

OBSERVACIONES SOBRE LA FLORA Y VEGETACIÓN DE LOS ALREDEDORES DE TOCOPILLA (22°S, CHILE)

FEDERICO LUEBERT ^{1,2} NICOLÁS GARCÍA ¹ NATALIE SCHULZ ³

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

2 Institut für Biologie - Systematische Botanik und Pflanzengeographie, Freie Universität Berlin, Altensteinstraße 6, D-14195 Berlin, Deutschland. E-mail: fluebert@zedat.fu-berlin.de

3 Institut für Geographic, Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg, Kochstr. 4/4 91054 Erlangen, Deutschland. E-mail: nataschulz@hotmail.com

RESUMEN

La flora de los alrededores de Tocopilla está compuesta por 146 especies de plantas vasculares. Entre las formas de vida, las terófitas presentan el mayor número de especies en la flora (43%), pero están totalmente ausentes durante los años secos. Dos unidades de vegetación pueden ser identificadas: matorral desértico de *Nolana peruviana*, en las quebradas y laderas bajo 500 m de altitud, y matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana*, en las laderas sobre 500 m. Se discuten algunos aspectos relativos a la flora y la relación entre el clima y la vegetación.

Palabras clave: Ambientes áridos, Biogeografía, Clima, Comunidades vegetales, Desierto de Atacama.

ABSTRACT

Observations on the flora and vegetation of Tocopilla surroundings (22°S, Chile). The flora of Tocopilla and adjacent zones is composed of 146 vascular plant species. Among the life-forms, the therophytes represent the highest proportion of the flora (43%), but are absent during the dry years. Two vegetation units can be identified: desert scrub of *Nolana peruviana* on the creeks and slopes below 500 m of altitude, and desert scrub of *Eulychnia iquiquensis* and *Ephedra breana* on the slopes above 500 m. Some aspects regarding the flora and the relationships between vegetation and climate are discussed.

Key words: Arid environments, Atacama Desert, Biogeography, Climate, Plant communities.

INTRODUCCIÓN

La flora de los alrededores de Tocopilla es conocida gracias a los trabajos de Karl Reiche (1907), Ivan M. Johnston (1929b, 1932) y Félix Jaffuel (1936) quienes recorrieron esas áreas durante la primera mitad del siglo XX. Con anterioridad, la mayor parte de los antecedentes botánicos provienen de las cercanías de Cobija, situado ca. 50 km al sur de Tocopilla, donde se han reportado 15 especies (Dillon & Hoffmann 1997). Algunas especies han sido descritas sobre la base de materiales recolectados en Cobija por Cuming [1828], d'Orbigny [1830], Gaudichaud [1836] y Bridges [1844] (cf. Johnston 1928, 1929b, Jaffuel 1936, Marticorena 1995). A. Mozer también recolectó en Tocopilla en el año 1904 y en la década de 1940 Marcial Espinosa [1941] y William Biese [1949] colectaron plantas en Tocopilla y Cobija respectivamente; sus materiales se encuentran depositados en el herbario del Museo Nacional de Historia Natural en Santiago. En los últimos 50 años son importantes las exploraciones en Tocopilla de Mario Ricardi y colaboradores [1964], Carlos Jiles [1969], Sebastián

Teillier [1987], Michael O. Dillon [1988] y Max Quezada y Eduardo Ruiz [1991], cuyos datos han sido recopilados en los trabajos de Marticorena *et al.* (1998) y Dillon (2005a).

Reiche (1907) hace referencia a Tocopilla citando 12 especies y poniendo de relevancia el colorido de su flora durante la primavera de los años lluviosos. Johnston recorrió la primera quebrada de Tocopilla, situada frente a caleta Duendes, el 18 de Octubre de 1925, recolectando 52 especies de plantas vasculares (Johnston 1929b). El padre Félix Jaffuel, mientras viajaba con su congregación, exploró las tres quebradas situadas inmediatamente al norte de Tocopilla durante los meses de Septiembre y Octubre de los años 1930, 1931 y 1932, logrando recolectar un total de 84 especies (Jaffuel 1936).

Con relación a la vegetación, Pisano (1956, 1966) incluye el área dentro de la zona xeromórfica, en la clase de las Comunidades Desérticas Litorales. Con mayor o menor precisión y detalle, diferentes autores han incluido el área de Tocopilla en la denominada formación de Lomas (Johnston 1929a, Schmithusen 1956, Quintanilla 1983, Lailhacar 1986, Dillon & Hoffmann 1997, Dillon 2005b) o desierto costero (Fuenzalida 1967a, Quintanilla 1983, 1988, Lailhacar 1986, 1990, Rundel *et al.* 1991, Gajardo 1994). La mayor parte de los autores reconocen, para el desierto costero en general, una zona de matorral con suculentas y arbustos altos, usualmente sometida a la influencia de las neblinas costeras, denominada “piso fértil” o “piso de neblinas”, y dos zonas de matorral bajo muy abierto en los sectores sin influencia de neblina, es decir por encima y por debajo del piso fértil. Para los alrededores de Tocopilla, muy pocos trabajos ofrecen información confiable sobre las especies dominantes en cada uno de los pisos de vegetación; Johnston (1929b) señala la existencia de un piso fértil humedecido por las neblinas, que se reconoce por la presencia de *Cereus iquiquensis* [sic] (= *Eulychnia iquiquensis*); Gajardo (1994) identifica para el piso fértil la comunidad de *Eulychnia iquiquensis*-*Frankenia chilensis*, dentro de la formación vegetacional del Desierto Costero de Tocopilla; Rundel *et al.* (1991) y Dillon & Hoffmann (1997) señalan la presencia de *Eulychnia iquiquensis* (K. Schum.) Britton et Rose y especies del género *Copiapoa* por sobre los 500 m de altitud, destacando algunos endemismos del área de Tocopilla como *Malesherbia tocopillana* Ricardi (Malesherbiaceae), *Mathewsia collina* I.M. Johnston (Brassicaceae) y *Nolana tocopillensis* I.M. Johnston (Solanaceae). Estudios más detallados de la vegetación del desierto costero de Chile, se han publicado tanto al norte (Muñoz-Schick *et al.* 2001) como al sur (Rundel & Mahu 1976, Rundel *et al.* 1996) del área de Tocopilla.

El propósito de este trabajo es reportar las observaciones de la flora y vegetación realizadas en los alrededores de Tocopilla durante la primavera de los años 2004 y 2005 e integrarlas con los datos de estudios y exploraciones previas.

En cuanto al clima, el área se presenta bajo la influencia de un régimen desértico con nublados abundantes (Fuenzalida 1967b), según la clasificación de Köppen (1948), o tropical hiperdesértico (Amigo & Ramírez 1998, Luebert & Pliscoff 2006), según la clasificación de Rivas-Martínez (2004). Los datos pluviométricos proporcionados por Almeyda (1950) son muy escasos, pero indican la ocurrencia de precipitaciones entre los años 1925 y 1930, justamente cuando Johnston y Jaffuel recorrieron el área. Las condiciones climáticas están marcadas por una aridez extrema, originada en primera línea por la presencia casi permanente del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sudoriental, en cuyo borde oriental, la subsidencia del aire seco y cálido y la formación de una inversión térmica contribuyen a una gran estabilidad atmosférica, reduciendo considerablemente los procesos de convección y precipitación (Rutllant 1977, Aceituno *et al.* 1993). Reforzando lo anterior, la presencia de la corriente de Humboldt y el fenómeno de surgencia de aguas frías a lo largo de la costa, estabilizan adicionalmente la capa atmosférica. Por otra parte, la cordillera de los Andes constituye una barrera que impide el transporte de las masas de aire húmedo provenientes desde el océano Atlántico (Rutllant 1977, Vargas *et al.* 2000). Característica del área litoral es la presencia frecuente de nubosidad baja (“camanchaca”), que al penetrar hacia el interior del continente, es detenida por laderas occidentales de la cordillera de la Costa, donde forma una densa neblina debajo de 1.000 m de altitud. Las precipitaciones son sumamente escasas, no superando en gran parte del área los 5 mm anuales. Los raros eventos de lluvia

se producen generalmente en los meses de invierno y tienen su origen en perturbaciones frontales o están generados por bajas segregadas (Vuille y Amman 1997, Pizarro & Montecinos 2000, Vargas *et al.* 2000, Fuenzalida *et al.* 2005). Debido a esto, los eventos de lluvia presentan heterogeneidad espacial y variaciones de intensidad (Vargas *et al.* 2000). Se ha reconocido que la ocurrencia de las lluvias está estrechamente asociada con eventos ENOS (El Niño Oscilación del Sur), que durante sus fases cálidas permite la penetración de sistemas frontales hacia el norte producto del debilitamiento de la intensidad del anticiclón (Vargas *et al.* 2000, Ortlieb 1995). La evolución de precipitaciones en el último siglo muestra un patrón que coincide con variaciones interdecadales del sistema océano-atmósfera en el Pacífico Oriental (Oscilación Decadal del Pacífico - ODP) (Garreaud & Battisti 1999, Montecinos *et al.* 2000, Quintana 2004, Schulz en prep.). Durante las fases positivas de ODP a principios del siglo XX, y a partir de la década de 1970, se observa un incremento de las lluvias, patrón que se interrumpe entre las décadas del 1940 y 1970, período relativamente seco en toda la costa del norte chileno (fase negativa de ODP). En el área de estudio esta fase fue iniciada con un período marcado de aproximadamente 11-13 años con precipitaciones nulas. Aunque Houston (2006) no encontró para ninguna de las estaciones meteorológicas del norte de Chile una tendencia significativa hacia condiciones más húmedas o más secas durante el último siglo, los resultados de análisis propios (Schulz, datos no publicados) así como estudios previos (Aceituno *et al.* 1993, Quintana 2004) indican una disminución de la precipitación en la costa norte (excepto Arica), así como en Chile central y austral durante las últimas décadas del siglo XX.

El área de Tocopilla se ubica en la franja existente entre el límite oeste de la cordillera de la Costa y la línea de costa (Börgel, 1983). En la zona, esta cordillera alcanza 1-2 km de altura y 25-45 km de ancho (Mortimer *et al.* 1974), y expone basamento paleozoico así como rocas volcánicas, sedimentarias e intrusivos mesozoicos (Boric *et al.* 1990, Armijo & Thiele 1990). De acuerdo con Hartley *et al.* (2000), una de las características más importantes de la cordillera de la Costa en esta zona geográfica es el abrupto acantilado en su borde oeste (acantilado o farellón costero), resultado de erosión marina durante el alzamiento del bloque costero desde el Plioceno. En su flanco este, la cordillera de la Costa presenta una suave topografía que marca el límite con la depresión central (Hartley *et al.* 2000). El origen de la configuración actual del antearco del norte chileno aún no se resuelve, sin embargo varios autores sugieren que su extremo oeste está controlado por fallas normales, las cuales elevan esta parte de la corteza al menos desde el Oligoceno (Paskoff 1979, 1989, Armijo y Thiele, 1990; Hartley *et al.*, 2000; González *et al.*, 2003).

MÉTODOS

Durante los años 2004 y 2005 fueron visitadas las quebradas Chapacase (22°01'S, 70°10'W), Limón (22°02'S, 70°10'W), La Higuera (22°03'S, 70°10'W), primera quebrada (22°03'S, 70°10'W) y los cerros situados inmediatamente al este de Caleta Vieja (22°03'S, 70°10'W) en el área norte de Tocopilla; también se visitaron las quebradas de La Higuera (22°18'S, 70°13'W) y Cobija (22°33', 70°16'W), al sur de Tocopilla (Figura 1).

Se recolectaron y herborizaron las plantas vasculares presentes en estado vegetativo o con alguna estructura reproductiva. Los materiales recolectados fueron depositados en los herbarios SGO y EIF. Paralelamente se realizó una revisión de los antecedentes documentales de flora a partir de la bibliografía botánica del área (Reiche 1907, Johnston 1929b, 1932, Jaffuel 1936, Marticorena *et al.* 1998, Dillon 2005a). La construcción de la lista de especies se basó en los trabajos mencionados y en el chequeo de monografías específicas (e.g., Cactaceae: Ritter 1980, Katterman 1994, Lüthy 1994, Loasaceae: Grau 1997, Rubiaceae: Ricardi & Quezada 1963, Solanaceae: Johnston 1936, Dillon, 2005b). Se revisaron y, en su caso, corrigieron determinaciones sobre colecciones de los herbarios CONC, F, GH, SGO, para especies cuya presencia en el área es reportada en la literatura, pero genera inconsistencias entre los diferentes estudios analizados. En situaciones puntuales fue necesario revisar

el material tipo para aclarar la identidad de colectas cuya determinación resultaba dudosa. En algunos casos se efectuaron modificaciones en la nomenclatura de los taxones, con respecto a la publicada originalmente, con el objeto de actualizar los nombres científicos. Se han excluido de este trabajo las especies adventicias o cultivadas que han sido colectadas al interior del área urbana de Tocopilla y del antiguo asentamiento de Cobija.

