

# Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile

Federico Luebert & Rodolfo Gajardo (\*)

**Resumen:** Luebert, F. & Gajardo, R. *Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. Lazaroa 21: 111-130 (2001).*

Se realiza un estudio de la vegetación del Altiplano y Puna áridos de Chile (24-25° S) utilizando la metodología fitosociológica de Braun-Blanquet. Se proponen nuevos límites altitudinales de los pisos de vegetación en este territorio: supratropical (3.400-3.800 m), orotropical (3.800-4.200 m), criotropical (4.200-4.700 m), atérmico (> 4.700 m). Como resultado del análisis fitosociológico, fueron reconocidas las siguientes grandes unidades florísticas de vegetación: *Ambrosio artemisioidis-Atriplicion imbricatae* all. nov. (matorrales desérticos), *Calamagrostietea vicunarum* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (pajonales y matorrales bajos xeromórficos), *Anthochloo lepidulae-Dielsiochloetea floribundae* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegetación de roquedales y suelos con soliflujión) y *Plantagini rigidiae-Distichietea muscoidis* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegas y bofedales alto-andinos). Se identificaron doce asociaciones florísticas, cada una de las cuales se describe en términos de su composición específica, fisionomía general, distribución geográfica, rango altitudinal y condiciones ambientales. El área de estudio se encuentra en una zona de transición climática. No obstante, la hipótesis de una consecuente transición florística no se ve sustentada, puesto que la flora y vegetación del área de estudio revela fuertes afinidades con el elemento andino subtropical, y no con el elemento andino mediterráneo.

**Abstract:** Luebert, F. & Gajardo, R. *Vegetation in the arid Andes of northern Chile. Lazaroa 21: 111-130 (2001).*

This is a study of Chilean arid Altiplano and Puna vegetation (24-25°S) using Braun-Blanquet phytosociological methodology. New altitudinal limits for bioclimatic belts are proposed: supratropical (3.400-3.800 m), orotropical (3.800-4.200 m), criotropical (4.200-4.700 m), athermic (> 4.700 m). As a result of the phytosociological analysis, the following main vegetation units were identified: *Ambrosio artemisioidis-Atriplicion imbricatae* all. nov. (desert scrubland), *Calamagrostietea vicunarum* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (xeromorphic grasslands and dwarf scrubland), *Anthochloo lepidulae-Dielsiochloetea floribundae* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (vegetation of solifluctional gravelly slopes) and *Plantagini rigidiae-Distichietea muscoidis* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (high-Andean mires and bogs).

Twelve floristic associations were identified. Each was characterised in terms of floristic composition, general physiognomy, geographic distribution, altitudinal range and environmental conditions. The study area is in a climatic transition zone. However, the hypothesis of a resulting floristic transition is not sustained since the flora and vegetation of the study area reveal strong affinities with subtropical Andean, not with Mediterranean Andean.

One alliance, *Ambrosio artemisioidis-Atriplicion imbricatae* all. nov. has been created to identify the Andean Atacama desert dwarf scrubs, which at the moment cannot be included in any order or class. In addition, six new associations were typified for the study area: *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae*, *Adesmio melanthis-Artemisietum copae*, *Fabiano bryoidis-Adesmietum erinaceae*, *Adesmietum frigidum-echinoris*, *Mulino crassifolii-Deyeuxietum crispae* and *Puccinellio frigidum-Calamagrostietum eminentis*.

Also, four provisional associations are proposed: *Stipo frigidum-Adesmietum caespitosae*, *Nicotianetum petunioidis*, *Senecionetum chrysolepidis* and *Lycietum humilis*; a provisional alliance, *Lycion humilis*, is proposed for the latter.

In the phytosociological units, the floristical components are relevant at alliance level. The supratropical alliances have desert characteristics, while the orotropical and criotropical alliances have principally Puna characteristics. Cosmopolitan plants predominate in the azonal alliances. The study area is located in a transitional climatic zone despite the fact that the hypothesis of a consequent floristic transition is not supported because the flora and vegetation of the study area reveal a strong affinity with Andean-subtropical, not with Andean-Mediterranean.

## INTRODUCCIÓN

Las formaciones vegetales dominadas por gramineas cespitosas y arbustos bajos, a menudo de hábito pulvular, constituyen el paisaje vegetal característico de la provincia biogeográfica de la Puna, que se extiende a lo largo de la cordillera de los Andes desde los 15° S hasta los 28° S (UDVARDY, 1975).

En los Andes centro-septentrionales de Chile (18°-36° S) son reconocidas dos unidades fitogeográficas: el Altiplano y la Puna, entre los paralelos 18° y 28° S, que se caracterizan por presentar un relieve de mesetas y llanuras generalmente sobre 3.000 m de altitud y por un régimen estival de precipitaciones; y los Andes Mediterráneos, entre los paralelos 28° y 36° S, que muestran un relieve montañoso abrupto y un régimen de lluvia invernal

\* Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Casilla 9206. Santiago. Chile. E-mail: fluebert@uchile.cl

(GAJARDO, 1994). Ambos territorios se diferencian también por sus elementos florísticos (MORENO & *al.*, 1994). El Altiplano y la Puna se caracterizan por la predominancia de elementos subtropicales (CABRERA, 1957; ARROYO & *al.*, 1982; VAN DER HAMMEN & CLEEF, 1983). En los Andes Mediterráneos es importante el elemento endémico (GAJARDO, 1992), con gran influencia de elementos patagónicos por el sur y subtropicales por el norte (VAN DER HAMMEN & CLEEF, 1983; VILLAGRÁN & *al.*, 1983).

En los Andes de Chile existe un gradiente latitudinal de precipitaciones, con montos máximos de aridez entre los paralelos 24° y 25° S (ARROYO & *al.*, 1988), donde se produce una penetración altitudinal de elementos florísticos propios del desierto de Atacama (VILLAGRÁN & *al.*, 1983). En este sector, llamado a veces Puna desértica (MANN, 1968), los regímenes pluviales de invierno y de verano presentan una influencia marginal, existiendo un verdadero ambiente de desierto, con precipitaciones medias anuales que no superan los 50 mm. Esto crea una condición biogeográfica excepcional que, se manifiesta en la existencia de 34 especies vegetales que tienen su límite de distribución, ya sea norte o sur entre los paralelos 24°30' y 25°15' S (ARROYO & *al.*, 1998).

Dos hipótesis han sido formuladas para la interpretación de este fenómeno. La primera indica que la situación climática transicional afecta directamente a los componentes de la flora, con una distribución relictual de los elementos andino-subtropicales y una penetración hacia el norte de los elementos florísticos andino-mediterráneos (ARROYO & *al.*, 1998). Una hipótesis alternativa señala que la rigurosidad de las condiciones ambientales del área en cuestión produce un empobrecimiento especialmente transitorio de los elementos florísticos puneños (*sensu* UDVARDY, 1975), en una zona donde los elementos desérticos y los más xerófitos de la Puna conviven en los mismos ambientes (GAJARDO, 1994). Sin embargo, esta zona es poco conocida fitosociológicamente, lo cual es fundamental para el análisis de su significación biogeográfica.

En este estudio se propone una delimitación de pisos de vegetación en la porción más árida del Altiplano y la Puna, y se realiza una descripción fitosociológica de las comunidades vegetales presentes. Se discute también la posición biogeográfica de estas comunidades en el contexto regional.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio fue llevado a cabo en el Parque Nacional Llullaillaco (24°30' S, 68°30' W-25°15' S, 69°15' W), ubicado en la Región de Antofagasta, Chile (Fig. 1); el territorio del parque abarca una extensión de 2.680 km<sup>2</sup>. Está localizado en la parte más árida de la sub-región biogeográfica del Altiplano y la Puna. La flora de plantas vasculares del Parque Nacional Llullaillaco está compuesta por 110 especies (ARROYO & *al.*, 1998; LUEBERT & GAJARDO, 1999).

La caracterización bioclimática del área y la delimitación local de pisos de vegetación está de acuerdo con la clasificación de Rivas-Martínez (RIVAS-MARTÍNEZ, 1993; FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 1997; RIVAS-MARTÍNEZ & *al.*, 1999) y toma en cuenta la información de 16 estaciones meteorológicas distribuidas entre 22°00' S y 26°30' S, de las cuales sólo para 10 se dispone de datos completos (Tabla 1).

### MUESTREO Y ANÁLISIS DE DATOS

Durante el verano de 1998 (hemisferio sur), fueron efectuados 292 inventarios fitosociológicos de acuerdo con la metodología de BRAUN-BLANQUET (1950). El tamaño de las parcelas fue definido sobre la base del concepto de área mínima (KENT & COCKER, 1994). El tamaño de la muestra y el arreglo espacial de los inventarios fueron determinados en el terreno según criterios geomorfológicos, buscando cubrir todas las situaciones presentes.

Para el análisis fitosociológico fue utilizada la técnica de comparación tabular (MUELLER-DOMBOIS & ELLEMBERG, 1974). Los grupos resultantes fueron analizados en conjunto con la información de inventarios disponibles en otros trabajos de vegetación publicados (e.g. CABRERA, 1957; Ruthsatz & MOVIA, 1975; RUTHSATZ, 1977, 1995; VILLAGRÁN & *al.*, 1981, 1982, 1983; RIVAS-MARTÍNEZ & Tovar, 1982; NAVARRO, 1993; MARTÍNEZ CARRETERO, 1995; TEILLIER, 1998), y han sido denominados siguiendo el código de nomenclatura fitosociológica (BARKMAN & *al.*, 1986). Las referencias a pisos de vegetación siguen la terminología de RIVAS-MARTÍNEZ (1993).

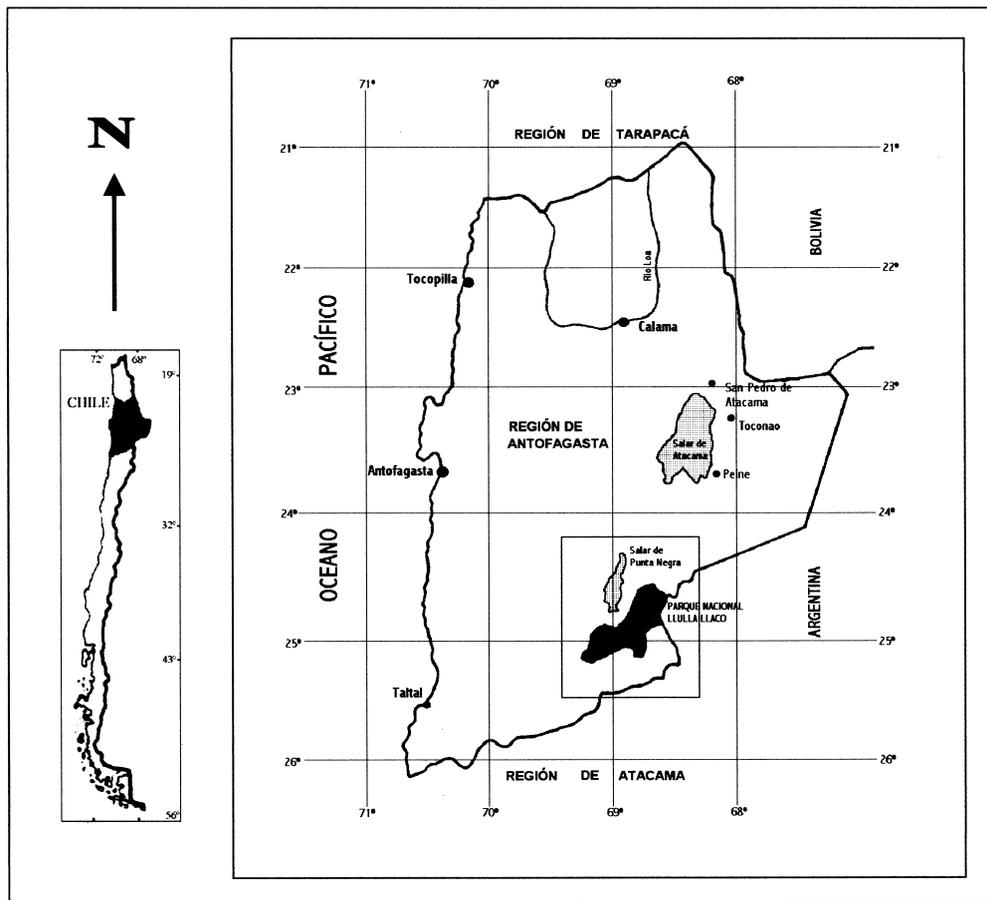


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la II Región de Chile.

