

Campos de tillandsias y niebla en el desierto de Tarapacá

P. CERECEDA¹, H. LARRAIN², P. LÁZARO³, P. OSSES¹,
R.S. SCHEMENAUER⁴ y L. FUENTES¹

Proyecto¹ Fondecyt 1971248

RESUMEN

En el desierto de la cordillera de la Costa, en las proximidades de Iquique, en la Región de Tarapacá se encuentran paños de tillandsias (Tillandsia landbecki), un tipo de vegetación xerófita que logra vivir en las condiciones de sequedad extrema gracias a la niebla. Conocer los factores que definen su presencia es uno de los objetivos de este artículo. El precario estado en que esta vegetación se encuentra, obliga a conocer su distribución y tomar medidas para su protección.

ABSTRACT

In the desertic coastal mountain range, near Iquique, in the Tarapacá Region, there are some fields of "tillandsias" (Tillandsia landbecki). These xerophitic plants survive the dry conditions of the area due to fog. One objective of this article is to analyze the factors that define its presence. It is an obligation to recognize the distribution of this fragil vegetation and to protect it from extinction.

INTRODUCCION

Entre 1997 Y 1999 se ha desarrollado el proyecto Fondecyt N° 1971248, cuyo objetivo principal fue realizar un estudio comparativo sobre la niebla de la Pampa del Tamarugal y de la costa de Iquique con relación a su origen, comportamiento y su influencia en la vegetación. Con respecto al origen, se postuló el predominio de la niebla de advección en la costa y de radiación en la Pampa del Tamarugal principalmente durante el período invernal. Asimismo, se trabajó como hipótesis la penetración continental de las nieblas costeras en algunos períodos del año a través de corredores de niebla situados de W a E y ubicados en las variadas formas del relieve de la cordillera de la Costa, pudiendo alcanzar a la gran planicie del Tamarugal.

Algunos tipos de vegetación son indicadores de la presencia de niebla en ambientes de desiertos costeros, básicamente las cactáceas y cierta flora de tipo arbustivo. Esta última es muy escasa en el Norte Grande, y a veces se mantiene en

condición de relicto en algunas quebradas y áreas particulares, como por ejemplo en Paposo, al S de la ciudad de Antofagasta. (Coordenadas: 25°05'S- 70°30'W). En las laderas del megaacantilado, como es el caso de Patache y Chipana al sur de Iquique, hay amplios sectores visibles de cactáceas columnares (*Eulychnia iquiquensis*), cuya presencia ha sido tradicionalmente asociada a la neblina o camanchaca. Es difícil postular que la niebla sola pueda llegar a permitir la germinación de una cubierta herbácea, sin una adición de precipitación que humidifique convenientemente el suelo, tal como se produce en los años de "desierto florido" (El Niño), o en los períodos de intensa niebla y llovizna típicos de los meses de primavera y verano en la costa peruana. Sin embargo, hay un tipo de vegetación representativa de las lomas de Perú, que también se encuentra en Chile y que es característica de las zonas de niebla; se trata de las tillandsias o "claveles del aire", especie de la Fam. *Bromeliaceae*, que en la costa de Tarapacá corresponde a la *Tillandsia landbecki*.

En líneas generales, la presencia de vegetación como indicador de existencia de niebla debe analizarse con precaución, debido a que puede haber lugares que presentan mucha niebla, pero no registran vestigios de flora y fauna; esto puede deberse a procesos de desertización o de desertificación por efecto de la depredación operada por el propio hombre. Si se piensa en una diferencia-

¹ Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

² Instituto de Estudios de la Cultura y Tecnología Andina (IECTA). [Iquique, Chile.

³ Arquitecto, Consultor en Nieblas, Intendencia de Tarapacá.