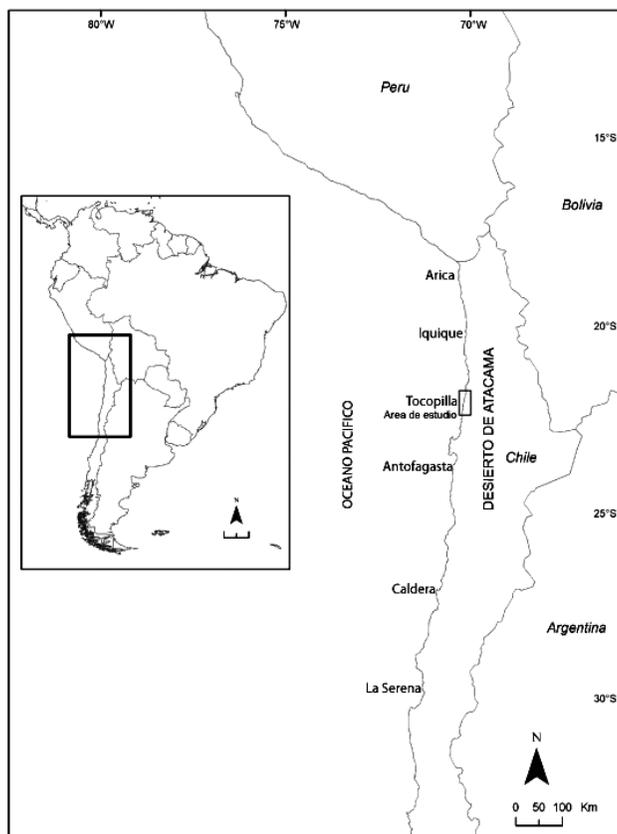


FIGURA 1. Ubicación geográfica del área de estudios.

Para cada especie se determinó la forma de vida según Raunkiær (1934). Se construyeron los espectros biológicos para el total de la flora, y para las plantas encontradas en el área en 1925 (Johnston 1929b), 1930-1932 (Jaffuel 1936) y 2004-2005 (este trabajo), a objeto de comparar la composición de formas de vida en años lluviosos y secos.

La dificultad para desplazarse en el campo debido a las fuertes pendientes y la naturaleza del sustrato, impone limitaciones para efectuar muestreos sistemáticos en el área. Cuando fue posible, se realizaron inventarios fitosociológicos según el método del “relevé” (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974) o anotaciones generales sobre la vegetación observada.

Con el propósito de discutir eventuales relaciones entre la vegetación y el clima del área, se registraron las precipitaciones anuales para las estaciones meteorológicas de los alrededores de Iquique, Tocopilla y Antofagasta desde 1900 a la fecha. Los datos fueron obtenidos de los anuarios meteorológicos (Oficina Meteorológica de Chile, Dirección Meteorológica de Chile), Almeyda (1950) y Dirección de Agua Potable (Tocopilla, período 1994-2005).

RESULTADOS

Flora

En total, se ha registrado hasta el momento la presencia de 146 especies de plantas vasculares en el área costera comprendida entre Cobija (22°33'S) y Cerro Mamilla (22°00'S). La lista completa de flora se presenta en el Cuadro 1.

De la flora total registrada en el área de estudio, 138 (95%) taxones corresponden a especies autóctonas de Chile. Las familias más representadas son Solanaceae (23 spp.), que aporta el 17% de la flora autóctona, y Asteraceae (18 spp.). Les siguen en relevancia las familias Cactaceae, Brassicaceae s.l., Loasaceae y Portulacaceae, representadas por 7 especies cada una, y Boraginaceae s.l. y Poaceae, por 6 taxones. El género con mayor número de especies es *Nolana* (Solanaceae), que está representado en el área por 16 taxones. De este género, destacamos a *N. balsamiflua* (Gaudich.) Mesa, que al igual que *N. tocopillensis*, tienen su distribución restringida al área de estudio. Con muchas menos especies, sobresalen los géneros *Calandrinia* s.l. (Portulacaceae), con 6 taxones, y *Oxalis* (Oxalidaceae), con 4 especies.

Además de las 4 especies endémicas al área de estudio, ya mencionadas (*Malesherbia tocopillana*, *Mathewsia collina*, *Nolana balsamiflua* y *N. tocopillensis*), se puede agregar *Eriosyce laui* Lüthy, *Copiapoa humilis* (Phil.) Hutchison subsp. *tocopillana* (F.Ritter) D.R.Hunt (Cactaceae), *Heliotropium jaffuelii* I.M.Johnst. (Boraginaceae) y *Ophryosporus anomalus* (B.L.Rob.) King et H.Rob. (Asteraceae), completando un total de 8 taxones (~6%) con distribución restringida a la zona costera entre Cobija y Tocopilla.

De las recolecciones efectuadas en terreno y la revisión de materiales de herbario resulta interesante el hallazgo de *Malesherbia tocopillana* Ricardi, ya reportado por García & Luebert (2005), además de 14 nuevos registros para la flora de los alrededores de Tocopilla, que se detallan a continuación:

***Calandrinia lamprosperma* I.M.Johnst. (Portulacaceae)**

Esta especie había sido previamente registrada para el área de Miguel Díaz (Johnston 1929a), de donde fue descrita, y para los alrededores de Antofagasta de acuerdo con Marticorena *et al.* (1998, cuadrante #34). El material citado fue anotado y determinado por Donna Ford en 1992.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, K. Reiche s/n (SGO 48670).

***Ciclospermum laciniatum* (DC.) Constance (Apiaceae)**

Esta especie había sido mencionada para la zona costera de Antofagasta (Johnston 1932), Alto Patache (Muñoz-Schick *et al.* 2001) e Iquique (Johnston 1929b). Su presencia en Tocopilla es esperable, ya que las otras localidades mencionadas se ubican inmediatamente al sur y al norte del área de estudio.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, quebrada del Rosario, M. Espinosa s/n, 12-XI-1941 (SGO 143270).

***Cristaria integerrima* Phil. (Malvaceae)**

Constituye un nuevo límite norte para la especie, que había sido reportada con anterioridad desde la provincia de Huasco hasta el área costera de Antofagasta (23°45'S), por el norte (Muñoz-Schick 1995, 2005).

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, quebrada Barriles, M. Espinosa s/n, 30-X-1941 (SGO 143277).

***Cryptantha cf. filaginea* (Phil.) Reiche (Boraginaceae)**

Previamente citada para la costa del norte de Chile (provincias de Copiapó, Chañaral y Antofagasta), y Perú (departamento de Arequipa) (Johnston 1927, 1929a), por lo que su presencia en Tocopilla, aunque no reportada anteriormente, está dentro de su rango geográfico conocido. El material citado presenta la inflorescencia bracteada característica de *C. filaginea*, pero se acerca también a *Cryptantha parviflora* (Phil.) Reiche por sus nuececillas de borde anguloso delgado (cf. Johnston 1927).

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, camino a Mina Mantos de la Luna, M. Quezada y E. Ruiz 20, 28-IX-1991 (CONC).

***Cumulopuntia sphaerica* (C.F.Först.) E.F.Anderson (Cactaceae)**

Aunque no había sido citado anteriormente para la costa de Tocopilla, esta cactácea está ampliamente distribuida desde la Región Metropolitana en Chile y llegando al norte hasta el departamento de Arequipa, Perú (Ritter 1980, Muñoz-Schick *et al.* 2001). En el área de estudio fue registrada en los cerros al este de Caleta Vieja, inmediatamente al norte de la ciudad de Tocopilla, entre 700 y 1.000 m de altitud.

***Cuscuta odorata* Ruiz et Pav. (Convolvulaceae)**

Considerando este nombre en su sentido amplio (i.e., incl. *Cuscuta purpurata* Phil., cf. Yuncker 1922, Johnston 1929a: 95-96), ha sido previamente reportada en el norte de Chile para el área de Pan de Azúcar-Taltal (Johnston 1929a, Marticorena *et al.* 1998). La especie parece tener una amplia distribución en Ecuador, Perú, Bolivia y norte de Chile (Yuncker 1922), pero no había sido referida para la zona de Tocopilla-Cobija.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Cobija, quebrada Cañas, 500-800 m, W. Biese 3081, 4-XII-1949 (SGO).

***Huidobria chilensis* Gay, Fl. Chile 2: 440. 1847. (Loasaceae)**

Nuevo registro para el área de Tocopilla, previamente citada hasta el área norte de la península de Mejillones, en el camino entre Antofagasta y Tocopilla (Grau 1997). Marticorena *et al.* (1998), sin embargo, refieren esta especie en los cuadrantes #7 y #18, al norte y al sur del área de estudio, respectivamente.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, quebrada Barriles, M. Espinosa s/n, 30-X-1941 (SGO 139535); Tocopilla, quebrada que baja al sur a Barriles, M. Espinosa s/n, 15-XI-1941 (SGO 139543); quebrada cerca del camino de Tocopilla a Mina Despreciada, único individuo, 550 m, 23°29'19,1"S, 70°10'09,8"W, N. García, F. Luebert & N. Schulz 967/2573, 1-X-2005 (SGO).

***Loasa elongata* Hook. et Arn. (Loasaceae)**

No existe a la fecha una revisión actualizada del género *Loasa* en Chile. Marticorena *et al.* (1998) citan la especie para su cuadrante #7, ubicado en el sector costero al norte de Tocopilla, pero no la reportan para la zona de estudio.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Cobija, Aguada Cañas, W. Biese 3101, 4-XII-1949 (SGO).

***Nolana cf. deflexa* (I.M.Johnst.) I.M.Johnst (Solanaceae)**

Este taxón ha sido colectado tanto en Cobija como en Tocopilla y el material citado ha sido determinado en primera instancia por Aldo Mesa en agosto de 1997. Utilizando el trabajo de Johnston (1936) nuestra determinación sobre este material se aproxima a *Nolana deflexa*, lo que significaría una extensión considerable de su rango geográfico con relación a la distribución anteriormente citada para

este taxón (Pan de Azúcar, ca. 26°06'S, Johnston 1936, Dillon 2005b). Por ende, mantenemos dudas respecto a la determinación de los materiales aquí citados.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, quebrada Barriles, M. Espinosa s/n, 30-X-1941 (SGO 139536); Tocopilla, quebrada que baja al sur a Barriles, M. Espinosa s/n, 15-XI-1941 (SGO 139544); Cobija, Aguada Cañas, 500-800 m, W. Biese 3072, 4-XII-1949 (SGO).

***Oxalis* aff. *megalorrhiza* Jacq. (Oxalidaceae)**

Taxón de amplia distribución en la costa pacífica desde el norte de Perú (departamento de Cajamarca) hasta el centro sur de Chile (provincia de Concepción), pero que no había sido previamente reportado para el área de estudio (Lourteig 2000). Perteneció a un grupo de compleja delimitación específica y vaga comprensión (C. Heibl, com. pers.), por lo que mantenemos dudas respecto a su determinación.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Cobija, Aguada Cañas, W. Biese 3089, 4-XII-1949 (SGO), W. Biese 2784, 16-X-1949 (SGO).

***Polyachyrus* cf. *sphaerocephalus* D. Don (Asteraceae)**

Ricardi y Weldt (1974), señalan esta especie para las áreas andinas y preandinas entre el departamento de Lima en Perú y la provincia de Tarapacá en Chile en altitudes que oscilan entre 2.000 y 4.000 m. Marticorena *et al.* (1998) lo citan para la región de Antofagasta. Su presencia en Tocopilla constituiría la primera cita para zonas litorales, pero se trata de un material muy incompleto, por lo que su determinación es provisional. El material fue recolectado por Reiche, pero no está citado en la revisión de Ricardi y Weldt (1974), aunque es posible que estos autores lo hayan revisado y colocado en la carpeta correspondiente a este taxón de SGO.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Tocopilla, K. Reiche s/n (SGO 64793).