## RESULTADOS

### BIOClima Y PISOS DE VEGETACIÓN

El área del estudio se incluye en el bioclima tropical desértico (Io: 0,1 – 0,8); si bien el máximo estacional de precipitaciones se produce en los meses de verano, los montos absolutos son bastante bajos, producto de la acción combinada de la latitud y el efecto de biombo climático producido por la cordillera de los Andes. Los tipos térmicos varían altitudinalmente de frío a muy frío (T: 1-8 °C; It: 118- -46 (< 250)) y el ombrotipo dominante es el árido (P: 7-35 mm; 0 < P < 120 mm).

De acuerdo con la información climática presentada en la Tabla 1, la delimitación de los pisos de vegetación para la latitud del área en estudio es la siguiente:

Termotipo	Rango altitudinal
Supratropical	2.600-3.100 m
Orotropical	3.100-3.600 m
Criorotropical	3.600-4.500 m
Atérmico	> 4.500 m

La realidad local muestra temperaturas más bajas en relación con otras localidades más septentrionales y más orientales del Altiplano y la Puna; por esta razón, en general, el límite superior de los pisos de vegetación tiende a encontrarse a menor altitud. En las partes bajas, donde las precipitaciones son menores y el desierto absoluto penetra hasta 3.300 m, las comunidades vegetales andino-desérticas son desplazadas hacia situaciones de mayor altitud, desplazamiento que depende del ombrotipo imperante y, probablemente, de la situación térmica más favo-

Tabla 1

Estaciones meteorológicas del Desierto y el Altiplano y la Puna de Chile entre 22°00' S y 26°30' S.

Para cada una de ellas se indican las coordenadas geográficas expresadas como latitud sur (Lat), longitud (lon), altitud en metros (Alt), número de años de observaciones (A), precipitación (P), temperatura media anual (T), temperatura media mínima del mes más frío (m), temperatura media máxima del mes más frío (M), índice de termicidad (lt), temperatura positiva (Tp) y termotipo. Fuente de datos: Ramírez (1972), CORFO/DGA/ONU (1977), Santibañez & al. (1982), FAO (1985), Arroyo & al. (1998), Minera Escondida Ltda (datos no publicados).

Localidad	Lat	Lon	Alt	A	P	T	m	M	lt	Tp	Termotipo
Coya Sur	22°24'	69°38'	1.300	3	–	18,0	5,8	27,5	513	2.160	Termotropical
Calama	22°28'	68°55'	2.260	7	6	12,4	1,3	21,3	350	1.524	Mesotropical
San Pedro de Atacama	22°55'	68°13'	2.450	3	135,8	13,1	–1,8	18,5	298	1.680	Supratropical
Caspana	22°20'	68°14'	3.260	3	–	9,0	0,5	14,8	243	1.080	Supratropical
Parshall 2	21°57'	68°31'	3.320	8	28,6	8,6	–0,8	14,1	219	–	Supratropical
Inacaliri	22°00'	68°04'	4.000	8	119	2,8	–7,6	7,6	28	600	Criorotropical
Linzor	22°12'	67°59'	4.100	3	235	2,0	–9,2	0,3	–69	–	Criorotropical
El Tatío	22°21'	68°02'	4.320	5	100	–2,5	–13,5	0,9	–151	43	Criorotropical
Peine	23°41'	68°05'	2.480	2	21,5	14,9	3,9	18,5	373	1.788	Mesotropical
Socaire	23°36'	67°52'	3.251	2	45,6	9,4	0,9	14,3	246	1.128	Supratropical
Refresco	25°19'	69°52'	1.850	30	12	15,8	5,5	23,5	448	1.896	Mesotropical
Catalina	25°14'	69°44'	2.180	1	0	12,9	–	–	–	1.548	Mesotropical?
Cachinal	24°58'	69°34'	2.700	1	–	10,8	–	–	–	1.296	Supratropical?
Salar Punta Negra	24°36'	68°55'	3.000	3	7,0	7,9	–11,2	15,2	118	948	Orotropical?
Llullaillaco	24°38'	68°40'	4.200	4	35,7	1,7	–7,4	1,0	–46	266	Criorotropical
Potrerrillos	26°30'	69°27'	2.850	30	63	11,2	4,9	12,9	290	1.344	Supratropical

able que se produciría en algunos biotopos cordilleranos situados sobre 3.400 m donde la heterogeneidad del relieve es mayor.

Sobre la base del diagnóstico bioclimático realizado por NAVARRO (1993) para la vegetación del altiplano meridional de Bolivia, y de la correspondencia entre vegetación y termotipo que se verifica para los Andes chilenos a los 22°-23° S (Tabla 1; QUINTANILLA, 1977; VILLAGRÁN & al., 1981), resultaría necesario pensar en precisar una condición más real en los límites de los pisos, a partir de la distribución altitudinal de las comunidades vegetales definidas para el área como carácter bioindicador (RIVAS-MARTÍNEZ & ARNÁIZ, 1982).

La vegetación zonal de los Andes áridos del norte de Chile puede ser dividida en tres grandes unidades, que se suceden en el gradiente altitudinal: matorrales desérticos, pajonales y matorrales bajos xeromórficos, y vegetación de roquedales y suelos crioturbados con soliflucción. La primera de ellas (*Ambrosio-Atriplicion imbricatae* all. nova), es propia de las partes altas del piso supratropical; en el área estudiada se sitúa entre 3.500 y 3.900 m con un óptimo entre 3.500 y 3.800 m. Los pajonales y matorrales bajos xeromórficos

(*Urbanio-Stipion frigidae* Navarro 1993), vegetación orotropical según NAVARRO (1993), se localizan entre 3.500 y 4.500 m alcanzando en algunos sectores los 4.700 m; La vegetación de roquedales y suelos con soliflucción (*Wernerion pseudodigitatae* Ruthsatz 1977 prov.) situada por sobre los 4.500 m ha sido citada por NAVARRO (1993) para el piso criorotropical, pero en el área de estudio se encuentra ocupando situaciones claramente atérmicas.

En lo que respecta exclusivamente al área estudiada y consensuando los antecedentes climáticos y de vegetación expuestos, se propone la siguiente delimitación general de pisos de vegetación:

Termotipo	Rango altitudinal propuesto
Supratropical	3.400-3.800 m
Orotropical	3.800-4.200 m
Criorotropical	4.200-4.700 m
Atérmico	> 4.700 m

Los límites propuestos para el piso supratropical están determinados por la distribución altitudinal de los matorrales desérticos. La extensión del piso

orotropical se deduce por la altitud que alcanzan las comunidades dominadas por *Stipa frigida* Phil. y *Adesmia melanthes* Phil., que representan un buena proporción de la vegetación zonal. Las comunidades dominadas por *Mulinum crassifolium* Phil., *Deyeuxia crispa* Rugolo & Villav. y *Stipa frigida*, determinan en definitiva el rango que abarca el piso criorotropical.

Esta delimitación tiene sin duda un carácter provisional, debido a que la información climática utilizada (Tabla 1) no es del todo satisfactoria.

## SINTAXONOMÍA

### MATORRALES DESÉRTICOS

#### **Ambrosio artemisoidis-Atriplicion imbricatae** all. nova

Typ.: *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae* nova.  
Syn. «*Atriplex imbricata*» Gajardo 1994, nom. inval., «*Atriplex microphylla*» Mieres 1984, nom. inval., *Ambrosion artemisoidis* Villagran, Arroyo & Marticorena 1983, nom. prov. inval., «Consocios de *Atriplex microphylla*» Cabrera, 1957, nom. inval., «Estepas de Cachiuyuyo» Cabrera, 1994, nom. inval.

Especies características: *Acantholippia deserticola* (Phil. ex F. Phil.) Mold., *Ambrosia artemisoides* Meyen & Walp., *Atriplex imbricata* (Moq.) Dietr. var. *imbricata*, *Chuquiraga kuschelii* Acev., *Coldenia atacamensis* Phil., *Borzicactus celsianus* (Lem. ex Salm-Dyck) Kimmnach, *Tarasa operculata* (Cav.) Krap.

Matorral extremadamente xeromórfico supratropical, distribuido en el desierto andino de Chile, entre 18° y 28° S (VILLAGRÁN & al., 1981, 1982; SANTIBAÑEZ & al., 1982; MIERES, 1984; GAJARDO, 1994; GAJARDO & LUEBERT, 1999) y también en la Puna de Argentina (CABRERA, 1957).

Por su composición característica de especies, esta alianza no debe ser incluida dentro de *Calamagrostietea vicunarum*; probablemente está ligada a otra clase cuyo óptimo se sitúa en tramos inferiores o más septentrionales del piso supratropical, pero no existen antecedentes fitosociológicos suficientes para definirla.

*Ambrosio-Atriplicion imbricatae* posee dos asociaciones: *Acantholippio-Atriplicetum imbricatae* (sintipo), presente en el área de estudio y *Ambrosio artemisoidis-Atriplicetum imbricatae* Villagrán, Arroyo & Armesto 1982 nom. nud. situada en biotopos más cálidos y húmedos del extremo norte de Chile, donde además de las dos especies menciona-

das concurren también *Adesmia atacamensis* Phil., *Tarasa operculata* (Cav.) Krap., *Oreocereus leuco-trichus* (Phil.) Wagenknecht, *Opuntia berterii* (Colla) A. Hoffmann y *Borzicactus celsianus* (VILLAGRÁN & al., 1982; GAJARDO & LUEBERT, 1999). Esta asociación no posee sintipo; se propone mantenerla como tal mientras no sean publicadas evidencias fitosociológicas más concluyentes.

#### 1. **Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae** ass. nova

Tabla 2. Typ.: Villagran & al., UNESCO Vol. I: 27, tab. 2A, inv. 160. 1982. Syn.: *Atriplex imbricata-Cristaria andicola* Gajardo 1994, nom. inval., «Matorral muy abierto de *Atriplex microphylla* y *Acantholippia punensis*» Santibañez & al. 1982, nom. inval.

Especies diferenciales: *Acantholippia deserticola* (Phil. ex F. Phil.) Mold., *Atriplex imbricata* (Moq.) Dietr. var. *imbricata*, *Chuquiraga kuschelii* Acev., *Malesherbia lactea* Phil. (característica local).

Matorral desértico de poca cobertura (5-20%), pauciespecífico, que crece sobre substratos sedimentarios compactados. Se desarrolla entre 3.550 y 3.900 m en el área de estudio. Esta asociación se conoce desde el extremo norte de Chile a 18° S (VILLAGRÁN & al., 1982; GAJARDO & LUEBERT, 1999) hasta el área de Lullailaco (24°-25° S), con presencia en el paralelo 22° S en el transecto Turi-Cerro León (VILLAGRÁN & al., 1981), formando parte de la Región biogeográfica del Desierto Pacífico de UDVARDY (1975) en su piso altitudinal superior.

