

Flora y vegetación alto-andina del área de Collaguasi-Salar de Coposa, Andes del norte de Chile

High Andean flora and vegetation from Collaguasi-Salar de Coposa area,
Andes of northern Chile

SEBASTIAN TEILLIER

Escuela de Ecología y Paisajismo, Facultad de Arquitectura, Universidad Central, Santa Isabel 1186, Santiago

RESUMEN

El territorio del altiplano de Chile se extiende entre los 18 y 27° S. Esta región se encuentra bajo un régimen de clima de tendencia tropical, que se caracteriza por la presencia de precipitaciones en forma de lluvia, principalmente en verano. El objetivo de este trabajo fue determinar la riqueza específica y estudiar desde un punto de vista fitogeográfico, las relaciones de la flora y vegetación del área de Collaguasi-Salar de Coposa (20°38' S (21°05' W)-68°39' W), situada en el extremo sur de la Región de Tarapacá (I), Provincia de Iquique; localidad para la que existe escasa información sobre flora y vegetación, no estando disponible al respecto ninguna publicación científica moderna. Los resultados indican que la riqueza específica incluye a 97 especies nativas de Chile, de las que 7 serían endémicas. *Astragalus crypticus* se cita por primera vez para Chile, en tanto que para 30 especies se establece un nuevo límite norte o sur para su distribución geográfica. Dos especies con problemas de conservación, *Azorella compacta* y *Polylepis tarapacana* se encontraron en el área. Las formas de vida predominantes fueron las hemicriptófitas cespitosas, las caméfitas y las nanofanerófitas. La vegetación zonal se caracteriza por la presencia de tolares (arbustales), dominados por especies de *Parastrephia* y *Fabiana* spp, y pajonales donde las especies dominantes son *Festuca chrysophylla*, *Stipa nardoides*, *Stipa frigida* y *Stipa venusta*. La vegetación de los humedales está conformada principalmente por especies herbáceas en cojines como *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides* y *Scirpus atacamensis* y gramíneas perennes como *Festuca hypsophila*, *Festuca deserticola*, *Deyeuxia curvula* y *Deyeuxia chrysantha*. En los salares predominan *Sarcocornia pulvinata*, *Puccinellia frigida* y *Distichlis humilis*. Las relaciones fitogeográficas y fitosociológicas indican que la flora y la vegetación del área presentan afinidad con las otras regiones del altiplano de Chile, Bolivia, Argentina y Perú, siendo mayor a nivel del piso alto-andino y en la vegetación de humedales y salares. Se incluye un listado de las especies que abarca su distribución latitudinal, se indica cuáles son las especies del área endémicas de Chile, y se llama la atención sobre aquellas cuya presencia en el área de Collaguasi correspondan a nuevos registros para la flora de Chile o establezca un nuevo límite latitudinal.

Palabras clave: Chile, Cordillera de los Andes, Altiplano, flora, vegetación.

ABSTRACT

The Andean Altiplano of Chile lies between 18° and 27° S. This area is under the influence of a tropical climatic regime characterized by precipitation that occurs mainly in the summer, and reach about 80 mm annually. This paper describes species richness and the phytogeographic relationships of flora and vegetation of Collaguasi-Salar de Coposa area (20°38' (21°05' S)-68°39' W), Región de Tarapacá (I), Provincia of Iquique, Chile. Ninety seven native vascular species, seven endemic to Chile were found. *Astragalus crypticus* is new for the flora of Chile. New northern or southern limits for 30 species are presented. Two endangered species grow in the Collaguasi area: *Azorella compacta* and *Polylepis tarapacana*. Predominant Raunkiaer's life forms were hemicryptophytes (mainly caespitose), chamaephytes and nanophanerophytes. The zonal vegetation is represented by "tolares", a scrub community dominated by *Parastrephia* and *Fabiana* spp, and a grass steppe community with *Festuca chrysophylla* and *Stipa nardoides* as the dominant species. The wetland vegetation is represented by herbaceous cushion species as *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides* and *Scirpus atacamensis*; perennial grasses such as *Festuca hypsophila*, *Festuca deserticola*, *Deyeuxia curvula* and *Deyeuxia chrysantha* are also considered important. The salt marsh vegetation is dominated by *Sarcocornia pulvinata*, an herbaceous cushion plant, and dwarf grasses such as *Puccinellia frigida* and *Distichlis humilis*. Phytogeographical and phytosociological relationships of the vegetation of this area with adjacent countries as Bolivia and Argentina are highest in salt marsh and wetland vegetation, compared to areas with zonal vegetation (bush and grass communities). A checklist with latitudinal distributions, endemics and new latitudinal limits for species is included.

Key words: Chile, Cordillera de los Andes, Altiplano, flora, vegetation.

INTRODUCCION

El territorio del altiplano de Chile se extiende entre los 18 y 27° S. Esta región presenta un régimen de clima de tendencia tropical (Di Castri & Hajek 1976), caracterizado por la existencia de precipitaciones en forma de lluvia, principalmente en verano. De acuerdo a la clasificación de Köppen, el área se encuentra bajo la influencia de un clima de estepa de altura (BSh) (Fuenzalida 1965). Existe un gradiente de precipitaciones que muestra una disminución de la pluviometría en sentido norte-sur (Arroyo et al. 1988). Mientras que en Parinacota (18°11' S) el promedio es de 316 mm anuales (Fuenzalida 1965), en Ollagüe (21°12' S) alcanza sólo a 82 mm (Navarro 1993). Este fenómeno se observa también en países vecinos como Bolivia (Navarro 1993) y Argentina (Ruthsatz et al. 1975, Ruthsatz 1977).

Esta región ha sido visitada desde el siglo pasado (Meyen 1834), siendo particularmente importante la exploración realizada por Federico Philippi en 1884-1885 (Philippi 1885), material a partir del cual R. A. Philippi publicaría varios géneros y especies nuevas para la ciencia (Philippi 1891). En relación a la fitogeografía y la caracterización de la vegetación, aportes importantes fueron hechos por Reiche (1907), Weberbauer (1945), Cabrera (1948, 1957), Cabrera et al. (1973), Ruthsatz et al. (1975), Ruthsatz (1977), Troncoso (1983) Navarro (1993) y Gajardo (1994). Estudios más recientes, sobre flora y vegetación del altiplano chileno fueron realizados por Villagrán et al. (1981) para el área de Toconce, Región de Antofagasta (II), Villagrán et al. (1983) y Arroyo et al. (1982) para la latitud de Arica, Región de Tarapacá (I). Una síntesis sobre ellas, basada en seis transectos altitudinales desde 18°-26° S, se encuentra en Arroyo et al. (1988).

Desde el punto de vista de la fitogeografía, la flora de la región ha sido incluida por Cabrera et al. (1973) en el Dominio Andino Patagónico, provincia puneña, en-

tre 3 400 y 4 500 m y Alto-andina, sobre los 4 400 m altitud. Los elementos fitogeográficos que la conforman fueron caracterizados por Arroyo et al. (1982) como puneños, marginales-desérticos, andino amplios, americanos y cosmopolitas.

El gradiente pluviométrico norte-sur y la irrupción del Desierto de Atacama generan un empobrecimiento latitudinal de la riqueza florística que se expresa a partir de los 23° S. Allí el desierto actuaría como una importante barrera biogeográfica, especialmente en los pisos de la prepuna y puneño (Villagrán et al. 1983), interrumpiendo la distribución de una parte importante de las especies puneñas, sensu Arroyo (1982).

Estudios de similitud florística entre localidades altiplánicas chilenas indican que la similitud decrece de norte a sur y que esa disminución es más acentuada entre la flora de los pisos prepuneño y puneño que entre la de las floras del piso andino y de los humedales (vegas, bofedales) (Villagrán et al. 1983, Arroyo et al. 1988)).

Desde el punto de vista de la vegetación, los estudios fitosociológicos (Cabrera 1957, Ruthsatz et al. 1975, Navarro 1993) que existen, reúnen a la vegetación zonal, conformada por hemicriptófitas cespitosas (pajas), nanofanerófitas y caméfitas (tolas), en la Clase *Calamagrostietea vicunarium* Rivas Martínez et Tovar (1982), con sintaxones que incluyen asociaciones descritas en Perú, Bolivia, Argentina y Chile.

Para el altiplano chileno se han descrito comunidades arbustivas de tolar dominadas por *Fabiana* spp. y *Parastrephia* spp. y pajonales dominados por *Festuca orthophylla* en Arica y *Festuca chrysophylla* en Iquique y Antofagasta (Villagrán et al. 1981, Villagrán et al. 1983). Comunidades similares fueron descritas por Navarro (1993), para el sur de Bolivia, como asociaciones de *Stipa frigida*-*Senecio puchii* y *Fabiana bryoides*-*Stipa venusta*. En sitios ubicados cerca del límite altitudinal de la vegetación, el mismo autor describe las asociaciones de *Anthochloa lepidula*-*Dielsiochloa floribunda* y *Nototriche auricoma*-*Chaetanthera*

sphaeroidalis. La vegetación azonal (vegas y bofedales) ha sido incluida en la Clase *Plantagini rigida-Distichetea muscoidis* (Rivas-Martínez & Tovar 1982). Estas comunidades se caracterizan por la presencia y dominancia de elementos como *Oxychloe andina*, *Distichia muscoides*, *Scirpus atacamensis*, *Puccinellia frigida* (citada como *P. oresigena*) y *Arenaria rivularis* (Troncoso 1983). Las comunidades vegetales de los salares altiplánicos han sido incluidas en la clase *Distichlio humilis-Anthobryetea triandri* (Navarro 1993), si bien se conocen algunas comunidades de los salares de Bolivia y Argentina (Cabrera 1957, Navarro 1993), en Chile han sido poco estudiadas.