***Schoenoplectus americanus* (Pers.) Volkart ex Schinz et R. Keller (Cyperaceae)**

Es una especie de amplia distribución en América (Blum *et al.* 2005), pero hasta el momento no había sido reportada para Cobija. Parte del material estudiado había sido citado por Marticorena *et al.* (1998) como *Scirpus pungens* Vahl (= *Schoenoplectus pungens* (Vahl) Palla), especie muy similar a *Sch. americanus*, pero diferenciable por caracteres morfológicos de las brácteas florales (R. Guaglianone, com. pers.).

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Cobija, aguada en la playa, 30 m, W. Biese 2777, 16-X-1949 (SGO); Cobija, 15 m, Pfister s/n, 1950 (CONC 9511)

***Stachys eremicola* Epling (Lamiaceae)**

Se conoce desde Carrizal, provincia de Huasco (tipo de *Stachys crenata* Phil.), hasta Taltal, en Antofagasta (Johnston 1929a, Epling 1937), implicando este registro un nuevo límite norte para la especie. También ha sido citada para las comunas costeras de las provincias de Elqui y Limarí en la región de Coquimbo (Marticorena *et al.* 2001), donde conviviría con la otra especie anual (*Stachys truncata* Kunze ex Benth.) que habita en Chile.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Cobija, Aguada Cañas, 500-800 m, W. Biese 2786, 16-X-1949 (SGO).

***Werdermannia* cf. *macrostachya* (Phil.) O.E. Schulz (Brassicaceae)**

Esta especie ha sido previamente recolectada en el área costera comprendida entre Aguada Cachina (ca. 25°55'S) y Quebrada Anchuña (ca. 25°12'S), Chile (O.E. Schulz en Werdermann 1928, Johnston 1929a, Marticorena *et al.* 1998). La presente cita constituye un nuevo límite norte para la

especie. El material ha sido determinado por el especialista en Brassicaceae, Dr. Ihsan A. Al-Shehbaz, en forma tentativa. Johnston (1929a) ubica este nombre bajo la sinonimia de *Werdermannia anethifolia* (Phil.) I.M.Johnst., indicando la existencia de dos formas diferenciables, de las que una corresponde al tipo de *Werdermannia macrostachya*. Marticorena *et al.* (1998) refieren sólo el primer nombre.

Material estudiado: Chile. II Región, Prov. Tocopilla, Cobija, Aguada Cañas, 500-800 m, W. Biese 2783, 16-X-1949 (SGO), W. Biese 3059, 4-XII-1949 (SGO).

Formas de vida

El Cuadro 2 muestra el número y porcentaje de las formas de vida de Raunkiær (1934) para la flora de los alrededores de Tocopilla. En términos de estos espectros biológicos la principal diferencia entre años lluviosos (1925, 1930-32) y secos (2004-05) es la presencia o ausencia de plantas herbáceas, hemicriptófitas, geófitas y terófitas, especialmente estas últimas. Contrariamente, el número de plantas leñosas o suculentas no varía significativamente entre los diferentes años.

Cabe señalar que el esfuerzo de colecta realizado por los diferentes autores no es el mismo. Johnston (1929b: 142) realizó colectas sólo en una ocasión (18 de Octubre de 1925), mientras Jaffuel (1936: 266) declara haber colectado en tres años consecutivos (1930-1932), “aunque por pocas horas cada vez”; los autores en tanto emplearon un total de 6 días completos recorriendo el área entre 2004 y 2005, y se pudo registrar la presencia de sólo 25 especies, de las cuales ninguna es geófito o terófito (Cuadro 2).

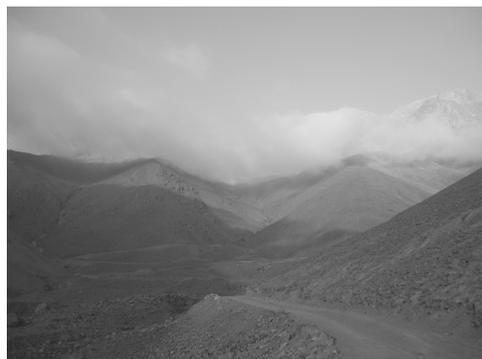
Vegetación

En concordancia con lo planteado por diversos autores para el desierto costero de Chile en general, la vegetación de los alrededores de Tocopilla puede ser caracterizada a partir de dos pisos de vegetación: uno situado en la franja altitudinal sometida a la influencia de neblinas y otro, situado por debajo de dicha zona, que podría ser homologado a lo que algunos autores denominan comunidades de bajada (“bajada communities”, Rundel *et al.* 1996). La zona de neblinas corresponde a un matorral desértico con suculentas columnares, dominado por *Ephedra breana* Phil. y *Eulychnia iquiquensis* (Schum.) Britton et Rose, mientras que el segundo es un matorral desértico dominado por *Nolana peruviana* (Gaudich.) I.M.Johnst. (Figura 2).

Matorral desértico de *Nolana peruviana* (Cuadro 3, Invs. 1-2, Figura 3)



1



2

FIGURA 2. Localización relativa de las unidades de vegetación identificadas en los cerros costeros de Tocopilla. Se observa en las partes altas una zona bajo influencia de neblinas donde se desarrolla el Matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana*, por debajo del que se encuentra el Matorral desértico de *Nolana peruviana*. 1: I quebrada de Tocopilla; 2: Quebrada Chapacase

Presenta una cobertura muy baja, generalmente sin superar 10%, donde los arbustos, que pueden alcanzar hasta 1 m de altura, se disponen agrupadamente en torno a roqueríos o fondos de quebrada, sitios en que la humedad tiende a incrementarse localmente en relación con el resto del terreno (Figura 3). En este piso de vegetación, las principales especies pertenecen a la familia Solanaceae, siendo *Nolana peruviana* la especie que presenta mayor cobertura, asociándose frecuentemente con *Solanum brachyantherum*, *S. chilense*, *Nolana linearifolia*, *N. clivicola* o, más ocasionalmente *Polyachyrus fuscus*, *Nolana sedifolia* o *Tetragonia angustifolia*. En este piso de vegetación fue observada *Malesherbia tocopillana*, uno de los endemismos del área (García & Luebert 2005). Se ubica en una franja altitudinal entre el nivel del mar y los 500 m, altitud en la que crecen los primeros ejemplares de *Eulychnia iquiquensis*, que indican el comienzo de la zona de influencia de neblinas.



FIGURA 3. Matorral desértico de *Nolana peruviana* en la III quebrada de Tocopilla.

Matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana* (Cuadro 3, Invs. 3-5, Figura 4)

Compuesto por una estrata de arbustos bajos, generalmente de entre 0,5 y 0,7 m de altura y una estrata muy conspicua de suculentas columnares (*Eulychnia iquiquensis*) que pueden llegar a 4 m de altura. La cobertura de la estrata de arbustos generalmente alcanza el 10%, mientras que las suculentas pueden alcanzar la misma cobertura, llegando a valores de cobertura total entre 10 y 20%, ya que las estratas no muestran traslape. Las especies dominantes en los respectivos estratos, *Ephedra breana* y *Eulychnia iquiquensis*, se encuentran generalmente acompañadas por las Solanaceae *Lycium* cf. *stenophyllum*, *Solanum brachyantherum*, *S. chilense*, *Nolana clivicola* o, con menor frecuencia, *Nolana balsamiflua*, *N. peruviana*, *Tetragonia angustifolia*, *Frankenia chilensis*, *Ophryosporus triangularis*, *Cumulopuntia sphaerica* y *Copiapoa humilis* subsp. *tocopillana*. Ocupa las laderas y márgenes de las quebradas de la zona influenciada por neblinas, que se encuentra entre 500 y 1.000 m de altitud, pero su mayor desarrollo se encuentra sobre 700 m (Figura 4).

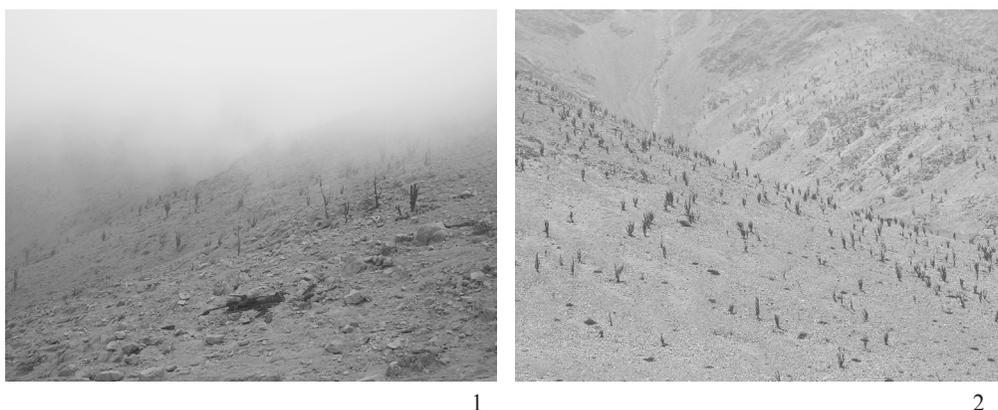


FIGURA 4. Matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana* en la I quebrada de Tocopilla (1) y en Cobija (2).

En ambos pisos de vegetación, pero especialmente en el matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana*, una parte importante de las plantas observadas se encontraban secas y gran parte de la cobertura vegetal correspondía a individuos cuya determinación taxonómica no fue posible, ya que sólo presentaban restos leñosos de sus tallos (Figura 5). En algunos sectores, como quebrada Chapacase, no fue posible observar, en los recorridos efectuados, ningún individuo con órganos vegetativos activos en la zona de neblinas, aunque se cuenta con información que sería posible hallarlos (Martín Escobar, com. pers.).

CUADRO 1. Lista de especies de plantas vasculares reportadas por diferentes autores para los alrededores de Tocopilla. Ref. (Referencias): 1: Reiche (1907), 2: Johnston (1929b), 3: Johnston (1932), 4: Jaffuel (1936), 5: Katterman (1994), 6: Lüthy (1994), 7: Dillon (2005a), 8: Dillon (2005b), 9: Hoffmann & Walter (2004), 10: Ritter (1980), 11: Grau (1997), 12: Marticorena *et al.* (1998), 13: Ford (1992), 14: Ricardi & Quezada (1963), 15: Taylor (1994), 16: Johnston (1930), 17: Teillier (1996), X: este trabajo. FV (Forma de Vida): M: Microfanerófitas, N: Nanofanerófitas, C: Caméfitas, H: Hemicriptófitas, G: Geófitas, T: Terófitas. * indica especie alóctona. Nomenclatura de familias y clases de angiospermas de acuerdo con Angiosperm Phylogeny Group (2003).

