	30,3	14,7		5,5
<i>Baccharis boliviensis</i>	18,8	13,9	19,4	35,5	11,0	12,8	16,1	13,6	20,6	15,8
<i>Diplostegium meyenii</i>	18,8	25,0	3,0	16,4		17,9	17,4	27,1	19,9	2,4
Poaceae		7,0	3,0	1,8	6,2	5,1	13,6	8,5	17,8	9,1
<i>Lophopappus tarapacanus</i>	5,0			7,3		4,3		22,0	23,3	1,8
<i>Parastrephia lepidophylla</i>					61,7					
<i>Baccharis santeliciis</i>		4,2	16,4	0,9	5,5	1,7		4,0	3,4	7,3
<i>Adesmia spinosissima</i>		1,4	6,0		8,2	1,3	12,9	6,2	2,1	3,6
<i>Polylepis rugulosa</i>			6,0							35,3
<i>Verbena gynobasis</i>	1,3			6,4	2,7	15,3	3,9		4,1	
<i>Senecio olivaceobracteatus</i>		12,5		0,9		3,8			2,1	1,8
<i>Plantago sericea</i>		1,4	11,9				3,9			
<i>Jarava leptostachya</i>	7,5	4,2		2,7						
<i>Plazia daphnioides</i>										12,7
<i>Balbisia microphylla</i>	8,8					0,4		2,3		
<i>Ephedra breana</i>	1,3	8,3						1,7		
<i>Cumulopuntia sphaerica</i>		1,4		1,8			1,9		4,1	1,2
<i>Calceolaria inamoena</i>		1,4				3,0			2,1	
<i>Lupinus oreophilus</i>		1,4	3,0							
<i>Stipa</i> sp.					4,1					
<i>Mutisia acuminata</i>						3,8				
<i>Coreopsis suaveolens</i>										3,6
<i>Diplostegium cinereum</i>						2,6				
<i>Krameria lapaccea</i>	2,5									
<i>Adesmia verrucosa</i>	1,3									
<i>Senna birostris</i>									0,7	
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Cobertura vegetal absoluta (%)	40	37	32,5	37,7	47,3	81	52,7	60	49,7	55
Índice de Shannon	1,8	2,1	1,9	1,7	1,3	2,1	1,8	1,9	1,9	2,0
Riqueza de especies	10	13	9	10	8	13	8	9	11	12

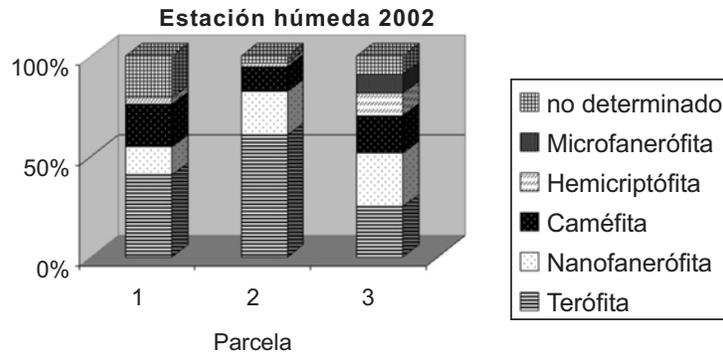


FIGURA 4: Cobertura vegetal según forma de vida, durante la estación húmeda del 2002.

FIGURE 4: Vegetal cover by life form in wet season 2002.

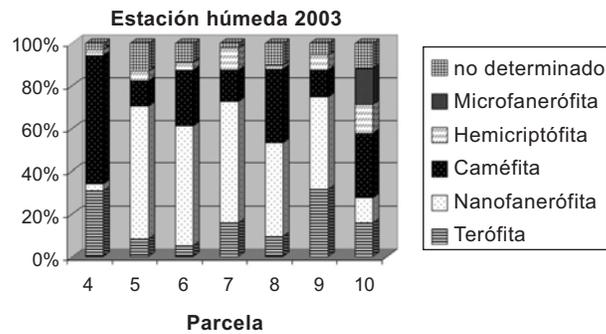


FIGURA 5: Cobertura vegetal según forma de vida, durante la estación húmeda del 2003.