El objetivo de este trabajo fue determinar la riqueza específica, caracterizar las comunidades de plantas vasculares y estudiar desde un punto de vista fitogeográfico y fitosociológico, las relaciones de la flora y vegetación del área de Collaguasi-Salar de Coposa (20°38' S-68°39' W), situada en el extremo sur de la Región de Tarapacá (I), Provincia de Iquique, en un área limítrofe con la Región de Antofagasta (II). Para esta localidad existe escasa información sobre flora y vegetación, no estando disponible al respecto ninguna publicación científica.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio (Fig. 1) está limitada hacia el norte por el Salar de Coposa (20°38' S-68°39' W), hacia el sur por las Quebradas de Mal Paso (21°05' S-68°38' W) y Quebrada Seca, hacia el este, por los contrafuertes del cordón oriental de la Cordillera de los Andes (Volcán Irruputuncu-cerro Pabellón del Inca-Volcán Olca); y hacia el oeste por los contrafuertes occidentales del cordón Collaguasi, situados al nororiente de Quebrada Blanca (21°02' S-68°51' W). La altitud va desde los 3 800 m (Salar de Coposa y alrededores) hasta el límite superior de la vegetación (4 600-4 700 m).

En líneas generales, el área comprende las siguientes unidades de relieve: el Cor-

dón Occidental de la Cordillera de los Andes, aquí denominado de Collaguasi, cuyas principales elevaciones son los cerros Yabricoyita, Ceusis y Yabricoya; las quebradas que bajan en dirección este-oeste (Quebrada Huinquintipa y sus afluentes, Quebrada Agua Larga, Quebrada Mal Paso) u oeste-este (Quebradas de Yabricoyita, Juchu Ujina y La Represa) y la depresión situada entre los cordones Occidental y Oriental de la Cordillera de los Andes, en la que se encuentran los Salares de Coposa y Michincha.

El área de estudio se encuentra en el dominio de dos unidades fisiográficas denominadas el Cordón Montañoso Occidental y la Depresión de los Salares Más Occidentales o Depresión Altiplánica Central (Vergara 1978). El área de Collaguasi (Mina Rosario) se encuentra en la primera, en tanto que el Salar de Coposa, el área de Ujina y el Salar de Michincha, en la segunda.

El sector de Collaguasi se encuentra conformado principalmente por la denominada Formación Collaguasi, una secuencia volcánica-sedimentaria, de edad Carbonífero-Pérmico Inferior. Esta secuencia está conformada principalmente por rocas riolíticas y andesíticas acompañadas de clastos y calizas. Hacia el sector de Ujina afloran rocas volcánicas más nuevas (Mioceno Superior-Pleistoceno) constituídas principalmente por depósitos ignimbríticos (Vergara & Thomas 1984).

Desde el punto de vista del clima, para el área local existe escasa información. En las áreas de Ujina y Mina Rosario, entre abril de 1993 y marzo de 1994, se analizó la temperatura, precipitaciones, humedad relativa del aire y la velocidad y dirección del viento, utilizando información obtenida por la Compañía Minera Doña Inés, de Collaguasi, y por la Dirección General de Aguas (DGA).

Para establecer la composición específica de la flora local, el área de estudio fue recorrida en forma sistemática, cubriéndose el mayor número y la mayor diversidad posible de situaciones ambientales. Las campañas de

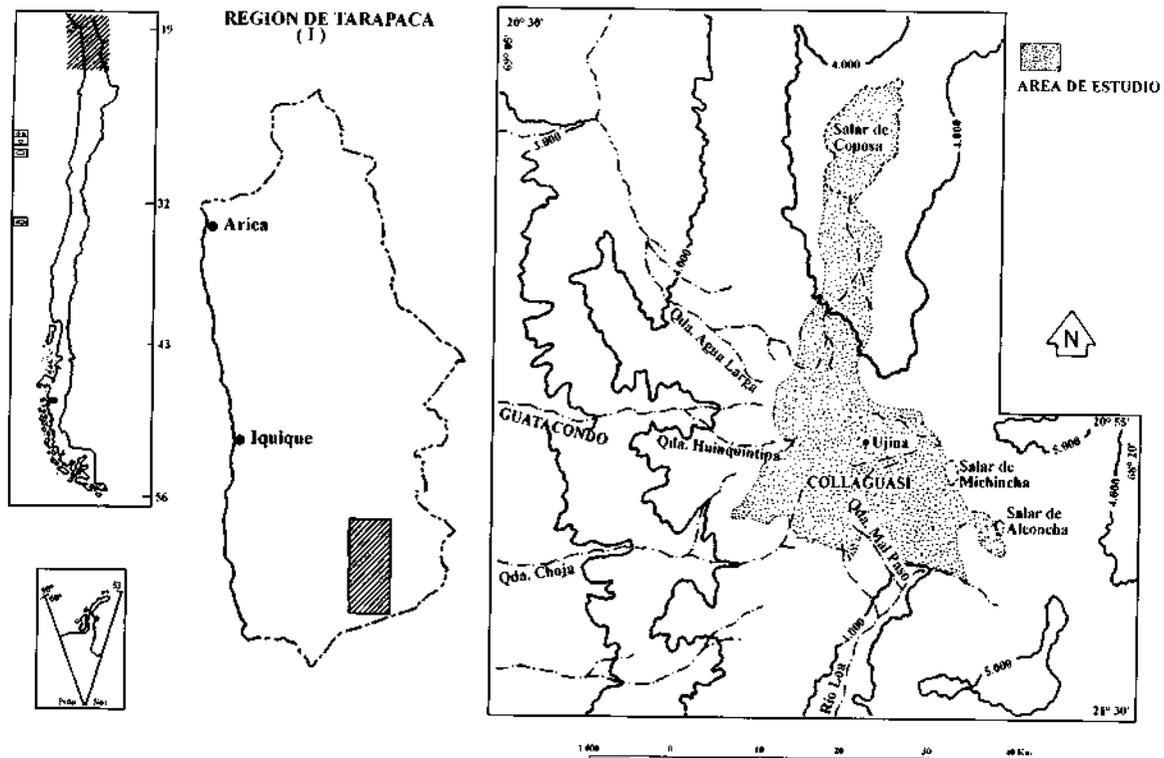


Fig. 1: Ubicación geográfica del área Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región.
Collaguasi-Salar de Coposa area. Chile, I Región. Study site location.

terreno se efectuaron durante los veranos (enero) de 1993, 1994 y 1995, y en el invierno (agosto) y la primavera (noviembre) de 1994. Las plantas colectadas fueron identificadas por el autor y se confirmó su determinación mediante la consulta de ejemplares de los Herbarios de la Universidad de Concepción (CONC) y del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago (SGO). La nomenclatura de las especies sigue a Marticorena et al. (1985). Las distribuciones geográficas de las especies se obtuvieron por cortesía de la Base de Datos del Proyecto Flora de Chile, de la Universidad de Concepción. Los ejemplares herborizados se encuentran depositados en el Herbario del Museo Nacional de Historia Natural (SGO) y algunos duplicados fueron enviados al Herbario de la Universidad de Concepción (CONC). La caracterización de las especies según formas de vida se hizo según Raunkiaer (Braun-Blanquet 1979).

Para caracterizar la vegetación se utilizaron parcelas del tamaño del área mínima

(Braun-Blanquet 1979). La ubicación de las parcelas obedeció a un criterio geomorfológico (laderas, quebradas, salares), en tanto que en los sitios elegidos, estas se dispusieron en forma aleatoria. En ellas se estimó visualmente el porcentaje de cobertura absoluta, calculándose para cada unidad de vegetación la cobertura media absoluta y la frecuencia de cada especie. Para cada unidad se calculó la serie de Números de Diversidad de Hill, los que corresponden a índices no paramétricos de la medida de dominancia. La familia de Números de Diversidad fue calculada como:

$$NA = \sum_{i=1}^S (p_i)^{1/(1-A)}$$

donde p_i es la cobertura relativa de la i -ésima especie y A , el orden de los números de diversidad, que varía entre 0 y 2. Esta familia de números permitió determinar

tres medidas de diversidad: el número total de especies (N_0), el número de especies abundantes (N_1) y el número de especies muy abundantes por unidad (N_2), calculadas como:

$$N_0 = S$$

$$N_1 = e \text{ elevado a } H'$$

$$N_2 = 1/(\lambda)$$

donde S es el número total de especies, H' es el Índice de Shannon y I es el Índice de Simpson. Los Números de Diversidad de Hill se calcularon utilizando el software de Estadística Ecológica de Ludwig & Reynolds (1988).