			Ref.	FV
Polypodiopsida	Adiantaceae	<i>Adiantum chilense</i> Kaulf. var. <i>hirsutum</i> Hook.et Grev.	2,4,12	G
		Grev.		
		<i>Cheilanthes mollis</i> (Kunze) C.Presl	2,4,12	G
Gnetopsida	Ephedraceae	<i>Ephedra breana</i> Phil.	2,4,12	XN
Monocots	Alliaceae	<i>Leucocoryne appendiculata</i> Phil.	12	G
		<i>Leucocoryne narcissoides</i> Phil.	2,4,12	G
	Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria paupercula</i> Phil.	2,4,12	G
	Anthericaceae	<i>Pasithea caerulea</i> (Ruiz et Pav.) D.Don var. <i>grandiflora</i> I.M.Johnst.	2,4,12	G
	Hyacinthaceae	<i>Oziroë biflora</i> (Ruiz et Pav.) Speta	2,4,12	G
	Iridaceae	<i>Tigridia philippiana</i> I.M.Johnst	1,2,12	G
	Tecophilaeaceae	<i>Conanthera campanulata</i> Lindl.	1,2,12	G
		<i>Zephyra elegans</i> D.Don	2,4,12	G
Commelinids	Bromeliaceae	<i>Puya boliviensis</i> Baker	2,	XC
	Cyperaceae	<i>Schoenoplectus americanus</i> (Pers.) Volkart ex Schinz et R.Keller		XG

	Poaceae	<i>*Avena</i> sp.	4	T
		<i>Bromus berterioanus</i> Colla	4,12	T
		<i>*Bromus catharticus</i> Valh	12	T
		<i>*Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.	12	T
		<i>Stipa annua</i> Mez	2,12	T
		<i>Stipa plumosula</i> Nees ex Steud.	2,4,12	H
Eudicots	Fumariaceae	<i>*Fumaria agraria</i> Lag.	12	T
Core Eudicots	Aizoaceae	<i>Tetragonia angustifolia</i> Barnéoud	4,12,15,	XN
		<i>Tetragonia ovata</i> Phil.	1,2,4,12	T
	Amaranthaceae	<i>Alternanthera porrigens</i> (Jacq.) Kuntze	4,12	H
		<i>Atriplex</i> sp.	4,12	C
		<i>Chenopodium hastatum</i> Phil.	4,12,	XC
		<i>*Chenopodium murale</i> L.	7,12	T
		<i>Suaeda foliosa</i> Moq.	17	C
	Cactaceae	<i>Copiapoa humilis</i> (Phil.) Hutchison subsp.	5,	XC
		<i>tocopillana</i> (F.Ritter) D.R.Hunt		
		<i>Cumulopuntia sphaerica</i> (C.F.Först.) E.F.Anderson		XC
		<i>Cylindropuntia tunicata</i> (Lehm.) F.M.Knuth	10	C
		<i>Eriosyce laui</i> Lüthy	6,12	C
		<i>Eulychnia iquiquensis</i> (Schum.) Britton et Rose	2,4,12,	XM
		<i>Pyrrhocactus iquiquensis</i> F.Ritter	5,12,	XC
		<i>Trichocereus deserticola</i> (Werderm.) Looser	9,10	N
	Caryophyllaceae	<i>Drymaria paposana</i> Phil.	2,4,7,12	T
		<i>Spergularia aberrans</i> I.M.Johnst.	3,4,12	C
		<i>Spergularia stenocarpa</i> (Phil.) I.M.Johnst.	3,4,12	T
	Crassulaceae	<i>Crassula connata</i> (Ruiz et Pav.) Berger	4,12	T
	Frankeniaceae	<i>Frankenia chilensis</i> C.Presl	2,3,4,12,16,	XC
	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis elegans</i> (Choisy) Heimerl	2,4,12	H
	Portulacaceae	<i>Calandrinia cachinalensis</i> Phil.	3,4,12	H
		<i>Calandrinia calycina</i> Phil.	2,4,12	T
		<i>Calandrinia cephalophora</i> I.M.Johnst.	2,4,12	T
		<i>Calandrinia chrysantha</i> I.M.Johnst.	2,3,4,12	T
		<i>Calandrinia lamprosperma</i> I.M.Johnst.		XH
		<i>Calandrinia trifida</i> Hook. et Arn.	2,4,12,13	T
		<i>Philippiamra amaranthoides</i> (Phil.) O.K.	12	T
	Santalaceae	<i>Quinchamalium chilense</i> Mol.	2,3,4,12	H
Rosids	Geraniaceae	<i>*Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	3,4,12	T
		<i>*Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér. ex Aiton	3,4,12	T
	Onagraceae	<i>Oenothera arequipensis</i> Munz et I.M.Johnst.	2,4,12	T
Eurosids I	Cucurbitaceae	<i>Sicyos baderoa</i> Hook. et Arn.	2,4,12	T
	Euphorbiaceae	<i>Argythamnia canescens</i> (Phil.) F. Phil.	2,12	C
	Fabaceae	<i>Adesmia tenella</i> Hook. et Arn.	2,4,12	T
		<i>Astragalus triflorus</i> (DC.) A.Gray	2,3,4,12	T
		<i>Hoffmanseggia prostrata</i> Lag. ex DC.	2,4,12	H
		<i>Senna brongniartii</i> (Gaudich.) H.S.Irwin et Barneby	2,4,12	N
	Malesherbiaceae	<i>Malesherbia humilis</i> Poepp.	2,4,12	T
		<i>Malesherbia tocopillana</i> Ricardi	4,12,	XN
	Malpighiaceae	<i>Dinemandra ericoides</i> A.Juss.	2,4,12	H
	Oxalidaceae	<i>Oxalis bulbocastanum</i> Phil.	4,12	G
		<i>Oxalis aff. megalorrhiza</i> Jacq.		XG
		<i>Oxalis micrantha</i> Bertero ex Colla	2,4,12	T
		<i>Oxalis ornithopus</i> Phil.	2,12	G
	Urticaceae	<i>Parietaria debilis</i> G.Forst.	3,4,12	T
	Zygophyllaceae	<i>Fagonia chilensis</i> Hook. et Arn.	4,12	C

Eurosids II	Brassicaceae	<i>Cleome chilensis</i> DC.	2,4,12	T
		<i>Descurainia stricta</i> (Phil.) Reiche var. <i>minutiflora</i> (Phil.) O.E.Schulz	2,4,12	T
		<i>Lepidium</i> aff. <i>strictum</i> (S.Wats.) Rattan	12	T
		<i>Mathewsia collina</i> I.M.Johnst.	2,4,12	N
		<i>Menonvillea chilensis</i> (Turcz.) B.D.Jackson	1,2	T
		<i>Mostacillastrum sagittatum</i> (Hook. et Arn.) Al-Shehbaz	1,2,12	H
		<i>Werdermannia</i> cf. <i>macrostachya</i> (Phil.) O.E.Schulz		XH
	Malvaceae	<i>Cristaria integerrima</i> Phil.		XC
		<i>Cristaria molinae</i> Gay	2,4,12	T
		<i>Fuertesimalva peruviana</i> (L.) Fryxell	2,4,12	T
		<i>Palaua inconspicua</i> I.M.Johnst.	2,12	T
	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum beuthii</i> Klotzsch	2,4,12G	
Asterids	Loasaceae	<i>Huidobria chilensis</i> Gay		XN
		<i>Huidobria fruticosa</i> Phil.	11,12	M
		<i>Loasa elongata</i> Hook. et Arn.		XT
		<i>Loasa nitida</i> Desr.	2,4,12	T
		<i>Loasa sessiliflora</i> Phil.	3,4,12	H
		<i>Mentzelia chilensis</i> Gay	2,12	H
		<i>Nasa urens</i> (Jacq.) Weigend	2,4,12	T
	Polemoniaceae	<i>Bryantiella glutinosa</i> (Phil.) J.M.Porter	2	T
Euasterids I	Bignoniaceae	<i>Argylia radiata</i> (L.) D. Don	1,2,4,12	G
	Boraginaceae	<i>Amsinckia calycina</i> (Moris) Chater	2,12	T
		<i>Cryptantha clandestina</i> (Trev.) I.M.Johnst.	2,12	T
		<i>Cryptantha</i> cf. <i>filaginea</i> (Phil.) Reiche		XT
		<i>Cryptantha filiformis</i> (Phil.) Reiche	2,4,12	T
		<i>Heliotropium jaffuelii</i> I.M.Johnst.	4,12	N
		<i>Heliotropium</i> sp.	3,	XC
	Calceolariaceae	<i>Calceolaria paposana</i> Phil.	1,2,12	N
	Convolvulaceae	<i>Cuscuta odorata</i> Ruiz et Pav.		XT
	Lamiaceae	<i>Salvia paposana</i> Phil.	2,4,12	N
		<i>Stachys eremicola</i> Epling		XT
		<i>Stachys pannosa</i> Phil.	1,2,4,12	H
	Plantaginaceae	<i>Plantago litorea</i> Phil.	4,12	T
	Rubiaceae	<i>Cruckshanksia pumila</i> Clos	12,14	T
		* <i>Galium aparine</i> L.	3,4,12	T
	Solanaceae	<i>Lycium leiostemum</i> Wedd.	12	N
		<i>Lycium stenophyllum</i> J.Remy	8,12,	XN
		<i>Nolana aplocaryoides</i> (Gaudich.) I.M.Johnst.	2,3,4,12	T
		<i>Nolana balsamiflua</i> (Gaudich.) Mesa	8,12,	XN
		<i>Nolana clivicola</i> (I.M.Johnst.) I.M.Johnst.	2,3,4,8,12,	XC
		<i>Nolana deflexa</i> (I.M.Johnst.) I.M.Johnst.		XC
		<i>Nolana diffusa</i> I.M.Johnst.	7,12	C
		<i>Nolana elegans</i> (Phil.) Reiche	8,12	T
		<i>Nolana gracillima</i> (I.M.Johnst.) I.M.Johnst.	8	T
		<i>Nolana inconspicua</i> (I.M.Johnst.) I.M.Johnst.	4,8,12	N
		<i>Nolana jaffuelii</i> I.M.Johnst.	2,4,8,12	T
		<i>Nolana leptophylla</i> (Miers) I.M.Johnst.	3,12	N
		<i>Nolana linearifolia</i> Phil.	8,12,	XC
		<i>Nolana peruviana</i> (Gaud.) I.M.Johnst.	2,3,4,8,12,16,	XN
		<i>Nolana salsoloides</i> (Lindl.) I.M.Johnst.	7	N
		<i>Nolana sedifolia</i> Poepp.	8,	XN
		<i>Nolana stenophylla</i> I.M.Johnst.	8	C
		<i>Nolana tocopillensis</i> (I.M.Johnst.) I.M.Johnst.	2,4,8,12	XC
		<i>Reyesia chilensis</i> Gay	2,4,8,12	H

	<i>Schizanthus laetus</i> Phil.	2,4,8,12	T
	<i>Solanum brachyantherum</i> Phil.	2,4,8,12,	XC
	<i>Solanum chilense</i> (Dunal) Reiche	2,4,8,12,	XC
	<i>Solanum phyllanthum</i> Cav.	2,4,12	T
Euasterids II	<i>Ciclospermum laciniatum</i> (DC.) Constance		XT
	<i>Domeykoa oppositifolia</i> Phil.	3,4,12	T
	<i>Eremocharis fruticosa</i> Phil.	3,12,16,	XN
Asteraceae	<i>Amblyopappus pusillus</i> Hook. et Arn.	1,2,4,12	T
	<i>Bahia ambrosioides</i> Lag.	1,2,4,12	N
	<i>Centaurea cachinalensis</i> Phil.	7,12	N
	<i>Chaetanthera linearis</i> Poepp. ex Less.	4,12	T
	<i>Chuquiraga ulicina</i> (Hook. et Arn.) Hook. et Arn.	3,4,12	C
	<i>Encelia canescens</i> Lam. var. <i>oblongifolia</i> (DC.) Blake	12	C
	<i>Gnaphalium sphacelatum</i> Kunth var. <i>chilense</i> DC.	2,4	T
	<i>Helenium atacamense</i> Cabrera	3,4,12	T
	<i>Leucheria cumingii</i> Hook. et Arn.	2,12	T
	<i>Malacothrix clevelandii</i> A.Gray	3,4,	12T
	<i>Ophryosporus anomalus</i> R.M.King et H.Rob.	3,4,	12N
	<i>Ophryosporus triangularis</i> Meyen	2,4,12,	XN
	<i>Perityle discoidea</i> (Phil.) I.M.Johnst.	2,4	T
	<i>Perityle emoryi</i> Torr. var. <i>elata</i> (Phil.) I.M.Johnst.	2,12	H
	<i>Polyachyrus annuus</i> I.M.Johnst.	2,4,12	T
	<i>Polyachyrus fuscus</i> Meyen et Walp.	4,12,	XH
	<i>Polyachyrus</i> cf. <i>sphaerocephalus</i> D.Don		XH
	* <i>Sonchus tenerrimus</i> L.	2,4,12	T
Valerianaceae	<i>Valeriana</i> sp.	4	H

CUADRO 2. Espectro de formas de vida de Raunkiær (1934) para la flora de los alrededores de Tocopilla. Se muestra separadamente para la flora total registrada en el área, y para las colectas y observaciones efectuadas por I.M. Johnston en 1925 (Johnston 1929b), F. Jaffuel entre 1930 y 1932 (Jaffuel 1936) y por los autores entre 2004 y 2005. Se indica número de especies y entre paréntesis el porcentaje respecto al total correspondiente. En la última fila se incluye precipitación anual en mm para 1925, 1930 (Almeyda 1950) y 2005 (Dirección de Agua Potable).*: Aparte de las 52 especies colectadas por Johnston (1929b) se incluyen dos Cactaceae también observadas por el autor en el área.