FIGURE 5. Vegetal cover by life form in wet season 2003.

TABLA V. Cobertura vegetal (%) según forma de vida durante la estación húmeda y seca.

TABLE V. Vegetal cover (%) by life form during wet and dry season.

Forma de vida	Parcelas									
	Año 2002			Año 2003						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terófita	40,6	60,7	25,0	31,1	8,2	5,1	16,1	9,5	31,8	15,9
Nanofanerófita	14,3	21,4	26,6	3,0	62,1	55,9	56,6	43,9	42,9	11,8
Caméfita	21,1	12,5	18,8	59,9	12,1	26,2	14,6	34,8	12,6	30,0
Hemicriptófita	3,0	1,8	10,9	3,0	4,4	3,6	10,3	1,8	7,1	13,6
Microfanerófita			9,4							16,8
no determinado	21,1	3,6	9,4	3,0	13,2	9,2	2,4	10,4	5,6	11,8
Nanofanerófita*	68,8	59,7	43,3	50,9	70,6	65,1	60,7	72,3	50,0	27,9
Caméfita*	23,8	27,8	35,8	44,5	19,2	29,8	21,9	19,2	32,2	27,9
Hemicriptófita*	7,5	5,6	11,9	2,7	4,1		3,9			
Microfanerófita*			6,0							35,2
no determinado*		7,0	3,0	1,8	6,2	5,1	13,6	8,5	17,8	9,1

(): estación húmeda
 (*): estación seca

RIQUEZA Y DIVERSIDAD

La riqueza de especies presente en los transectos realizados en las parcelas durante la estación seca fue siempre menor a los realizados en igual parcela durante la estación húmeda. Durante la estación seca el promedio de riqueza fue igual a $10,3 \pm 1,9$ especies. Durante la estación húmeda la riqueza fue igual a $17 \pm 3,3$ especies de plantas vasculares. Así, según la prueba por rangos de Spearman, la cobertura vegetal y la riqueza de especies en un área determinada presentan una relación positiva ($r_s = 0,745$, $n = 20$; $P = 0,01$), y según el test de significancia de la prueba, la relación es altamente significativa ($t_{18} = 6,33$; $P = 0,01$).

Respecto a la relación de abundancia de especies, el índice de Shannon arrojó mayores valores, por ende mayor biodiversidad, en las parcelas medidas durante la estación húmeda, excepto en dos de las 10 parcelas.

VEGETACIÓN

Para la definición de formaciones vegetacionales los valores de cobertura de plantas agrupadas según tipo biológico fueron convertidos a los códigos propuestos por la metodología de la Carta de Ocupación de Tierras. Los resultados se muestran en la Tabla VI.

TABLA VI. Descripción de formaciones vegetacionales del área de estudio.

TABLA VI. Description of vegetation formations in the study area.