En el seno de esta unidad, además de la subasociación típica *atriplicetosum imbricatae* nova, se reconoce la subasociación *ambrosietosum artemisoidis* nova (Syn. *Acantholippia deserticola-Franseria meyeniana* Ass. Villagrán, Armesto & Arroyo 1981 nom. inval.) presente al menos en el transecto Turi-Cerro León (VILLAGRÁN & al., Vegetatio 48: 8, tab. 1, invs. 206 (sintipo), 207-208, 197-198. 1981) y en el extremo norte de Chile (VILLAGRÁN & al., UNESCO Vol. I: 27, tab. 2A, invs. 70-79. 1982) donde *Ambrosia artemisoides* refleja una condición térmica más favorable y representa la transición hacia la asociación *Ambrosio-Atriplicetum imbricatae*.

### PAJONALES Y MATORRALES BAJOS XEROMÓRFICOS

#### **CALAMAGROSTIETEA VICUNARUM** Rivas-Martínez & Tovar 1982

Typ.: *Calamagrostietalia vicunarum* Rivas-Martínez & Tovar, Lazaroa 4: 181. 1982.

Tabla 2  
*Acantholippia deserticolae*-*Atriplicetum imbricatae*  
 (*Ambrosio artemisioidis*-*Atriplicion imbricatae*)

Altitud (= 10 m)	379	376	360	362	370
Exposición	SO	S	—	—	—
Pendiente	9	7	0	0	0
Cobertura	18	10	18	12	10
Área	100	100	25	25	50
N.º de orden	1	2	3	4	5
Características y diferenciales					
<i>Acantholippia deserticola</i>	1	1	2	1	2
<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>imbricata</i>	2	2	1	2	+
<i>Malesherbia lactea</i>	+	.	.	.	.
Acompañantes y accidentales					
<i>Stipa frigida</i>	.	r	.	.	.
<i>Adesmia melanthes</i>	+	.	.	.	.
<i>Cristaria andicola</i>	+	+	.	.	.
<i>Opuntia atacamensis</i>	.	.	.	.	1
<i>Baccharis incarum</i>	.	+	.	.	.

Localidades: 1-2: Entre Quebrada Zorras y Quebrada Zorritas; 3-5: Sectores altos de la pampa Punta Negra, al oeste de la Quebrada Lullaillaco.

Especies características presentes en el área de estudio: *Baccharis incarum* Wedd., *Parastrephia quadrangularis* (Meyen) Cabr., *Pycnophyllum bryoides* (Phil.) Rohrb.

Hasta el momento, esta clase incluye dos órdenes: *Calamagrostietalia vicunarum* Rivas-Martínez & Tovar 1982 (sintipo) y *Parastrephietalia lepidophyllae* Navarro 1993. En el área de estudio sólo este último está presente.

#### **Parastrephietalia lepidophyllae** Navarro 1993

Typ.: *Parastrephion lepidophyllae* Navarro, Rivasgodaya 7: 27. 1993. Syn.: *Laretalia* Pisano 1956, nom. inval., *Stipetalia andina* Pisano 1956, nom. inval.

Especies características presentes en el área de estudio: *Adesmia spinosissima* Meyen ex Vogel, *Ephedra breana* Phil., *Junellia seriphioides* (Phil.) Mold., *Senecio nutans* Sch. Bip.

Comunidades dominadas por hemcriptófitos cespitosos, caméfitos y nanofanerófitos. Estas incluyen formaciones cespitosas y matorrales bajos de los pisos supratropical, orotropical y criorotropical, extendidos en el suroeste de Perú, oeste de Bolivia, noreste de Chile y noroeste de Argentina (NAVARRO, 1993). En Chile están distribuidas desde 18° a 27° S (VILLAGRÁN & al., 1981, 1982; MIERES, 1984; TEILLIER, 1998) y en el parque nacional Lullaillaco se sitúan entre 3.500 y 4.700 m. Las únicas especies

características citadas para este orden por NAVARRO (1993:73) que se encuentran en el área de estudio son *Adesmia spinosissima*, *Junellia seriphioides* y *Senecio nutans* (ARROYO & al. 1998; LUEBERT Y GAJARDO, 1999), todas con frecuencia y abundancia muy bajas. La presencia de este orden se verifica por la gran cantidad de taxa característicos de la alianza *Urbanio-Stipion frigidae* Navarro 1993.

#### **Urbanio pappigerae-Stipion frigidae** Navarro 1993

Typ.: *Stipo frigidae*-*Senecionetum puchii* Navarro 1993. Syn.: *Stipion* Pisano 1956, nom. inval.

Especies características presentes en el área de estudio: *Artemisia copa* Phil., *Fabiana bryoides* Phil., *Hoffmanseggia eremophila* (Phil.) Burk, ex Ulib., *Moschopsis monocephala* (Phil.) Reiche, *Mulinum crassifolium* Phil., *Oxalis compacta* Gilles ex H. & Arn., *Perezia atacamensis* (Phil.) Reiche, *Senecio chrysolepis* Phil., *S. hirtus* Cabr. *S. puchii* Phil., *S. rosmarinus* Phil., *S. sundtii* Phil., *S. xerophilus* Phil., *Stipa frigida* Phil., *Urbania pappigera* Phil., *Viola frigida* Phil.

Pajonales y matorrales bajos xeromórficos con nanofanerófitos, caméfitos y hemcriptófitos cespitosos propios de las partes áridas y semiáridas del Altiplano y la Puna, en los pisos orotropical y criorotropical andino. En Chile tiene una amplia distribución, que se extiende al menos en la provincias de Iquique, El

Loa, Antofagasta, Chañaral, Copiapó, Huasco y el noreste de Elqui, (ca. 20°-29° S; NAVARRO, 1993).

La condición fría y árida del área de estudio limita la existencia de las comunidades propias de las alianzas *Parastrephion lepidophyllae* y *Lovibio-Fabianion densae*, por lo que la *Urbano-Stipion frigidae* se extiende prácticamente por todo el gradiente altitudinal y se diversifica ocupando la variedad de situaciones ambientales que se generan, en gran medida, por la heterogeneidad topográfica del área. Debido a ésto se pueden diferenciar 4 nuevas asociaciones que pueden ser separadas en dos grupos bien definidos:

Comunidades orotropicales que fisionómicamente son matorrales con o sin suculentas, que constituyen la vegetación característica de las partes bajas de la vertiente occidental de los Andes áridos y semiáridos de Chile (*Adesmio-Artemisietum copae*, *Fabiano-Adesmietum erinaceae*, *Adesmietum frigidochinoris*).

Comunidades criorotopicales, propias de biotopos más húmedos, causa por la que en los Andes de

Chile tienden a situarse en las partes altas de la cordillera sobre los 4.000-4.200 m. de altitud (*Mulinno-Deyeuxietum crispae*).

De manera provisional, se informa la presencia de otras tres asociaciones que, probablemente, forman parte de la vegetación de los Andes áridos de Chile, pero de las cuales hay muy poca información. En el área del estudio se presentan con una composición florística muy pobre (*Stipo frigidae-Adesmietum caspitosae*, *Nicotianetum petunioidis*, *Senecionetum chrysolepidis*); investigaciones futuras de carácter regional podrían incorporarlas a unidades más biodiversas. Estas unidades se encuentran pobremente diferenciadas de acuerdo a lo expresado en la Tabla 7, pero se piensa que corresponden a asociaciones diferentes, puesto que las condiciones del biotopo son radicalmente distintas.

2. **Adesmio melanthis-Artemisietum copae** ass. nova

Tabla 3. *Holotypus*: inv. 8

Tabla 3  
*Adesmio melanthis-Artemisietum copae*  
(*Urbano-Stipion frigidae*, *Prastrephietalia lepidophyllae*, *Calamagrostietea vicumarum*)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Altitud (= 10 m)	364	363	356	373	395	375	383	387	380	409	409	402	401	409	388	410	387	391	363	378	382	377	372	366	
Exposición	-	O	S	S	N	O	S	SO	-	-	-	-	N	-	E	SE	N	E	O	O	SO	SO	S	NO	
Pendiente (%)	0	53	16	9	26	44	47	61	0	1	5	0	28	5	25	16	26	12	10	7	18	18	6	49	
Cobertura (%)	40	10	10	20	30	35	10	25	10	20	15	40	20	15	25	15	40	60	10	15	10	8	15	10	
Área (m <sup>2</sup> )	9	25	9	4	25	25	100	100	100	4	16	100	25	16	100	200	100	100	900	25	4	9	100	100	
N.º de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Características y diferenciales																									
<i>Stipa frigida</i>	2	+	.	+	1	+	.	2	r	+	1	+	1	1	+	+	r	1	1	+	+	+	1	+	
<i>Baccharis incarum</i> .	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	2	.	+	.	1	+	.	.	+	.	.	1	
<i>Adesmia melanthes</i> .	3	2	2	2	1	1	.	+	1	.	+	1	1	+	.	r	.	1	.	.	.	+	+	2	+
<i>Cristaria andicola</i>	+	+	+	.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	r	.	1	2	+	+	+	+	+
<i>Hoffmanseggia eremophila</i>	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Artemisia copa</i>	.	.	.	.	.	3	1	2	1	1	+	3	2	+	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sisymbrium philippianum</i>	.	.	.	.	.	+	+	+	1	+	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Opuntia atacamenensis</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ephedra breana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1	3	.	.	.	.	.
<i>Opuntia conoidea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1	2	1	2	.	.	.	.	.
<i>Fabiana denudata</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Haplopappus rigidus</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phacelia pinnatifida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	1	1	1	1	1	+
<i>Descurainia stricta</i> .	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	+	+	1
<i>Ipomopsis gossypifera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.

Además: Acompañantes y accidentales: *Acantholippia deserticola* + en 15, *Atriplex imbricata* var. *imbricata* 1 en 7 y 10, *Adesmia erinacea* + en 23, *Adesmia hystrix* 1 en 19, *Cistanthe minuscula* + en 25, *Fabiana bryoides* + en 12, 3 en 18, *Reyesia parviflora* r en 7, *Junellia hystrix* 3 en 19, *Cryptantha* sp. 2 en 19, *Descurainia* sp. + en 29, *Mulinum crassifolium* + en 14, 1 en 20, *Nototriche auricoma* r en 11 *Parastrephia quadrangularis* 1 en 11 y 14

Localidades: 1, 20 y 24: Morros de Chinchillar, lavas volcánicas a 8 kilómetros al suroeste del Salar de Aguas Calientes; 2 y 3: Barrancas Blancas, 10 kilómetros al sureste del Salar de Punta Negra; 4: laderas suroccidentales bajas del Cerro de la Pena; 5: laderas de la Quebrada Lullaillaco; 6: Laderas noroccidentales bajas del Cerro de la Pena; 7, 8 y 18: laderas de la Quebrada Zorritas; 9, 15 y 17: sectores altos de la Pampa El Salado, entre Quebrada El Salado y Quebrada Cachiyuyo; 10, 11, 14 y 16: entre Quebrada Zorras y Quebrada Zorritas; 12-13: Quebrada La Barda; 19: Sierra de Varas, 5 kilómetros al noroeste del Cerro Guanaco.

Especies características y diferenciales: *Adesmia melanthes* Phil., *Artemisia copa* Phil., *Baccharis incarum* Wedd., *Cristaria andicola* Gay, *Descurainia stricta* (Phil.) Prantl. ex Reiche (característica local), *Ephedra breana* Phil. (característica local), *Fabiana denudata* Miers, (característica local), *Haplopappus rigidus* Phil., *Hoffmanseggia eremophila* (Phil.) Burk ex Ulib., *Ipomopsis gossypifera* (Gill. ex Benth.) Grant (característica local), *Opuntia atacamensis* Phil., *Opuntia conoidea* (Back.) A. Hoffmann., *Phacelia pinnatifida* Griseb. ex Wedd. (característica local), *Sisymbrium philippianum* Johnst., *Stipa frigida* Phil.