Forma de vida	Número de especies y porcentaje			Total
	Johnston (1929b)	Jaffuel (1936)	Este trabajo	
Microfanerófitas	1(1,9)	1(1,2)	1(4,0)	2 (1,3)
Nanofanerófitas	4(7,4)	12(14,3)	11(44,0)	22 (15,0)
Caméfitas	6(11,1)	10(11,9)	12(48,0)	26 (17,8)
Hemicriptófitas	4(7,4)	12(14,3)	1(4,0)	18 (12,3)
Geófitas	9(16,7)	10(11,9)	0(0,0)	16 (11,0)
Terófitas	30(55,5)	39(46,4)	0(0,0)	62 (42,6)
Total	54(100,0)*	84(100,0)	25(100,0)	146 (100,0)
P (mm) [año]	9 [1925]	15 [1930]	0 [2005]	

CUADRO 3. Inventarios fitosociológicos realizados en los alrededores de Tocopilla. 1-2: Matorral desértico de *Nolana peruviana*; 3-5: Matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana*.

Inventario N°	1	2	3	4	5
Altitud (m)	275	250	700	570	500
Exposición	I	I	O	I	S
Pendiente (%)	30	-	60	20	-
Cobertura (%)	5	-	10	5	-
Área (m ²)	25	-	900	400	-

Eremocharis fruticosa

(+)

Nolana sedifolia

(+) x

Polyachyrus fuscus

(+)

Malesherbia tocopillana

+

Nolana linearifolia

+ x

Ephedra breana

+ + +

Eulychnia iquiquensis

1 + r

Frankenia chilensis

(+)

Lycium cf. stenophyllum

(+) r

Nolana balsamiflua

+

Ophryosporus triangularis

+

Copiapoa humilis subsp. tocopillana

(+)

Cumulopuntia sphaerica

+

Nolana peruviana

1 x + 2

Nolana clivicola

(+) 1 +

Solanum brachyantherum

+ x + +

Tetragonia angustifolia

+ x 1

Chenopodium hastatum

(r)

Nolana tocopillensis

1

Solanum chilense

x + +

Localidades. 1: Tercera Quebrada, 22°03'S, 70°10'W (29/IX/2005), 2: Tercera Quebrada, 22°03'S, 70°10'W (23/IX/2004), 3: Primera Quebrada, 22°03'S, 70°10'W (28/IX/2005), 4: Quebrada La Higuera, 22°18'S, 70°13'W (30/IX/2005), 5: Tercera Quebrada, 22°03'S, 70°10'W (23/IX/2004).

DISCUSIÓN

Flora

La flora vascular del área de Tocopilla es comparable con la de otras áreas del desierto costero del norte de Chile. En cuanto a riqueza, la flora de Tocopilla, con 138 especies autóctonas, ocupa una posición intermedia entre la reportada para los cerros costeros del sur de Iquique (72 especies, Muñoz-Schick *et al.* 2001), al norte de Tocopilla, y el área de cerro Moreno-La Chimba (~193 especies,

cuadrantes #25, #26 y #34 en Marticorena *et al.* 1998), inmediatamente al sur del área de estudio. Más hacia el sur, la riqueza reportada para el desierto costero es mayor, con un máximo de 366 especies en el área de Paposo (cuadrante 56 en Marticorena *et al.* 1998, Dillon 2005a, <http://www.sacha.org/envir/deserts/locals/lists/paposo.html>), volviendo a disminuir a 207 especies en el Parque Nacional Pan de Azúcar (Rundel *et al.* 1996). El número de especies de plantas vasculares encontradas en el área de Tocopilla es similar al reportado para el área del Parque Nacional Llullaillaco (126 especies, Marticorena *et al.* 2004), situado en la zona más árida de los Andes del norte de Chile, donde sin embargo las precipitaciones son considerablemente superiores, alcanzando valores anuales en torno a 35 mm (Luebert & Gajardo 2000).

En general, la flora registrada en Tocopilla presenta relaciones de composición con la flora de la costa de Taltal (Johnston 1929a,b) y una proporción relevante de ésta se distribuye hasta las lomas de la costa de Perú (Muñoz-Schick *et al.* 2001). Algunas de estas últimas especies, presentan su límite sur de distribución en la zona de Tocopilla, que a su vez constituye la única localidad en que se han registrado en Chile *Oenothera arequipensis* Munz et I.M.Johnst. (Onagraceae; desde dpto. de Lambayeque, Perú) y *Palaua inconspicua* I.M.Johnst. (Malvaceae; desde dpto. de La Libertad, Perú) (Dietrich 1977, Marticorena 2005).

En el recuento de las especies endémicas del área de Tocopilla-Cobija se ha excluido a *Valeriana tocopillensis* I.M.Johnst. ex Jaffuel (en Cuadro 1 como *Valeriana* sp., Valerianaceae; Jaffuel 1936), ya que constituye un *nomen nudum*, y en la revisión taxonómica disponible del género para Chile no se comenta si corresponde a un sinónimo de alguna especie legítima o si es un taxón independiente (Borsini 1966). Se detectó una colecta hecha por K. Reiche de *Valeriana* en Tocopilla (SGO 57103), la que consta sólo de la porción superior de la planta con flores y frutos, lo que sumado al hecho de que el material colectado por Jaffuel no ha sido visto por los autores, hace difícil establecer si se trata o no de la misma entidad. Más aún, al revisar el material de K. Reiche depositado en SGO con la revisión de Borsini (1966), no fue posible asignarla a ninguna de las entidades previamente citadas para la costa norte de Chile (i.e., *Valeriana fragilis* Clos, *Valeriana atacamensis* Borsini), ni a alguna otra citada para Chile continental. Llama la atención que en una etiqueta de SGO 57103, se lea que O. E. Borsini revisó este material en 1962, a pesar de lo cual no lo cita en su revisión del género para Chile (Borsini 1966). En esa instancia, Borsini determinó la colecta de Reiche como *Valeriana urbanii* Phil., identificación que hemos descartado al contrastarla con el tipo nomenclatural de dicho taxón (Antofagasta, Copacoya; leg. F. Philippi; SGO 56940!, SGO 43510!). La identidad de la *Valeriana* que habita los cerros de Tocopilla es un aspecto aún no resuelto de su flora.

La ubicación y situación actual de uno de los endemismos de Tocopilla, *Mathewsia collina*, constituye un enigma, puesto que para este taxón sólo se conoce el ejemplar tipo (Johnston 1929b). Algo similar ocurre con *Heliotropium jaffuelii* I.M.Johnst., del que aparte del ejemplar tipo, proveniente de la Tercera quebrada de Tocopilla (Jaffuel 1936) ha sido coleccionado sólo una vez más en la misma zona por Ricardi y colaboradores (CONC 30069), y a pesar de los esfuerzos realizados por los autores, ha sido hasta el momento imposible de hallar. En este sentido, cabe también destacar la controversia respecto a la posición taxonómica de *Eriosyce laui*, del cual se conocen sólo tres recolectas, incluido el tipo (Mottram 2001), y para el cual se reconocen afinidades con los géneros *Islaya* (*Eriosyce* subgen. *Islaya sensu* Kattermann) y *Neowerdermannia* (Lüthy 1994, Hoffmann & Walter 2004), y para el que se ha propuesto el género monoespecífico *Rimacactus* Mottram (2001). Se ha señalado que *Rimacactus laui* (Lüthy) Mottram no sería miembro de la subtribu Notocactinae Buxb. ex Doweld, a la cual pertenecen *Eriosyce*, *Islaya* y *Neowerdermannia*, sino que de la subtribu Borzicactinae Buxb., principalmente por la presencia de hojas escamosas, flores zigomorfas y frutos angulares (Mottram 2001).

Respecto a *Ophryosporus anomalus*, es necesario aclarar que King & Robinson (1972) y Brako & Zarucchi (1993) lo señalan para la flora de Perú, probablemente debido a que el material tipo de la especie (*Piqueria cumingii* B.L.Rob.) fue recolectado por Cuming en 1828 (Cuming #953, K, GH!)

en “Cobija, Iquiqui et Arica, Peruvia meridionalis”; las restantes colecciones corresponden a materiales recolectados por Jaffuel en Tocopilla y por Gaudichaud en Cobija (Johnston 1932, Jaffuel 1936); dado que Cuming efectivamente recolectó en casi todos los puertos importantes al norte de Valparaíso durante su viaje por la costa Pacífica (Dance 1980), consideramos que la especie es endémica del área de Tocopilla-Cobija.

Se ha excluido del listado la presencia de *Tetragonia maritima* Barnéoud, citada por Jaffuel (1936), debido a que Taylor (1994) no menciona esta especie para el área, y el material de Jaffuel depositado en el Gray Herbarium (Jaffuel #2512) ha sido determinado posteriormente por C.M. Taylor como *Tetragonia angustifolia* Barnéoud, lo que a su vez es concordante con las determinaciones efectuadas sobre nuestras propias colectas de *Tetragonia* en Tocopilla y quebrada La Higuera. Marticorena *et al.* (1998) mencionan la presencia de *Tetragonia espinosae* Muñoz para el área de estudio, presumiblemente debido a la existencia de un material (Jaffuel #1034, CONC) inicialmente determinado por I.M. Johnston como *T. ovata* y posteriormente corregido por C.M. Taylor como *T. espinosae*; dicho material no presenta frutos que permitan emplear la clave de identificación de Taylor (1994), y tampoco es referido por Taylor (op. cit), quien señala un rango de distribución para *T. espinosae* entre Huasco y Limarí (Taylor 1994: 586 y Fig. 3B); otros materiales determinados inicialmente por C.M. Taylor como *T. espinosae* son posteriormente citados por Taylor (1994) como *T. ovata* (e.g., Ricardi, Marticorena y Matthei #1329, CONC) y existe material de Tocopilla (Johnston #3598, GH) citado bajo *T. ovata* (Taylor 1994), por lo que concluimos que *T. espinosae* no está presente en el área de estudio.

También se ha excluido el nombre *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Schult., citado para el área por Johnston (1929b), Jaffuel (1936) y Marticorena *et al.* (1998), porque de acuerdo con Duke (1961), *D. cordata* corresponde a un complejo pantropical que no está presente en el área de estudio, diferente a *D. paposana* Phil. (cf. Johnston 1929a, Duke 1961: 238).

Tampoco se ha incluido en la lista florística a *Echinocactus marginatus* Salm-Dyck (\equiv *Copiapoa marginata* (Salm-Dyck) Britton et Rose), citada para el área por Johnston (1929b: 154), con base en la afirmación que los tipos de la especie fueron “probablemente obtenidos en Cobija”. De acuerdo con Ritter (1980), *Copiapoa marginata* es una especie nativa del área de Caldera (Figura 1), mientras que los otros materiales referidos como *Echinocactus marginatus* por Johnston (1929b), colectados cerca de Antofagasta (Pennell #13039, Rose #19410), han sido determinados por Ritter (1980) como *Copiapoa boliviana* (Pfeiff.) F.Ritter, que no ha sido citada para la zona de Tocopilla. El género *Copiapoa* encuentra su límite norte de distribución en el área de estudio y está representado allí únicamente por *C. humilis* subsp. *tocopillana*.

También resulta curiosa la presencia de *Centaurea cachinalensis* Phil., descrita por Philippi (1860) para Cachinal de la Costa (Parque Nacional Pan de Azúcar) y distribuida únicamente en dicha área y zonas adyacentes (fide Johnston 1929a). Esta especie se diferencia claramente de *Centaurea atacamensis* (Reiche) I.M. Johnst. (citada por Philippi (1860) y Reiche (1905) como *Centaurea floccosa* Hook. et Arn.), distribuida inmediatamente hacia el norte, en el área de Taltal-Paposo (Johnston 1929a), por la ausencia de pubescencia lanosa en las brácteas del capítulo (Philippi 1860). El material correspondiente a *Centaurea* proveniente de Tocopilla revisado en CONC (Jiles #5337) concuerda con la descripción de *Centaurea cachinalensis*, que presentaría por lo tanto un hiato en su distribución a lo largo de la zona costera del desierto de Atacama. Falta en todo caso una revisión actualizada del género en Chile y la discontinuidad de su distribución podría deberse a falta de colectas y/o claridad en la delimitación de las especies.