El área de estudio ha sido intermitentemente habitada por el hombre, no existiendo un asentamiento humano permanente desde el cierre de las minas de Collaguasi (1930). A partir de entonces la vegetación ha sido poco utilizada por el hombre. Los principales usos a que se destinaban las plantas eran: la extracción selectiva de especies como la llareta (*Azorella compacta*) y la queñoa (*Polylepis tarapacana*) con el fin de utilizarlas como combustible en las faenas mineras –incluso para la explotación de Chuquicamata– (Wickens, 1995) y el pastoreo con camélidos en las vegas y bofedales, que aún se mantiene localmente en el área del Salar de Coposa.

RESULTADOS

Caracterización climática

Los resultados corresponden a mediciones realizadas entre abril de 1993 y marzo de 1994 y se muestran en la Tabla 1. Los resultados más importantes indican que en Collaguasi (4 500 m), la temperatura media mensual varió entre 5,2° C (diciembre) y -3,1° C (agosto) en tanto que en Ujina (4 250 m) alcanzó a 14,8° C y -13,2°. Las precipitaciones se registran principalmente en los meses de diciembre a marzo, coincidiendo con el período de verano. El área de

TABLA I

Caracterización climática del área de Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región.

Climate of Collaguasi-Salar de Coposa area. Chile, I Region.

Collaguasi (4 500 m)		
	Invierno	Verano
Temperatura media mensual (°C)	-3,1	5,2
Amplitud térmica diaria (°C)	23,7	12,6
Temperatura máxima (°C)		14,8
Temperatura mínima (°C)	-13,2	
Precipitación anual media (mm)		122
Estación Ujina (4 250 m)		
	Invierno	Verano
Temperatura media mensual (°C)	-0,7	7,6
Amplitud térmica diaria (°C)	33	10,3
Temperatura máxima (°C)		19,3
Temperatura mínima (°C)	-18,1	
Precipitación anual media (mm)		186,4

Collaguasi recibe, en promedio, 122 mm, en tanto que la de Ujina, 186,4 mm. Tanto en Collaguasi como en Ujina se registran lluvias leves y nevadas en el mes de agosto que son importantes para el desarrollo de la vegetación.

En Collaguasi, la velocidad media del viento varió entre 4,5 y 7 m/s, siendo la dirección predominante en verano las ESE y O, y en invierno, las NO y ONO. En Ujina la variación fue entre 3,1 y 5,2 m/s y la dirección predominante, en verano fue SSO y en invierno, O, y ONO. La componente E en los vientos de verano indica la influencia directa del "invierno altiplánico". La componente O en los vientos, en general, da cuenta de la influencia del Anticiclón del Pacífico.

Flora

La flora del área de estudio, que incluyó las quebradas y las laderas del cordón Collaguasi y los salares de Coposa y Michincha (Fig. 1), está conformada por 97 especies de plantas vasculares. En relación al análisis de la presencia de familias, existen diferencias significativas ($\chi^2 P < 0,01$) con los

porcentajes registrados por ellas en Chile continental: las Compositae (Asteraceae), Gramineae (Poaceae), Caryophyllaceae y Malvaceae presentan el mayor número de especies en el área de estudio, y porcentajes mayores que los de Chile continental (Tabla 2).

Desde el punto de vista del origen fitogeográfico, todas las especies son nativas, siendo siete de ellas endémicas de Chile: *Adesmia polyphylla*, *Caiophora rahmeri*, *Fabiana squamata*, *Junellia tridactyla*, *Nototriche stipularis*, *Trichocline deserticola* y *Werneria glaberrima* (Tabla 3).

Dos especies resultan destacables por su rareza: *Stipa pugionata*, recién descrita para Chile (Mathei et al. 1997), cuya primera colección (Teillier 3239, CONC) corresponde a material del área de estudio y *Nototriche stipularis*, de la que se conocen sólo dos ejemplares (Marticorena 1997); el tipo de Philippi proveniente de Machuca, II Región, y el material colectado en Collaguasi (Teillier 3305, CONC).

Astragalus crypticus I.M. Johnston se cita por primera vez para Chile (Ver apéndice 1), en tanto que para 30 especies se establece un nuevo límite norte o sur para su distribución geográfica (Tabla 4).

Dos especies leñosas, *Potylepis tarapacana* ("queñoa") y *Azorella compacta* ("lla-

reta"), se encuentran entre las especies con problemas de conservación, ambas en la categoría de "vulnerable" (Benoit 1989).

El espectro de las formas de vida (Braun-Blanquet 1979) de las especies de plantas vasculares presentes en el área de estudio se muestra en la Fig. 2. Las formas de vida que predominan son las hemcriptófitas con 61% (hierbas perennes pulvinadas, hierbas perennes cespitosas, cojines herbáceos y hierbas perennes estoloníferas o rizomatosas), seguidas por las caméfitas con 19% (arbustos bajos y arbustos pulvinados) y las nanofanerófitas (arbustos) con un 19%.

Vegetación

En la Fig. 3 se muestra una cartografía con la distribución de las principales unidades de vegetación del área de estudio.

Vegetación zonal.

Arbustales

Estos tipos de formaciones vegetales, denominados localmente "tolares" (Aldunate et al. 1981), se encuentran tanto en la parte inferior del área de estudio entre 3 800 y 4 000 m, en el sector del Salar de Coposa, como a mayor altitud, en condiciones

TABLA 2

Familias más representadas en la flora vascular del área Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región. Se indica la representatividad en porcentaje tanto en la flora local como en la nacional.

Most representative families in the vascular flora of Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Region

Familia	Número de especies	Especies área de estudio (%)	Especies Chile Continental (%)*
Compositae	30	31.9	18,0
Gramineae	15	15.6	10.4
Caryophyllaceae	5	5.3	1,8
Malvaceae	5	5.3	2,3
Papilionaceae	5	5.3	5,6
Otras	36	36.6	61,9

* Fuente: Marticorena 1990

TABLA 3

Especies de plantas vasculares del área Collaguasi-Salar de Coposa.
Chile, I Región. Para cada especie se indican familia, origen, distribución latitudinal en Chile
señalándose si se trata de especies nuevas para Chile y eventuales nuevos límites latitudinales.

Checklist of the vascular plant flora of the area Collaguasi-Salar de Coposa.
Chile, I Region. For each species, family, latitudinal distribution in Chile,
and status as new species for Chile are indicated.

Espece	Familia	Origen	Distribución latitudinal-Chile	Nuevos límites Norte	Sur
PINOPHYTA					
<i>Ephedra rupestris</i> Benth.	Ephedraceae	Nativa	18°10'-30°39'		
MAGNOLIOPHYTA					
MAGNOLIOPSIDA					
<i>Opuntia ignescens</i> Vaupel	Cactaceae	Nativa	17°35'-24°43'		
<i>Moschopsis monocephala</i> (Phil.) Reiche	Calyceraceae	Nativa	18°11'-24°39'		
<i>Hypsela reniformis</i> (Kunth) K. Presl	Campanulaceae	Nativa	18°12'-53°31'		
<i>Arenaria rivularis</i> Phil.	Caryophyllaceae	Nativa	18°13'-30°12'		
<i>Colobanthus quitensis</i> (Kunth) Bartl.	Caryophyllaceae	Nativa	17°44'-62°13'		
<i>Pycnophyllum bryoides</i> (Phil.) Rohrb.	Caryophyllaceae	Nativa	18°11'-24°47'		
<i>Pycnophyllum macropetalum</i> Mattf.	Caryophyllaceae	Nativa	17°43'-22°38'		
<i>Pycnophyllum molle</i> J. Remy	Caryophyllaceae	Nativa	17°35'-22°16'		
<i>Sarcocornia pulvinata</i> (R.E.Fries) A.J. Scott	Chenopodiaceae	Nativa	18°54'-21°29'		
<i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera	Compositae	Nativa	17°35'-22°43'		
<i>Baccharis santelici</i> Phil.	Compositae	Nativa	17°35'-20°59'		
<i>Baccharis tola</i> Phil.	Compositae	Nativa	19°15'-28°44'		
<i>Chaetanthera revoluta</i> (Phil.) Cabrera	Compositae	Nativa	18°18'-24°41'		
<i>Chaetanthera sphaeroidalis</i> (Reiche) Hicken	Compositae	Nativa	20°59'-29°45'	*	
<i>Chersodoma candida</i> Phil.	Compositae	Nativa	18°10'-21°43'		
<i>Conyza deserticola</i> Phil.	Compositae	Nativa	18°11'-22°38'		
<i>Chuquiraga atacamenensis</i> Kuntze	Compositae	Nativa	18°41'-24°20'		
<i>Gamochaeta</i> sp.	Compositae	Nativa	?		
<i>Gnaphalium cf. tarapucanum</i> Phil.	Compositae	Nativa	?		
<i>Hypochaeris taraxacoides</i> Walp.	Compositae	Nativa	17°43'-22°57'		
<i>Hypochaeris eremophila</i> Cabrera	Compositae	Nativa	20°59'-20°59'	*	*
<i>Parastrephia lepidophylla</i> (Wedd.) Cabrera	Compositae	Nativa	17°47'-23°19'		
<i>Parastrephia lucida</i> (Meyen) Cabrera	Compositae	Nativa	17°35'-23°23'		
<i>Parastrephia quadrangularis</i> (Meyen) Cabrera	Compositae	Nativa	17°43'-24°43'		
<i>Perezia ciliosa</i> (Phil.) Reiche.	Compositae	Nativa	18°11'-20°59'	*	
<i>Perezia pygmaea</i> Wedd.	Compositae	Nativa	18°10'-20°59'	*	
<i>Senecio algens</i> Wedd.	Compositae	Nativa	17°43'-21°52'		
<i>Senecio atacamenensis</i> Phil.	Compositae	Nativa	20°18'-24°20'		
<i>Senecio dryophyllus</i> Meyen et Walp.	Compositae	Nativa	17°43'-22°00'		
<i>Senecio nutans</i> Sch. Bip.	Compositae	Nativa	17°43'-25°03'		
<i>Senecio puchii</i> Phil.	Compositae	Nativa	18°12'-23°29'		
<i>Senecio rosmarinus</i> Phil. var. <i>ascotanensis</i> (Phil.) Cabrera	Compositae	Nativa	20°59'-22°43'	*	
<i>Senecio scorzoniferifolius</i> Meyen et Walp.	Compositae	Nativa	18°03'-24°43'		
<i>Senecio serratifolius</i> (Meyen et Walp.) Cuatrec.	Compositae	Nativa	17°43'-21°07'		
<i>Senecio viridis</i> Phil.	Compositae	Nativa	18°22'-24°06'		
<i>Trichocline deserticola</i> Zardini	Compositae	Endémica de Chile	20°39'-20°39'	*	
<i>Werneria denticulata</i> S.F.Blake	Compositae	Nativa	17°35'-20°59'	*	
<i>Werneria glaberrima</i> Phil.	Compositae	Endémica de Chile	18°48'-24°25'		
<i>Werneria incisa</i> Phil.	Compositae	Nativa	20°59'-23°27'	*	
<i>Werneria pseudodigitata</i> Rockh.	Compositae	Nativa	18°10'-22°20'		
<i>Werneria pygmaea</i> Gillies ex Hook. et Arn.	Compositae	Nativa	17°35'-34°09'		