⁴ Atmospheric Environment Service, Environment Canada, Canada.

ción de la cobertura o densidad vegetal, también puede incurrirse en error cuando no se toman en cuenta los factores geográficos que determinan la presencia de flora y/o fauna (por ejemplo, mayor vegetación en laderas húmedas por exposición a los vientos o a la trayectoria del sol). Sin embargo, se puede decir que la presencia de campos de tillandsias constituye efectivamente un buen indicador en el caso de desiertos absolutos, en los que la precipitación sólo se produce en algunos años, principalmente asociados al Ciclo del Niño, siendo generalmente el resto de ellos carente de lluvias. Así, pues, la única explicación plausible de la existencia de estos paños de vegetación permanente, se encuentra en el frecuente aporte hídrico de la niebla, particularmente en los meses de invierno y primavera.

En este artículo se señalan las características biogeográficas de los paños o agrupaciones de tillandsias, localizados en aquellos corredores de penetración de la niebla detectados hasta ahora, así como su comportamiento espacial y temporal en un sector relativamente próximo a la ciudad de Iquique. Existen otros campos de tillandsias, en el tramo Pisagua-Río Loa, los que obedecen a la influencia de otros corredores de niebla, han sido reconocidos, pero aún no estudiados en profundidad.

EL AREA DE ESTUDIO

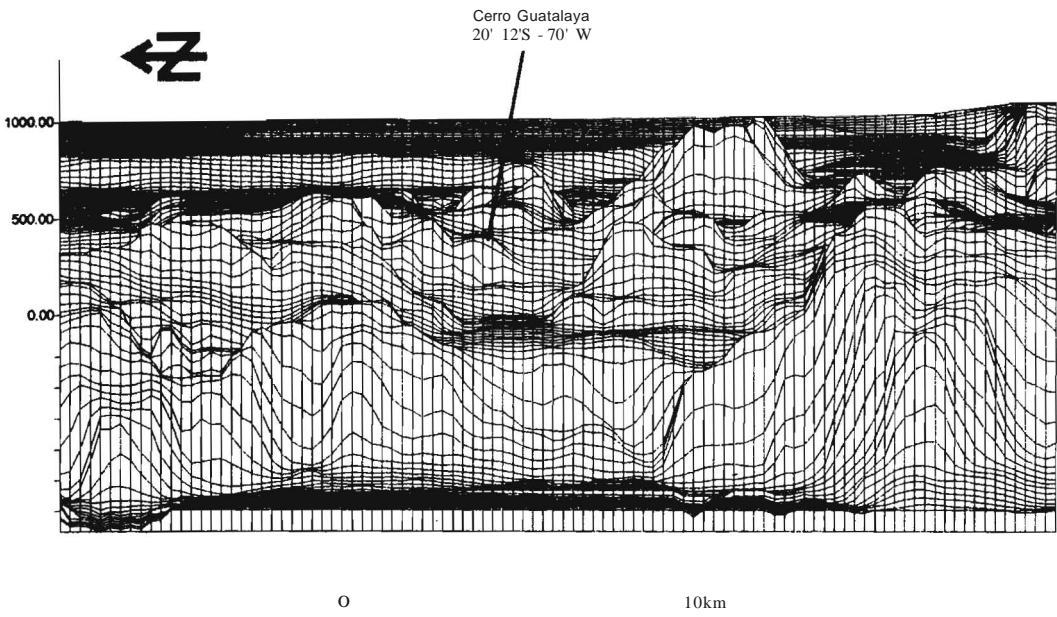
El área de estudio del proyecto Fondecyt corresponde a una franja costera que se inicia en la latitud de Pisagua y termina en la desembocadura del río Loa ($20^{\circ}05'S-21^{\circ}00'S$; $70^{\circ}40'W-70^{\circ}50'W$).

La extensión longitudinal es de aproximadamente 100 km y su ancho es variable, con un promedio de 70 km; la superficie total del área de estudio cubre alrededor de 8.000 km², Comprende las angostas planicies litorales (S km de ancho, en promedio); el farallón costero con altitudes entre 400 y 1.000 m; y la cordillera de la Costa cuyas cumbres principales bordean los 1.500 y 2.000 m.s.n.m., y cuyo ancho oscila entre los 50 y 100 km. Además abarca la Pampa del Tamarugal, hasta los glaciares de la cordillera andina. Para el análisis de la vegetación sólo se evaluó el farallón y la cordillera de la Costa y específicamente para el estudio que aquí se presenta, se trabajó en terreno en esta última (figura 1).