Calandrinia sitiens I.M. Johnst es citada para el área por Marticorena *et al.* (1998), pero su presencia en el área no pudo ser comprobada. Su distribución estaría restringida a los cerros costeros al norte de Paposo en el área de Aguada Panulcito (ca. 24°49'S), para donde fue descrita (Johnston 1929a). A pesar de ello Marticorena *et al.* (1998) la reportan también para el área de Antofagasta en su cuadrante #25.

Es interesante la cita para Tocopilla de *Descurainia stricta* (Phil.) Reiche var. *minutiflora* (Phil.) O.E.Schulz (\equiv *Descurainia minutiflora* (Phil.) Reiche, Brassicaceae; Johnston 1929b, Jaffuel 1936), originalmente descrita para la puna de Calalaste, Argentina (Johnston 1929b), que constituye el único registro de este taxón en Chile, sin haber sido hallado todavía en la puna chilena (C. Marticorena, com. pers.). Ivan M. Johnston la colectó personalmente en Tocopilla (Johnston #3600, GH; Johnston 1929b), y determinó del mismo modo material colectado por el padre Félix Jaffuel (Jaffuel 1936). Nuestra determinación sobre material de *Descurainia* proveniente de Cobija en SGO (Biese #3075), es coincidente con el tipo nomenclatural de *Sisymbrium minutiflorum* Phil. (basiónimo de *Descurainia minutiflora*; Argentina, Calalaste; leg. F. Philippi; SGO 49277!, SGO 63924!) y, por ende, con la interpretación de Johnston (1929b).

Un patrón de distribución similar al de *Descurainia stricta* var. *minutiflora* muestra la distribución de *Nolana gracillima* (I.M.Johnst.) I.M.Johnst. (Solanaceae), la que se distribuye desde la precordillera de Moquehua, Perú, hasta la costa de Tocopilla (Johnston 1936, Dillon 2005a). El vínculo filogenético entre *Malesherbia tocopillana* y *Malesherbia ardens* J.F.Macbr. (Gengler-Nowak 2003), de la precordillera de Moquehua, constituye otra evidencia de conexiones pasadas entre las floras de la costa de Tocopilla y la zona precordillerana-cordillerana del sur de Perú y norte de Chile. La presencia de *Polyachyrus sphaerocephalus* sería también un indicio de estas conexiones, aunque se mantienen las dudas respecto a la identidad del material (véase resultados). A su vez, Mottram (2001) ha señalado que los parientes más cercanos a *Rimacactus laui* estarían en el género *Matucana* Britton & Rose subgénero *Eomatucana* Ritter, que habita el norte de Perú (Ritter 1965, Mottram 2001). En el mismo sentido, Rosas (1989) refiere la presencia de *Atriplex* en el área de Tocopilla como *A. glaucescens* Phil., distribuido principalmente en la precordillera andina, aunque tratándose de un taxón de muy difícil diferenciación, hemos conservado la cita sólo al nivel genérico en concordancia con Jaffuel (1936).

Formas de vida

La comparación de los espectros biológicos de recolecciones botánicas efectuadas en años húmedos y secos (Cuadro 2), sugiere que la expresión de hemicriptófitas, geófitas y terófitas está controlada por la ocurrencia de eventos de precipitación. Un comportamiento similar de la vegetación ha sido reportado para otras áreas costeras áridas más septentrionales en Perú (Dillon & Rundel 1990) y más australes en Chile, como Fray Jorge (Gutiérrez y Meserve 2003, Meserve *et al.* 2003), Coquimbo (Armesto y Vidiella 1993) y Carrizal Bajo (Vidiella *et al.* 1999). Estos estudios indican que el número de especies de plantas herbáceas, especialmente anuales y geófitas, se incrementa considerablemente después de las lluvias invernales, y se nota un aumento significativo de la proporción de especies anuales en los años más lluviosos, generalmente asociados a eventos El Niño (véase referencias en Holmgren *et al.* 2006).

Lo anterior, asociado a la alta proporción de plantas terófitas o anuales (43%) en el total de la flora vascular de Tocopilla y sus alrededores (Cuadro 2) revela la fuerte dependencia entre la expresión de la vegetación y la variación interanual de las precipitaciones, idea que se ve reforzada al contabilizar terófitas y geófitas, que en conjunto superan el 50% de la flora vascular del área, proporción similar a la reportada por Muñoz-Schick *et al.* (2001) para los cerros costeros del sur de Iquique. Aparentemente, la proporción de plantas anuales disminuye al mismo tiempo que la de arbustos (nanofanerófitas) aumenta en la medida que las precipitaciones son más regulares y los montos de agua caída son mayores en el desierto costero del norte de Chile (Richter 1995). En este sentido Rundel *et al.* (1996) reportan sólo un 18% de plantas anuales para la flora vascular del Parque Nacional Pan de Azúcar, no obstante que aún más al sur (Coquimbo), con aún mayor precipitación, la proporción de plantas anuales vuelve a incrementarse llegando a ~ 40% (Armesto & Vidiella 1993). Esta tendencia contrasta con la reportada para las zonas andinas del norte de Chile, donde Arroyo *et al.* (1988) reportan una predominancia de arbustos en las áreas de mayor aridez y de hierbas perennes (hemicriptófitas +

geófitas) en las áreas de mayor precipitación, mientras que la proporción de plantas anuales tiende a mantenerse sin variaciones significativas y sin superar el 30% en ninguna de las áreas estudiadas por dichos autores.

Vegetación

Rundel *et al.* (1991) y otros autores (e.g. Johnston 1929a, Schmithüsen 1956, Rundel & Mahu 1976, Kraus 1995, Richter 1995, Rundel *et al.* 1996, Muñoz-Schick *et al.* 2001) han planteado que la zonación vegetacional de las laderas occidentales de los cerros costeros del norte de Chile está fuertemente controlada por la incidencia de neblinas. En efecto, las observaciones efectuadas en los alrededores de Tocopilla son concordantes con el hecho de que las comunidades vegetales dominadas por *Eulychnia iquiquensis*, i.e., el matorral desértico de *Eulychnia iquiquensis* y *Ephedra breana*, se localizan en las zonas de incidencia de neblinas (Figuras 2 y 4). Las neblinas aportan humedad en las laderas medias de los cerros costeros en una franja altitudinal limitada, de modo que su influencia es más frecuente entre 500 y 1.000 m, y generalmente no es captada por las estaciones meteorológicas (Schemenauer *et al.* 1988, Houston 2006). Los montos de humedad, producto de las neblinas, varían localmente de acuerdo a varios factores, especialmente asociados a la exposición, la morfología y elevación de los cerros cercanos a la costa y a la dirección de los vientos predominantes (Schemenauer *et al.* 1988).

En estudios efectuados para otras zonas del desierto costero, como el área de Paposos (Kummerow 1961, Rundel & Mahu 1976) y cerro Moreno (Follmann 1963, Oltremari *et al.* 1987, Richter 1995), se ha planteado la existencia de tres pisos vegetacionales, uno situado en la zona de influencia de neblinas (piso fértil), uno por debajo y otro sobre aquel. Este último piso presenta una fisionomía similar a la de la vegetación situada por debajo del piso fértil, pero con diferencias en la composición de especies dominantes (Rundel & Mahu 1976, Oltremari *et al.* 1987, Richter 1995). Sin embargo, no ha sido reportado para el área de Pan de Azúcar (Rundel *et al.* 1996) ni para los cerros costeros del sur de Iquique (Muñoz-Schick *et al.* 2001), donde la vegetación del piso fértil marca el límite altitudinal superior de la vegetación en la vertiente occidental de los cerros costeros. La altitud de los cerros costeros y la elevación que alcanza la zona de neblinas podrían explicar tales diferencias en la presencia o ausencia de un piso de vegetación diferenciado en las partes altas. Aún son necesarios datos de campo en las zonas más elevadas (i.e. > 1.000 m.s.m.) de la zona costera entre Cobija y Tocopilla, que son las de más difícil acceso, para clarificar la situación local de la vegetación por sobre la zona de neblinas.

Es indudable que las neblinas juegan un rol en la distribución espacial y permanencia de la vegetación, pero aún no existen estudios detallados sobre los factores que controlan la distribución y dinámica de la vegetación costera del norte de Chile, y por lo tanto no es bien conocido el rol que juegan las precipitaciones de lluvia, que posiblemente no es menos importante.

Hoxey (2004), realizó observaciones sobre las cactáceas en Tocopilla en un año seco (2001) y uno más húmedo (2002) y notó el alto nivel de deshidratación de las plantas en 2001 y la consecuente dificultad para establecer si estaban vivas o muertas y para determinar el género al que pertenecían; durante 2002 en cambio, después de las precipitaciones, el área lucía muy diferente, se observaba el desarrollo de una estrata de anuales, e incluso las cactáceas columnares (*Eulychnia*) mostraban signos de actividad vegetativa (Hoxey 2004:32-33).

Respecto a las observaciones realizadas sobre la vegetación en las laderas de los alrededores de Tocopilla en 2004/2005, un aspecto que llama profundamente la atención es el hecho de que, salvo algunos individuos de los géneros *Ephedra* (*Ephedraceae*), *Nolana* (*Solanaceae*), *Solanum* (*Solanaceae*) y *Tetragonia* (*Aizoaceae*), los arbustos y las suculentas muestran sus tejidos aéreos secos (véase Figura 5), y es difícil establecer si están realmente vivos o muertos. Los únicos lugares donde es posible observar numerosas plantas con parte de sus órganos vegetativos o generativos activos es en el fondo de las quebradas (Figura 6). Este hecho ha llevado a algunos autores a plantear que producto de

una supuesta intensificación de la aridez del clima, asociada con una historia de intervención humana en la costa del norte de Chile, varias de las especies vegetales, pero especialmente las poblaciones de Cactaceae, se encuentran en un proceso de extinción local (Ritter 1980, Espinoza 1993, Follmann 1995, Kraus 1995, Richter 1995, Muñoz-Schick *et al.* 2001, Pinto & Kirberg 2005).

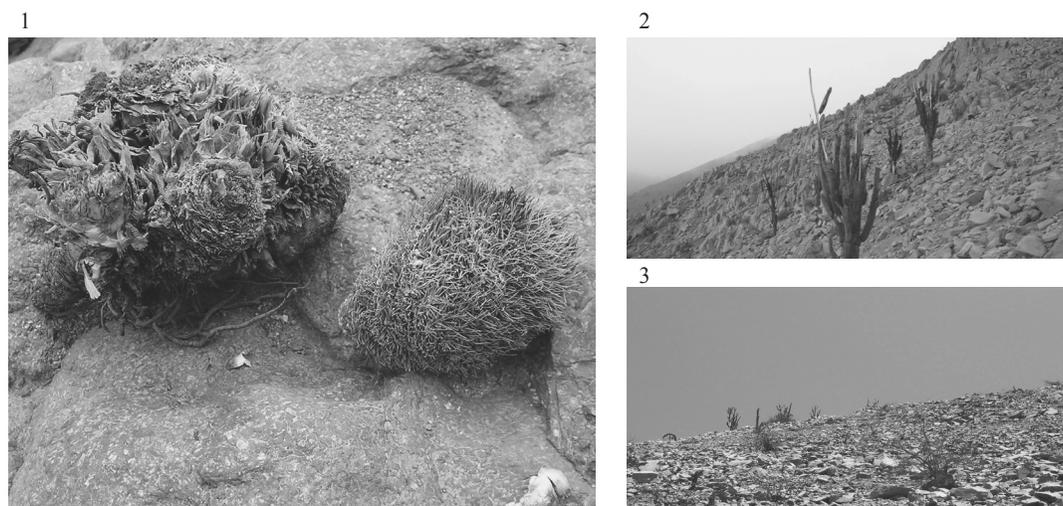


FIGURA 5 Restos de plantas observados en los alrededores de Tocopilla en 2004 y 2005. 1: Restos de *Puya boliviensis* (Bromeliaceae) y *Pyrrhocactus cf. iquiquensis* (Cactaceae) en la Quebrada La Higuera; 2: Aspecto de *Eulychnia iquiquensis* en el piso fértil de la I quebrada; 3: Aspecto general de los arbustos en Cobija.