Parcela	Formación Vegetal	Código estación seca (*)	Especies dominantes estación seca (**)	Código estación húmeda (*)	Especies dominantes estación húmeda (**)
1	Tolar	LB ₄ /H ₁	LB: Fr-Dm-Bb H: Sl	LB ₃ /H ₃ /H ₃ /S ₁	LB: Bb-Fr H: "p"-S sp. H: Ph-Mg S: Cs
2	Tolar	LB ₄ /H ₁ /H ₁ /S ₁	LB: Dm-Fr-Bb H: "p"-Sl H: Ps S: Cs	LB ₃ /H ₁ /H ₄ /S ₁	LB: Dm H: "p" H: Ph S: Cb
3	Queñoal	LA ₁ /LB ₃ /H ₁ /H ₁	LA: Pr LB: Fr-Bb-Bs H: "p" H: Ps	LA ₂ /LB ₄ /H ₁ /H ₄	LA: Pr LB: Fr-Bb-Bs H: "p" H: Cc-Ps
4	Tolar	LB ₄ /H ₁ /S ₁	LB: Bb-Fr-Dm H: "p"-Sl S: Cs	LB ₄ /H ₁ /H ₃ /S ₁	LB: Bb H: "p" H: Ph S: Cs
5	Tolar	LB ₄ /H ₂	LB: Pl-Bb-As H: "p"-S sp.	LB ₄ /H ₂ /H ₁ /S ₁	LB: Pl-Fr-Bb H: "p"-Sl H: Mg S: Cs
6	Tolar	LB ₅ /H ₁	LB: Fr-Dm-Vg H: "p"	LB ₅ /H ₂ /H ₃ /S ₁	LB: Vg-Fr-Dm H: "p"-S sp. H: Ph-Se sp. S: Cs
7	Tolar	LB ₄ /H ₁ /H ₁ /S ₁	LB: Fr-Dm-Bb H: "p" H: Ps S: Cs	LB ₄ /H ₁ /H ₃ /S ₁	LB: Fr-Dm-Bb H: "p" H: Ph-Ps S: Cs
8	Tolar	LB ₃ /H ₃ /H ₁	LB: Dm-Lt-Fr-Bb H: "p" H: Eb	LB ₃ /H ₂ /H ₂ /S ₁	LB: Bb-Fr-Dm H: "p" H: Ph S: Cs
9	Tolar	LB ₅ /H ₃ /S ₁	LB: Lt-Bb-Dm H: "p" S: Cs	LB ₄ /H ₂ /H ₃ /S ₁	LB: Dm-Lt-Bb H: "p"-S sp. H: Ph-Mp-Mg S: Cb-Cs
10	Queñoal	LA ₃ /LB ₄ /H ₂ /S ₁	LA: Pr LB: Bb-Ph H: "p" S: Cs	LA ₃ /LB ₄ /H ₂ /H ₃ /S ₁	LA: Pr LB: Bs-Bb H: "p"-Sl H: Ph-Ps S: Cs

(*) Estratificación tipo biológico: LA=2-4m; LB=0.5-1m; H=0.5-1m; H=0-25cm; S=1-2m; S=0-25cm

Cobertura tipo biológico: 1=1-5%; 2=>5-10%; 3=>10-25%; 4=>25-50%; 5=>50-75%

(**) As: *Adesmia spinosissima*, Bb: *Baccharis boliviensis*, Bs: *Baccharis santelicensis*, Cb: *Cumulopuntia boliviana*, Cc: *Cremolobus chilensis*, Cs: *Cumulopuntia sphaerica*, Eb: *Ephedra breana*, Dm: *Diplostephium meyenii*, Fr: *Fabiana ramulosa*, Lt: *Lophopappus tarapacanus*, Mg: *Microsteris gracilis*, Mp: *Muhlenbergia peruviana*, Ov: *Oreocereus variicolor*, "p": Poaceae, Ph: *Plantago hispidula*, Pd: *Plazia daphnoides*, Pl: *Parastrephia lepidophylla*, Pr: *Polylepis rugulosa*, Ps: *Plantago sericea*, Sl: *Stipa leptostachya*, S sp.: *Stipa* sp., Se sp.: *Senecio* sp., Vg: *Verbena gynobasis*

En general, según los tipos de crecimiento y su participación, se distinguen dos formaciones vegetacionales:

A) TOLAR: comunidad vegetal presente en laderas de cerros, compuesta principalmente por arbustos resinosos tanto de hábito perenne o caducifolio de la familia Asteraceae, tales como *Baccharis boliviensis*, *Diplostephium meyenii*, *Lophopappus tarapacanus*, *Parastrephia lepidophylla*, y Solanaceae (*Fabiana ramulosa*). Entre ellos se insertan algunas cactáceas (e.g. *Cumulopuntia* spp., *Oreocereus* spp.) y gramíneas cespitosas, principalmente de los géneros *Festuca* y *Stipa*. En los espacios de suelo desnudo entre los arbustos y a continuación de las lluvias, aparece una estrata herbácea, ya sea de especies terófitas (e.g. *Plantago hispidula*, *Tagetes multiflora*, *Muhlenbergia peruviana*) o aquellas perennes que sólo asoman parte aérea ante las más favorables condiciones hídricas (e.g. *Cardionema ramosissimum*), con lo cual aumenta la cobertura vegetal del suelo, incluso superando el 70 %. En esta formación vegetacional se distinguieron dos asociaciones: *Baccharis boliviensis-Fabiana ramulosa-Diplostephium meyenii* sensu Villagrán (parcelas uno, dos, cuatro, seis, ocho, nueve) y *Parastrephia lepidophylla-Baccharis boliviensis-Fabiana ramulosa* (parcela cinco). La primera de ellas corresponde a la formación vegetacional de mayor distribución en el área de estudio. No obstante, dentro del tolar es posible encontrar otras diferencias en la distribución de especies; respecto a la orientación de la ladera, los “viejitos”, cactáceas columnares del género *Oreocereus*, ocurren principalmente en laderas solanas; en el caso de *Cumulopuntia sphaerica* (“perrito”), que estando presente en laderas de distinta exposición, aumenta notoriamente su cobertura en laderas escarpadas de mayor exposición solar. Otras especies del tolar son más abundantes en terrenos arenosos, frecuentemente en bordes de camino como *Baccharis scandens*, *Mutisia acuminata*, *Dunalia spinosa* y *Senna birostris* var. *arequipensis*.