Matorral bajo con nanofanerófitos, caméfitos y hemicriptófitos viviendo sobre rocas, cenizas y suelos arenosos de origen volcánico, en terrenos planos, laderas y depresiones protegidas del viento. Se encuentra en el área de estudio entre 3.500 y 4.150 m, cobertura 8-60%. Constituye junto con el *Fabiano-Adesmietum erinaceae*, la vegetación clímax del piso orotropical andino en el área de estudio. Es posible que exista en Chile entre los paralelos 22° y 25° S, de acuerdo con la distribución geográfica de sus elementos característicos. Vicariante con asociaciones andinas caracterizadas por *Adesmia hystrix* Phil., *Cristaria andicola* y *Stipa chrysophylla* Desv. a 30° S (SQUEO & al., 1994).

Esta asociación se presenta muy diversificada, de modo tal que se pueden distinguir 5 subasociaciones claras: la subasociación típica *artemisiotosum copae* nova (Tabla 3, invs. 6-10). La subasociación *hoffmannseggietosum eremophilae* nova (Tabla 3, invs. 1-5, *holotypus*: inv. 1), donde las condiciones ambientales son más xéricas contactando catenalmente con el matorral desértico. La subasociación *opuntietosum atacamensi* nova (Tabla 3, invs. 11-14, *holotypus*: inv. 14), situada en biotopos rocosos cálidos, donde *Sisymbrium philippianum* y *Cristaria andicola* desaparecen, mientras que la *Cactaceae*, *Opuntia atacamensis* está presente. La *opuntietosum conoideae* nova (Tabla 3, invs. 15-19, *holotypus*: inv. 19) matorral con suculentas situado sobre laderas bajas y cálidas de litoles donde las diferenciales son *Opuntia conoidea*, *Ephedra breana*, *Haplopappus rigidus* y *Fabiana denudata*. La subasociación *phacelietosum pinnatifidae* nova (Tabla 3, invs. 20-24, *holotypus*: inv. 23) presenta una marcada sinusia de terófitos (*Descurainia stricta*, *Ipomopsis gossypifera*, *Pha-*

*celia pinnatifida*), y crece sobre pendientes y planicies con suelo arenoso laxo en el sector sur del Cerro de La Pena. Probablemente, algunas de estas unidades podrían ser elevadas a la categoría de asociación cuando estudios sintaxonómicos más amplios demuestren su consistencia florística en unidades territoriales mayores.

### 3. **Fabiano bryoidis-Adesmietum erinaceae** ass. nova

Tabla 4, *holotypus* inv. 1. [Syn. «Tolar altiplánico de *Baccharis tola*, *Parastrephia quadrangularis* y *Festuca*» Santibañez & al. 1982, nom. inval., «*Fabiana bryoides-Parastrephia quadrangularis*» Mieres 1984, nom. inval.]

Especies características y diferenciales: *Adesmia erinacea* Phil., *A. melanthes* Phil., *Baccharis incarum* Wedd., *Fabiana bryoides* Phil., *Parastrephia quadrangularis* (Meyen) Cabr., *Senecio xerophilus* Phil., *Stipa frigida* Phil.

Matorral con nanofanerófitos y hemicriptófitos viviendo en depresiones, laderas arenosas y substratos rocosos abruptos. Conocida en Chile entre 25° y 27° S. Vicariante de la asociación de *Fabiana squamata* Phil. del sector Collahuasi, a 21° S en Chile (TEILLIER, 1998) y muy similar a *Fabiano bryoidis-Stipetum venustae* Navarro 1993, del altiplano meridional de Bolivia y la Puna de Atacama en Chile (VILLAGRÁN & al., 1981; NAVARRO, 1993). En el área de estudio encuentra su óptimo entre 3.900 y 4.200 m, pero ocupa un amplio rango altitudinal absoluto (3.500-4.500 m). Cobertura 20-30 %.

### 4. **Adesmietum frigido-echinoris** ass. nova

Tabla 5, *holotypus*: inv. 1.

Especies características y diferenciales: *Adesmia echinus* K. Presl, *A. frigida* Phil., *Chenopodium frigidum* Phil. (característica local), *Senecio hirtus* Cabr., *S. rosmarinus* Phil. *Stipa frigida* Phil.

Matorral muy abierto, bajo, extremadamente xeromórfico, florísticamente pobre, compuesto por caméfitos pulviniforme y sufrutescentes y hemicriptófitos cespitosos. Se desarrolla sobre substratos arenosos y pedregosos de depresiones o laderas con excelente drenaje. Se encuentra en el sector oriental de la Cordillera de Domeyko, entre 3.550 y 4.200 m, con una cobertura de 5-30 %. En algunos sectores sólo es posible encontrar una de las dos especies directrices, *Adesmia frigida* o *A. echinus*.

Tabla 4  
*Fabiano bryoidis-Adesmetium erinaceae*  
 (Urbanio-*Stipion frigidae*, *Prastrephietalia lepidophyllae*, *Calamagrostietea vicunarum*)

Altitud (= 10 m)	413	416	415	427	417
Exposición	E	E	O	NE	–
Pendiente	64	11	15	19	0
Cobertura	25	40	10	20	30
Área	100	400	100	100	100
N.º de orden	1	2	3	4	5
Características y diferenciales					
<i>Adesmia erinacea</i>	1	2	+	+	+
<i>Fabiana bryoides</i>	2	+	+	2	2
<i>Paratrephia quadrangularis</i>	+	2	2	1	2
<i>Adesmia melanthes</i>	1	1	1	1	1
<i>Stipa frigida</i>	1	2	+	1	+
<i>Senecio xerophilus</i>	+	+	.	.	.
<i>Baccharis incarum</i>	.	.	.	1	.
Compañeras y accidentales					
<i>Mulinum crassifolium</i>	1	.	.	.	.
<i>Artemisia copa</i>	.	+	.	.	.
<i>Opuntia canoidea</i>	.	+	.	.	.

Localidades: 1: Laderas de la Quebrada Zorritas; 2: Laderas de la Quebrada Zorras; 3, 5: Laderas de la Quebrada El Salado; 4: Laderas orientales del Cerro de la Pena.

Tabla 5  
*Adesmetium frigidum–echinoris*  
 (Urbanio-*Stipion frigidae*, *Prastrephietalia lepidophyllae*, *Calamagrostietea vicunarum*)

Altitud (1 = 10m)	385	385	390	387	385	386	410	395
Exposición	NE	SO	O	NO	–	E	S	NE
Pendiente (%)	30	40	30	1	–	25	1	5
Cobertura (%)	30	7	5	5	8	10	10	10
Área (m <sup>2</sup> )	4	100	100	1	9	10	9	4
Características y diferenciales								
<i>Stipa frigida</i>	2	1	+	.	+	.	+	1
<i>Adesmia echinus</i>	2	1	.	.	.	2	r	1
<i>Adesmia frigida</i>	+	.	+	1	+	.	1	.
<i>Chenopodium frigidus</i>	.	.	.	.	+	+	.	.
<i>Senecio rosmarinus</i> var. <i>rosmarinus</i>	.	.	.	r	1	.	.	.
<i>Senecio hirtus</i>	r	1	.	.	.	.	.	.
Compañeras y accidentales								
<i>Senecio</i> cf. <i>leucus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Cristaria andicola</i>	.	.	.	.	.	r	.	.
<i>Nicotiana longibracteata</i>	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Nastanthus caespitosus</i>	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Calandrinia compacta</i>	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Phacelia cumingii</i>	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Ephedra breana</i>	.	+	.	.	.	.	.	.

Localidades: 1, 2: Cordillera de Domeyko, Sierra de Varas, a tres kilómetros al noroeste del cerro Guanaco; 3: Sierra Golgota, al este de Río Frío; 4-6: Laderas de Río Frío; 7, 8: Cordillera de Domeyko, Quebrada seca, laderas surorientales del cerro Negro del Tolar.

Tabla 6  
*Mulino crassifolii*-*Deyeuxietum crispae*  
 (Urbanio-*Stipion frigidae*, *Prastrephietalia lepidophyllae*, *Calamagrostieta vicinarum*)

Altitud (1 = 10 m)	465	454	452	441	452	447	420	455	439	447	440	461
Exposición	O	S	N	S	O	NO	SO	O	NO	-	E	O
Pendiente (%)	22	4	19	22	25	47	16	23	38	8	8	8
Cobertura (%)	15	15	15	12	30	15	30	10	20	10	20	10
Área (m <sup>2</sup> )	100	25	50	25	100	100	25	4	100	25	25	9
N.º de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Características y diferenciales

<i>Stipa frigida</i>	2	2	1	+	2	2	1	1	2	1	1	1
<i>Mulinum crassifolium</i>	1	2	1	1	2	r	1	1	.	2	1	1
<i>Deyeuxia crispa</i>	2	.	+	2	2	1	2	1	1	.	1	.
<i>Chaetanthera revoluta</i>	+	+	+	+	2	.	.	.	.	2	+	.
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	.	.	.	.	3	1	1	+	1	.	.	.
<i>Perezia atacamensis</i>	+	+	+	+	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Nototriche auricoma</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+
<i>Urbania pappigera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	+	+
<i>Moschopsis monocephala</i>	+	+	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio puchii</i>	.	.	+	.	3	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio chrysolepis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.

Compañeras y accidentales

<i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1	+	.
<i>Fabiana bryoides</i>	.	.	.	.	.	r	.	.	1	.	.	.
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Senecio socompae</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Werneria glaberrima</i>	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.

Localidades: 1, 2, 5: Laderas occidentales del volcán Llullaillaco; 3, 12: Laderas suroccidentales del volcán Llullaillaco; 4: Laderas suroccidentales del Cerro Aguas Calientes; 6, 9: Laderas occidentales del cerro Zorritas; 7: Altos de Tocomar, 7 kilómetros al oeste del cerro Silla; 8: Laderas noroccidentales del cerro de La Peña; 10: Altos de La Barda, a dos kilómetros al surro del cerro Bayo; 11: Cerro Tocomar.

5. *Mulino crassifolii*-*Deyeuxietum crispae* ass. nova

Tabla 6, *holotypus*: inv. 1.

Especies características y diferenciales: *Chaetanthera revoluta* (Phil.) Cabr, *Deyeuxia crispa* Rúgolo & Villav., *Moschopsis monocephala* (Phil.) Reiche, *Mulinum crassifolium* Phil., *Perezia atacamensis* (Phil.) Reiche, *Pycnophyllum bryoides* (Phil.) Rohrb., *Senecio puchii* Phil., *Stipa frigida* Phil., *Urbania pappigera* Phil.

Pajonal con sinusia leñosa formada por caméfitos pulvulares y hemicriptófitos cespitosos y arrosados. Se encuentra en forma frecuente en las cuencas arenosas intermontanas y laderas abrigadas, sobre suelos arenosos o substratos rocosos. Está emparentada con los pajonales de *Festuca chrysophylla* Phil. del área de Collaguasi (20° S) y de la Puna de Atacama a 22° S (VILLAGRÁN & al., 1981; TEILLIER, 1998), que están aún más relacionados

con las asociaciones descritas para Bolivia por NAVARRO (1993:81-82); éstas se diferencian de la presente asociación porque la presencia de *Mulinum crassifolium*, *Deyeuxia crispa*, *Moschopsis monocephala*, *Chaetanthera revoluta* y *Perezia atacamensis* es más constante en la forma típica de esta última y faltan las especies de vocación más higrófila como *Stipa venusta* Phil., *S. nardoides* (Phil.) Hackel, *Festuca chrysophylla*, *F. othophylla* Phil. y *Werneria aretioides* Wedd. Se piensa que su distribución geográfica podría extenderse hacia sectores más meridionales de Chile y a las zonas semi-áridas y áridas del noroeste argentino. En el área de estudio está presente entre 4.000 y 4.700 m. con una cobertura de 10-30 %.