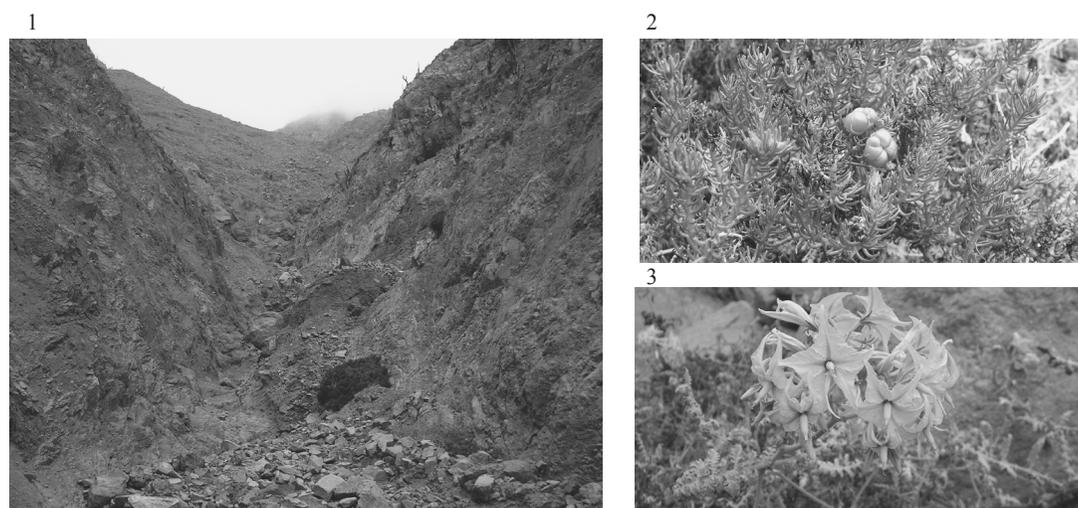


FIGURA 6. Aspecto de la vegetación de los alrededores de Tocopilla en el fondo de las quebradas. 1: Matorral dominado por *Nolana balsamiflua* y *Solanum chilense* en la Quebrada La Higuera; 2: Detalle de una rama de *Nolana balsamiflua*; 3: Detalle de una rama de *Solanum chilense*.

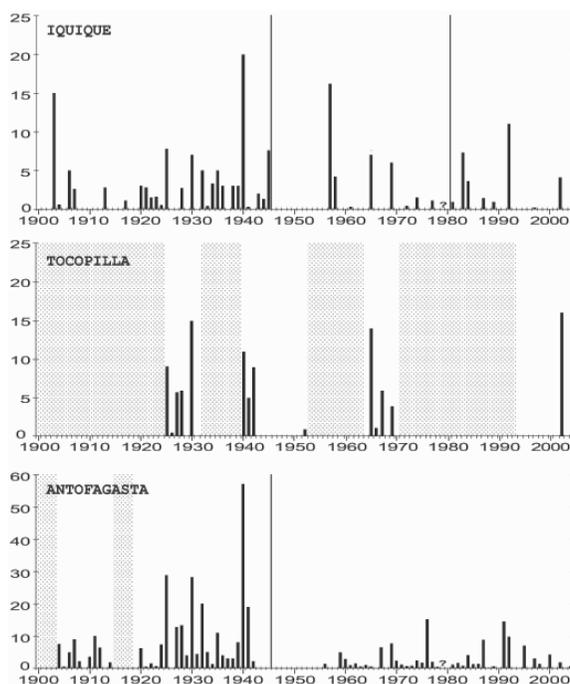


FIGURA 7. Precipitación anual (mm) de las estaciones meteorológicas de Iquique, Tocopilla y Antofagasta en el último siglo. Los cambios de estaciones están indicados con líneas verticales. Las zonas punteadas indican años sin información de precipitaciones.

Las observaciones efectuadas en terreno en este trabajo coinciden con un período de al menos 10 años con precipitaciones nulas, exceptuando 2002, año en que cayó un total de 16 mm, de acuerdo con datos de la Dirección de Agua Potable (Figura 7). La serie de datos de precipitaciones para Tocopilla es muy incompleta (Figura 7). Las estaciones más cercanas, Iquique y Antofagasta, disponen de series de datos más completas y antiguas, pero presentan el problema de varios cambios de estaciones de medición, que sólo permiten considerar cautelosamente la secuencia temporal de las precipitaciones (Houston 2006), aunque al parecer el efecto de cambios de estaciones es menor (Schulz en prep.).

Los antecedentes expuestos dejan abiertas varias preguntas acerca de la dinámica vegetacional en relación con las variaciones del clima de la zona costera entre Cobija y Tocopilla:

- ¿Cuáles son los mecanismos de la dinámica de la vegetación de los alrededores de Tocopilla?

- ¿Cuáles son los elementos del ambiente que afectan la dinámica de la vegetación de los alrededores de Tocopilla?

- ¿Cómo responden en Tocopilla las comunidades bióticas a los cambios ambientales y eventuales perturbaciones vinculadas con la actividad humana?

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a Mélica Muñoz (SGO) por proporcionar valiosa información sobre recolecciones realizadas en Tocopilla y Cobija. Agradecemos también especialmente a Clodomiro Marticorena por sus comentarios, observaciones, datos sobre material depositado en CONC y bibliografía taxonómica. A Roberto Kiesling y a Luis Faúndez por sus observaciones sobre

la sistemática de Cactaceae, a Maximilian Weigend por sus aclaraciones acerca de la sistemática de Loasaceae y a Ihsan Al-Shehbaz por la determinación tentativa de *Werdermannia* colectada en Cobija. Los curadores de los herbarios SGO, CONC, F y GH permitieron el acceso a las colecciones. Patricio Plissock proporcionó el mapa de la Figura 1 y Inelia Escobar (CONC) confirmó la ausencia del género *Eragrostis* en el área de Tocopilla. Tania Villaseñor ayudó con el marco geológico. Michael O. Dillon y Jun Wen proporcionaron financiamiento para parte del trabajo de terreno a través del proyecto National Science Foundation DEB 0415573. Parte de este trabajo fue financiado por Smithsonian Institution, USA, Deutscher Akademischer Austauschdienst, Alemania (F. Luebert) y Studienstiftung des Deutschen Volkes, Alemania (N. Schulz).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEITUNO, P., FUENZALIDA, H. & ROSENBLÜTH, B.
1993 Climate along the extratropical west coast of South America. En: Earth systems response to global change. Contrasts between North and South America (Mooney, H., Fuentes, E. & Kronberg, B., eds.), p. 61-69. Academic Press, San Diego.
- ALMEYDA, E.
1950 Pluviometría de las zonas del desierto y las estepas cálidas de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- AMIGO, J. & RAMÍREZ, C.
1998 A bioclimatic classification of Chile: woodland communities in the temperate zone. *Plant Ecol.* 136: 9-26.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP
2003 An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc.* 141: 399-436.
- ARMESTO, J. & VIDIELLA, P.E.
1993 Plant life-forms and biogeographic relations of the flora of Lagunillas (30° S) in the fog-free Pacific coastal desert. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 80: 499-511.
- ARMIJO, R. & THIELE, R.
1990 Active faulting in northern Chile: ramp stacking and lateral coupling along a subduction plate boundary? *Earth Planet. Sci. Lett.* 98: 40-61.
- ARROYO, M.T.K., SQUEO, F., ARMESTO, J. & VILLAGRÁN, C.
1988 Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: results of a natural experiment. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75: 55-78.
- BLUM, M.J., MCLACHLAN, J.S., SAUNDERS, C.J. & HERRICK, J.D.
2005 Characterization of microsatellite loci in *Schoenoplectus americanus* (Cyperaceae). *Molecular Ecology Notes* 5: 661-663.
- BÖRGEL, R.
1983 Geografía de Chile: Geomorfología. Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- BORIC P.R., DIAZ, F. & MAKSAEV, J.V.
1990 Geología y yacimientos metalíferos de la región de Antofagasta, norte de Chile. Boletín N° 40, Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, 246 p., 2 mapas metalogénicos a escala 1:500.000.
- BORSINI, O.E.
1966 Valerianáceas de Chile. *Lilloa* 32: 375-476.
- BRAKO, I. & ZARUCCHI, J.
1993 Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Perú. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 45: 1-1286.
- DANCE, S.P.
1980 Hugh Cuming (1791-1865) Prince of collectors. *J. Soc. Bibliogr. Nat. Hist.* 9: 477-501.
- DIETRICH, W.
1977 The South American species of *Oenothera* sect. *Oenothera* (Raimannia, Renneria; Onagraceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.* 64: 425-626.

- DILLON, M.O.
2005a LOMAFLORES, Searchable Database. Andean botanical information system. URL: <http://www.sacha.org>
- DILLON, M.O.
2005b The Solanaceae of the Lomas formations of coastal Peru and Chile. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.* 104: 131-156.
- DILLON, M.O. & HOFFMANN, A.E.
1997 Lomas formations of the Atacama desert northern Chile. En: *Centres of plant diversity, Volume 3, The Americas* (Davis, S.D., V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos y A.C. Hamilton, eds.), p. 528-535. The World Wide Fund for Nature - The World Conservation Union, UK.
- DILLON, M.O. & RUNDEL, P.W.
1990 The botanical response of the Atacama and Peruvian desert floras to the 1982-83 El Niño event. *Elsevier Oceanography Series* 52: 487-504.
- DUKE, J. A.
1961 Preliminary revision of the genus *Drymaria*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 48: 173-268.
- EPLING, C.
1937 The Labiatae of Chile. *Revista Universitaria* 22: 167-194.
- ESPINOZA, E.
1993 Dying Eulychnias. *Cact. Succ. J.* 65: 205-206.
- FOLLMANN, G.
1963 Nordchilenische Nebeloasen. *Umschau* 4: 101-104.
- FOLLMANN, G.
1995 On the impoverishment of the lichen flora and the retrogression of lichen vegetation in coastal central and northern Chile during the last decades. *Crypt. Bot.* 5: 224-231.
- FORD, D.I.
1992 Systematics and evolution of *Montiopsis* subgenus *Montiopsis* (Portulacaceae). PhD Dissertation, Washington University, St. Louis, Missouri.
- FUENZALIDA, H.
1967a Biogeografía. En: *Geografía Económica de Chile, Texto Refundido*, p. 228-267. Corporación de Fomento de la Producción, Santiago.
- FUENZALIDA, H.
1967b Clima. En: *Geografía Económica de Chile, Texto Refundido*, p. 99-152. Corporación de Fomento de la Producción, Santiago.
- FUENZALIDA, H.A., SÁNCHEZ, R. & GARREAUD, R.D.
2005 A climatology of cutoff lows in the Southern Hemisphere. *J. Geophys. Res.* 110, d18101: 1-10.
- GAJARDO, R.
1994 La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago.
- GARCÍA, N. & LUEBERT, F.
2005 Hallazgo de *Malesherbia tocopillana* Ricardi (Malesherbiaceae) en su localidad tipo. *Chloris Chilensis* 8(2). URL: www.chlorischile.cl.
- GARREAUD, R. & BATTISTI, D.S.
1999 Interannual (ENSO) and interdecadal (ENSO-like) variability in the southern hemisphere tropospheric circulation. *J. Climate* 12: 2113-2123.
- GENGLER-NOWAK, K.M.
2003 Molecular phylogeny and taxonomy of Malesherbiaceae. *Syst. Bot.* 28(2): 333-344.
- GONZÁLEZ, G., CEMBRANO, J., CARRIZO, D., MACCI, A. & SCHNEIDER, H.
2003 The link between forearc tectonics and Pliocene-Quaternary deformation of the Coastal Cordillera, northern Chile. *South Amer. Earth Sci.* 16: 321-342.
- GRAU, J.
1997 *Huidobria*, eine isolierte Gattung der Loasaceae aus Chile. *Sendtnera* 4: 77-93.
- GUTIÉRREZ, J. & MESERVE, P.L.
2003 El Niño effects on soil seed bank dynamics in north-central Chile. *Oecologia* 134: 511-517.
- HARTLEY, A., MAY, G., CHONG, G., TURNER, P., KAPE, S. & JOLLEY, E.
2000 Development of a continental forearc: a Cenozoic example from the Central Andes, northern Chile. *Geology* 28: 331-334.

