

## "Oasis de neblina" en los cerros costeros del sur de Iquique, región de Tarapacá, Chile, durante el evento El Niño 1997-1998

### Fog oases during the El Niño Southern Oscillation 1997-1998, in the coastal hills south of Iquique, Tarapacá region, Chile

MÉLICA MUÑOZ-SCHICK<sup>1</sup>, RAQUEL PINTO<sup>2</sup>, ALDO MESA<sup>3</sup> & ANDRÉS MOREIRA-MUÑOZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile, e-mail: [mmunoz@mnhn.cl](mailto:mmunoz@mnhn.cl)

<sup>2</sup>Dalmacia 3251, Iquique, Chile, e-mail: [raquelpinto@entelchile.net](mailto:raquelpinto@entelchile.net)

<sup>3</sup>José Pedro Alessandri 424, departamento B-41, Santiago, Chile

#### RESUMEN

Se describe la flora de cuatro sitios de "oasis de neblina" del desierto costero del Norte de Chile, entre Iquique y la desembocadura del río Loa, muestreados entre los meses de octubre de 1997 y enero de 1998. No existían muestreos anteriores en tres de los sitios: Alto Patache, Punta Lobos y Alto Chipana. Se registraron en esta ocasión 72 especies de plantas vasculares, lo que amplía notablemente el conocimiento florístico de este sector, que poseía a la fecha apenas una veintena de especies registradas. De las especies recolectadas, tres constituyen nuevos registros para la flora chilena: *Nolana adansonii* (Roem. et Schult.) Johnst., *Solanum* cfr. *montanum* L. y *Ophryosporus* cfr. *floribundus* (DC.) King et Rob., mientras que *Alstroemeria lutea* (Muñoz 2000) constituye una especie nueva para la ciencia. Esta última, junto a *Eulychnia aricensis* Ritter, *Pyrrhocactus saxifragus* Ritter y *Nolana intonsa* Johnst., son endémicas locales. Del total de especies, un 43 % son endémicas y un 52,8 % son nativas no endémicas, existiendo un bajo porcentaje (4,2 %) de especies adventicias; 34 especies (47,2 %) comparten su área de distribución con el Perú. Las familias Asteraceae, Nolanaceae y Solanaceae son las mejor representadas en el área con más de siete especies cada una. Las condiciones climáticas derivadas del evento El Niño 1997-1998 han favorecido el desarrollo de la vegetación en los oasis de neblina al sur de Iquique. Aunque no hay un aumento de las precipitaciones durante el período 1997-1998, sí se aprecia un incremento en las temperaturas así como en el contenido líquido de la neblina, lo que favorecería el desarrollo de una vegetación más exuberante y la expansión del área de ocupación de algunos elementos florísticos.

**Palabras clave:** flora y vegetación desértico costera, norte de Chile, oasis de neblina, formación de lomas, El Niño (ENOS) 1997-1998.

#### ABSTRACT

The flora of four fog oases in the northern Chilean coastal desert, visited between October 1997 and January 1998, is described. These botanical collections are new for Alto Patache, Punta Lobos and Alto Chipana. A total of 72 vascular plant species were registered, contributing to the area's floristic knowledge, where till now only about 20 species were registered. Three species are new records for the Chilean flora: *Nolana adansonii* (Roem. et Schult.) Johnst., *Solanum* cfr. *montanum* L. and *Ophryosporus* cfr. *floribundus* (D.C.) King et Rob., and another one *Alstroemeria lutea* (Muñoz 2000) is a new species. This last one, together with *Eulychnia aricensis* Ritter, *Pyrrhocactus saxifragus* Ritter (both Cactaceae) and *Nolana intonsa*

Johnst. (Nolanaceae) are local endemics. Of the total of registered species, 43 % are endemics, 52.7 % are non endemic natives and a low percentage (4.1 %) are foreign species; 47.2 % share their distribution with Perú. The families Asteraceae, Nolanaceae and Solanaceae, are the best represented in the area, each one with more than seven species. Information about special climatic conditions due to El Niño 1997-1998 event is discussed in relationship to the development of the flora and vegetation. In spite of a non significant occurrence of rainfall events, an increase in temperature and in the fog's water content is detected. These conditions favor the development of more exuberant vegetation and the expansion of the distribution range of some floristic elements.

**Key words:** desert coastal flora and vegetation, northern Chile, fog oases, lomas formation, El Niño (ENSO) 1997-1998.

## INTRODUCCIÓN

La zona costera al sur de Iquique (20°15'-21°20' S) en el norte de Chile, forma parte del gran desierto de Atacama y del Perú que se extiende por más de 3.500 km desde La Serena (29° 55' S) hasta el límite con Ecuador (5° 00' S) ([Rundel et al. 1991](#)). El régimen climático predominante, caracterizado por la extrema aridez, se debe a una subsidencia atmosférica constante (aire descendente seco), asociada a la posición estable del Anticiclón del Pacífico, fortalecida por la presencia de la corriente fría de Humboldt, la cual genera una inversión térmica que aumenta las condiciones de aridez ([Trewartha 1961](#)).

Por otra parte, la influencia oceánica disminuye la aridez gracias a la formación de una neblina costera denominada "garúa" en Perú o "camanchaca" en Chile, de modo que la costa se encuentra bajo la influencia de un clima desértico litoral ([di Castri 1968](#)). La neblina se sitúa entre los 300 y 800 m de altitud ([Rundel & Mahu 1976](#)), proveniente del mar gracias a la constante presencia de los vientos del S y SO. A la latitud de Iquique, la neblina se encuentra sometida al efecto orográfico de la cordillera de la costa que se eleva en forma abrupta cerca del litoral a partir de una angosta planicie costera. El resultado es un acantilado cuyo primer contrafuerte alcanza una altura promedio de 600 m ([Brüggen 1950](#)).

Bajo la influencia de la camanchaca se desarrolla un tipo de vegetación baja que ha sido descrita como "formación de lomas" ([Weberbauer 1911](#)), "franja fértil" ([Johnston 1929](#)), "praderas en el desierto" ([Goodspeed 1961](#)) y "oasis de niebla" ([Ellenberg 1959](#), [Follmann & Weisser 1966](#), [Sielfeld et al. 1995](#)). Estas comunidades representan islas separadas por un hábitat hiperárido desprovisto de vegetación ([Rundel et al. 1991](#)), y al parecer son muy dependientes del comportamiento del régimen de precipitaciones asociado a eventos El Niño ([Dillon & Rundel 1990](#)).

El fenómeno El Niño, conocido en cuanto a situación global de interacción océano-atmósfera con la sigla ENOS (El Niño Oscilación del Sur), ocurre en intervalos de 3 a 7 años y sus efectos se registran desde 1525 ([Ortlieb 1994](#)), con una evidencia arqueológica y geológica de su existencia de más de 5.000 años ([Dillon 1998](#)). Este ha sido señalado como una de las principales causas de la variabilidad climática en gran parte del mundo ([Arntz & Fahrbach 1996](#)), y sus efectos en la zona intertropical de la cuenca del Océano Pacífico tienen que ver con la generación de precipitaciones excepcionales en la costa del Perú y Chile. En el presente siglo los eventos más intensos para esta región se registraron en 1925-1926, 1982-1983 y 1997-1998 ([Arntz & Fahrbach 1996](#), [Dillon 1998](#)). Los antecedentes sobre la flora y vegetación de la zona específica al sur de Iquique son escasos y fragmentarios ([Johnston 1929](#), [Werdermann 1931](#), [Sielfeld et al. 1995](#), [Mesa et al. 1998](#)) en comparación con los estudios desarrollados más al norte, en la costa del Perú (ver [Rundel et al. 1991](#)) y más al sur, en los sectores de Paposos (25° S) ([Rundel & Mahu 1976](#)) y Pan de Azúcar (26° S) ([Rundel et al. 1996](#)).