b) QUEÑOAL: la principal diferencia con el tolar es justamente la presencia de la queñoa (*Polylepis rugulosa*) agregando la estrata arbórea a la formación vegetacional. Comúnmente se trata de individuos de entre 2 a 4 m de altura con abundancia relativa variable generalmente no superior al 40%. Bajo y entre la queñoa se desarrolla una comunidad vegetal arbustiva como la descrita anteriormente. Las parcelas tres y 10 fueron clasificadas dentro de esta

formación vegetacional. Esta comunidad podría analogarse a la asociación *Polylepis rugulosa-Fabiana ramulosa* señalada por Rundel (2003).

DISCUSION

El área de estudio constituye un valioso ejemplo de la vegetación altoandina en el norte de Chile; la precordillera en esta latitud está considerada como la región vegetacional más diversa, tanto en riqueza como cobertura, de los Andes del norte de Chile con régimen de lluvias estivales, vale decir entre aproximadamente 18 y 24° S (Villagrán *et al.* 1981, Arroyo *et al.* 1988, Gutiérrez *et al.* 1988). En el caso particular de las especies leñosas, según Rundel *et al.* (2003) el área de estudio posee la comunidad de plantas leñosas más diversa del norte de Chile.

En cuanto a la flora del área, es destacable el alto porcentaje que es de origen nativo, lo cual podría explicarse en parte por las rigurosas características físicas en la zona producto de la altura; otros autores han señalado una menor riqueza de plantas exóticas en zonas altas, tanto en Chile (Pauchard & Alaback 2004), como en otros continentes (Wilson *et al.* 1992). Por otra parte, la baja densidad poblacional respecto a otras zonas del país podría traducirse en falta de propágulos de especies exóticas, los cuales llegan usualmente ligados a actividades humanas (Sakai *et al.* 2001, Figueroa *et al.* 2004).

Es relevante mencionar el caso de la única especie monocotiledónea no gramínea, *Olsynium scirpoideum* subsp. *scirpoideum* (Iridaceae). Esta geófito no estaba registrada en la I Región, sino otra iridácea de tépalos amarillos, *Olsynium trinerve* (Baker) R.A. Rodr. et Martic. (Gajardo 1997, Rodríguez & Marticorena 2000). La muestra recolectada en el área de estudio, de tépalos rosados, fue enviada a la Universidad de Concepción y reconocida por Rodríguez como *O. scirpoideum*, planta que fue vista en laderas de cerros cercanas al camino que une Putre y Zapahuira y en los alrededores de Chapiquiña en sitios restringidos.

Dentro de las especies clasificadas como naturalizadas merece atención el caso de *Cheilanthes* cf. *bonariensis* según Marticorena y Rodríguez (1995), esta especie presenta una amplia distribución en el continente americano desde Estados Unidos, a lo largo de la Cordillera de los Andes hasta el norte de Argentina; sin embargo en

Chile sólo se ha visto en la costa de la provincia de Antofagasta. Elizabeth Barrera (Museo Nacional de Historia Natural de Chile) reconoció la muestra como *Cheilanthes bonariensis* siguiendo las claves presentes en dicho trabajo, pero recomendó confrontar con otras muestras identificadas. Parece luego cuestionable afirmar que la especie es naturalizada.