Para el estudio fitogeográfico del tillandsial se escogió el de Cerro Guatalaya ($20^{\circ}12'S-70^{\circ}W$) de 1.065 m de altitud, ubicado en la cordillera de la Costa, a 14 km en línea recta de Iquique y muy próximo a la carretera asfaltada que une la Panamericana con dicha ciudad. Cabe hacer presente que este lugar figura en los mapas escala

FIGURA 1

AREA DE ESTUDIO: IQUIQUE-C° GUATALAYA



1:250.000 y 50.000 con distinto topónimo (Huantajaya y Guatalaya).

OBJETIVOS ESPECIFICOS y METODOLOGIA

Los objetivos específicos fueron divididos en dos temas de análisis: uno, relativo a la vegetación, y el otro, a la niebla. Desde el punto de vista de la formación de las tillandsias, los objetivos planteados fueron: conocer su localización y relacionar la formación vegetacional con el clima de la zona y con el relieve a meso y microescala. Además, se programó cuantificar la cobertura y el vigor de la vegetación en un área representativa.

Con respecto a la niebla, los objetivos fueron: conocer los factores de relieve que permiten la penetración de la niebla y determinar la altitud más adecuada; definir los corredores de niebla y cuantificar su potencial de colección de agua y el comportamiento temporal de ella en un área representativa.

Para la ubicación de los paños o agrupaciones de tillandsias se utilizó el documento "Información Preliminar sobre los oasis de niebla de la costa de la Primera Región de Tarapacá" de Sielfeld, Miranda y Torres (1995). Para la detección de nuevas áreas vegetadas, se procedió a definir dichos corredores de penetración de nieblas mediante cartografía y recorridos sistemáticos en terreno.

Para la detección de corredores de penetración de nieblas se utilizó la cartografía 1:250.000, donde mediante el software SIG Arc/Info 5.0 se detectaron los cordones transversales de la cordillera de la Costa y los sectores deprimidos entre ellos con altitudes que fluctuaron entre 700 y 1200 m.s.n.m. Se realizaron 4 campañas de medición de colección de agua de niebla mediante el empleo de neblinómetros SFC según protocolo de Schemenauer y Cereceda (1994) y observaciones de parámetros meteorológicos de temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad de viento en base horaria (Cereceda *et al.*, 1999).

Para caracterizar la formación vegetacional del cerro Guatalaya, se procedió a describir su fisonomía y a cuantificar la cobertura en tres escalas. La primera a escala global del tillandsial en donde se trabajó con transectas longitudinales y transversales (6 en total), las que permitieron definir áreas de cobertura alta, mediana y baja mediante el "método del metro lineal". Este consiste en medir en la transecta el porcentaje de suelo des-

nudo y suelo cubierto por la vegetación; también se trabajó al nivel de parcelas de 200 x 200 m con el método anterior y finalmente se midió la cobertura en escala de detalle según el "método del metro cuadrado" que consiste en una estructura de 1 x 1 m dividido en 100 cuadrados de 100 cm² cada uno, donde simplemente se cuentan aquellos que presentan vegetación. El vigor se determinó en función de la apariencia externa de las plantas, las que fueron cuantificadas de acuerdo a la escala alto, medio, bajo y muerto (Fuentes L., 1997).

Para conocer el comportamiento temporal de la niebla y su potencial de colección de agua, se instaló un neblinómetro SFC de 1 m² provisto de malla Raschel, desde agosto de 1997 hasta agosto de 1999, el que fue medido sistemáticamente cada semana. Asimismo, durante una pequeña campaña de 5 días de medición de niebla se instalaron dos neblinómetros "altitudinales" de 1,40 m de altura con 3 paneles equidistantes, de 25 x 25 cm cada uno. El SFC fue instalado a los 1.065 m.s.n.m. y los altitudinales, a 990 y 1.065 m., respectivamente.

Se elaboró la siguiente hipótesis de trabajo: aquellos corredores de penetración de niebla que presentan cordones transversales y perpendiculares a la dirección del viento predominante, ostentan campos de tillandsias de densidad y superficie variable.