Aprovechando la inusual floración detectada al sur de Iquique entre los meses de octubre de 1997 y enero de 1998, se visitaron cuatro sitios para la recolección de especies con el objeto de contribuir al conocimiento de la flora y vegetación de este sector costero y relacionar estos resultados a las condiciones climáticas especiales generadas por el evento El Niño 1997-1998.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una recolección florística en cuatro sectores al sur de Iquique ([Fig. 1](#)): Punta Gruesa (20° 22' S, 70° 09' O, el 14 de diciembre de 1997); Alto Patache (20° 49' S, 70° 09' O, el 25 de octubre, 8 de noviembre y 6 de diciembre de 1997); Punta Lobos 21° 02' S, 70° 09' O, el 1° de noviembre de 1997 y el 14 de enero de 1998); Alto Chipana (21° 16' S, 70° 03' O, el 31 de enero y 1 de febrero de 1998).

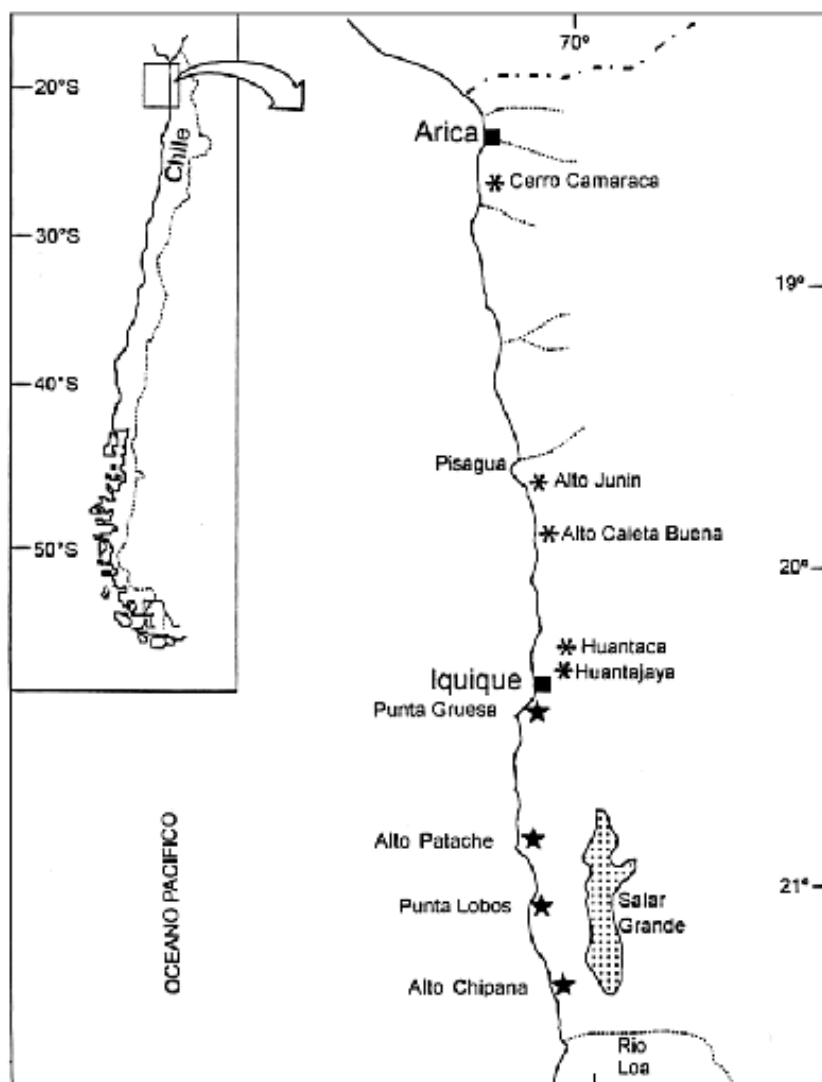


Fig. 1: Oasis de neblina costera considerados en el presente estudio: (≪) Punta Gruesa, Alto Patache, Punta Lobos y Alto Chipana. Se indican además otros oasis conocidos para la Región de Tarapacá de acuerdo a [Sielfeld et al. \(1995\)](#): (\*) Cerro Camaraca, Alto Junín, Caleta Buena, Quebrada Huantaca y Quebrada Huantajaya.

Coastal fog oases examined in the present study: (≪) Punta Gruesa, Alto Patache, Punta Lobos and Alto Chipana. Other oases known for the Tarapacá region according to [Sielfeld et al. \(1995\)](#) also are showed: (\*) Cerro Camaraca, Alto Junín, Caleta Buena, Quebrada Huantaca, and Quebrada Huantajaya.

Los cuatro sitios de estudio son sectores de no más de 3 km de largo, localizados sobre el farellón costero ([Fig. 2](#)). Los sitios corresponden a laderas de exposición SO en sectores donde los cerros atrapan la neblina entre los 300 y 800 m de altitud en forma casi permanente durante el año. Esta neblina se mantiene durante el día en horas de la tarde o durante la noche. El sustrato de los lugares visitados es rocoso con excepción de la ladera sur de Alto Patache y en Alto Chipana que es arenoso.