En general, la identidad y riqueza de especies vegetales vasculares encontradas en el área de estudio (n=98 especies), así como la proporción de sus formas de vida, son similares a las descritas por Villagrán *et al.* (1981) en un estudio realizado en la provincia de Parinacota. Respecto a las formas de vida, la alta preponderancia de caméfitas, nanofanerófitas y hemicriptófitas no es de extrañar considerando ciertas características de ellas. Caméfitas y hemicriptófitas son formas de vida especializadas para vivir en ambientes extremos debido a que presentan yemas de renuevo a nivel de suelo o cercano a él (Gajardo 1997). Respecto a las nanofanerófitas, y leñosos bajos en general, su presencia en ambientes áridos se ve favorecida por la capacidad de producir sistemas radicales grandes y profundos que les permiten obtener humedad durante una estación más prolongada (Rundel *et al.* 2003). También se presentan características adaptativas particulares a ciertas especies como tamaño de hoja reducido (e.g. *Fabiana ramulosa*, *Parastrephia lepidophylla*, *Baccharis boliviensis*, *Balbisia microphylla*), hojas resinosas (*Lophoppapus tarapacanus*, *Parastrephia lepidophylla*, *Coreopsis suaveolens*) y metabolismo ácido crasuláceo (CAM) en el caso de especies de la familia Cactaceae, una de las familias con mayor número de especies.

La forma de vida menos representada corresponde a las microfanerófitas con una especie, *Polylepis rugulosa*. La queñoa (nombre vernacular) es el único árbol nativo del área de estudio y, además de algunos individuos aislados de *Eucalyptus* sp., constituye el único recurso maderero. En efecto, la queñoa lleva una larga trayectoria de sobreexplotación (Negrete 1997, Marquet *et al.* 1998) y *Polylepis besseri* Hieron., revalidada para Chile como *Polylepis rugulosa* (Kessler 1995), está considerada como una especie vulnerable (Benoit 1989).

Tanto la flora como la vegetación del área de estudio arrojaron diferencias a través de un gradiente estacional. Los datos concuerdan con la literatura

en que luego de la caída de lluvias aumenta la riqueza de especies y la cobertura vegetal del suelo; este aumento de cobertura sobrepasó en forma común el 60 %, lo cual discrepa con lo observado por Villagrán *et al.* (1982), aunque únicamente en un corto período.

Al agrupar la abundancia de especies según formas de vida se ratifican los patrones estacionales. Como es de esperar, a excepción de un par de meses a continuación de la estación lluviosa, la forma de vida terófitas está ausente al igual que hemicriptófitas herbáceas, que permanecen latentes bajo el suelo esperando el siguiente período de mayor disponibilidad hídrica. En efecto, la relación positiva entre cobertura y número de especies concuerda con que el aumento de cobertura vegetal es explicable, al menos en parte, por la aparición de otras especies. Durante la estación seca dominan nanofanerófitas y caméfitas, que en su mayoría corresponden a arbustos o *tolas*. La representatividad de la totalidad de la flora en los transectos es baja, y al reparar en los datos de cobertura vegetal relativa se aprecia cómo pocas especies, y las mismas, ocupan gran parte de la cobertura vegetal relativa; Este es el caso de *Baccharis boliviensis*, *Fabiana ramulosa*, *Diplostephium meyenii* y *Lophoppapus tarapacanus*, lo cual desde un punto de vista de tipo biológico es una dominancia de leñosos bajos, formando el paisaje de la estepa arbustiva prealtiplánica (sensu Gajardo). La especie aquí referida como *Fabiana ramulosa* (basiónimo *Fabiana densa* var. *ramulosa* Wedd.) ha sido anteriormente indentificada en asociaciones vegetales como *Fabiana densa* (Villagrán *et al.* 1981, 1982; Arroyo *et al.* 1988).

Aunque la cobertura de la única especie microfanerófita es variable, su presencia fue criterio de categorización en otra asociación por el ostensible cambio en la fisionomía del paisaje vegetal al incluir un nuevo tipo biológico y otra estrata vegetal en altura. Los “queñoales” se encontraban generalmente en faldeos de cerros con poca pendiente o en el fondo de quebradas.