Esta asociación tiene una amplia heterogeneidad interna con tres variantes florísticas: la subasociación típica *deyeuxietosum crispae* nova (Tabla 6, invs. 1-4) entre 4.000 y 4.500 m., *pycnophylletosum bryoidis* nova (Tabla 6, invs. 5-9, *holotypus*:

inv. 5) entre 4.200 y 4.500 m, que probablemente constituye una variante transicional hacia la *Stipo-Senecionetum puchii* Navarro 1993, y *urbanietosum pappigeræ nova* (Tabla 6, invs. 10-12, *holotypus*: inv. 11) distribuida entre 4.400 y 4.700 m., que representa la transición hacia el *Nototricho-Chaetantheretum sphaeroidalis* Navarro 1993 (*Anthochloa lepidulæ-Diesiochloeta floribundæ*).

La asociación *Fabiano bryoidis-Adesmietum horridæ* Villagrán, Armesto & Arroyo 1981 nom. inval., es desde todos los puntos de vista un sinónimo de la *Fabiano-Stipetum venustæ* Navarro 1993, mientras que la *Oxalidi exiguæ-Mulinetum crassifolii* Villagrán, Armesto & Arroyo 1981 nom. nud., aún falta por tipificar.

**6. Stipo frigidae-Adesmietum caespitosae** ass. prov.

Tabla 7, invs. 1-10.

Pajonal con sinusia leñosa, de poca cobertura (4-20 %), que crece sobre extensas planicies arenosas del piso orotropical andino. Probablemente, en estos sectores, la productividad primaria está limitada por la intensa radiación solar, las heladas nocturnas y la acción del viento, pues son lugares muy abiertos. Se identifica por la presencia de *Adesmia caespitosa* Phil. y *Stipa frigida* Phil.; ócasionalmente se encuentran *Moschopsis monocephala*, en la Pampa

San Eulogio, *Adesmia melanthes* y *Adesmia erinacea* en los Altos de Zorritas y El Salado. Vastos sectores de Pampa San Eulogio y Pampa Pajonales están cubiertos sólo por *Stipa frigida*.

**7. Nicotianetum petunioidis** ass. prov.

Tabla 7, invs. 11-14.

Vegetación desértica herbácea que se desarrolla en suelos arenosos laxos de pendientes inclinadas y biotopos planos con una importante sinusia de terófitos (*Nicotiana petunioides* Phil. y ocasionalmente *Doniophyton weddellii* Katinas & Stuessy) en el piso orotropical. Muy poco frecuente en el área de estudio. Ocurre a 4.000 m. Cobertura 10-15 %. Es probable que, atendiendo la importancia de las terófitas en esta asociación, estudios posteriores puedan ubicarla en otra clase, donde probablemente *Doniophyton weddellii*, *Nicotiana petunioides* y *Nicotiana longibracteata* Phil. formarían parte de su elenco florístico. Por el momento, la presencia marginal de *Stipa frigida* permitiría incluirla dentro de la *Urbano-Stipion frigidae*.

**8. Senecionetum chrysolepidis** ass. prov.

Tabla 7, invs. 15-19.

Matorral enano muy abierto con caméfitos pulviniformes pequeños y hemiscriptófitos cespitosos, de

Tabla 7  
*Stipo frigidae-Adesmietum caespitosae* prov. (1-10), *Nicotianetum petunioidis* prov. (11-14),  
*Senecionetum chrysolepidis* prov. (15-19)  
(*Urbano-Stipion frigidae*, *Prastrephietalia lepidophyllae*, *Calamagrostietea vicumarum*)

Altitud (1 = 10 m)	366	365	380	380	381	372	377	430	372	377	405	406	405	395	451	438	438	440	428
Exposición	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NE	NE	O	O	O	SO	O	SO
Pendiente (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	56	21	49	41	35	47	38
Cobertura (%)	4	4	8	7	7	8	10	20	6	8	15	10	10	10	5	3	12	10	15
Área (m²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
N.º de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Características y diferenciales																			
<i>Stipa frigida</i>	1	1	2	2	2	2	1	2	1	2	+		+	+	.	1	1	2	1
<i>Adesmia caespitosa</i>	.	.	.	.	.	1	1	1	+	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Moschopsis monocephala</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nicotiana petunioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	2	2	2	.	.	.	.	.
<i>Doniophyton weddellii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio chrysolepis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	1	1	2	2
Acompañantes y accidentales																			
<i>Adesmia melanthes</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Cristaria andicola</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.

Localidades: 1, 2: Pampa Pajonales, al suroeste de la Quebrada la Burda; 3-5: Pampa San Eulogio, entre Cerro Aguas Calientes y Barrancas Blancas; 6: Camino desde la Sierra Golgota a la Pampa Pajonales; 7: Pampa San Eulogio, un kilómetro al este de Barrancas Blancas; 8: Altos de Llullaillaco, a los pies del cerro Tocomar; 9, 10: Pampa San Eulogio, camino del cerro de la Pena al Salar de Punta Negra; 11: laderas de la Quebrada Tocomar; 12-14: Laderas de la Quebrada El Salado; 15-19: Macizo Cerros del León.

pobre desarrollo estructural y baja riqueza de especies, donde sólo se encontraron *Senecio chrysolepis* Phil. y *Stipa frigida* Phil. Crece sobre substratos rocosos extremadamente abruptos del piso criotropical, con cobertura entre el 5- y el 5 %. Se ha ubicado provisionalmente en esta alianza, puesto que tratándose de un tipo de hábitat muy difícil de acceder, probablemente albergue sus propias comunidades vegetales, incluso con endemismos, como *Menonvillea frigida* (Phil.) Rollins, endémica del área en estudio, que se desarrolla en esos tipos de ambientes, pero fue inventariada en muy pocos inventarios; habría que investigar si en territorios vecinos se repiten esos biotopos y qué especies vegetales los colonizan.

VEGETACIÓN DE LOS ROQUEDALES Y SUELOS CRIOTURBADOS CON SOLIFLUXIÓN

**Anthochloo lepidulae–Dielsiochloetalia floribundae** Rivas-Martínez & Tovar 1982, Lazaroa 4:180.

Vegetación de las grandes alturas del altiplano, formada por caméfitos pulviniformes y hemcriptófitos provistos de adaptaciones específicas que les permiten sobrevivir a temperaturas extremas muy bajas, en lugares que al menos una parte del año se encuen-

tran cubiertos por nieve y hielo. Su distribución geográfica se extiende al menos entre los 15° y 30° S (RUTHSATZ, 1977; RIVAS-MARTÍNEZ & TOVAR, 1982; NAVARRO, 1993; SQUEO & al., 1994; TEILLIER, 1998), por sobre los 4.500 m en el piso criotropical. Hasta el momento, en esta clase se puede reconocer sólo un orden: *Anthochloo lepidulae–Dielsiochloetalia floribundae* Rivas-Martínez & Tovar 1982.

**Wernerion pseudodigitatae** Ruthsatz 1977 prov. Syn.: «Asociés de *Senecio algens* y *Oxalis compacta*» Cabrera 1957, nom. inval.

Corresponde a los roqueríos y pedregales de altura (piso criotropical), donde la vegetación es muy escasa. Se distribuye en el noroeste de Argentina, sudoeste de Bolivia y noreste de Chile (NAVARRO, 1993; RUTHSATZ, 1977; TEILLIER, 1998).

**9. Nototricho auricomae–Chaetantheretum sphaeroidalis** Navarro 1993

Tabla 8, invs. 1-5. Typ. Navarro, Rivasgodaya 7: 84, tab. 4, inv. 3. 1993.

Desierto alto-andino formado principalmente por hemcriptófitos muy especializados. Se desarrolla en suelos crioturbados donde la roca está sometida constantemente a procesos de soliflujión; las plantas son pequeñas hierbas que crecen entre las rocas, donde encuentran un ambiente protegido de las

Tabla 8  
*Nototricho auricomae–Chaetantheretum sphaeroidalis*  
(*Wernerion pseudodigitatae*, *Anthochloo–Dielsiochloetalia floribundae*, *Anthochloo–Dielsiochloetalia floribundae*)

Altitud (1 = 10 m)	455	470	480	480	475
Exposición	O	NO	O	O	SO
Pendiente (%)	18	37	5	18	13
Cobertura (%)	1	5	0,5	0,5	5
Área (m <sup>2</sup> )	4	4	4	1	4
N.º de orden	1	2	3	4	5
Características y diferencias					
<i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	+	+	+	+	+
Compañeras y accidentales					
<i>Stipa frigida</i>	+	+	+	r	r
<i>Mulinum crassifolium</i>	.	1	.	.	1
<i>Senecio socompa</i>	.	+	.	.	.
<i>Senecio puchii</i>	+	.	.	.	.

Localidades: 1, 4, 5: Laderas occidentales altas del volcán Llullaillaco; 2: Laderas occidentales altas del Cerro Zorritas; 3: Portezuelo sur de Llullaillaco, lavas volcánicas.

bajas temperaturas. Esta comunidad es frecuente en el piso criorotropical cerca del límite altitudinal de la vegetación, entre 20° y 30° S en Chile, y también en el sur de Bolivia (NAVARRO, 1993; SQUEO & *al.*, 1994; TEILLIER, 1998). En el área de estudio se distingue por la presencia de *Chaetanthera sphaeroidalis* (Reiche) Hicken, encontrándose en todos los grandes cerros y volcanes cordilleranos entre 4.500 y 5.000 m, con una cobertura de 0,5-5 %.

De acuerdo a la posición ecológica en que se sitúa esta asociación, y siguiendo la noción de NAVARRO (1993), se ha incluido dentro de la clase *Anthochloo-Dielsiochloetea floribundae*, vegetación altoandina de los suelos poligonales árticos del piso criorotropical, pero no se encuentra ninguna de las especies características que definen la mencionada clase en su diagnóstico original; hace falta una mayor comprensión de la vegetación de los roquedales de altitud.

#### VEGAS Y BOFEDALES ALTOANDINOS

##### **Plantagini rigidae-Distichietea muscoidis** Rivas-Martínez & Tovar 1982

Typ.: *Plantagini rigidae-Distichietalia muscoidis* Rivas-Martínez & Tovar, Lazaroa 4: 170. 1982.

Vegetación de las turberas duras andinas. Son comunes los caméfitos cespitosos compactos. Se extienden en la cordillera andina desde el Páramo, en Colombia, hasta la Patagonia en el sur de Chile y Argentina, definiendo la vegetación altoandina azonal: vegas y bofedales (RUTHSATZ, 1993). De acuerdo con el planteamiento de RIVAS-MARTÍNEZ & TOVAR (1982), se pueden reconocer dos órdenes en esta clase: *Calamagrostio jamesoni-Distichietalia muscoidis* Rivas-Martínez & Tovar 1982 y *Oritrophio-Wernerietalia* Cleef 1981. Este último se cita para las vegas altoandinas de Ecuador, Colombia y Venezuela, mientras que en el primero de ellos se encuentran las asociaciones azonales turbosas andinas de Perú, Bolivia, Argentina y Chile (RIVAS-MARTÍNEZ & TOVAR, 1982; RUTHSATZ, 1977, 1993, 1995; LARA RICO & LENIS CAZAS, 1996), donde se incluyen las del área de estudio.

##### **Oxychloion andinae** Ruthsatz 1995

Typ.: *Oxychloetum andinae* Ruthsatz, Phytocoenologia 25 (2): 220. 1995. Syn.: *Juncaceion* Pisano 1956, nom. inval., *Oxychloion* Pisano 1966, nom. inval., «*Oxychloe andina*» Gajardo 1994, nom. inval.

Especies características: *Oxychloe andina* Phil., *Werneria spathulata* Wedd.