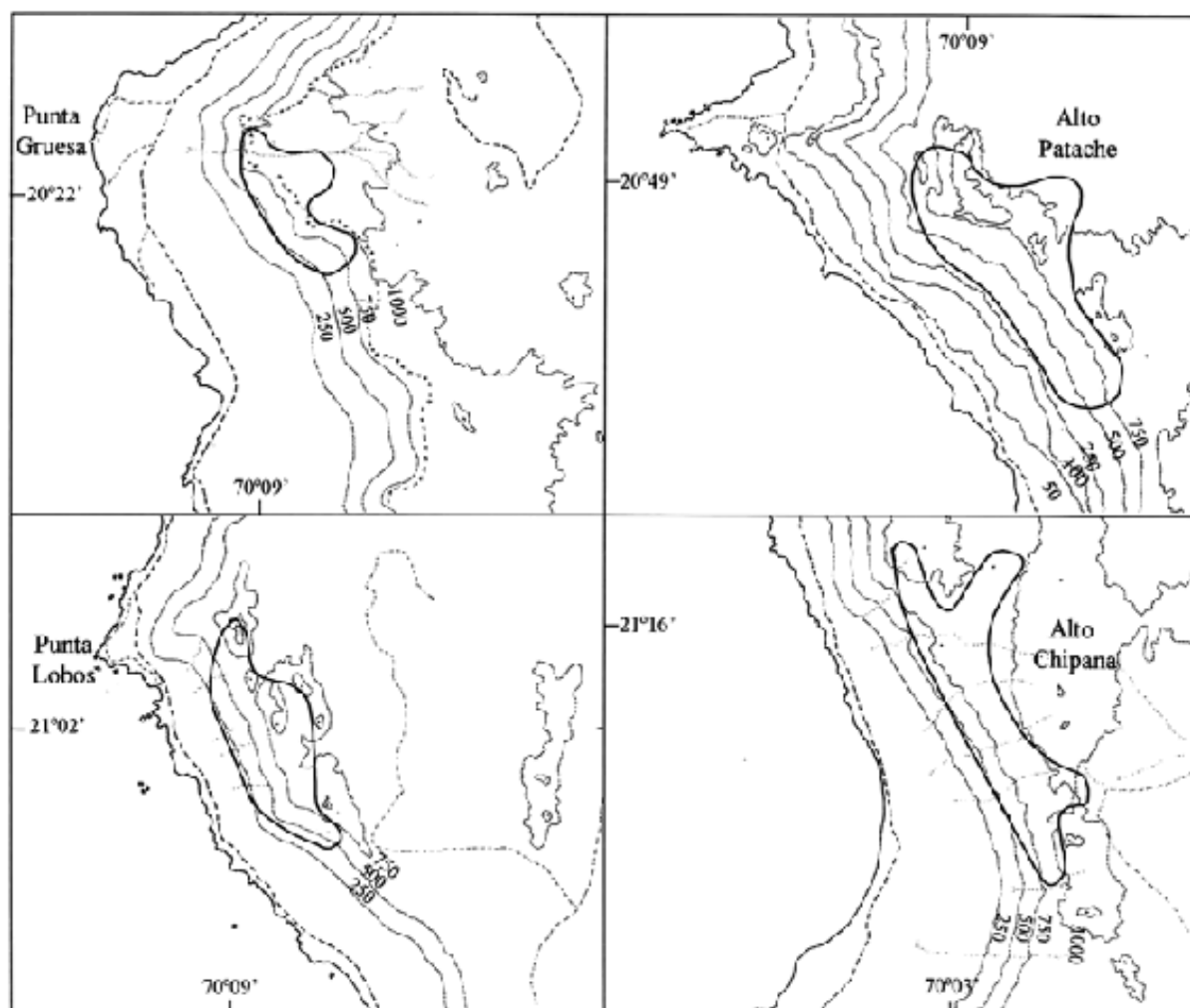


Fig. 2: Ubicación de la vegetación sobre los farellones costeros en Punta Gruesa, Alto Patache, Punta Lobos y Alto Chipana.

Locaton of vegetation over the coastal cliffs at Punta Gruesa, Alto Patache, Punta Lobos and Alto Chipana.

Para cada especie se examinó su distribución geográfica, patrón de distribución, extensiones de rango, forma de crecimiento y nombre vernacular (según Muñoz 1966 y bibliografía taxonómica, Anexo 3). Los especímenes vegetales se ingresaron al Herbario del Museo Nacional de Historia Natural (SGO). Las cactáceas se identificaron a partir de su registro fotográfico.

Los datos de temperatura y precipitación fueron facilitados por la Dirección Meteorológica de Chile (Santiago, Chile), estación Iquique, período 1978-1997. Los datos de captación de neblina han sido extraídos de Osses et al. (1998) y complementados con datos no publicados de dichos autores.

## RESULTADOS

### Flora

La Tabla 1 muestra la distribución geográfica, patrón de distribución, extensiones de rango, forma de crecimiento y nombre vernacular de las especies recolectadas en cada sector. Se registró un total de 72 especies de plantas vasculares: dos corresponden a Pteridófitos, una a Gimnospermas, 61 a Dicotiledóneas y ocho a Monocotiledóneas.

De las 34 familias registradas, tres están mejor representadas en la zona: Asteraceae con 10 especies que incluyen a ocho géneros, Nolanaceae con siete especies que corresponden a un género, y Solanaceae con siete especies que incluyen a cuatro géneros. Sin embargo, si se considera a las Nolanaceae como parte de la familia Solanaceae: Nolanoideae, Nolanae (Dillon & Tago 1998)<sup>1</sup>, esta última sería la mejor representada con 14 especies.

El registro de estas 72 especies de plantas vasculares entre Iquique y el río Loa, amplía considerablemente el conocimiento florístico de la zona del sur de Iquique. Johnston (1929) reconoció alrededor de 20 especies para la zona, las que fueron

recolectadas por Reiche cerca de Iquique (15 especies) y por [Werdermann](#) (12 especies) en quebrada de Huantajaya (20° 12' S, 70° 07' O). [Johnston \(1929\)](#) menciona además algunas especies recolectadas por Rose en Iquique y por Martens (en 1904) en quebrada de Huantaca (20° 11' S, 70° 07' O). [Sielfeld et al. \(1995\)](#) por su parte registraron 22 especies en Punta Gruesa durante 1992. Es evidente entonces el escaso conocimiento florístico existente hasta ahora entre Iquique y la localidad cercana más estudiada que es Tocopilla (22° 05' S) donde [Johnston \(1929\)](#) identificó 52 especies, [Jaffuel \(1936\)](#) recolectó 85 especies y [Marticorena et al. \(1998\)](#) detectaron 127 especies.

### Patrón de distribución

La mayor proporción de las especies encontradas (50 de 72 especies, 69,4 %) posee un rango de distribución desde la región de Coquimbo hasta la costa sur peruana. La distribución geográfica de las especies se encuentra en la [Tabla 1](#) (indicándose para Chile la distribución conocida con anterioridad a este trabajo).

De las 72 especies identificadas, 31 (43 %) son endémicas de Chile, 38 (52,8%) son nativas no endémicas y tres (4,2 %) son adventicias ([Tabla 2](#)).

**TABLA 2**

**Número de especies detectado en cada localidad estudiada**

**Number of species detected at each study site**

	Punta Gruesa	Alto Patache	Punta Lobos	Alto Chipana	Total*
Endémicas	9	18	20	18	31
Nativas no endémicas	17	22	22	17	38
Adventicias	-	-	1	2	3
Total	26	40	43	37	72

\*El total se deduce de la Tabla 1 ya que existen especies que se repiten en distintas localidades

De las especies endémicas 26 (36,1%) habitan sectores costeros entre las regiones de Tarapacá y Coquimbo. Sólo cinco especies endémicas sobrepasan este rango de distribución, tres hasta la Región de Valparaíso, y dos hasta las regiones del Maule y Biobío, respectivamente. A la vez, cuatro especies corresponden a endémicas locales: *Alstroemeria lutea*, *Eulychnia aricensis*, *Pyrrhocactus saxifragus* y *Nolana intonsa*. Esta última era conocida hasta ahora sólo por la descripción original realizada por [Johnston \(1936\)](#) en base a un muestreo efectuado en Iquique por P. Martens en 1904 ([Mesa et al. 1998](#)).

La mayor cantidad de especies endémicas fueron recolectadas en Punta Lobos (20 especies, [Tabla 2](#)). Además, Punta Lobos y Alto Patache fueron los sectores con el mayor número de especies nativas no endémicas (22 especies, [Tabla 2](#)). Del total de especies identificadas, un alto porcentaje (47,2 %) extiende su distribución hasta el Perú, lo que indicaría un cierto grado de afinidad con la flora de la costa peruana. Sólo tres especies resultaron adventicias; *Sonchus tenerrimus*, *Erodium cicutarium* y *Galium aparine*.

Este trabajo permite ampliar el rango de distribución para 19 especies hacia el norte, así como para seis especies hacia el sur de su distribución conocida hasta la fecha. De estas últimas, tres especies (*Nolana adansonii*, *Solanum* cfr. *montanum* y *Ophryosporus* cfr. *floribundus*) eran conocidas hasta el momento sólo para Perú y constituyen nuevos registros para Chile. Una especie, *Alstroemeria lutea* ([Muñoz 2000](#)) constituye una especie nueva para la ciencia.