La diversidad de los sitios de muestreo también mostró variaciones estacionales. Para interpretar los índices de diversidad es importante mencionar que incorporan tanto la riqueza de especies como su ocurrencia o abundancia relativa (Ludwig & Reynolds, 1988). La mayor diversidad ocurrida en la mayoría de las parcelas durante la estación húmeda puede explicarse en el aumento del número de especies. En el caso

excepcional de las parcelas dos y cuatro, el efecto de aumento de especies fue contrarrestado por lo poco equitativo de la repartición de coberturas entre especies en la estación húmeda respecto a la misma parcela durante la estación seca. La parcela dos, si bien durante la estación húmeda posee mayor número de especies, su cobertura está monopolizada en 53,6% por una sola especie herbácea: *Plantago hispidula*, siendo la distribución de cobertura entre las especies menos equitativa que durante la estación seca. En la parcela cuatro ocurrió algo similar; habiendo más especies durante la estación húmeda, ésta presentó mayor participación de una sola especie y la gran mayoría del resto de las especies (ocho de 12 restantes) presentan una baja participación (inferior al 2%). Así mismo, la parcela cinco muestra un valor de biodiversidad notoriamente bajo durante la estación seca. En esta parcela una sola especie, *Parastrephia lepidophylla*, representa más del 60% de la cobertura vegetal durante la estación mencionada.

Las formaciones vegetacionales encontradas en el área de estudio han sido similarmente reportadas en otros trabajos (Villagrán *et al.* 1981, 1982; Rundel *et al.* 2003). La comunidad dominada por la especie *Parastrephia lepidophylla* es esperada de encontrar en las partes más altas del tolar (sobre 3.700 m de altitud), en una comunidad en transición con el siguiente piso vegetacional, el pajonal, en donde la diversidad es más restringida (Villagrán *et al.* 1981; CORFO 1982). En la parcela 5, dominada por esta especie, efectivamente se encontró una menor biodiversidad.

En un contexto interanual, si bien las mediciones de cobertura vegetal realizadas durante la estación húmeda fueron mayores a las realizadas durante la estación seca en ambos años de muestreo, el cambio proporcional en cobertura entre estaciones fue mayor en el año en que el monto de lluvias estivales fue normal y muy superior al registrado entre diciembre de 2002 a marzo del año siguiente. Esto podría indicar que el aumento de cobertura vegetal es dependiente de la cantidad de agua caída, sin embargo, la diferencia no fue significativa estadísticamente. Es, luego, destacable la gran adaptabilidad a la sequía de estas comunidades vegetales por mostrar su estacionalidad en cobertura y composición de especies vegetales, aún cuando las precipitaciones fueron alrededor de un tercio de la pluviometría

promedio registrada en el área (período 1993-2002, DGA-MOP).

Entre la diversidad vegetal, las terófitas fueron la comunidad de plantas más afectada por la disminución en las precipitaciones. Cabe destacar que las terófitas, o hierbas anuales, no sólo son sensibles a la disponibilidad hídrica, sino que, según Belmonte (comunicación personal), la población de terófitas en precordillera ha disminuido debido al aumento de la masa de ganado introducido en los últimos años.

Para concluir, en estudios futuros sería interesante estudiar como las terrazas de cultivo, creadas hace miles de años y que en los últimos años han sido abandonadas, se han ido recolonizando de especies nativas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Wild Life Trust y al Proyecto Macs (Manejo sostenible de camélidos sudamericanos silvestres) ICA4-2000-10299, sin cuyo financiamiento este estudio no hubiese sido posible. También deseamos agradecer encarecidamente la colaboración de Mélica Muñoz y Elizabeth Barrera, ambas de la Sección Botánica del Museo Nacional de Historia Natural, en el reconocimiento de las especies vegetales y el acceso a literatura especializada.