Vegetación turbosa propia de biotopos inclinados húmedos o de turberas situadas sobre afloramientos de aguas frías (RIVAS-MARTÍNEZ Y TOVAR, 1982). Se caracteriza por la ausencia de elementos tropical andinos distribuyéndose hacia el sur hasta los Andes de Argentina y Chile central (RUTHSATZ, 1995).

Esta alianza está compuesta, hasta el momento, por sólo una asociación: *Oxychloetum andinae* Ruthsatz 1995, pero probablemente el *Puccinellio oresigenae-Oxychloetum andinae* Navarro 1993 deba también incluirse en esta alianza. De acuerdo con RUTHSATZ (1995) *Distichia muscoides*, que forma una alianza paralela, se encuentra asociada a lugares infiltrados por aguas de manantiales pobres en sustancias minerales, en tanto que *Oxychloe andina* tiene al respecto una amplitud ecológica bastante mayor, llegando hasta el centro de Chile y Argentina, razones por las cuales el *Oxychloetum andinae* debe referirse a una alianza propia. Sólo sería posible definir esta alianza por los llamados taxa elementales diferenciales negativos (GILLET & *al.*, 1992), es decir, la ya mencionada ausencia de elementos tropical andinos.

Los nombres propuestos por PISANO (1956: 32; 1966: 68) no son válidos de acuerdo con el artículo 2b del código de nomenclatura fitosociológica, ya que no están acompañados de suficiente diagnóstico original o referencia indirecta de ella.

##### **10. Oxychloetum andinae** Ruthsatz 1995

Tabla 9, inventarios 1-4. Typ.: Ruthsatz, Phytocoenologia 25 (2): 220, tab. 4, inv. N.º 22. 1995. (lectotipo). Syn.: *Oxychloetum andinae* Pisano 1966, nom. inval., «Tipo *Oxychloe andina*» Troncoso 1983, nom. inval.

Especies características y diferenciales: *Calamagrostis cf. deserticola* (Phil.) Phil., *Calamagrostis velutina* (Nees & Meyen) Steud., *Calandrinia compacta* Barn., *Festuca deserticola* Phil., *Gentiana sedifolia* Kunth, (diferenciales locales), *Oxychloe andina* Phil.

En el área de estudio se encuentra habitando las aguadas de flujo superficial permanente (Río Frío, Zorras, Zorritas, El Salado, Llullaillaco), entre los 3.500 y 3.900 m, con una cobertura media de 60-90 %.

De las especies que RUTHSATZ (1995) utilizó para caracterizar el *Oxychloetum andinae*, solamente *Oxychloe andina* alcanza los bofedales del Llullaillaco.

Tabla 9  
*Oxychloetum andinae* (1–4) (*Oxychloion andinae*)  
*Calamagrostietum eminentis* (5–9) (*Calamagrostion chrysanthae*)  
*Lycietum humilis* prov. (10–13) (*Lycion humilis*)  
 (*Calamagrostio jamesonii*–*Distichietalia muscoidis*, *Plantagini rigidae*–*Distichietea muscoidis*)

Altitud (1 = 10 m)	381	356	387	387	368	392	410	396	410	368	392	390	389
Exposición	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	O	NE
Pendiente (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	32
Cobertura (%)	90	90	90	70	100	95	95	100	90	100	30	100	60
Área (m <sup>2</sup> )	9	4	36	9	4	36	9	4	25	1	1	1	4
N.º de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Características y diferenciales													
<i>Oxychloe andina</i>	5	4	5	4	1	1	5	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis cf. deserticola</i>	.	2	1	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis velutina</i>	1	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Calandrinia compacta</i>	.	.	+	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gentiana sedifolia</i>	.	1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Festuca deserticola</i>	2	3	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Calamagrostis eminens</i>	.	.	.	.	3	2	3	4	4	.	.	.	.
<i>Puccinellia frigida</i>	.	.	.	.	2	1	1	2	2	.	.	.	.
<i>Arenaria rivularis</i>	.	.	.	.	1	1	+	2	1	.	.	.	.
<i>Triglochin concinna</i>	.	.	.	.	2	4	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lycium humile</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	3	5	3
Compañeras y accidentales													
<i>Atriplex imbricata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Werneria pinnatifida</i>	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
<i>Astragalus bustillosii</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypsela reniformis</i>	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nastanthus caespitosus</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scirpus atacamensis</i>	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Localidades: 1–4: Vegas del Río Frío; 5, 6, 9–11: Vegas de la Quebrada Lullaillaco; 7: Vegas de la Quebrada Zorras; 8: Vegas de la Quebrada El Salado; 12, 13: Vegas de la Quebrada Zorritas.

llaco, y sólo se repiten únicamente dos especies consideradas como compañeras por Ruthsatz: *Calamagrostis velutina* y *Festuca deserticola*.

**Calamagrostion chrysanthae** Rivas-Martínez & Tovar 1982

Typ.: *Calamagrostietum nitidulo-chrysanthae* Gutte, Feddes Rept. 91(5/6): 335. 1980.

Especies características: *Calamagrostis chrysantha* (J. Presl.) Steud., *Calamagrostis eminens* (J. Presl.) Steud.

Pastizal hidromórfico de gramíneas cespitosas amacolladas, que se instalan como neocolonizadoras en bordes de lagunas y cursos de aguas poco profundos contribuyendo al proceso de colmatación e iniciando la formación de turberas duras altoandinas (RIVAS-MARTÍNEZ & TOVAR, 1982; LARA RICO &

LENIS CAZAS, 1996). Al parecer se distribuye ampliamente en la provincia Puneña.

**11. Puccinellio frigidae-Calamagrostietum eminentis** ass. nova

Tabla 9, invs. 5–9; *holotypus*: inv. 5.

Especies características: *Arenaria rivularis* Phil. (local), *Calamagrostis eminens* (J. Presl.) Steud., *Puccinellia frigida* (Phil.) Johnst. (local), *Triglochin concinna* Davy (local).

Pastizal higromórfico elevado y muy denso de los bordes de cursos de aguas y pequeñas lagunas frías. En el área de estudio está presente en la interfase supratropical-orotropical, principalmente en las quebradas de Zorras y Zorritas. La comunidad presenta coberturas del 95 al 100 %. Esta asociación es vicariante con el *Poo-Calamagrostietum eminentis*

Rivas-Martínez & Tovar 1982 prov. de los Andes Centrales de Perú y está emparentada florísticamente con el «Pastizal higromórfico helófito de *Calamagrostis eminens* y *Calamagrostis chrysantha*» Lara Rico y Lenis Cazas 1996, presente en las vegas altoandinas de Los Lipez, Bolivia.

En el área de estudio, la secuencia catenal que va desde los ambientes acuáticos a los terrestres (Quebrada Zorritas, 3.900 m), es la siguiente: *Puccinellio-Calamagrostietum eminentis*, *Oxychloetum andina*, *Lycietum humili*, *Adesmio-Artemisietum copae*. Esta última comunidad representa la vegetación zonal del área. En la presente asociación existe una variante con *Oxychloe andina* (Tabla 9, inventarios 5-7), que representa el ecotono o transición entre el *Puccinellio-Calamagrostietum* y el *Oxychloetum*.

### **Lycion humilis** all. prov.

Vegetación halófila caracterizada por *Lycium humile* Phil., propia de los bordes salinos de las quebradas altiplánicas meridionales donde se producen inundaciones temporales. Está muy relacionada con la vegetación de salares de las regiones de Tarapacá y Antofagasta en Chile, y también en Argentina (CABRERA, 1957; CEA, 1996, 1997), por lo que hubiese sido más adecuado incluirla dentro de la clase *Distichlio-Anthobryetea triandri* Navarro 1993, pero no existen los antecedentes suficientes para hacerlo y la posición real de las comunidades encontradas no corresponde a bordes de salares. Por otro lado, la pobreza florística de las comunidades no permite asimilarlas a una de las alianzas ya creadas dentro del *Anthochloo-Dielsiochloetalia floribundae*, motivo por lo que ha debido ser incluida dentro de una alianza propia; nuevamente se advierte la necesidad de realizar estudios más detallados en el tema. Sólo se puede distinguir una asociación en esta alianza.

### 12. **Lycietum humilis** ass. prov.

Tabla 9, inventarios 10-13. Syn.: «Asocios de *Lycium humile* y *Distichlis humilis*» Cabrera 1957; «Unidad de *Lycium humile* y *Distichlis spicata*» CEA 1996.

Forma tapices continuos en los bordes de algunos cursos de agua situándose principalmente en las quebradas de Zorritas, Lullaillaco y El Salado, entre 3.650 y 3.950 m con una cobertura media de 30-100 %.

La posición ecológica que ocupa esta asociación es equivalente a la de los pajonales mesomórficos de

los bordes de los bofedales, donde también ocurren inundaciones temporales y depositaciones de sales. En dichas comunidades son dominantes las gramíneas *Calamagrostis curvula*, *Festuca rigescens*, *Festuca nardifolia*, y las compuestas *Werneria poposa* y *Werneria incisa* (TRONCOSO, 1983; LARA RICO & LENIS CAZAS, 1996; TEILLIER, 1998). La composición de especies de la presente asociación (*Lycium humile*) ha sido expresamente documentada como dominante en los salares de Pocitos en Argentina (CABRERA, 1957), Atacama (CEA, 1996) y Punta Negra (CEA, 1997) en Chile. Por otra parte, algunas de las especies que habitan en las quebradas del área de estudio y que son propias de las asociaciones azonales descritas, como *Puccinellia frigida*, *Calandrinia compacta*, *Triglochin concinna*, *Ranunculus cymbalaria* y *Lycium humile* son consideradas por otros autores como características de la vegetación de los salares altoandinos de Atacama, Punta Negra y Coposa (CEA, 1996, 1997; TEILLIER, 1998). Se postula una colonización desde los salares de Punta Negra, Pajonales y Aguas Calientes Sur hacia la cordillera del Lullaillaco a través de las quebradas adyacentes.

## DISCUSIÓN

### SINTAXONOMÍA Y ECOLOGÍA

En esta proposición sintaxonómica, se plantean nuevas unidades, mayoritariamente al interior de la alianza *Urbanio-Stipion frigidae* Navarro 1993 (*Parastrephietalia lepidophyllae*, *Calamagrostietea vicunarum*) que corresponde a los tolares y pajonales de la zona árida del Altiplano y la Puna. Hubiese sido más satisfactorio, clasificar estas asociaciones fuera del orden *Parastrephietalia lepidophyllae* Navarro 1993, debido a que la mayoría de los taxa característicos de dicho orden están distribuidos en Chile sólo en las provincias de Parinacota e Iquique y su distribución raramente se extiende hasta los Andes áridos de Chile. Al respecto, considerando un acabado inventario florístico realizado en el área (MARTICORENA & al., 1998), de las 28 especies características del orden *Parastrephietalia* citadas por NAVARRO (1993: 89) sólo 15 se encuentran en Chile, de las cuales únicamente 5 sobrepasan los 23° 30' S y tres de ellas se encuentran en la localidad del estudio, todas observadas una vez en poblaciones muy reducidas. Para la transecta Turi-Cerro León (22° S) VILLAGRÁN & al. (1981) sólo *Azorella compacta*,