### Forma de crecimiento y fisionomía

La mayoría de las especies (49) corresponden a plantas herbáceas, con una mayor proporción de anuales (26) que perennes (21). El resto lo conforman siete subarborescentes, 11 arbustos y cinco suculentas: dos columnares altas y tres suculentas bajas. La [Fig. 3](#) muestra un esquema de la distribución altitudinal de las especies más comunes. En los lugares muestreados fue posible diferenciar cuatro formaciones vegetacionales principales:

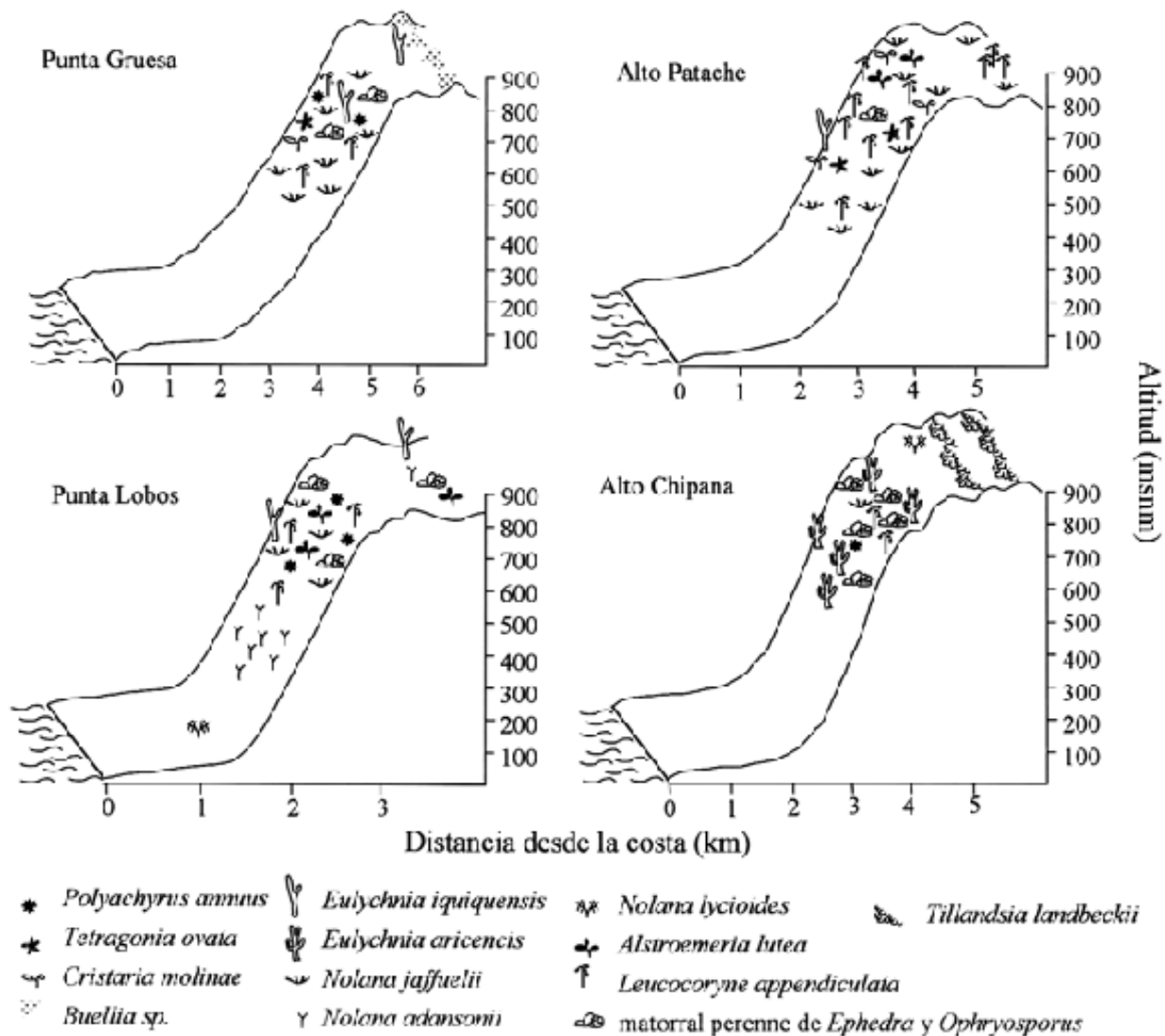


Fig. 3: Distribución vertical de las especies vegetales más comunes.

Vertical distribution of the most frequent species.

(a) Formación de hierbas anuales y perennes: compuesta por anuales, principalmente *Nolana jaffuelii*, *Polyachyrus annuus*, *Cristaria molinae*, *Tetragonia ovata* y geófitas provistas de bulbos y rizomas como *Leucocoryne appendiculata*, *Alstroemeria* spp. y *Fortunatia biflora*.

(b) Formación de matorral perenne: caracterizada por arbustos o subarbustos de 0,3 a 0,8 m de alto (*Ephedra breana*, *Nolana sedifolia*, *Ophryosporus* cfr. *floribundus* y *Tetragonia angustifolia* y grandes cactáceas del género *Eulychnia*. Cabe destacar la presencia de cactus aislados de *Eulychnia iquiquensis* en Punta Gruesa, Alto Patache y Punta Lobos, así como de una población de cactus enormes, gruesos, viejos y secos de la especie *Eulychnia aricensis* en Alto Chipana en el sector de la mina La Paiquina, entre los 500 y 800 m de altitud.

(c) Formación de líquenes: las laderas interiores de exposición SO se encuentran con una cubierta casi continua del líquen verde grisáceo, *Buellia* sp. La [Tabla 3](#) muestra un total de siete especies de líquenes registradas en los cuatro sitios de estudio.

**TABLA3**

**Líquenes registrados en los cerros al sur de Iquique durante el evento El Niño 1997-1998**

**Lichens present at the hills southern Iquique during**

## ENSO 1997-98

Especie
<i>Buellia</i> sp.
<i>Chrysotrix pavonii</i> (Fr.) J. R. Laundon
<i>Protorocella minima</i> (R. Sant.) Follmann
<i>Roccellina cerebriformis</i> (Mont.) Tehler
<i>Roccellinastrum spongioideum</i> follmann
<i>Santessonia cervicornis</i> (Follmann) Follmann
<i>Usnea rubicunda</i> stirt.

(d) Formación de "clavel del aire": formación monoespecífica de *Tillandsia landbeckii* que se desarrolla por sobre los 800 m de altitud y la capa de neblina, en laderas arenosas de exposición SO. Se encuentra a 15 km al interior de Iquique y en la segunda y tercera ladera de Alto Chipana. Esta formación ya había sido registrada por [Werdermann \(1931\)](#) y por [Cereceda et al. \(1999\)](#) al este de Iquique en el cerro Guatalaya o Huantajaya. Los estomas de esta especie se encuentran en la superficie de la hoja entre los tricomas, lo que le permite atrapar el agua desde una delgadísima capa de humedad; una mayor cantidad de agua en la superficie de la hoja reduciría el intercambio de CO<sub>2</sub> impidiendo la fotosíntesis ([Rundel et al. 1991](#)). A pesar que las plántulas de *Tillandsia* sólo tienen raíz en su etapa de germinación, la permanencia de ésta se debe a que el tallo viejo está generalmente enterrado en la arena haciendo estable la comunidad a través de los años.

### Clima y eventos "El Niño"

Temperatura. El promedio anual de temperatura registrada en los últimos 20 años en Iquique es de 18,6 °C ([Anexo 1](#)), con un promedio mensual mínimo de 15,7 °C en julio-agosto y una máxima de 21,9 °C en enero ([Fig. 4](#)). En años cálidos con evento El Niño como en 1982-1983, 1987, 1992 y 1997 las temperaturas promedio anuales ascendieron sobre los 19 °C, siendo los años 1983 y 1997 los más cálidos ([Fig. 5](#)) con máximas promedio mensuales superiores a 24 °C en enero-febrero 1983 y en enero 1998 ([Anexo 1](#)). Estos valores superan en más de 2 °C a la media mensual del mes de enero en los últimos 20 años.