ANTECEDENTES SOBRE ESTUDIOS DE NIEBLA Y VEGETACION

Los estudios de vegetación de nieblas en el mundo son frecuentes, especialmente en los bosques tropicales, donde se ha intentado diferenciar el aporte hidrológico de la lluvia y de la niebla con el fin de comprender la relevancia que tiene el manto nuboso en la dinámica del ecosistema (Juvik, 1995, 1998; Ataroff, 1998; Hafkenscheid, *et al.*, 1998; Ingraham y Matthews, 1995). Estos estudios son importantes, ya que en muchos casos de tala indiscriminada los ecosistemas no se regeneran debido a que las precipitaciones normales no son capaces de restaurar la antigua vegetación degradada. Esto sucede porque el aporte de la niebla se pierde al no existir superficies de intercepción que permitan la captación y el escurrimiento del agua al suelo. En Chile se está iniciando este tipo de estudios en los bosques templados de la X Región (C. Oyarzún, comunicación personal). Este problema podría presentarse también en el bosque relicto de la isla Róbinson

Crusoe del archipiélago de Juan Fernández, donde las variadas actividades humanas y las plagas vegetales y animales amenazan la supervivencia del bosque de niebla (Cereceda *et al.*, 1996).

Numerosos son los estudios de niebla-vegetación que dicen relación con la contaminación atmosférica, específicamente con nieblas ácidas, trabajos más frecuentes en Europa y América del Norte (Schemenauer *et al.*, 1995; Banic, *et al.*, 1998). En efecto, la grave contaminación industrial y urbana propia de los países desarrollados, ha puesto en grave peligro a los bosques de Europa, Estados Unidos y Canadá. En este último país, las formaciones de arce han sufrido un grave deterioro y por lo tanto, la producción de "syrop" ha bajado considerablemente (Canadá produce el 90% del total mundial); asimismo, la industria de la madera se ha visto también afectada en la provincia de Quebec (Cereceda y Schemenauer, 1987). La Selva Negra alemana (Schwarzwald), también se ha dañado, desarrollándose en ese país estudios desde la década del 40 para conocer sus causas y lograr una mitigación del problema.

En Chile se han hecho estudios de química de nieblas y su relación con la vegetación en los bosques del sur, concluyéndose que existe un aporte de nutrientes por el contenido de nitrógeno inorgánico en las gotas de la niebla (Weathers and Likens, 1997). Schemenauer y Cereceda (1992) han encontrado un rango de pH especialmente bajo en las nieblas costeras de la IV Región; en cambio en Róbinson Crusoe las nieblas presentaron pH en el rango neutro.

No son tan numerosos los estudios de vegetación de nieblas en los desiertos del mundo, no siendo por ello menos importantes. Por ejemplo, los ecosistemas del desierto de Namibia han sido ampliamente estudiados por la Desert Research National Foundation, especialmente en relación con la fauna (Seely, 1979; Seely M. and M. Griffin, 1986; Henschel J.R. 1997). El desierto del sultanato de Omán también ha sido estudiado desde esta perspectiva, comprobándose la eficaz acción de la niebla en la permanencia de la vegetación xerófito y mesófito (Price, *et al.*, 1988).

LA VEGETACION DEL DESIERTO COSTERO DEL NORTE GRANDE

La vegetación de lomas del desierto peruano ha sido ampliamente estudiada por botánicos y ecólogos, tanto nacionales como extranjeros. Algunos de ellos la tratan en conjunto con los ecosistemas áridos de Chile y Perú, haciendo ex-

tensivo este tipo vegetacional hasta la Región de Atacama (Rundel, 1991; Péfour, J., 1978). Se trata de formaciones xerófitas que se presentan en las serranías costeras y en algunas planicies litorales. Se definen como "vegetación efímera que aparece sólo en primavera con excepción de las lomas de *tillandsia*". Las lomas peruanas fueron clasificadas en cuatro tipos mayores basándose en investigaciones en 1980 (Ono, 1982): lomas herbáceas, lomas arbustivas, lomas de *Bromeliaceae* y lomas de *tillandsia*" (Masuzawa, 1985:79). Cuatro años de investigaciones en las lomas de Mejía, en el marco del proyecto de la Unión Europea denominado: "La niebla un nuevo recurso de agua para el desarrollo sustentable de los ecosistemas del desierto costero de Perú y Chile", han permitido avanzar en el conocimiento de la distribución de ellas y de sus características botánicas y ecológicas (Jiménez *et al.*, 1998; Puig *et al.*, 1998)