Tabla 10

Síntesis de las asociaciones vegetales presentes en el Parque Nacional Lluillailaco. 1: *Acantholippia–Atriplicetum imbricata*, 2: *Adesmio–Artemisietum copae*, 3: *Fabiano–Adesmietum erinaceae*, 4: *Adesmietum frigido–echinoris*, 5: *Mulino–Deyeuxietum crispae*, 6: *Stipo–Adesmietum caespitosae* prov., 7: *Nicotianetum petunioidis* prov., 8: *Senecionetum chrysolepidis* prov., 9: *Nototricho–Chaetantheretum sphaeroidalis*, 10: *Oxychloetum andinae*, 11: *Puccinlelio–Calamagrostietum eminentis*, 12: *Lycietum humilis* prov.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Acantholippia deserticola</i>	V	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Atriplex imbricata</i> var. <i>imbricata</i>	V	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I
<i>Malesherbia lactea</i>	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adesmia melanthes</i>	I	IV	V	.	.	.	I	.	.	.	.	.
<i>Cristaria andicola</i>	II	IV	.	I	.	.	I	.	.	.	.	.
<i>Opuntia atacamensis</i>	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hoffmanseggia eremophila</i>	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia copa</i>	.	III	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sisymbrium philippianum</i>	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ephedra breana</i>	.	I	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Opuntia conoidea</i>	.	II	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fabiana denudata</i>	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Haplopappus rigidus</i>	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phacelia pinnatifida</i>	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Descurainia stricta</i>	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ipomopsis gossypifera</i>	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fabiana bryoides</i>	.	I	V	I	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Parastrephia quadrangularis</i>	.	.	V	I	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adesmia erinacea</i>	.	I	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio xerophilus</i>	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adesmia frigida</i>	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adesmia echinus</i>	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio hirtus</i> .	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio rosmarinus</i> var. <i>rosmarinus</i>	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chenopodium frigidum</i> .	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Mulinum crassifolium</i>	.	I	I	.	V	.	.	.	.	.	.	.
<i>Deyeuxia crispa</i>	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetanthera revoluta</i>	.	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Perezia atacamensis</i>	.	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio puchii</i>	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.
<i>Moschopsis monocephala</i>	.	.	.	.	II	I	.	.	.	.	.	.
<i>Pycnophyllum bryoides</i>	.	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nototriche auricoma</i>	.	I	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Urbana pappigera</i>	.	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adesmia caespitosa</i>	.	.	.	.	.	III	.	.	.	.	.	.
<i>Nicotiana petunioides</i>	.	.	.	.	.	.	V	.	.	.	.	.
<i>Doniophyton weddellii</i>	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.
<i>Senecio chrysolepis</i>	.	.	.	.	I	.	.	V	.	.	.	.
<i>Stipa frigida</i>	I	V	V	IV	V	V	IV	IV	V	.	.	.
<i>Baccharis incarum</i>	I	II	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chaetanthera sphaeroidalis</i>	.	.	.	.	II	.	.	.	V	.	.	.
<i>Oxychloe andina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	III	.
<i>Calamagrostis velutina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.
<i>Festuca deserticola</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.
<i>Gentiana sedifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.
<i>Calamagrostis</i> cf. <i>deserticola</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	III	.	.
<i>Calandrinia compacta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.	.
<i>Calamagrostis eminentis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	.
<i>Puccinellia frigida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	.
<i>Arenaria rivularis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V	.
<i>Triglochin concinna</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	II	.
<i>Lycium humile</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V

*Conyza deserticola*, *Baccharis boliviensis*, *Pycnophyllum molle* y *Junellia seriphioides* son consideradas especies características de algún sintaxon y el resto no son siquiera mencionadas para esa localidad. Desafortunadamente, la fase descriptiva sintaxonómica aún tiene poco desarrollo en Chile, por lo que se ha estimado conveniente no realizar propuestas demasiado especulativas, en ausencia de datos suficientes.

La vegetación zonal, situada en pisos altitudinales bien diferenciados por sus especies y formas de vida, es la expresión de la heterogeneidad ambiental existente a lo largo del gradiente altitudinal. Se postula que la distribución ambiental de las asociaciones está relacionada con la variación altitudinal de las temperaturas, las condiciones edáficas y pedogenéticas del micrositio y el microrrelieve. Ello se evidencia en la segregación florística que ocurre entre pisos altitudinales de vegetación y entre condiciones de sustratos con diferencias sustanciales en el drenaje y presencia de afloramientos rocosos y, en la variación de la composición de formas de vida en los gradientes de altitud, exposición y drenaje (LUEBERT, datos no publicados).

#### POSICIÓN BIOGEOGRÁFICA DE LOS ANDES ÁRIDOS DEL NORTE DE CHILE

En el Altiplano y la Puna de Chile se puede admitir que, entre los 15° y 28° S, las coincidencias florísticas son tales que no existen razones para establecer la existencia de elementos propios del norte y del sur del área de estudio, y menos aún para plantear un límite biogeográfico a esta latitud tal como proponen ARROYO & *al.* (1998); este planteamiento se ajusta más a lo expuesto por GAJARDO (1994) y MARTÍNEZ-CARRETERO (1995). En este sentido, al comparar la composición de géneros de ocho floras locales entre 18 y 33° S (WERDERMANN, 1929; ALDUNATE & *al.*, 1981; ARROYO & *al.*, 1982, 1984, 1998; SQUEO & *al.*, 1994; TEILLIER & *al.*, 1994; TEILLIER, 1998; LUEBERT & GAJARDO, 1999) mediante el uso del coeficiente de similitud de Sørensen, se verifica que la mayor discontinuidad florística se encuentra aproximadamente a 28° S (LUEBERT, 1998). En coincidencia con lo planteado por TAKHTAJAN (1986), se estima que una mejor delimitación biogeográfica podría ser establecida con un mayor conocimiento de la distribución geográfica de la flora y la vegetación.

Los elementos florísticos definen los grandes grupos de asociaciones, propias de los distintos pisos altitudinales de vegetación. La asociación *Acantholippio deserticolae-Atriplicetum imbricatae* (*Ambrosio artemisioidis-Atriplicion imbricatae*) posee principalmente elementos marginal desérticos, y las especies que la componen se distribuyen principalmente en el desierto de Atacama. Las asociaciones de la alianza *Urbanio-Stipion frigidae* poseen una composición mixta de elementos desérticos y puneños, y a medida que se sitúan a mayor altitud la proporción relativa de elementos puneños tiende a aumentar. La distribución geográfica de las especies de la *Wernerion pseudodigitatae* presentes en el área de estudio son mayoritariamente puneñas, pero la especie responsable, *Chaetanthera sphaeroidalis*, posee una distribución andina más amplia que se extiende hasta la porción septentrional de los Andes Mediterráneos participando de manera importante en las comunidades vegetales de la cordillera de Doña Ana (SQUEO & *al.*, 1994).

Este gradiente altitudinal en que se disponen florísticamente las asociaciones fitosociológicas, define un orden en el cual posiblemente la flora habría colonizado los ambientes que progresivamente se generaron durante el levantamiento de la cordillera de los Andes entre el Terciario inferior y el Pleistoceno. Los taxa habrían experimentado procesos de especiación a medida que utilizaban nichos vacantes cada vez más elevados y por lo tanto más fríos. Esto último habría limitado la colonización por parte de especies propias de los ambientes basales que durante el Eoceno fueron más cálidos y húmedos que en la actualidad (SIMPSON, 1983; VILLAGRÁN & *al.*, 1983; ARROYO & *al.*, 1988). El desarrollo de la corriente fría de Humboldt durante el Mioceno, le confirió un carácter más árido al sector dando lugar a una penetración del elemento holártico y cosmopolita desde el norte. En forma paralela, el levantamiento de los Andes, aunque incipiente durante el Mioceno, fue suficiente para producir el efecto de sombra de lluvias (SIMPSON, 1983), que afectó drásticamente la influencia de los frentes tropicales provenientes de noreste. El alzamiento definitivo de la cordillera de los Andes vino a producirse a finales del Terciario y comienzos del Cuaternario (HÉRAIL & *al.*, 1997) sucediéndose alternadamente periodos húmedos y fríos con períodos secos y cálidos (ARROYO & *al.*, 1988), agudizándose finalmente los fenómenos climáticos que venían ocurriendo, dando lugar, probablemente durante el Plio-Pleistoceno, al

origen y evolución de la flora propiamente puneña y altoandina (VAN DER HAMMEN & CLEEF, 1983; VILLAGRÁN & *al.*, 1983). El desarrollo del desierto de Atacama en tiempos geológicos recientes y a lo largo de toda su extensión latitudinal, habría aportado algunos elementos florísticos a los pisos inferiores de la vegetación de los Andes en el sur del Perú y el norte de Chile, quedando estos limitados por el régimen climático de temperaturas en las grandes altitudes. Muchos de estos elementos desérticos, posiblemente se originaron a partir de taxa con afinidades subtropicales, remanentes de períodos anteriores al levantamiento de los Andes.

La vegetación azonal se compone mayoritariamente de especies pertenecientes a géneros cosmopolitas. Similitudes florísticas altas entre la vegetación azonal de los Andes del norte y centro de Chile han sido establecidas por VILLAGRÁN & *al.* (1983). Esto sugiere la existencia de un corredor de altura entre los 23° y 29° S (MORENO & *al.*, 1994), denominado «corredor desértico», el cual se habría formado por la subida del nivel freático en las cuencas salinas existentes, favoreciendo intercambios florísticos norte-sur y la expansión de vegas y bofedales. Este corredor habría permanecido abierto durante los períodos glaciales (MORENO & *al.*, 1994).

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al financiamiento y apoyo proporcionado por Minera Escondida Ltda. y CONAF Antofagasta. Se agradece a Mélica Muñoz-Schick por su buena disposición para permitir la consulta del herbario (SGO) del Museo Nacional de Historia Natural de Chile y a los dos revisores anónimos por su importante aporte al contenido y presentación de este trabajo.

#### ESQUEMA SINTAXONÓMICO

Se incluyen todas las asociaciones descritas hasta el momento para las alianzas presentes, indicando la distribución geográfica de aquellas que se encuentran fuera del área de estudio.

#### *Ambrosio artemisioidis*-*Atriplicion imbricatae* *all. nov.*

1. *Acantholippio deserticola*-*Atriplicetum imbricatae* *ass. nov.* (sintipo)

*atriplicetosum imbricatae*

*ambrosietosum artemisioidis* *subass. nov.* (extremo N. Chile y transecta Turi-Cerro León)

- Ambrosio artemisioidis*-*Atriplicetum imbricatae* Villagrán, Arroyo & Armesto 1982 n.n. (extremo N. Chile)

#### CALAMAGROSTIETEA VICUNARUM Rivas-Martínez & Tovar 1982

*Parastrephietalia lepidophyllae* Navarro 1993

*Urbanio pappiger*-*Stipion frigidae* Navarro 1993

2. *Adesmio melanthis*-*Artemisietum copae* *ass. nov.*

*artemisietosum copae*

*hoffmannseggi*-*eremophilae* *subass. nov.*

*opuntietosum atacamensi* *subass. nov.*

*opuntietosum conoideae* *subass. nov.*

*phacelietosum pinnatifidae* *subass. nov.*

3. *Fabiano bryoidis*-*Adesmietum erinaceae* *ass. nov.*

4. *Adesmietum frigidum*-*echinoris* *ass. nov.*

5. *Mulino crassifolii*-*Deyeuxietum crispae* *ass. nov.*

*deyeuxietosum crispae*

*pynophylletosum bryoidis* *subass. nov.*

*urbanietosum pappiger* *subass. nov.*

6. *Stipo frigidae*-*Adesmietum caespitosae* *ass. nov. prov.*

7. *Nicotianetum petunioidis* *ass. nov. prov.*

8. *Senecionetum chrysolepidis* *ass. nov. prov.*

*Oxalidi exiguae*-*Mulinetum crassifolii* Villagrán, Armesto & Arroyo n.n. (transecta Turi-Cerro León)

*Stipo frigidae*-*Senecionetum puchii* Navarro 1993 (sintipo) (S. Bolivia)

*Fabiano bryoidis*-*Stipetum venustae* Navarro 1993 (S. Bolivia, Puna de Atacama Chile)

*stipetosum venustae* Navarro 1993

*senecietosum puchii* Navarro 1993

#### ANTHOCHLOO LEPIDULAE-DIELSIOCHLOETEA FLORIBUNDARUM Rivas-Martínez & Tovar 1982

*Anthochloa lepidulae*-*Dielsiochloetalia floribundae* Rivas-Martínez & Tovar 1982