(Continuación tabla 3)

Especie	Familia	Origen	Distribución latitudinal-Chile	Nuevos límites	
				Norte	Sur
<i>Descurainia depressa</i> (Phil.) Reiche	Cruciferae	Nativa	18°10'-20°59'	*	
<i>Descurainia stricta</i> (Phil.) Prantl ex Reiche	Cruciferae	Nativa	18°11'-28°44'		
<i>Eudema friesii</i> O.E. Schulz	Cruciferae	Nativa	18°18'-20°50'	*	
<i>Frankenia triandra</i> J. Remy	Frankeniaceae	Nativa	17°43'-22°25'		
<i>Gentiana prostrata</i> Haenke	Gentianaceae	Nativa	18°12'-55°05'		
<i>Phacelia setigera</i> Phil.	Hydrophyllaceae	Nativa	20°50'-24°43'	*	
<i>Caiophora rahmeri</i> Phil.	Loasaceae	Endémica de Chile	18°13'-23°44'		
<i>Nototriche auricoma</i> (Phil.) A.W. Hill	Malvaceae	Nativa	20°50'-22°35'	*	
<i>Nototriche stipularis</i> (Phil.) A. Martic.	Malvaceae	Endémica de Chile	20°58'-22°35'	*	
<i>Nototriche parviflora</i> (Phil.) A. W. Hill	Malvaceae	Nativa	20°59'-22°35'	*	
<i>Nototriche philippii</i> A.W. Hill	Malvaceae	Nativa	20°07'-20°58'	*	
<i>Nototriche rugosa</i> (Phil.) A.W.Hill	Malvaceae	Nativa	18°04'-27°03'		
<i>Adesmia melanthes</i> Phil.	Papilionaceae	Nativa	18°10'-24°35'		
<i>Adesmia occulta</i> (R.E.Fries) Burkart	Papilionaceae	Nativa	20°59'-24°25'	*	
<i>Adesmia polyphylla</i> Phil.	Papilionaceae	Endémica de Chile	20°58'-21°13'		
<i>Astragalus cryptanthus</i> Wedd.	Papilionaceae	Nativa	18°20'-20°59'	*	
<i>Astragalus crypticus</i> I.M. Johnst.	Papilionaceae	Nativa	Nueva para Chile		
<i>Astragalus cryptobotrys</i> I.M. Johnst.	Papilionaceae	Nativa	17°35'-25°07'		
<i>Calandrinia compacta</i> Barnéoud	Portulacaceae	Nativa	18°13'-33°39'		
<i>Ranunculus cymbalaria</i> Pursh fma.					
<i>exilis</i> (Phil.) Lourteig	Ranunculaceae	Nativa	22°15'-53°31'	*	
<i>Ranunculus uniflorus</i> Phil. ex Reiche	Ranunculaceae	Nativa	17°47'-53°18'		
<i>Polylepis tarupacana</i> Phil.	Rosaceae	Nativa	17°35'-21°44'		
<i>Fabiana denudata</i> Miers	Solanaceae	Nativa	20°59'-24°39'	*	
<i>Fabiana squamata</i> Phil.	Solanaceae	Endémica de Chile	19°15'-22°44'		
<i>Nicotiana undulata</i> Ruiz et Pavón	Solanaceae	Nativa	17°35'-20°38'	*	
<i>Azorella compacta</i> Phil.	Umbelliferae	Nativa	17°43'-22°23'		
<i>Lilaeopsis macloviana</i> (Gand.) A.W.Hill	Umbelliferae	Nativa	18°12'-51°28'		
<i>Mulinum crassifolium</i> Phil.	Umbelliferae	Nativa	20°50'-24°35'	*	
<i>Valeriana urbani</i> Phil.	Valerianaceae	Nativa	18°13'-22°14'		
<i>Junellia seriphoides</i> (Gillies et Hook.) Moldenke	Verbenaceae	Nativa	18°22'-24°16'		
<i>Junellia tridactyla</i> (Phil.) Moldenke	Verbenaceae	Endémica de Chile	20°59'-22°14'	*	
<i>Lampaya medicinalis</i> Phil.	Verbenaceae	Nativa	20°50'-22°14'	*	
<i>Urbania pappigera</i> Phil.	Verbenaceae	Nativa	20°07'-24°10'		
LILIOPSIDA					
<i>Carex maritima</i> Gunnerus	Cyperaceae	Nativa	20°59'-52°30'	*	
<i>Scirpus atacamensis</i> (Phil.) Boeckeler	Cyperaceae	Nativa	20°59'-29°50'	*	
<i>Scirpus deserticola</i> Phil.	Cyperaceae	Nativa	18°12'-28°44'		
<i>Catabrosa werdermannii</i> (Pilger) Nicora et Rúgolo	Gramineae	Nativa	20°59'-27°49'	*	
<i>Deyeuxia chrysantha</i> J. Presl	Gramineae	Nativa	17°44'-23°37'		
<i>Deyeuxia crispa</i> Rúgolo et Villav.	Gramineae	Nativa	18°16'-25°03'		
<i>Deyeuxia curvula</i> Wedd.	Gramineae	Nativa	17°15'-24°36'		
<i>Deyeuxia deserticola</i> Phil.	Gramineae	Nativa	18°10'-26°21'		
<i>Deyeuxia eminens</i> J. Presl	Gramineae	Nativa	18°07'-30°12'		
<i>Distichlis humilis</i> Phil.	Gramineae	Nativa	20°38'-26°57'	*	
<i>Festuca chrysophylla</i> Phil.	Gramineae	Nativa	19°52'-27°13'		
<i>Festuca deserticola</i> Phil.	Gramineae	Nativa	18°11'-29°58'		
<i>Festuca hypsophila</i> Phil.	Gramineae	Nativa	18°20'-28°41'		
<i>Poa</i> sp.	Gramineae	?			
<i>Puccinellia frigida</i> (Phil.) I.M. Johnst.	Gramineae	Nativa	19°56'-29°48'		
<i>Stipa frigida</i> Phil.	Gramineae	Nativa	18°10'-31°17'		
<i>Stipa nardoides</i> (Phil.) Hackel	Gramineae	Nativa	17°43'-26°47'		
<i>Stipa pugionata</i> Caro et E. A. Sánchez	Gramineae	Nativa	20°38'-23°12'	*	
<i>Stipa venusta</i> Phil.	Gramineae	Nativa	17°45'-23°04'		
<i>Distichia muscoides</i> Nees et Meyen	Juncaceae	Nativa	17°43'-23°22'		
<i>Oxychloe andina</i> Phil.	Juncaceae	Nativa	17°43'-29°03'		
<i>Triglochin concinnum</i> Burtt Davy	Juncaginaceae	Nativa	20°38'-53°20'	*	

TABLA 4

Unidades de vegetación de los arbustales (tolares) del área Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región.