- HOFFMANN, A.E. & WALTER, H.
2004 Cactáceas. En la flora silvestre de Chile. Segunda Edición. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago.
- HOLMGREN, M., STAPP, P., DICKMAN, C.R., GRACIA, C., GRAHAM, S., GUTIÉRREZ, J., HICE, C., JAKSIC, F., KELT, D.A., LETNIC, M., LIMA, M., LÓPEZ, B.C., MESERVE, P.L., MILSTEAD, W.B., POLIS, G.A., PREVITALI, M.A., RICHTER, M., SABATÉ S. & SQUEO, F.A.
2006 A synthesis of ENSO effects on drylands in Australia, North America and South America. *Adv. Geosci.* 6: 69-72.
- HOUSTON, J.
2006 Variability of precipitation in the Atacama desert: its causes and hydrological impact. *Int. J. Climatol.* 26: 2181-2198.
- HOXEY, P.
2004 Some notes on *Copiapoa humilis* and the description of a new subspecies. *Brit. Cact. Succ. J.* 22: 29-42.
- JAFFUEL, F.
1936 Excursiones botánicas en los alrededores de Tocopilla. *Revista Chilena Hist. Nat.* 40: 265-274.
- JOHNSTON, I.M.
1927 Studies in the Boraginaceae VI. A revision of the South American Boraginoideae. *Contr. Gray Herb.* 78: 1-118.
- JOHNSTON, I.M.
1928 The botanical activities of Thomas Bridges. *Contr. Gray Herb.* 81: 98-106.
- JOHNSTON, I.M.
1929a The coastal flora of the departments of Chañaral and Taltal. *Contr. Gray Herb.* 85: 1-138.
- JOHNSTON, I.M.
1929b The flora of the Nitrate Coast. *Contr. Gray Herb.* 85: 138-163.
- JOHNSTON, I.M.
1930 Some notes on the flora of northern Chile. *Revista Chilena Hist. Nat.* 34: 228-234.
- JOHNSTON, I.M.
1932 New records for the flora of the Nitrate Coast. *Revista Chilena Hist. Nat.* 36: 4-8.
- JOHNSTON, I.M.
1936 A study of the Nolanaceae. *Proc. Amer. Acad. Arts* 71(1): 1-87.
- KATTERMAN, F.
1994 *Eriogyne* (Cactaceae): The genus revised and amplified. Succulent Plant Research, Volume One. Royal Botanic Gardens, Kew, England.
- KING, R.M. & ROBINSON, H.
1972 Studies in Eupatorieae (Asteraceae) CXI. Additions to the genus *Ophryosporus*. *Phytologia* 25: 65-67.
- KÖPPEN, W.
1948 Climatología. Primera Edición en español. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires.
- KRAUS, R.
1995 The environmental conditions of Cactaceae in Chile. *Haseltonia* 3: 101-129.
- KUMMEROW, J.
1961 Nebelpflanzen am Rande der Wüste Atacama. *Kosmos* 57: 319-323.
- LAILHACAR, S.
1986 Las grandes formaciones vegetales de las zonas desértica y mediterránea perárida y árida de Chile: con énfasis en sus aptitudes forrajeras. *Bol. Soc. Chil. Ci. Suelo* 5: 145-231.
- LAILHACAR, S.
1990 Evaluación nutritiva de los recursos forrajeros nativos y naturalizados de la I Región. *Avances Prod. Anim.* 15: 61-80.
- LOURTEIG, A.
2000 *Oxalis* L. subgéneros *Monoxalis* (Small) Lourt., *Oxalis* y *Trifidus* Lourt. *Bradea* 7: 201-629.
- LUEBERT, F. & GAJARDO, R.
2000 Vegetación de los Andes áridos del norte de Chile. *Lazaroa* 21: 111-130.
- LUEBERT, F. & PLISCOFF, P.
2006 Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago.
- LÜTHY, J.M.
1994 *Eriogyne laui* J. Lüthy sp. nov. p. 120-124. En: Katterman, F. *Eriogyne* (Cactaceae): The genus revised and amplified. Succulent Plant Research, Volume One. Royal Botanic Gardens, Kew, England.

- MARTICORENA, A.
2005 Malvaceae Adans. En: Flora de Chile (Marticorena, C. y Rodríguez, R., eds.), Vol. 2, Fasc. 3, p. 22-105. Universidad de Concepción, Concepción.
- MARTICORENA, A., PARDO, V., PEÑALOZA, A., NEGRITTO, M.A., CAVIERES, L. & PARADA, M.
2004 Adiciones y notas a la flora del Parque Nacional Lluillailaco, II Región, Chile. *Gayana Bot.* 61: 49-54.
- MARTICORENA, C.
1995 Historia de la exploración botánica de Chile. En: Flora de Chile (Marticorena, C. y R. Rodríguez, eds.), Vol. 1, p. 1-62. Universidad de Concepción, Concepción.
- MARTICORENA, C., MATTHEI, O. RODRÍGUEZ, R.A., ARROYO, M.T.K., MUÑOZ-SCHICK, M., SQUEO, F. & ARANCIO, G.
1998 Catálogo de la flora vascular de la segunda región (Región de Antofagasta), Chile. *Gayana Bot.* 55: 23-83.
- MARTICORENA, C., SQUEO, F.A., ARANCIO, G. & MUÑOZ-SCHICK, M.
2001 Catálogo de la flora vascular de la IV Región de Coquimbo. En: Libro Rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Coquimbo (Squeo, F.A., Arancio, G. & Gutiérrez, J.R., eds.), p. 105-142. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- MESERVE, P.L., KELT, D.A., MILSTEAD, W.B. & GUTIÉRREZ, J.
2003 Thirteen years of shifting top-down and bottom-up control. *Bioscience* 53: 633-646.
- MONTECINOS, A., GARREAUD, R. & ACEITUNO, P.
2000 Interdecadal rainfall variability in subtropical South America and its relationship with tropical Pacific SST. Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago.
- MORTIMER, C., FARRAR, T. & SARIC, N.
1974 K-Ar ages from Tertiary lavas of the northernmost Chilean Andes. *Geologische Rundschau* 63: 484-490.
- MOTTRAM, R.
2001 *Rimacactus*, a new genus of Cactaceae. *Bradleya* 19: 75-82.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H.
1974 Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York.
- MUÑOZ-SCHICK, M.
1995 Revisión del género *Cristaria* (Malvaceae) en Chile. *Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile* 45: 45-110.
- MUÑOZ-SCHICK, M.
2005 *Cristaria*. En: Flora de Chile (Marticorena, C. y R. Rodríguez, eds.), Vol. 2(3), p. 33-54. Universidad de Concepción, Concepción.
- MUÑOZ-SCHICK, M., PINTO, R., MESA, A. & MOREIRA-MUÑOZ, A.
2001 "Oasis de neblina" en los cerros costeros del sur de Iquique, región de Tarapacá, Chile, durante el evento El Niño 1997-1998. *Revista Chilena Hist. Nat.* 74: 389-405.
- OLTREMARI, J., SCHLEGEL, F.M. & SCHLATER, R.
1987 Perspectiva de Morro Moreno como área silvestre protegida. *Bosque* 8: 21-30.
- ORTLIEB, L.
1995 Eventos El Niño y episodios lluviosos en el desierto de Atacama: el registro de los últimos dos siglos. *Bull. Inst. fr. études andines* 24: 519-537.
- PASKOFF, R.
1979 Sobre la evolución geomorfológica del gran acantilado costero del Norte Grande de Chile. *Rev. Geogr. Norte Grande* 6: 8-22.
- PASKOFF, R.
1989 Zonality and main geomorphic features of the Chilean coast. *Essener Geogr. Arbeiten* 18: 237-267.
- PHILIPPI, R.A.
1860 Viaje al desierto de Atacama hecho de orden del Gobierno de Chile en el verano de 1853-54. Halle.
- PINTO, R. & KIRBERG, A.
2005 Conservation status of *Eriosyce* (Cactaceae) in northernmost Chile. *Bradleya* 23: 7-16.
- PISANO, E.
1956 Esquema de clasificación de las comunidades vegetales de Chile. *Agronomía* 2: 30-33.
- PISANO, E.
1966 Zonas biogeográficas. En: Geografía Económica de Chile, Primer Apéndice, p.62-73. Corporación de Fomento de la Producción, Santiago.

- PIZARRO, J.G. & MONTECINOS, A.
2000 Cutoff cyclones off the tropical coast of Chile. Sixth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Santiago.
- QUINTANA, J.
2004 Estudio de los factores que explican la variabilidad de la precipitación en Chile en escalas de tiempo interdecadal. Tesis, Univ. de Chile, Santiago.
- QUINTANILLA, V.
1983 Geografía de Chile. Biogeografía. Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- QUINTANILLA, V.
1988 Fitogeografía y cartografía de la vegetación de Chile árido. *Contr. Cient. Tecnol. Geoci.* 82: 1-28.
- RAUNKIÆR, C.C.
1934 The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford University Press, Oxford.
- REICHE, K.
1905 Flora de Chile, Tomo Cuarto. Imprenta Cervantes, Santiago.
- REICHE, K.
1907 Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. *Die Vegetation der Erde* 8: 1-394.
- RICARDI, M. & QUEZADA, M.
1963 El género *Cruckshanksia* (Rubiaceae). *Gayana, Bot.* 9: 3-36.
- RICARDI, M. & WELDT, E.
1974 Revisión del género *Polyachyrus* (Compositae). *Gayana Bot.* 26: 3-34.
- RICHTER, M.
1995 Klimaökologische Merkmale der Küstenkordillere in der Region Antofagasta (Nordchile). *Geoökodynamik* 16: 283-332.
- RITTER, F.
1965 Neue Kakteen-Entdeckungen in Peru. *Kakteen Sukk.* 16: 229-230.
- RITTER, F.
1980 Kakteen in Südamerika. Band 3. Chile. Spangenberg.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.
2004 Global bioclimatics. Phytosociological Research Center, Madrid.
- ROSAS, M.
1989 El género *Atriplex* (Chenopodiaceae) en Chile. *Gayana Bot.* 46: 3-82.
- RUNDEL, P.W. & MAHU, M.
1976 Community structure and diversity in a coastal fog desert in northern Chile. *Flora* 165: 493-505.
- RUNDEL, P.W., DILLON, M.O., PALMA, B., MOONEY, H., GULMON, S.L. & EHLERINGER, J.R.
1991 The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. *Aliso* 13: 1-50.
- RUNDEL, P.W., DILLON, M.O. & PALMA, B.
1996 Flora and vegetation of Pan de Azúcar National Park in the Atacama desert of northern Chile. *Gayana Bot.* 53: 295-315.
- RUTLLANT, J.
1977 On the extreme aridity of Coastal and Atacama deserts in northern Chile. Thesis, Univ. of Wisconsin-Madison.
- SCHEMENAUER, R., FUENZALIDA, H.A. & CERECEDA, P.
1988 A neglected water resource: The Camanchaca of South America. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.* 69: 138-147.
- SCHMITHÜSEN, J.
1956 Die raumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. *Bonn. Geogr. Abh.* 17: 1-86.
- TAYLOR, C.M.
1994 Revision of *Tetragonia* (Aizoaceae) in South America. *Syst. Bot.* 19: 575-589.
- TEILLIER, S.
1996 Las especies del género *Suaeda* (Chenopodiaceae) en Chile. *Gayana Bot.* 53: 265-276.
- VARGAS, G., ORTLIEB, L. & RUTLLANT, J.
2000 Aluviones históricos en Antofagasta y su relación con eventos El Niño/Oscilación del Sur. *Revista Geol. Chile* 27: 157-176.
- VIDIELLA, P.E., ARMESTO, J. & GUTIÉRREZ, J.
1999 Vegetation changes and sequential flowering after rain in the southern Atacama Desert. *J. Arid Environ.* 43: 449-458.

VUILLE, M. & AMMANN, C.

1997 Regional snowfall patterns in the high arid Andes. *Climatic Change* 36: 413-423.

WERDERMANN, E.

1928 Beiträge zur Kenntnis der Flora von Chile. *Notizbl. Bot. Gart. Mus. Berlin-Dahlem* 10: 460-475.

YUNCKER, T.G.

1922 Revision of the South American species of *Cuscuta*. *Amer. J. Bot.* 9: 557-575.

Contribución recibida: 13.06.07; aceptada: 10.08.07.