BIBLIOGRAFIA

- ACEITUNO, P. 1997. Aspectos generales del clima en el Altiplano sudamericano. En: Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos: El Altiplano, ciencia y conciencia en los Andes, pp. 63-70. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- ARROYO, M.T.K., F.A. SQUEO, J.J. ARMESTO & C. VILLAGRÁN. 1988. Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 55-78.
- ARROYO, M.T.K., F. SQUEO, H. VEIT, L. CAVIERES, P. LEÓN & E. BELMONTE. 1997. Flora and Vegetation of Northern Chilean Andes. En: Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. El Altiplano, ciencia y conciencia en los Andes, pp. 167-178. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- BARBOZA, G. & A.T. HUNZIKER. 1993. Estudios en Solanaceae XXXIV. Revisión taxonómica de *Fabiana*. *Kurtziana* 22: 109-153.

- BENOIT I.L. 1989. Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. CONAF, Santiago. 157 pp.
- CAVIERES, L.A., A. PEÑALOZA & M. KALIN ARROYO. 2000. Pisos altitudinales de vegetación en los Andes de Chile central (33°S). *Revista Chilena de Historia Natural* 73: 331-344.
- CONAF. 1981. Delimitación y caracterización de los ecosistemas de la I Región. Corporación Nacional Forestal: Gerencia de Desarrollo, Santiago. 88 pp.
- CORFO. 1982. Análisis de los Ecosistemas de la I región. Sociedad Agrícola CORFO Ltda., Universidad de Chile, Santiago. 194 pp.
- CONAF. 1986. Plan de Manejo del Parque Nacional Lauca. Corporación Nacional Forestal, Santiago.
- CHARRIER, R. 1997. Ciencias de la tierra y recursos mineros y energéticos en el Altiplano chileno. En: *Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos: El Altiplano, ciencia y conciencia en los Andes*, pp. 5-14. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- DI CASTRI, F. & E.R. HAJEK. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial de la Universidad Católica de Chile, Santiago. 129 pp.
- ETIENNE, M. & C. PRADO. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. *Ciencias Agrícolas* N°10, Universidad de Chile, Santiago. 120 pp.
- FIGUEROA, J.A., S.A. CASTRO, P.A. MARQUET & F.M. JAKSIC. 2004. Invasión de plantas exóticas en la región mediterránea de Chile: causas, historia e impactos. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 465-483.
- GAJARDO, M. 1997. Caracterización florística de diferentes ambientes de la Región de Tarapacá (I Región, Chile). Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile, Chile.
- GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria, Santiago. 165 pp.
- GLADE, A. 1993. Libro Rojo de los Vertebrados Terrestres de Chile. CONAF. 2ª edición. Ministerio de Agricultura, Santiago. 68 pp.
- GUTIÉRREZ, J.R., F. LÓPEZ-CORTÉS & P.A. MARQUET. 1988. Vegetation in an altitudinal gradient along the Río Loa in the Atacama Desert of northern Chile. *Journal of arid environments* 40: 383-399.
- HEADY H.F., R.P. GIBBENS & R.W. POWELL. 1959. A Comparison of the Charting, Line Intercept, and Line Point Methods of Sampling Shrub Types of Vegetation. *Journal of Range Management* 12: 180-188.
- HOFFMANN A.E. & H.E. WALTER. 2004. Cactáceas en la Flora Silvestre de Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay. 2ª edición. Santiago. 307 pp.
- HUNT, D. 1999. Cites Cactaceae Check list. Second edition. Royal Botanic Gardens Kew & International Organization for Succulent Plant Study (IOS), Milborne Port, 315 pp.
- KENT, M. & P. COOKER. 1992. Vegetation description and analysis, a practical approach. John Wiley & Sons, New York. 363 pp.
- KESSLER, M. 1995. Revalidación de *Polylepis rugulosa* Bitter (Rosaceae). *Gayana Botánica* 52: 49-51.
- LUDWIG, J.A. & J.F. REYNOLDS. 1988. *Statistical Ecology, a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons, Inc., USA. 337 pp.
- MARQUET, P.A., F. BOZINOVIC, G.A. BRADWHAW, C. CORNELIUS, H. GONZÁLEZ, J.L. GUTIÉRREZ, E.R. HAJEK, J.A. LAGOS, F. LÓPEZ-CORTÉS, L. NÚÑEZ, E.F. ROSELLO, C. SANTORO, H. SAMANIEGO, V.G. STANDEN, J.C. TORRES-MURA & F.M. JAKSIC. 1998. Los ecosistemas del Desierto de Atacama y área andina adyacente en el norte de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 593-617.
- MARTICORENA, C. 1990. Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 47: 85-113.
- MARTICORENA, C. & M. QUEZADA. 1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica* 42:1-157.
- MARTICORENA, C. & R. RODRÍGUEZ. 1995. Flora de Chile. Volumen I: Pterydophyta-Gimnospermae. Universidad de Concepción, Concepción. 351 pp.
- NEGRETE, R. 1997. La Vegetación en el Altiplano. En: *Actas del II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. El Altiplano, ciencia y conciencia en los Andes*, pp. 161-166. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- NOVOA, R. & VILLASECA. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Santiago. 126 pp.
- PAUCHARD, A. & P. ALABACK. 2004. Influence of Elevation, Land Use, and Landscape Context on Patterns of Alien Plant Invasions along Roadsides in Protected Areas of South-Central Chile. *Conservation Biology* 18: 238-248.
- RODRÍGUEZ, R. & C. MARTICORENA. 2000. Comentarios taxonómicos en Iridáceas chilenas. *Gayana Botánica* 57 (2):169-179.
- RUNDEL, P.W., A.C. GIBSON, G.S. MIDGLEY, S.J.E. WAND, B. PALMA, C. KLEIER & J. LAMBRINOS. 2003. Ecological and ecophysiological patterns in a pre-altiplano shrubland of the Andean Cordillera in northern Chile. *Plant Ecology* 169: 179-193.
- SAKAI, A.K., F.W. ALLENDORF, J.S. HOLT, D.M. LODGE, J. MOLOFSKY, K.A. WITH, S. BAUGHMAN, R.J. CABIN, J.E. COHEN, N.C. ELLSTRAND, DE MCCAULEY, P. O'NEIL, M.I. PARKER, J.N. THOMPSON & S.G. WELLER. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 305-332.
- SIELFELD, W., C. CARRASCO, G. GONZÁLEZ, J. TORRES, A. CAREVIC & I. ILANINO. 1988. Estudio de la taruca (*Hippocamelus antisensis*) en Chile. Informe final Proyecto CONAF/PNUD7FAO-CHI/83/017, Arica. 97 pp.
- SIELFELD, W., C. CARRASCO, G. GONZÁLEZ & J. TORRES. 1999. La taruca (*Hippocamelus antisensis* D'Orbigny 1834, Cervidae, Artiodactyla) en la provincia de Parinacota, Región de Tarapacá, Chile: Población, hábitat y alimentación. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso* 24: 95-108.