Se indican el porcentaje de cobertura media (Cob.), la desviación estándar (D.E.), el porcentaje de frecuencia (Fre.) y los Números de Hill (N_0 , N_1 , N_2).

Tolar vegetation types from the Collaguasi-Salar de Coposa area. Chile, I Region.
Percentage average cover (Cob.), standard deviation (D.E.), frequency (Fre.) and Hill's numbers (N_0 , N_1 , N_2) are indicated.

Unidad Especie	<i>Fabiana squamata-Junellia seriphioides</i> (N=7)			<i>Lampaya medicinalis</i> (N=7)			<i>Parastrephia lucida</i> (N=8)			<i>Parastrephia lepidophylla</i> (N=15)			<i>Adesmia melanthes</i> (N=8)		
	Cob.	D.E.	Fre.	Cob.	D.E.	Fre.	Cob.	D.E.	Fre.	Cob.	D.E.	Fre.	Cob.	D.E.	Fre.
<i>Baccharis boliviensis</i>	0,5	1,2	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Baccharis tola</i>	0,9	1,1	70,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,4	53,3	1,3	3,3	12,5
<i>Chersodoma jodopappa</i>	0,1	0,3	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Chuquiraga atacamensis</i>	0,7	1,2	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0,2	0,4	23,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	7,4	100,0	2,6	3,5	50,0
<i>Stipa frigida</i>	0,1	0,0	100,0	0,0	0,0	14,3	0,0	0,0	0,0	1,6	2,8	73,3	3,9	4,0	62,5
<i>Stipa nardoides</i>	0,0	0,0	17,6	0,7	1,7	14,3	0,0	0,0	0,0	1,2	2,0	46,7	0,7	1,6	37,5
<i>Stipa venusta</i>	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Fabiana squamata</i>	12,6	6,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Fabiana denudata</i>	1,5	2,8	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Junellia seriphioides</i>	5,8	4,3	88,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,5	6,7	0,0	0,0	0,0
<i>Lampaya medicinalis</i>	0,0	0,0	0,0	18,6	8,3	100,0	1,0	2,6	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Festuca chrysophylla</i>	0,0	0,0	0,0	0,9	1,7	28,6	6,3	11,2	37,5	0,0	0,0	0,0	1,9	5,0	12,5
<i>Parastrephia lucida</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	20,0	100,0	0,3	1,2	6,7	0,0	0,0	0,0
<i>Frankenia triandra</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	6,0	25,0	0,1	0,3	13,3	2,0	2,3	50,0
<i>Adesmia melanthes</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	5,0	6,7	14,4	8,8	87,5
<i>Mulinum crassifolium</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,2	6,7	0,0	0,0	0,0
<i>Werneria incisa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Deyeuxia curvula</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Caiophora rahmeri</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nototriche rugosa</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Astragalus cryptanthus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cobertura total %	22,5	5,3		20,2	8,5		55,2	23,0		24,0	10,4	100,0	26,6	6,8	
N_0 (Riqueza florística)	11,0			4,0			9,0			9,0			7,0		
N_1 (Especies abundantes)	3,6			1,4			1,8			3,3			4,3		
N_2 (Especies muy abundantes)	2,8			1,2			1,4			2,2			3,2		

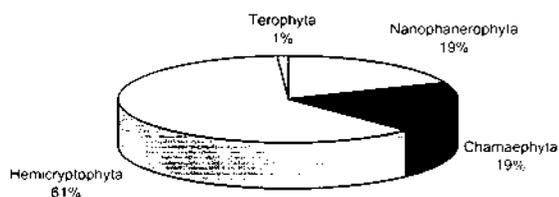


Fig. 2: Flora vascular del área de Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región. Espectro de las formas de crecimiento de las especies de Raunkiaer (Braun-Blanquet 1979).

Vascular flora of Collaguasi-Salar de Coposa area. Chile, I Region. Raunkiaer's life form spectra (Braun-Blanquet 1979).

ambientales más favorables representadas por laderas de exposición norte, interior de las quebradas o los roqueríos ignimbríticos ("carcanales") (Fig.3). En la Tabla 4 se muestra la composición florística, la cobertura absoluta y la frecuencia de las especies presentes en los diferentes tipos de tolar: *Fabiana squamata*-*Junellia seriphioides*, *Lampaya medicinalis*, *Parastrephia lucida*, *Parastrephia lepidophylla* y *Adesmia melanthes*. Aunque las especies dominantes varían de acuerdo con la altitud y el sustrato, las principales son: *Adesmia melanthes*, *Fabiana squamata* y *Junellia seriphioides* sobre sustrato rocoso y exposiciones cálidas (N,NE); *Parastrephia lucida*, en sitios más favorecidos por las condiciones hígricas, como los bordes de las quebradas y los salares; *Parastrephia lepidophylla*, en los márgenes no arenosos del Salar de Coposa, y *Lampaya medicinalis*, en los arenales.

Al analizar las relaciones de abundancia específicas utilizando la serie de números de diversidad de Hill (Tabla 4), se observa que las distintas formaciones vegetales se caracterizan por presentar riquezas específicas bajas (N_0) y abundancias concentradas en pocas especies (N_1 y N_2). Las especies muy abundantes (N_2) alcanzan un promedio de 27,8% (con un máximo de 45%), aunque la identidad de ellas varía entre las distintas formaciones vegetales.

Tolar mezclado con *Polylepis tarapacana* ("queñoal")

Esta formación se encuentra asociada principalmente a la presencia de rocas ignimbríticas, principalmente en el Carcanal de Michincha, entre 4 300 y 4 400 m, y afloramientos graníticos como los de los cerros Pabellón del Inca, Silvar y Chusquina (Fig. 3). Corresponde a una formación mixta donde los árboles de "queñoal" que alcanzan hasta 3 m de altura se entremezclan con una matriz de tolar. La vegetación acompañante corresponde frecuentemente a especies en cojín como *Azorella compacta*, *Pycnophyllum molle* y *Pycnophyllum bryoides*, o arbustos como *Senecio nutans*, *Adesmia melanthes*, *Chersodoma candida* y *Baccharis tola*. En la Tabla 5 se muestran las densidades *Polylepis tarapacana*, y de las principales especies arbustivas acompañantes.

El pajonal de altura

El pajonal está dominado por gramíneas cespitosas, duras, como *Festuca chrysophylla*, *Stipa frigida* y *Stipa nardoides*. Se reconocen las siguientes unidades (Tabla 6): el pajonal con *Festuca chrysophylla* que se encuentra por sobre los 4 300 m y alcanza, frecuentemente, el límite altitudinal de la vegetación (4 600-4 700). Esta es una de las unidades mejor representadas en el área de estudio (Fig. 3). Presenta una heterogeneidad, de la que dan cuenta los cambios de abundancia de las especies acompañantes (Tabla 6). En las planicies, *Festuca chrysophylla*, una gramínea cespitosa de hasta 40 cm, aparece acompañada por *Stipa nardoides*, *Senecio puchii*, *Deyeuxia crispera*, *Pycnophyllum bryoides* y *Opuntia ignescens*. En suelos con sustrato rocoso comparte la dominancia con *Stipa venusta* y *Azorella compacta*. En las laderas de exposición norte se asocia con frecuencia a especies arbustivas como *Parastrephia quadrangularis* y *Baccharis tola*, en tanto que en las laderas de exposición sur aparece asociada principalmente a *Stipa frigida*, *Nototriche auricomata*