## ANEXO I

### Temperatura media del aire (°C) registrada por mes en Iquique entre 1978 y 1998. Datos proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile, estación Iquique

Mean air temperature (°C) registered monthly in Iquique between 1978 and 1998. Data provided by the Dirección Meteorológica de Chile, Iquique station

Año	Promedio												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1978	20,6	20,8	19,6	17,8	17,1	15,7	15,9	15,5	15,9	17,7	19,3	19,5	18,0
1979	20,8	20,7	20,4	18,0	17,0	15,4	15,4	16,5	16,9	17,3	18,4	20,8	18,1
1980	21,7	22,2	21,2	19,3	18,2	16,3	16,4	16,1	16,2	16,6	18,0	20,1	18,5
1981	19,7	21,1	20,9	19,9	17,6	15,9	14,6	15,6	16,0	17,2	18,5	20,3	18,1
1982	21,6	21,8	20,1	19,1	18,0	15,9	15,9	16,0	17,2	18,6	20,8	22,7	19,0
1983	24,8	24,9	24,0	22,0	20,4	19,1	17,6	17,0	16,6	17,3	18,7	20,9	20,3
1984	22,3	21,7	20,3	18,6	16,8	15,4	15,2	15,2	16,3	18,0	18,8	20,7	18,3
1985	21,8	21,0	21,4	18,1	16,5	16,2	15,3	14,3	15,8	17,4	18,3	21,4	18,1
1986	21,3	21,6	20,3	18,7	17,7	16,1	14,8	15,6	16,0	17,5	19,0	20,9	18,3
1987	22,4	23,4	22,4	19,5	17,8	16,8	16,3	16,2	16,7	17,9	19,6	21,0	19,2
1988	21,4	21,7	21,1	19,5	17,3	15,1	14,3	15,0	16,0	17,0	18,8	20,1	18,1
1989	21,2	22,9	20,9	19,2	16,0	16,4	15,3	15,8	15,4	17,2	18,7	20,5	18,3
1990	22,5	21,3	20,8	19,0	16,8	15,7	15,0	15,4	16,5	16,9	18,4	20,4	18,2
1991	21,9	21,0	20,4	18,8	17,7	16,8	16,1	15,4	16,9	17,6	19,0	20,2	18,5
1992	21,8	21,6	22,8	21,2	19,7	16,9	15,3	15,2	16,2	18,0	19,5	20,6	19,1
1993	22,7	22,0	20,9	20,1	18,8	17,0	15,8	16,0	16,0	17,3	18,7	20,1	18,8
1994	21,5	21,3	21,2	19,4	17,5	16,6	15,7	15,7	16,9	18,3	19,4	21,2	18,7
1995	22,7	21,2	20,7	18,9	17,3	16,9	15,4	14,9	16,0	17,0	18,7	19,7	18,3
1996	21,1	21,0	20,3	18,2	16,5	14,6	14,2	14,6	15,3	16,3	18,2	19,6	17,5
1997	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1
1998	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1

1996	21,1	21,0	20,3	18,2	16,5	14,6	14,2	14,6	15,3	16,3	18,2	19,6	17,5
1997	21,6	21,5	21,3	19,4	19,7	18,7	18,5	18,7	18,5	18,9	20,1	22,5	20,0
1998	24,3	23,8	22,5	20,2	18,2	16,5	16,2	15,4	15,5	16,9	18,4	19,9	19,0
Promedio	21,9	21,8	21,1	19,3	17,7	16,4	15,7	15,7	16,3	17,5	18,9	20,6	18,6

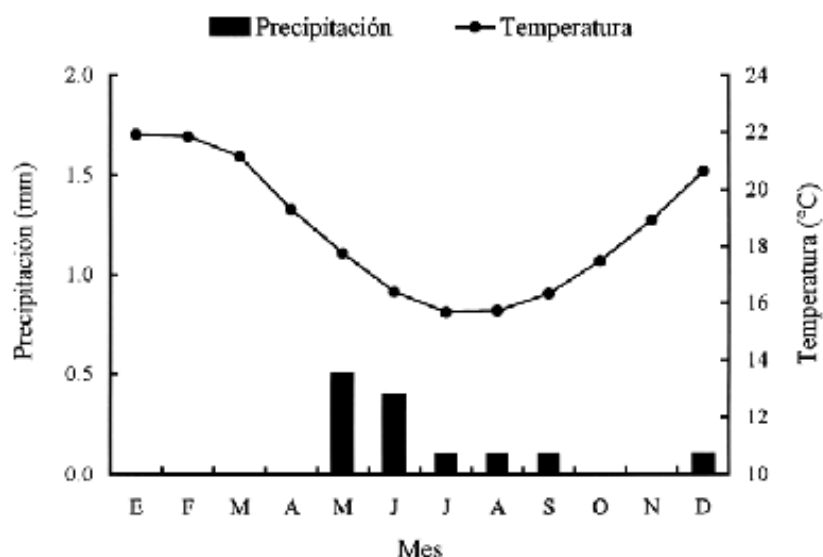


Fig. 4: Temperatura del aire promedio y precipitaciones mensuales registradas en Iquique entre 1978 y 1998.

Mean air temperature and rainfall precipitation recorded monthly in Iquique between 1978 and 1998.

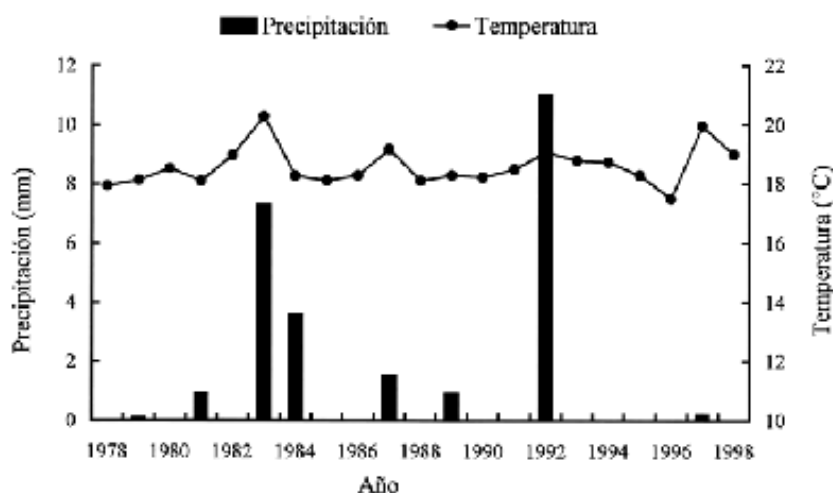


Fig. 5: Temperatura del aire promedio y precipitaciones anuales registradas en Iquique entre 1978 y 1998. Las flechas indican presencia de eventos El Niño.

Yearly mean air temperature and rainfall registered in Iquique between 1978 and 1998. Arrows indicate El Niño events.