En la costa del sur peruano se pueden distinguir tres tipos de lomas puras, y otras tantas combinaciones que generan lomas mixtas; dentro de las clasificadas como puras, están las herbáceas, las arbustivas y las arbóreas. Las más extensivas son las herbáceas, que germinan prácticamente todos los años "lluviosos". Este ecosistema es muy frágil debido a la alta variación interanual de las precipitaciones, donde años muy lluviosos alternan con otros muy secos que son los que predominan en las series climáticas. Estos años húmedos, que se asocian al Ciclo del Niño, permiten una germinación abundante que asegura la permanencia del banco de semillas en la zona.

En las formaciones vegetacionales típicas de la Región de Tarapacá, según Sielfeld *et al.*, (1995) se reconocen las siguientes "unidades vegetacionales": el matorral espinoso caracterizado por la presencia de cactáceas; los prados de *Cryptantha*, a veces acompañados por especímenes aislados de *Ephedra breana*; prados de *Nicotiana*, asociados con *Leucocoryne*; prados de *tillandsia* sobre dunas, y, finalmente, líquenes sobre rocas mayores, gravas y gravillas, así como en vegetales superiores.

Según estos mismos autores, los oasis de nieblas en la zona de estudio, se encuentran en Alto Junín, Caleta Buena, Huantaca, Huantajaya, Punta Gruesa, Punta Patache, Pabellón de Pica y Alto Chipana.

La formación de *tillandsias* ha sido ampliamente estudiada en el litoral del Perú (Fukushima, 1969; Masuzawa, 1985) y solamente han sido reconocidas en Tarapacá (Chile) por Sielfeld *et al.*, 1995; sin embargo, en este último país, no hay

estudios específicos de ella, siendo el que aquí se presenta, el primero de tipo biogeográfico.

En la literatura se menciona frecuentemente la influencia de la niebla, pero no hay estudios sistemáticos de ella. En esta oportunidad se presentan resultados cuantitativos sobre su comportamiento y se analizan los factores geográficos que determinan su distribución espacial y temporal.

LA NIEBLA EN TARAPACA

Desde el punto de vista geográfico, la niebla ha sido estudiada en Chile y en el mundo en numerosas ocasiones,- se ha documentado su potencial de colección de agua y analizado los factores de distribución espacial y temporal (Schemenauer y Cereceda, 1994; Cereceda y Schemenauer, 1996; Marzol *et al.*, 1996; Olivier, 1992; Osses *et al.*, 1996; Espejo 1993)

Los factores más relevantes se refieren a la Circulación General de la Atmósfera, donde la presencia de anticiclones y corrientes oceánicas frías que determinan inversiones dinámicas, vientos y surgencias de aguas marinas, generan e intensifican la formación de nubes estratocúmulos. Un aspecto definitorio en las nieblas costeras es el relieve y la topografía que permite la intercepción del estrato nuboso y la penetración continental de las masas generadas en los océanos. Así, la altitud, la exposición a los vientos predominantes, la presencia de valles, cuencas interiores y otros rasgos menores del relieve, definen y determinan el comportamiento de la niebla.