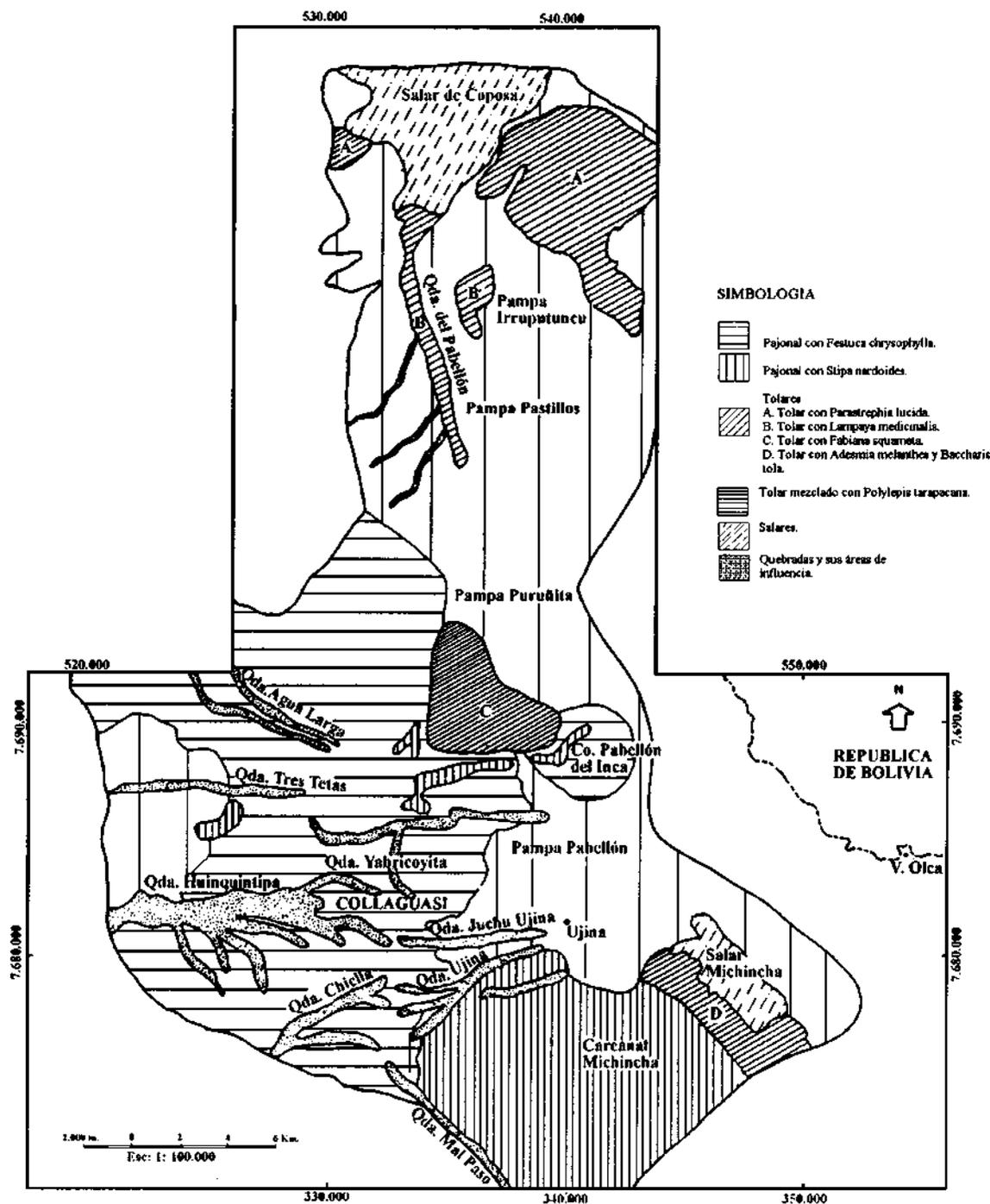


Fig. 3: Cartografía de la vegetación del área Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región.
Vegetation map of Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Region.

y *Pycnophyllum macropetalum*. El pajonal con *Stipa nardoides* es una formación característica de sectores planos denominados "pampas", los que son sitios expuestos al

viento, cuyo suelo corresponde a un relleno de gravas que dificulta la retención de la humedad. La vegetación (Tabla 6) está conformada principalmente por *Stipa nardoides*,

TABLA 5

Densidad de especies leñosas en el tolar mixto con *Polylepis tarapacana*. Se indican densidad media y desviación estándar (D.E.).

Woody species density from mixed tolar with *Polylepis tarapacana*. Average density and standard deviation (D.E.) are indicated.

Especies	Densidad (N/m ²)	D.E.
<i>Polylepis tarapacana</i>	23,0	3,8
<i>Azorella compacta</i>	12,2	7,4
<i>Baccharis tola</i>	17,6	16,1
<i>Mulinum crassifolium</i>	5,6	3,1
<i>Parastrephia lucida</i>	14,6	1,5
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	7,3	3,5
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	59,6	50,4
<i>Pycnophyllum molle</i>	17,0	6,0
<i>Senecio nutans</i>	8,3	2,1

una gramínea que no supera los 20 cm de altura, la que es acompañada por arbustos en cojín como *Junellia tridactyla*, la hierba acaule *Trichocline deserticola*, además de otras especies de distribución más general como los arbustos *Adesmia melanthes*, *Senecio nutans* y *Parastrephia quadrangularis*.

El análisis de las relaciones de abundancia específicas, utilizando la serie de números de diversidad de Hill, indica que las comunidades de pajonal presentan una diversidad específica (N_0) distinta entre ellas, siendo mayor la de los pajonales de *Festuca chrysophylla* (27 especies) que la de *Stipa nardoides* (8 especies). Las abundancias en ambas comunidades presentan una alta concentración en pocas especies (N_1 y N_2). Para el pajonal de *Festuca chrysophylla* las especies muy abundantes (N_2) alcanzan a un 10 % de la riqueza florística, en tanto que en el pajonal de *Stipa nardoides*, N_2 representa un 37% de las especies (Tabla 6).

Vegetación azonal

La vegetación azonal se encuentra presente tanto en las quebradas como en los salares, asociada a la presencia estacional o permanente de agua. La vegetación de las quebradas es conocida localmente como "bofedal"

(Aldunate et al. 1981). Esta formación está conformada, principalmente, por hemcriptófitas pulvinadas como *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina* y *Scirpus* spp., y gramíneas como *Festuca hypsophila*, *Festuca deserticola*, *Deyeuxia curvula* y *Deyeuxia chrysantha* (Tabla 7). Presenta el más alto valor promedio de cobertura de las comunidades analizadas en el área (82,5%).

El análisis de las relaciones de abundancia específicas utilizando la serie de números de diversidad de Hill indica que la comunidad alcanza una riqueza (N_0) de 19 especies. Las abundancias se concentran en pocas especies, N_1 alcanza a un 28% de las especies, en tanto que N_2 a un 19%, resultando notable que las especies dominantes, *Oxychloe andina* y *Festuca hypsophila*, concentren un 74,5% de la abundancia (Tabla 7).

Otro tipo de vegetación azonal corresponde a la de los salares. En relación a los gradientes locales hídrico y de salinidad, en ellos se pueden encontrar tanto especies características de los bofedales como especies asociadas sólo a los salares (Tabla 8). Existen dos comunidades: una de ellas, la de *Puccinellia frigida*-*Sarcocornia pulvinata* se encuentra asociada estrictamente a la presencia de humedales salinos, donde alcanza una cobertura promedio de 37,1%, en tanto que la otra, de *Festuca hypsophila* y *Oxychloe andina*, se encuentra también en las quebradas y alcanza en los salares, hasta cerca de un 78% de cobertura promedio.

El análisis de las relaciones de abundancia específicas, utilizando la serie de números de diversidad de Hill, aplicado a la comunidad de *Puccinellia frigida*, restringida a este tipo de ambientes, indica que la riqueza florística (N_0) alcanza a 8 especies, en tanto que N_1 alcanza a 5,5 y N_2 a 4,7 (Tabla 8).

DISCUSION

Flora

Desde el punto de vista de la distribución geográfica, el 100% de las especies de la

TABLA 6

Unidades de vegetación de los pajonales del área Collaguasi-Salar de Coposa, Chile, I Región.
Se indican el porcentaje de cobertura media (Cob.), la desviación estándar (D.E.),
el porcentaje de frecuencia (Fre.) y los Números de Hill (N_0 , N_1 , N_2).

Grassland vegetation types from the Collaguasi-Salar de Coposa area.
Chile, I Region, Percentage average cover (Cob.), standard deviation (D.E.), frequency (Fre.) and
Hill's numbers (N_0 , N_1 , N_2) are indicated.

Especies	<i>Festuca chrysophylla</i> (N=45)			<i>Stipa nardoides</i> (N=17)		
	Cob.	D.E.	Fre.	Cob.	D.E.	Fre.
<i>Festuca chrysophylla</i>	12,0	9,8	100,0	0,0	0,0	0,0
<i>Stipa nardoides</i>	0,8	1,7	64,3	9,3	4,5	100,0
<i>Senecio puchii</i>	0,3	0,5	40,5	0,0	0,0	0,0
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	1,3	2,9	38,1	2,2	8,2	23,5
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	1,5	4,6	33,3	0,0	0,0	0,0
<i>Deyeuxia crispa</i>	1,8	4,4	23,8	0,0	0,0	0,0
<i>Pycnophyllum macropetalum</i>	0,2	0,4	19,0	0,0	2,5	0,0
<i>Senecio nutans</i>	0,2	0,4	16,7	2,7	2,4	23,5
<i>Azorella compacta</i>	0,5	1,4	14,3	0,0	0,0	0,0
<i>Stipa venusta</i>	0,6	1,8	14,3	0,0	0,0	0,0
<i>Adesmia melanthes</i>	0,2	0,8	11,9	2,8	3,8	47,1
<i>Chaetanthera dioica</i>	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0
<i>Junellia tridactyla</i>	0,1	0,3	11,9	0,2	0,4	23,5
<i>Opuntia ignescens</i>	0,1	0,3	11,9	0,0	0,0	0,0
<i>Gamochaeta</i> sp.	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0
<i>Hypochaeris eremophila</i>	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0
<i>Baccharis tola</i>	0,2	0,8	7,1	0,0	0,0	0,0
<i>Perezia ciliosa</i>	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0
<i>Urbania pappigera</i>	0,3	1,0	7,1	0,0	0,0	0,0
<i>Werneria glaberrima</i>	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	0,0
<i>Frankenia triandra</i>	0,2	1,0	4,8	0,0	0,0	0,0
<i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	0,0	0,1	4,8	0,0	0,0	0,0
<i>Ephedra rupestris</i>	0,0	0,2	4,8	0,0	0,0	0,0
<i>Nototriche estipulata</i>	0,0	0,1	4,8	0,0	0,0	0,0
<i>Parastrephia lucida</i>	0,2	1,0	4,8	0,0	0,0	0,0
<i>Senecio</i> sp.	0,0	0,0	4,8	0,0	0,0	0,0
<i>Mulinum crassifolium</i>	0,1	0,7	2,4	0,0	0,0	0,0
<i>Nototriche auricoma</i>	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0
<i>Stipa frigida</i>	0,1	0,7	2,4	0,3	1,2	17,6
<i>Parastrephia lepidophylla</i>	0,0	0,0	0,0	0,4	1,2	11,8
<i>Trichoclone deserticola</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5
Cobertura total %	20,9	11,3		20,3	8,9	
N_0 (Riqueza)	27,0	8,0				
N_1 (Especies abundantes)	5,3	4,0				
N_2 (Especies muy abundantes)	2,9	3,0				

TABLA 7

Vegetación azonal de las quebradas del área Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región.
Se indican el porcentaje de cobertura media (Cob.), la desviación estándar (D.E.), el porcentaje de frecuencia (Fre.) y los Números de Hill (N_0 , N_1 , N_2).