Precipitación. Las precipitaciones en Iquique se muestran extremadamente escasas e irregulares, registrándose sólo seis eventos en los últimos 20 años con una precipitación mensual superior a 1 mm (Anexo 2). El promedio de agua caída en este período alcanzó a 1,3 mm (Anexo 2), siendo los meses de mayo-junio los más lluviosos, con un promedio mensual máximo de 0,5 y 0,4 mm, respectivamente (Fig. 4). Los años 1983 y 1992, con 7,3 y 11,0 mm, respectivamente, fueron los más lluviosos en estas dos décadas (Fig. 5), y estuvieron directamente asociados al fenómeno El Niño. El registro histórico muestra este monto de precipitación en contadas ocasiones, como el año 1925, en que se midió 7,8 mm de lluvia para Iquique (Johnston 1929), y que también ha sido identificado como año de ocurrencia del Niño (Dillon & Rundel 1990). Sin embargo, las precipitaciones en Iquique durante los años 1997 y 1998 (Fig. 5), años de eventos El Niño, fueron muy escasas



o nulas, lo que contrastó con lo observado más al sur en Copiapó y Huasco donde las precipitaciones en 1997 mostraron un notorio aumento comparado con 1996 (Pliscoff 1999).

## ANEXO 2

### Precipitación (mm) mensual en Iquique entre 1978 y 1998. Datos proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile, estación Iquique

Monthly rainfall (mm) recorded in Iquique between 1978 and 1998. Data provided by the Dirección Meteorológica de Chile, Iquique station

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Mes Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
1978	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0
1979	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1
1980	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
1981	-	0,0	-	0,4	-	-	-	0,5	-	-	-	-	0,9
1982	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	0,0	-	-	0,0
1983	-	-	-	-	0,9	4,4	1,6	0,4	-	-	-	-	7,3
1984	0,0	-	-	-	-	3,6	-	-	-	0,0	-	-	3,6
1985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1986	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,0
1987	-	-	-	-	-	0,1	0,2	0,0	1,2	0,0	-	-	1,5
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	0,6	0,3	-	-	-	-	0,9
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,0
1991	0,0	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0
1992	-	-	-	-	9,1	0,1	-	-	-	-	-	1,8	11,0
1993	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	0,0
1996	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	-	-	-	-	0,0
1997	-	-	-	-	0,2	-	-	0,0	-	-	-	-	0,2
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	1,3

(-) = Sin precipitación

(0,0) = Precipitación inferior a 0,1 mm o trazas

ANEXO 3

Bibliografía taxonómica

Taxonomic sources

La determinación de las especies se realizó en base a las siguientes referencias que se encuentran en: MARTICORENA C (1992) Bibliografía botánica taxonómica de Chile. Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden (USA) 41: 1-587.

<i>Alstroemeria</i>	Bayer (1987)
<i>Argyria</i>	Gleisner & Ricardi (1969)
<i>Atriplex</i>	Rocas (1986)
Cactáceas	Ritter (1980), Hoffmann (1989)
Catálogo de la flora vascular	Martcorena & Quezada (1985)
<i>Chuguiraga</i>	Ezcurra (1985)
<i>Erodium</i>	Ricardi & Ugarte (1974)
Estudios críticos sobre la flora de Chile	Reiche (1909)
<i>Eupatorieae</i>	King & Robinson (1987)
Ferns and flowering plants of Bolivia	Foster (1958)
Flora de la Cuenca de Santiago	Navas (1976)
<i>Frankenia</i>	Gunckel (1970)
<i>Galium</i>	Dempster (1981)
<i>Gutierrezia</i>	Solbrig (1966)
<i>Hoffmannseggia</i>	Ulibarri (1979)
<i>Leucocoryne</i>	Zoelner (1972)
<i>Lycium</i>	Bernardello (1986)
Malasherbiáceas	Ricardi (1967)
<i>Nassella</i>	Mufioz (1990)
<i>Nolana</i>	Ferreyra (1961)
<i>Ophryosporus</i>	Robinson (1906)
<i>Polyachyrus</i>	Ricardi & Weltdt (1974)
<i>Schizanthus</i>	Grau & Gronbach (1984)
<i>Senna</i>	Zoelner & San Martín (1986)
Solanaceae	Macbride (1962)
<i>Spergularia</i>	Rosbach (1943)
<i>Stipa</i>	Matthei (1965)
<i>Tiquilia</i>	Richardson (1977)

Las siguientes referencias se encuentran en: MARTICORENA C (1996) Bibliografía botánica taxonómica de Chile. Suplemento I. Gayana Botánica (Chile) 53: 1- 263.

<i>Apium, Ciclospermum</i>	Constance (1990)
Añadidos y notas a la flora de Chile	Martcorena & Quezada (1991)
<i>Cistanthe, Calandrinia</i> and <i>Talinum</i>	Hershkovitz (1991)
Flora de Chile I	Martcorena & Rodríguez (1995)
<i>Loasa nitida</i>	Grau & Bayer (1994)
Malvas	Matthei (1995)
<i>Tetragonia</i>	Taylor (1994)
<i>Tillandsia</i>	Dillon (1991)

Adicionalmente se utilizaron las siguientes referencias:

HOFFMANN A, MK ARROYO, F LIBERONA, M MUÑOZ & J WATSON (1998) Plantas altoandinas en la flora silvestre de Chile. Ediciones Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile. 281 pp.

MESA A, M MUÑOZ & R PINTO (1998) Presencia de *Nolana adansonii* (Roemer et Schultes) Johnst, y *N. intonsa* Johnst, (Nolanaceae) en el desierto costero de Iquique, norte de Chile. Noticiario Mensual del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 333: 3-7.

MUÑOZ M (1991) Flores del Norte Chico. Segunda edición. Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Santiago, Chile. 95 pp.

MUÑOZ M (1995) Revisión del género *Cristaria* (Malvaceae) en Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural (Chile) 45: 45-110.

ROJAS F (1997) Nuevas especies y nuevas combinaciones para la tribu Stipeae (Poaceae) en Bolivia. Gayana Botánica

(Chile) 54: 163-182.

TEILLIER S (1996) Las especies de *Suaeda* (Chenopodiaceae) en Chile. Gayana Botánica (Chile) 53: 265-276.

Neblina. Datos de recolección de neblina en Alto Patache (20° 49' S) muestran una captación abundante aunque variable a lo largo del año (Tabla 4). En el mes de septiembre de 1997 se registró la mayor captación mensual del período analizado: 28,4 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, bajo directa influencia del fenómeno El Niño. Los niveles más bajos de captación ocurrieron en enero (0,4 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) y marzo (0,5 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) de 1999, una vez transcurrido el evento. Es notable que en septiembre de 1999 la captación disminuyó a un tercio (10,5 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) de la registrada en septiembre del año anterior (28,4 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>), el cual estuvo bajo los efectos de El Niño. Para el período 1998-1999 se registró una disminución del promedio a la mitad con respecto al período 1997-1998 (de 11,69 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> a 5,75 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>).

TABLA 4

Captación de neblina (l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) en Alto Patache entre 1997 y 1999

Fog water collected (l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) in Alto Patache between 1997 and 1999

Mes	Período 1997-1998	Período 1998-1999
Ago	18,3	8,2
Sept	28,1	10,5
Oct	12,3	14,7
Nov	9,9	6,0
Dic	18,5	4,9
Ene	7,4	0,4
Feb	4,5	3,1
Mar	6,5	0,5
Abr	5,6	1,2
May	4,0	5,3
Jun	9,1	3,7
Jul	16,1	10,5
Promedio	11,69	5,75

\*Fuente: datos proyecto FONDECYT 1971248 publicados parcialmente por Osses et al. (1998)

## DISCUSIÓN

Si bien la flora de la zona costera ubicada al sur de Iquique era considerada hasta la fecha como muy pobre (Rundel et al. 1991), el presente estudio muestra una alta riqueza florística en los así denominados "oasis de neblina". Esta discrepancia podría deberse a un bajo esfuerzo de colecta si se considera el notorio vacío en el número de registros entre 1920 y 1992, y también a una respuesta favorable de la vegetación a condiciones climáticas más cálidas y húmedas producto de eventos El Niño intensos como el de 1997-1998.