- SORENG, R.J. (Ed.). 2003. Catalogue of New World Grasses (Poaceae): IV. Subfamily Pooideae. Smithsonian Institution. Contributions from the United States National Herbarium 48: 1-730.
- SORENG, R.J. & S.J. PENNINGTON (Eds.). 2003. Catalogue of New World Grasses (Poaceae): III. Subfamilies Panicoideae, Aristidoideae, Arundinoideae, and Danthonioideae. Smithsonian Institution. Contributions from the United States National Herbarium 46: 1-62.
- SUTHERLAND, W.J. 1996. Ecological Census Techniques, a handbook. Cambridge University Press, United Kingdom. 336 pp.
- TRONCOSO, R. 1983. Caracterización ambiental del ecosistema bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile, Chile.
- VILLAGRÁN, C., J.J. ARMESTO & M.T.K. ARROYO. 1981. Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in northern Chile. *Vegetatio* 48: 3-16.
- VILLAGRÁN, C., M.T.K. ARROYO & J. ARMESTO. 1982. La vegetación de un transecto altitudinal en los Andes del norte de Chile (18-19° S). En: El ambiente natural y las poblaciones humanas de los Andes del norte grande de Chile (Arica, Lat.18°28' S) (Eds. A.Veloso & E. Bustos), pp.13-70. UNESCO. Santiago.
- WILSON, J.B., G.L. RAPSON, M.T. SYKES, A.J. WATKINS & P.A. WILLIAMS. 1992. Distribution and climatic correlations of some exotic species along roadsides in South Islands, New Zealand. *Journal of Biogeography* 19: 183-193.

Recibido 08.09.05

Aceptado 14.03.06