Bog vegetation from the Collaguasi-Salar de Coposa area. Chile, I Región.
Percentage average cover (Cob.), standard deviation (D.E.), frequency (Fre.) and Hill's numbers (N_0 , N_1 , N_2) are indicated.

Especies	Cob (N=100)	D.E.	Fre.
<i>Oxychloe andina</i>	41,5	24,8	100,0
<i>Festuca hypsophila</i>	20,0	14,4	100,0
<i>Scirpus atacamensis</i>	6,4	6,1	94,0
<i>Deyeuxia curvula</i>	6,2	9,3	88,2
<i>Distichia muscoides</i>	5,2	5,9	76,5
<i>Festuca deserticola</i>	4,0	3,5	94,1
<i>Deyeuxia chrysantha</i>	2,3	3,5	64,7
<i>Scirpus deserticola</i>	1,5	4,7	82,4
<i>Parastrephia lucida</i>	1,0	3,1	58,8
<i>Werneria pseudodigitata</i>	0,5	1,4	52,9
<i>Hypsela reniformis</i>	0,2	0,3	52,9
<i>Arenaria rivularis</i>	0,2	0,3	58,8
<i>Werneria pygmaea</i>	0,1	0,2	52,9
<i>Eudema friesii</i>	0,1	0,4	52,9
<i>Gentiana prostrata</i>	0,1	0,2	47,1
<i>Catabrosa werdermanni</i>	0,1	0,3	35,3
<i>Werneria incisa</i>	0,1	0,2	58,8
<i>Calandrinia compacta</i>	0,1	0,1	47,1
<i>Senecio algens</i>	0,0	0,1	23,5
Cobertura total	82,5	14,7	
N_0 (Riqueza)	19,0		
N_1 (Especies abundantes)	5,4		
N_2 (Especies muy abundantes)	3,7		

Las parcelas fueron realizadas en bofedales y vegas en 17 quebradas del área de estudio.

flora alto-andina del área es nativa, siendo un 7% endémicas de Chile. La mayor parte de las especies detectadas crecen también en países fronterizos como Perú, Bolivia y Argentina. Este resultado es coincidente con lo demostrado por Villagrán et al. (1983), en el sentido que la flora del piso alto-andino del Altiplano chileno presenta mayor similitud florística que los pisos prepuneños y puneños, cuando se compara con ambientes equivalentes de países vecinos.

La riqueza florística detectada en el área alto-andina de Collaguasi es menor que la registrada en el área alto-andina de Parinacota (18°28' S), situada en el extremo norte de la Región de Tarapacá (I), la que cuenta con unas 144 especies, siendo, sin embargo, mayor que la registrada, en el mismo rango de altitud, entre los 21-24° S (85 spp) (Arroyo et al. 1988).

El espectro de formas de vida es comparable al de las especies de la Provincia Alto-

TABLA 8:

Unidades de vegetación de los salares del área Collaguasi-Salar de Coposa. Chile, I Región. Se indican el porcentaje de cobertura media (Cob.), la desviación estándar (D.E.), el porcentaje de frecuencia (Fre.) y los Números de Hill (N_0 , N_1 , N_2).

Saltmarshes vegetation types from the Collaguasi-Salar de Coposa area. Chile, I Region. Percentage average cover (Cob.), standard deviation (D.E.), frequency (Fre.) and Hill's numbers (N_0 , N_1 , N_2) are indicated

Unidades	A Cob. (%) N=14	B Cob. (%) N=25
Nº de Parcelas		
Especies		
<i>Festuca hypsophila</i>	26,4	0,0
<i>Oxychloe andina</i>	26,1	0,2
<i>Scirpus atacamensis</i>	7,2	0,0
<i>Deyeuxia curvula</i>	6,9	0,0
<i>Triglochin concinna</i>	2,9	0,0
<i>Puccinellia frigida</i>	2,5	15,1
<i>Festuca deserticola</i>	2,2	0,0
<i>Sarcocornia pulvinata</i>	1,1	1,5
<i>Carex maritima</i>	1,1	3,0
<i>Deyeuxia eminens</i>	0,7	0,0
<i>Hypochoeris taraxacoides</i>	0,4	0,0
<i>Distichlis humilis</i>	0,4	3,7
<i>Frankenia triandra</i>	0,1	7,2
<i>Calandrinia compacta</i>	0,0	3,4
<i>Ranunculus cymbalaria</i>	0,0	3,0
Cobertura unidad (promedio) %	77,9	37,2
N_0 (Riqueza)	14,0	8,0
N_1 (Especies abundantes)	5,6	5,5
N_2 (Especies muy abundantes)	4,2	4,7

andina de la Puna de Argentina (Cabrera 1957), aunque en Collaguasi se observó un mayor número de hemicriptófitas y nanofanerófitas, y al de las zonas montañosas de los Alpes (Braun-Blanquet 1979). De acuerdo con Arroyo et al. (1988), la proporción de formas de vida en el altiplano de Chile, muestra diferencias significativas, relacionadas con el gradiente latitudinal de precipitaciones, para Collaguasi las formas de vida muestran una proporción intermedia a la registrada entre los 18-19° S y los 21-24° S,

llamando la atención la ausencia de especies anuales y el alto número de hierbas perennes (61%) contra un 28% de arbustos (incluidos caméfitos y nanofanerófitos).

Vegetación zonal

Desde el punto de vista de la fitosociología de las formaciones zonales, la presencia de especies como *Baccharis tola* (citado generalmente como *B. incarum var. lejia*), *Conyza deserticola*, *Opuntia ignescens*, *Parastrephia lepidophylla*, *Stipa nardoides* y *Pycnophyllum molle*, permiten establecer una relación con la Clase *Calamagrostietea vicunarum* y con el Orden *Parastrephietalia lepidophyllae* (Navarro 1993).

El análisis de los arbustales (tolares) da cuenta, sin embargo, de la existencia de diferencias expresadas en la dominancia de especies como *Fabiana denudata*, *Lampaya medicinalis* y *Adesmia melanthes*, que no tienen un rol preponderante en la vegetación de los países vecinos. Estudios fitosociológicos más detallados en el altiplano de Chile deberían establecer alianzas y asociaciones endémicas.

Los pajonales alto-andinos, caracterizados por especies como *Festuca chrysophylla*, *Senecio puchii*, *Stipa frigida*, *Stipa venusta* y *Urbania pappigera*, pueden incluirse en la alianza *Urbanio pappigerae-Stipion frigidae* (Navarro 1993). Resultaría interesante que estudios vegetacionales más amplios validen la presencia, en el altiplano de Chile, de asociaciones como *Stipa frigida-Senecio puchii* y *Fabiana bryoides* (vicariada en el área de Collaguasi por *Fabiana squamata*)-*Stipa venusta*, ambas descritas para el altiplano meridional de Bolivia. La composición florística de la comunidad que crece al borde del límite altitudinal de vegetación se asemeja a la de la asociación *Notostriche auricoma-Chaetantheretum sphaeroidalis*, descrita también para el altiplano meridional de Bolivia (Navarro 1993).

Los bosques de *Polylepis tarapacana* no presentan una flora acompañante propia, como ocurre en otras localidades en Sud-

américa (Simpson 1979). Las especies que crecen en los queñuales están relacionadas localmente con los tolares de *Adesmia melanthes* o con el pajonal de laderas rocosas con *Stipa venusta*, *Azorella compacta* y *Festuca chrysophylla* como dominantes.