La vegetación de los oasis de neblina al sur de Iquique está asociada a las constantes neblinas o "camanchacas", que incrementan la disponibilidad de agua durante los eventos El Niño. La ocurrencia de estos eventos disminuye las condiciones de aridez típicas, permitiendo en ciertos años un mayor desarrollo de la vegetación sobre el acantilado, entre los 300 y 800 m de altitud.

Los oasis de neblina analizados muestran una predominancia de plantas herbáceas, con una proporción similar de anuales y perennes, siendo esta última la forma de crecimiento más exitosa en el desierto costero. La fisonomía de la cubierta dominante de plantas herbáceas junto al desarrollo de la formación de *Tillandsia* que crece en sitios arenosos, es similar a aquellas de las lomas del sur del Perú (Rundel et al. 1991).

La alta proporción de endemismo (43 %) detectada en estos oasis de neblina es concordante con los altos niveles descritos para la zona costera de la región de Antofagasta (51,4 % de endemismo para el desierto costero de Tocopilla, 52,6 % para el desierto costero de Tal Tal, según [Squeo et al. 1998](#)). Esta situación sugiere una efectividad de los procesos de aislamiento evolutivo producto de una dinámica asociada a la sucesión de eventos El Niño-La Niña. Bajo la influencia del fenómeno ENOS, algunas especies que conforman los oasis de neblina expandirían su área de ocupación normalmente restringida, para luego volver a su condición de aislamiento en los extensos períodos secos, tal como ha sido propuesto por [Dillon & Rundel \(1990\)](#) para la formación de lomas del Perú.

Al comparar las especies encontradas en el presente estudio con los datos del Catálogo de la Flora del Perú ([Brako & Zarucchi 1993](#)), se observa que 34 especies (47,2 %) comparten su distribución con el Perú, principalmente en la formación de lomas. Si bien [Johnston \(1929\)](#) señalara que de 117 especies de plantas vasculares registradas entre Arica y Antofagasta, sólo cinco (4,2 %) eran especies peruanas que alcanzaban su límite sur, la diferencia de resultados se debería al escaso registro florístico de la zona hasta antes de 1997. El mayor número de especies reconocidas para Tocopilla (127 según [Marticorena et al. 1998](#)), al sur del área de estudio, así como el notable incremento más al sur en el desierto costero de Tal Tal (532 especies, según [Squeo et al. 1998](#)), ilustran de todas formas la relación entre riqueza de especies y aridez.

La menor riqueza de especies del sur de Iquique en relación con la costa peruana se debería a que esta última se encuentra en general sometida a una mayor humedad que el norte chileno ([Rundel et al. 1991](#)). La vegetación de la costa peruana se ve favorecida periódicamente por lluvias torrenciales asociadas a eventos El Niño, que no necesariamente alcanzan el norte de Chile ([Dillon 1998](#)). Los datos de captación de neblina indican niveles similares para Mejía (17° S en Perú) y Alto Patache (Chile) en julio de 1997 (29,6 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> y 28,5 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente), pero una notable diferencia en la captación de enero (35,8 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> para Mejía y 7,8 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> para Alto Patache, según [Osses et al. 1998](#)). Esto indicaría una mayor disponibilidad de neblina en la costa peruana, lo que queda demostrado por los promedios anuales: 16,3 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> en Mejía y 11,8 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> en Alto Patache ([Osses et al. 1998](#)). Sin embargo, el promedio de Alto Patache es inusual para la costa chilena, siendo muy superior a las captaciones de más al sur, al norte de La Serena (29° 27' S), cuyo promedio anual alcanza a 3,3 l m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup> ([Cereceda et al. 1997](#)). Esta mayor captación en Iquique posiblemente se debe a la presencia de aguas más templadas, lo que unido a la mayor altura del acantilado costero, favorecería la formación de neblina. Este efecto se vería intensificado durante los eventos El Niño.

Ya en el año 1925, reconocido como año fuertemente influenciado por este evento, se describieron notables cambios en la biota terrestre entre Antofagasta e Iquique ([Johnston 1929](#), [Dillon & Rundel 1990](#)). También en el período 1982-1983, durante el evento El Niño catalogado como el más intenso del siglo, se aprecia un incremento en la cobertura vegetal al sur de Iquique ([Soto 1985](#)), así como extensas e inusuales floraciones desde La Serena hasta Copiapó en la costa y los valles centrales ([Muñoz 1991](#)).

Las condiciones atmosféricas serían diferentes para cada evento El Niño, ya que en el período 1997-1998 no se advierte en Iquique un aumento de las precipitaciones, como sucedió los años 1925, 1983 o 1992. En comparación, sí se advierte un aumento en las temperaturas, así como en el contenido líquido de la neblina. Los resultados aportados por [Ortlieb \(1994\)](#) confirman diferencias en el comportamiento del fenómeno El Niño, que no siempre se expresa con un aumento en las precipitaciones, lo cual ha sido corroborado por [Romero & Garrido \(1985\)](#) específicamente para la costa norte. El aumento de temperaturas parece ser inherente al fenómeno El Niño, como fuera demostrado para Iquique a raíz del evento 1982-1983 ([Fuenzalida 1985](#)). Por lo tanto, el aumento de la temperatura implicaría un incremento en el contenido líquido de la neblina, lo que favorecería el desarrollo de una vegetación más exuberante.

Desafortunadamente, no se cuenta con un registro de especies para el sur de Iquique durante un evento El Niño tan intenso como fue el de 1982-1983, el que habría servido como elemento de comparación con los datos del presente estudio. Esto plantea el desafío de desarrollar estudios de largo plazo que permitan fortalecer el conocimiento de las especies así como su relación con el fenómeno ENOS en sus fases El Niño y La Niña, de manera de determinar con mayor certeza los patrones de floración y de expansión o constricción de la vegetación, así como los posibles orígenes de la flora costera, sus relaciones florísticas con regiones biogeográficas vecinas y su eventual respuesta a cambios globales. A la fecha se cuenta sólo con aislados ejemplos, como es el caso de *Eulychnia iquiquensis*, cuyas poblaciones del sur de Iquique están muy deterioradas y no se observa regeneración. Se necesita la presencia de eventos El Niño intensos, con duración de algunos años, para que las plántulas puedan establecerse ([Kraus 1995](#)). De acentuarse las condiciones de aridez, estas poblaciones existentes desde hace más de 500 años estarían en grave riesgo de desaparecer. Otras especies, sin embargo, podrían reaccionar rápidamente frente

a un aumento en las condiciones de humedad, pero estudios específicos en este sentido son aún escasos y por lo mismo prioritarios.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Profesora Pilar Cereceda de la P. Universidad Católica de Chile por los datos de captación de neblina (Proyecto FONDECYT 1971248). A la Dra. Wanda Quilhot de la Escuela de Química y Farmacia de Universidad de Valparaíso por su ayuda en la identificación de líquenes. Al Profesor Luis Faúndez de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile por la identificación de Cactáceas. Al Profesor C. Marticorena de la Universidad de Concepción por el envío de bibliografía. Al Dr. A. Kirberg de Iquique por sus fotografías de las especies estudiadas. Al Dr. Michael Dillon, del Field Museum of Natural History, U.S.A., por sus observaciones al trabajo. Por último, a dos revisores anónimos por las excelentes sugerencias al manuscrito.