*Wernerion pseudodigitatae* Ruthsatz 1977 *prov.*

9. *Nototricho auricomae*-*Chaetantheretum sphaeroidalis* Navarro 1993

#### PLANTAGINI RIGIDAE-DISTICHIEA MUSCOIDIS Rivas-Martínez & Tovar 1982

*Calamagrostio jamesonii*-*Distichietalia muscoidis* Rivas-Martínez & Tovar 1982

*Oxychloa andinae* Ruthsatz 1995

10. *Oxychloetum andinae* Ruthsatz 1995 (lectotipo)

*Puccinellio oresigenae*-*Oxychloetum andinae* Navarro 1993 (S. Bolivia)

*Calamagrostion chrysanthae* Rivas-Martínez & Tovar 1982

11. *Puccinellio frigidae*-*Calamagrostietum eminentis* *ass. nov.*

*Poo glaberrimae*-*Calamagrostietum eminentis* Rivas-Martínez & Tovar 1982 *prov.* (Perú)

*Calamagrostietum nitidulo-chrysanthae* Gutte 1980 (sintipo) (Perú)

*Lycion humilis* *all. nov. prov.*

12. *Lycietum humilis* *ass. nov. prov.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldunate, C., Armesto, J., Castro, V. & Villagran, C. —1981— Estudio etnobotánico en una comunidad precordillerana de Antofagasta: Toconce — *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat.* 38:183-223.
- Arroyo, M. T. K., Castor, C., Marticorena, C., Cavieres, L., Muñoz, M., Matthei, O., Squeo, F., Grosjean, M. & Rodriguez, R. A. —1998— The flora of Lluillailaco National Park located in the transitional winter-summer rainfall area of the northern Chilean Andes — *Gayana Bot.* 55: 93-110.
- Arroyo, M. T. K., Marticorena, C. & Villagran, C. —1984— La flora de la cordillera de los andes en el área de Laguna Grande y Laguna Chica, III Región, Chile — *Gayana Bot.* 41: 3-46.
- Arroyo, M. T. K., Squeo, F., Armesto, J. & Villagran, C. — 1988 — Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: a result of the natural experiment — *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75: 55-98.
- Arroyo, M. T. K., Villagran, C., Marticorena, C. & Armesto, J. — 1982— Flora y relaciones biogeográficas en Los Andes del norte de Chile (18-19°S) — In: UNESCO, El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18°28' S) (Veloso, A. & E. Bustos, Eds.) Vol. 1: 71-92 — UNESCO. Santiago.
- Barkman, J. J., Moravec, J. & Rauschert, S. —1986— Code of phytosociological nomenclature. 2nd ed. — *Vegetatio* 61:145-196.
- Braun-Blanquet, J. — 1950 — Sociología vegetal. Estudio de las comunidades vegetales — Acmé Agency. Buenos Aires.
- Cabrera, A. L. —1957— La vegetación de la República Argentina — *Revista Invest. Agrícola.* 11: 317-412.
- Cabrera, A. L. —1994— Regiones fitogeográficas argentinas — Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería (1.ª Reimpresión) 2 (1): 1-85 — Acme S.A.C.J. Buenos Aires.
- CEA (Centro de Ecología Aplicada) —1996— Estudio de la respuesta al stress hídrico de las plantas del sector sur del Salar de Atacama — Informe Presentado a Minera Escondida Limitada. Septiembre, 24 p.
- CEA (Centro de Ecología Aplicada) —1997— Monitoreo ambiental del Salar de Punta Negra — Informe presentado a Minera Escondida Limitada. Octubre, 52 p.
- FAO —1985— Datos agroclimáticos para América Latina y el Caribe — Colección FAO Producción y Protección Vegetal N.º 24. Roma.
- CORFO/DGA/ONU —1977— Temperatura y evaporación. Investigación de recursos hidráulicos en el norte grande — Corporación de Fomento de la Producción. Santiago.
- Fernández-González, F. —1997— Bioclimatología — In: Izco, J. & al. (Eds.). *Botánica*: 607-682 — Mc Graw Hill, Madrid.
- Gajardo, R. —1992— La vegetación natural de Chile. Proposición de un sistema de clasificación y representación de la distribución geográfica — Depto. de Silvicultura. Universidad de Chile. Santiago.
- Gajardo, R. —1994 — La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica — Edit. Universitaria. Santiago.
- Gajardo, R. & Luebert, F. —1999— Flora y vegetación de la provincia de Parinacota — In: Diagnóstico Redefinición Cobertura Actual SNASPE I Región, Provincia de Parinacota: 1-62. Centro de Estudios Espaciales. Universidad de Chile. Santiago. (Manuscrito no publicado).
- Gillet, F., Foucault, B. de & Julve, P. —1991— La phytosociologie synusiale intégrée: objets et concepts — *Candollea* 46: 315-340.
- Hérial, G., Rochat, P., Baby, P., Aranibar, O., Lavenu, A. & Mascle, G. —1997— El altiplano norte de Bolivia: Evolución geológica terciaria — Actas II Simposio Internacional de Estudios Altiplánicos. Arica. Chile. pp. 33-44.
- Kent, M. & Coker, P. —1994 — Vegetation description and analysis: a practical approach — John Wiley and Sons. Chichester.
- Lara Rico, R. & Lenis Cazas, A. —1996— Caracterización ambiental de las vegas altoandinas en Los Lipez Potosí (Bolivia) — *Rev. Bol.Ecol.* 1: 61-69.
- Luebert, F. —1998— Relaciones biogeográficas de la flora del parque nacional Lluillailaco — XI Reunión anual de la Sociedad Botánica de Chile — *Noticiero de Biología* 6(5): 197 (resumen).
- Luebert, F. & Gajardo, R. —1999— Adiciones y notas a la flora del parque nacional Lluillailaco (Región de Antofagasta, Chile) — *Notic. Mens. Mus. Nac. Hist. Nat.* 339: 3-6.
- Mann, G. —1968— Die Okosysteme Südamerikas — In: Fittkau, E.J., Illies, J., Klinge, H., Swabe, G.H., Sioli, H. (Eds): *Biogeography and Ecology in South America*, vol. 1: 171-226. Dr. W.Junk Publishers. The Hague.
- Marticorena C., Matthei, O., Rodriguez, R., Arroyo, M.T.K., Muñoz, M., Squeo, F. & Arancio, G. —1998— Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile — *Gayana Bot.* 55: 23-83.
- Martínez-Carretero, E. —1995— La Puna Argentina: delimitación general y división en distritos florísticos — *Bol. Soc. Argent. Bot.* 31: 27-40
- Mieres, G. —1984— Flora y vegetación de la III región — In: Análisis de los ecosistemas de la III región de Chile (Corporación de Fomento de la Producción, Ed.) Vol. 1: 97-151 — Universidad de Chile. Santiago.
- Moreno, P., Villagrán, C., Marquet, P. & Marshall, L. —1994— Quaternary paleobiogeography of northern and central Chile — *Revista Chilena Hist. Nat.* 67: 487-502.
- Mueller-Dombois, D. & ElleMBERG, H. —1974— Aims and methods of vegetation ecology — John Wiley and Sons. New York.
- Navarro, G —1993— Vegetación de Bolivia: el Altiplano meridional — *Rivasgodaya* 7:69-98.
- Pisano, E. —1956— Esquema de clasificación de las comunidades vegetales de Chile — *Agronomía* 2: 30-33.
- Pisano, E. —1966— Zonas biogeográficas — In: Geografía económica de Chile (T. Vila, Ed.) Apéndice 1: 62-80. Edit. Universitaria. Santiago.
- Quintanilla, V. —1977— Zonación altitudinal de la vegetación en el norte árido chileno, a la latitud del Trópico de Capricornio — *Norte Grande* 5: 17-39.
- Ramírez, E. —1972— Caracterización climatológica e hidrológica del Salar de Atacama — CORFO. Santiago.
- Rivas-Martínez, S. —1993— Clasificación bioclimática de la Tierra — *Folia Bot. Matrit.* 10: 1-23.
- Rivas-Martínez, S. & Armaiz, C. —1982— Bioclimatología y vegetación en la Península Ibérica — *Bull. Soc. Bot. Fr.* 131: 111-120.
- Rivas-Martínez, S. & Tovar, O. —1982— *Vegetatio Andinae*. I. Datos sobre las comunidades vegetales altoandinas de los Andes Centrales del Perú — *Lazaroa* 4: 167-187.

- Rivas-Martínez, S., Sanchez-Mata, D. & Costa, M. —1999—  
Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, II — *Itinera Geobot.* 12: 5-316.
- Ruthsatz, B. —1977— Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den Andinen Halbwüsten Nordwest-Argentinens — *Diss. Bot.* 39:1-168.
- Ruthsatz, B. —1993— Flora und ökologische Bedingungen hochandiner Moore Chiles zwischen 18°00' (Arica) und 40°30' (Osorno) suedl. br. — *Phytocoenologia*, 23: 157-199.
- Ruthsatz, B. —1995— Vegetation und Oekologie tropischer Hochgebirgsmoore in den Anden Nord-Chiles — *Phytocoenologia* 25: 185-234.
- Ruthsatz, B. & Movia, C. — 1975 — Relevamiento de las estepas andinas del Noroeste de la provincia de Jujuy República Argentina — FECIC. Buenos Aires.
- Santibañez, F., Luzio, W., Vera, W., Etienne, M. & Lailhacar, S. —1982— Análisis de los ecosistemas de la II Región — Sociedad Agrícola CORFO. Santiago.
- Simpson, B. —1983— An historical phytogeography of the high andean flora — *Revista Chilena Hist. Nat.* 56:109-122.
- Squeo, F., Osorio, R. & Arancio, G. — 1994 — Flora de los Andes de Coquimbo: cordillera de Doña Ana — Ediciones Universidad de La Serena. La Serena.
- Takhtajan, A. —1986— Floristic regions of the world — California University Press. Berkeley.
- Teillier, S. —1998— Flora y vegetación alto-andina del área de Collaguasi-Salar de Coposa, Andes del norte de Chile — *Revista Chilena Hist. Nat.* 71: 313-329.
- Teillier, S., Hoffmann, A.J., Saavedra, F. & Pauchard, L. — 1994— Flora del Parque Nacional El Morado (Región Metropolitana, Chile) — *Gayana Bot.* 5:13-47.
- Troncoso, R. —1983— Caracterización ambiental del ecosistema Bofedal de Parinacota y su relación con la vegetación — Tesis Ing. Agrónomo — Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias Veterinarias y Forestales. Santiago.
- Udvardy, M. D. F. — 1975 — A classification of the biogeographical provinces of the world — *IUCN Occasional Paper* 18: 1-48.
- Van der Hammen, T. & Cleef, A. —1983— Datos para la historia de la flora andina — *Revista Chilena Hist. Nat.* 56: 97-107.
- Villagrán, C., Armesto, J. & Arroyo, M. T. K. —1981— Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro Leon in northern Chile — *Vegetatio* 48: 3-16.
- Villagrán, C., Arroyo, M. T. K. & Armesto, J. —1982— La vegetación de un transecto altitudinal de los Andes del norte de Chile (18-19° S) — In: UNESCO, El ambiente natural y las poblaciones humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile (Arica, lat. 18°28' S) (Veloso, A. & E. Bustos, Eds.), vol. 1: 13-70. UNESCO. Santiago.
- Villagrán, C., Arroyo, M. T. K. & Marticorena, C. —1983— Efectos de la desertización en la distribución de la flora andina de Chile — *Revista Chilena Hist. Nat.* 56: 137-157.
- Werdermann, E. —1929— Excursión botánica a la alta cordillera de Atacama (Chile) — *Revista Univ. (Santiago)* 14: 518-140.