Vegetación azonal

La vegetación del bofedal por su composición florística corresponde a la descrita por Ruthsatz (1977) para el norte de Argentina y por Navarro (1993) para el altiplano meridional de Bolivia, coincidiendo con la presencia, en Collaguasi, de especies localmente importantes como *Distichia muscoides*, *Oxychloe andina*, *Deyeuxia (Calamagrostis) curvula*, *Deyeuxia (Calamagrostis) eminens* y *Arenaria rivularis*. Fitosociológicamente, los bofedales del altiplano de Collaguasi pueden incluirse en la alianza *Wernerion pygmaeae* (Ruthsatz 1977). Las coincidencias fitosociológicas y florísticas de los bofedales, respecto a los países vecinos, corresponde plenamente con lo establecido por Villagrán et al. (1983) y Arroyo et al. (1988) en el sentido de la existencia de una similitud mayor entre las floras altiplánicas de los bofedales que entre las floras de la vegetación zonal.

La vegetación de los salares presenta afinidad con la descrita por Cabrera (1957) y Ruthsatz (1977), para la puna de Argentina, y por Navarro (1993), para la de Bolivia, aunque su composición específica en los Salares de Coposa y Michincha es menos diversa. Esto coincide con las predicciones de Villagrán et al. (1983) referidas al empobrecimiento florístico de las comunidades del altiplano de Chile, respecto a las comunidades de países vecinos. Especies importantes en relación a su abundancia son *Sarcocornia (Salicornia) pulvinata*, *Frankenia (Anthrobryum) triandra*, *Puccinellia frigida* y *Distichlis humilis*. Desde el punto de vista fitosociológico la comunidad propia del salar puede incluirse en la Alianza *Sarcocornion pulvinatae* (Ruthsatz 1977).

Una comparación entre los diferentes tipos de vegetación basada en el análisis de

las relaciones de abundancia específicas, utilizando la serie de números de diversidad de Hill, indica que las comunidades alto-andinas, zonales y azonales, presentan riquezas bajas (N_0), con un máximo de 27 especies, en el caso del pajonal de *Festuca chrysophylla*. Las abundancias, a su vez, se concentran en pocas especies lo que se expresa en N_1 y N_2 bajos, con altas coberturas de las especies dominantes.

AGRADECIMIENTOS

La Compañía Minera Doña Inés, de Collaguasi, y Geotécnica Consultores proveyeron las facilidades para las visitas a terreno, sin las que este trabajo no se habría podido llevar a cabo. La determinación de las especies contó con la colaboración de los siguientes especialistas: D. Ford (*Calandrinia*), J. Wheeler (*Carex*), A. Krapovickas (*Nototriche*), O. Matthei (*Poaceae*) y Zulma Rúgolo de Agrasar (*Deyeuxia*). El autor hace extensivos sus agradecimientos a Max Quezada, Oscar Mathei, Clodomiro Marticorena y Alicia Marticorena, del Herbario de la Universidad de Concepción, y a Mélica Muñoz e Inés Meza, del Herbario del Museo Nacional de Historia Natural de Santiago, por su buena disposición para el uso de los herbarios. Juan José Anabalón y Yerko Vilina apoyaron con entusiasmo el trabajo de campo. A Rosana Ginocchio agradezco las lecturas críticas y sus sugerencias para mejorar el contenido de este artículo y a Enrique Silva por su ayuda en la edición. Javiera Aravena, Andrea Urquiza y Suiké Kong colaboraron en la realización de las figuras. El autor agradece, también, a dos revisores, no tan anónimos, que se esmeraron por mejorar el contenido y la presentación de este artículo.

LITERATURA CITADA

- ALDUNATE C., J. ARMESTO, V. CASTRO & C. VILLAGRAN (1981) Estudio etnobotánico en una comunidad precordillerana de Antofagasta: Toconce. Boletín Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 38: 183-223.

- ARROYO MT KALIN, C VILLAGRAN, C MARTICORENA, & J ARMESTO (1982) Flora y relaciones biogeográficas en los Andes del norte de Chile. (18-19° S). En: Veloso A & Bustos E (eds): 71-92. El ambiente natural y las Poblaciones Humanas de los Andes del norte de Chile (Arica, Lat. 18°28'S). Vol. I. Rostlac, Montevideo.
- ARROYO MT KALIN, F SQUEO, J J ARMESTO & C VILLAGRAN (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.
- BENOIT IL (Ed.) (1989) Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile. CONAF. Santiago de Chile. 157 pp.
- BRAUN-BLANQUET J (1979) Fitosociología. Bases para el estudio de la vegetación. Editorial Omega. España. 820 pp.
- CABRERA A (1948) Nota sobre la vegetación de la Puna Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Ciencias* 12: 15-38.
- CABRERA A (1957) La vegetación de la puna argentina. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 11: 317-412.
- CABRERA A & A WILLINK (1973) Biogeografía de América Latina (OEA) Washington. 168 pp.
- DI CASTRI F & E HAJEK (1976) Bioclimatología de Chile. Imprenta Editorial Universidad Católica. Santiago.
- FUENZALIDA H (1965) Clima, en CORFO: Geografía Económica de Chile. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 228-267.
- GAJARDO R (1994) La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago de Chile.
- LUDWIG JA & JF REYNOLDS (1988) *Statistical Ecology. A primer on methods and computing.* John Wiley & Sons, New York.
- MARTICORENA A (1997) Nueva combinación en *Nototriche* (Malvaceae). *Gayana Botánica (Chile)* 54: 195.
- MARTICORENA C & M QUEZADA (1985) Catálogo de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica (Chile)* 42: 1-157.
- MARTICORENA C (1990) Contribución a la estadística de la flora vascular de Chile. *Gayana Botánica (Chile)* 47: 85-113.
- MATHEI O, C MARTICORENA, R RODRIGUEZ, M KALIN ARROYO, M MUÑOZ, FA SQUEO & G ARANCIO (1997) Nuevas citas y nuevas combinaciones en Poaceae para la flora de Chile. *Gayana Botánica (Chile)*. 54:189-192.
- MEYEN JF (1834-1835) Reise um die Erde ausgeführt auf dem Königlich Preussischen Seehandlungs-Schiffe Prinzess Louise, commandirt von Capitain W. Wendt, in den Jahren 1830, 1831 und 1832. Erster Theil. Historischer Bericht. 1834; Zweiter Theil. 1835. Berlin. 2 vols.
- NAVARRO G (1993) Vegetación de Bolivia: el Altiplano meridional. *Rivasgodaya* 7: 69-98.
- PHILIPPI F (1885) Reise nach der Provinz Tarapaca. *Verh. Deutsch. Wiss. Vereins Santiago* 1:135-163.
- PHILIPPI RA (1891) Verzeichniss der von Friedrich Philippi auf der Hochebene der Provinzen Antofagasta und Tarapaca gesammelten Pflanzen. Aufgestellt von Dr. R.A. Philippi. Leipzig. Viii, 96 pp. (Publicado también en los Anales del Museo Nacional de Historia Natural de Chile, Secc. 2.8:i-viii. 1891).
- REICHE K (1907) Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. *Veg. Erde* 8. Leipzig. XIV, 374 pp.
- REICHE K (1908) Estudios críticos sobre la flora de Chile. *Anales Universidad de Chile* 123: 341-400.
- RIVAS-MARTINEZ S & O TOVAR (1982) Vegetatio andinae I. Datos sobre las comunidades vegetales altoandinas de los Andes centrales del Perú. *Lazaroa* 4: 167-187.
- RUTHSATZ B & MOVIA CP (1975) Relevamiento de las estepas andinas del noreste de la provincia de Jujuy. Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Argentina. 127 pp.
- RUTHSATZ B (1977) Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den andinen Halbwüsten Norwest-Argentiniens. *Dissertationes Botanicae* 39: 1-168.
- SIMPSON B B (1979) A revision of the genus *Polylepsis* (Rosaceae-Sanguisorbaceae) *Smithsonian Contributions to Botany* 43: 1-62.
- TRONCOSO R (1983) Caracterización ambiental del ecosistema bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de Chile. 252 pp.
- VERGARA H (1978) Cuadrángulo Ujina, Región de Tarapacá. Carta Geológica de Chile. N° 33. Instituto de Investigaciones Geológicas. 63 pp y un mapa geológico escala 1:50 000. Santiago.
- VERGARA H & A THOMAS (1984) Hoja Collacagua. Región de Tarapacá. Carta Geológica de Chile. Escala 1:250 000. SERNAGEOMIN. 79 pp. y un mapa geológico. Santiago.
- VILLAGRAN C, J ARMESTO & MTK ARROYO (1981) Vegetation in a high Andean transect between Turi and cerro León in northern Chile. *Vegetatio* 48: 3-16.
- VILLAGRAN C, MTK ARROYO & C MARTICORENA (1983) Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 56 137-157.
- WEBERBAUER A (1945) El mundo vegetal de los Andes peruanos. Lima. 776 pp.
- WICKENS GE (1995) Llaretta (*Azorella compacta*, Umbelliferae): a review. *Economic Botany* 49: 207-212.

APENDICE

Astragalus crypticus I.M. Johnst., J. Arnold. *Arbor.* 38:365. 1947.

Hierba perenne, laxamente pulvinada, de hasta 4 cm. Hojas grises, densamente pilosas, de hasta 2 cm largo; folíolos de 1 x 0,5 mm. Flores axilares, amarillas. Fruto de 10 mm, estrigoso-piloso. Altitud 4 200. S. Teillier 3428 (SGO).