<sup>1</sup> DILLON MO & M TAGO (1998) Biogeografía y evolución en el clado *Nolana* (Nolaneae- Solanaceae). VII Congreso Nacional de Botánica, Cajamarca, Perú, página 15.

## LITERATURA CITADA

ARNTZ WE & E FAHRBACH (1996) El Niño. Experimento climático de la naturaleza. Causas físicas y efectos biológicos. Traducción de C Wosnitza-Mendo y J Mendo. Fondo de Cultura Económica, México. 309 pp.

BRAKO L & JL ZARUCCHI (1993) Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. Monographs in Systematic Botany, Missouri Botanical Garden (USA) 45: 1-1286.

BRÜGGEN J (1950) Fundamentos de la geología de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago, Chile. 374 pp.

CERECEDA P, RS SCHEMENAUER & F VELÁSQUEZ (1997) Variación temporal de la niebla en El Tofo-Chungungo, Región de Coquimbo, Chile (1987-1995). Revista de Geografía Norte Grande (Chile) 24: 103-111.

CERECEDA P, H LARRAÍN, P LAZARO, P OSSES, RS SCHEMENAUER & L FUENTES (1999) Campos de tillandsias y niebla en el desierto de Tarapacá. Revista de Geografía Norte Grande (Chile) 26: 3-13.

DI CASTRI F (1968) Esquisse écologique du Chili. En: Deboutteville D & E Rapoport (eds) Biologie de L'Amérique Australe, vol. IV: 1-33, 1 mapa. Éditions du CNRS, Paris, Francia. Traducción del Departamento de Botánica, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

DILLON MO & PW RUNDEL (1990) The botanical response of the Atacama and Peruvian desert floras to the 1982-83 El Niño event. En: Glynn PW (ed) Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation, 487-504. Elsevier Oceanography Series 52, Amsterdam, The Netherlands.

DILLON MO (1998) Chasing the 1997/1998 El Niño across Peru. The Field Museum's Membership Publication (USA) 69: 2-4.

ELLENBERG H (1959) Über den Wasserhaushalt tropischer Nebeloasen an der Küstenwüste Perus. Berichte Geobotanische Forschung des Institut Rübél 1958: 47-74.

FOLLMANN G & P WEISSER (1966) Oasis de neblina en el norte de Chile. Boletín de la Universidad de Chile 67: 34-38.

FUENZALIDA R (1985) Aspectos oceanográficos y meteorológicos de El Niño 1982-83 en la zona costera de Iquique. Investigaciones Pesqueras (Chile) 32: 47-52.

GOODSPEED TH (1961) Plant hunters in the Andes. University of California Press, Berkeley, California. 378 pp.

JAFFUEL F (1936) Excursiones botánicas a los alrededores de Tocopilla. Revista Chilena de Historia Natural 40: 265-274.

JOHNSTON IM (1929) Papers on the flora of northern Chile. 1. The coastal flora of the departments of Chañaral and Taltal;

2. The flora of the nitrate coast; 3. Undescribed species from the cordilleras of Atacama. Contributions Gray Herbarium 85: 1-172 (+ 2 láminas).

JOHNSTON IM (1936) A study of the Nolanaceae. Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences (USA) 71: 1-87.

KRAUS R (1995) The environmental conditions of Cactaceae in Chile. Haseltonia 3: 1101-129.

MARTICORENA C, O MATTHEI, R RODRÍGUEZ, MK ARROYO, M MUÑOZ, F SQUEO & G ARANCIO (1998) Catálogo de la flora vascular de la segunda región (región de Antofagasta), Chile. Gayana Botánica (Chile) 55: 23-83.

MESA A, M MUÑOZ & R PINTO (1998) Presencia de *Nolana adansonii* (Roemer et Schultes) Johnst. y *Nolana intonsa* Johnst. (Nolanaceae) en el desierto costero de Iquique, Norte de Chile. Museo Nacional de Historia Natural, Noticiario Mensual (Chile): 333: 3-7.

MUÑOZ C (1966) Sinopsis de la flora chilena. Segunda edición. Ediciones Universidad de Chile, Santiago, Chile. 500 pp.

MUÑOZ M (1991) Flores del Norte Chico. Segunda edición. Dirección de Archivos, Bibliotecas y Museos, Santiago, Chile. 95 pp.

MUÑOZ M (2000) Novedades en la familia Alstroemeriaceae. Gayana Botánica (Chile) 5: 55-59.

ORTLIEB L (1994) Las mayores precipitaciones históricas en Chile Central y la cronología de eventos ENOS en los siglos XVI-XIX. Revista Chilena de Historia Natural 67: 463-485.

OSSES P, P CERECEDA, R SCHEMENAUER, H LARRAÍN & P LAZARO (1998) Diferencias y similitudes de la niebla entre Iquique (Chile) y Mejía (Perú). Revista de Geografía Norte Grande (Chile) 25: 7-13.

PLISCOFF P (1999) Estudio del evento de desierto florido en 1997 en la tercera y cuarta región (26° y 31° lat. S), mediante imágenes satelitales NOAA AVHRR. Seminario para optar al grado de Licenciatura en Geografía, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 60 pp.

ROMERO H & AM GARRIDO (1985) Influencias genéticas del fenómeno El Niño sobre los patrones climáticos de Chile. Investigaciones Pesqueras (Chile) 32: 19-35.

RUNDEL PW & M MAHU (1976) Community structure and diversity in a coastal fog desert in northern Chile. Flora 165: 493-505.

RUNDEL PW, MO DILLON, B PALMA, HA MOONEY, SL GULMON & JR EHLERINGER (1991) The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. ALISO 13: 1-49.

RUNDEL PW, MO DILLON & B PALMA (1996) Flora and vegetation of Pan de Azúcar National Park in the Atacama desert of northern Chile. Gayana Botánica (Chile) 53: 295-315.

SIELFELD W, E MIRANDA & J TORRES (1995) Información preliminar sobre los oasis de niebla de la costa de la primera región de Tarapacá. Programa de Recursos Hídricos y Naturales Renovables, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile. 55 pp.

SOTO R (1985) Efectos del fenómeno El Niño 1982-83 en los ecosistemas de la I Región. Investigaciones Pesqueras (Chile) 32: 199-206.

SQUEO FA, LA CAVIERES, G ARANCIO, JE NOVOA, O MATTHEI, C MARTICORENA, R RODRÍGUEZ, MTK ARROYO & M MUÑOZ (1998) Biodiversidad de la flora vascular en la región de Antofagasta, Chile. Revista Chilena de Historia Natural 71: 571-591.

TREWARTHA GT (1961) The earth's problem climates. University of Wisconsin Press, Madison, Wisconsin. 371 pp.

WEBERBAUER A (1911) Die Pflanzenwelt der peruanischen Anden. En: Engler-Drude O (ed) Die Vegetation der Erde 12: 1-355, 40 láminas, 2 mapas. Leipzig.

WERDERMANN E (1931) Die Pflanzenwelt Nord und Mittelchiles. Vegetationsbilder 21: 31-42.

*Editor Asociado: L. Corcuera*

*Recibido el 29 de septiembre de 1999; aceptado el 31 de agosto de 2000*

---

© **2007 Sociedad de Biología de Chile**

**Canadá 253, Piso 3, Depto. F, Providencia**

**Casilla 16164  
Santiago 9, Chile**

**Teléfono: (56-2)209 3503**

**Fax: (56-2)225 8427**



[socbiol@manquehue.net](mailto:socbiol@manquehue.net)