Se estableció, después de varias visitas de inspección del terreno y examen de la cartografía respectiva, la existencia de sectores importantes de presencia y penetración de niebla. Se dio énfasis al relieve interior, especialmente a la topografía de las planicies intermontanas y depresiones como salares o antiguos lechos lacustres, encontrándose una directa relación con los oasis de niebla. El sector de presencia de niebla en el farallón costero y en los primeros contrafuertes cordilleranos occidentales se definió como continuo; es decir, cualquier lugar del farallón puede interceptar la masa nubosa proveniente del océano debido a que el área presenta una altitud superior a 700 m, salvo contadas secciones deprimidas. En los casos en que el farallón es de una menor altitud, la niebla penetra hasta los primeros contrafuertes de la cordillera de la Costa. Si se establece un espesor medio de la nube estratocúmulo del orden de los 300 m, que oscila entre 700 y 1.200 m (Espejo *et al.*, 1993) la "mu-

ralla" cordillerana permite el adosamiento del estrato nuboso prácticamente en toda el área estudiada. Según Espejo (1993:239), para el área de Antofagasta, "la mayor captación se produce en los meses de primavera con un promedio de 3.22 L/m²/día para un nivel de 900 m". En este estudio sobre la altura de la base, cima y espesor de la nubosidad, se indica que éstos varían según la hora y la estación del año. Por lo tanto, se determinó una altitud apropiada para el modelo de comportamiento espacial de la niebla en torno a los 800- 1.100 m. De acuerdo a ella, se procedió a analizar el relieve que determina la dirección y velocidad del viento, que en definitiva, condiciona localmente su penetración y la colecta de agua resultante. De allí que, una vez definido un rango amplio de altitud, dichos factores y elementos fueron considerados los de mayor relevancia.

En este trabajo se asumió la presencia de vientos predominantes del S, W, y SW, cuyas fuerzas y direcciones locales quedan determinadas por el relieve interior, especialmente las pampas y salares; éstos se presentan en forma de centros de baja presión, los que "succionan" las masas de aire provenientes del océano. A ellos se les ubicó en los corredores de penetración formados por sucesiones de lomajes y pequeñas pampas interiores conectadas entre sí. En estricto rigor, se espera encontrar vegetación dentro de estos corredores en todos los cerros interceptores de niebla.

Cuatro sectores quedaron definidos como corredores de penetración de niebla:

- a) **Corredor Caleta Junín-Pampa Zapiga.** Este sector es interesante por cuanto la cordillera de la Costa tiene aquí su ancho menor (sólo 20 km) y presenta una serranía baja, con cumbres aisladas de más de 1.000 m. Desemboca en la enorme pampa de Zapiga, que alberga un bosque plantado de tamarugos de gran vigor. No se encontró vegetación alguna en el corredor sino sólo vestigios de un oasis de niebla en la zona de la costa (mencionado por Sielfeld *et al.*, *op. cit.*s. Llama la atención la gran vitalidad que presentan los tamarugos, que podría relacionarse con la presencia de frecuente niebla de radiación y/o con la llegada de niebla costera de advección al área boscosa actual.
- b) **Corredor Alto Hospicio-Punta Gruesa.** Desemboca en las proximidades de la localidad de Pozo Almonte penetrando entre los conjuntos de cerros de Huantaca-Huantajaya-Guatlaya y de Minas Viejas, todos ellos formados por suaves lomajes. Huantaca y Huantajaya son mencionados por Sielfeld *et al.* (*op.cit.*) en su es-

tudio de los oasis de neblina. Aquí se encontraron varios paños o agrupaciones de tillandsias, algunos de ellos muy próximos a la vía que une Iquique con la Carretera Panamericana. Próximos a la serranía que cierra el corredor hacia el sur y que nace en Punta Gruesa se contabilizaron cuatro campos de tillandsias; uno de ellos, el de Guatalaya, fue estudiado en detalle por Fuentes (1997).

- e) Corredor Punta Chucumata-Punta Patache. Éste, con penetración entre lomas desde el acantilado de 500 m de altitud en la zona más baja, enfila en dirección SW-NE y culmina en el Salar de Pintados. Este corredor es atravesado por un conjunto de inselbergs, que virtualmente constituye un verdadero "muro que corre de lado a lado" del corredor, interceptando así la niebla. Aquí se encontró un tillandsial de aproximadamente 1 km² de superficie (2 km en dirección E-W y 0,5 km en dirección N-S); su topónimo en la cartografía 1:50.000 aparece como "Pajonal". Este tillandsial, distante de la costa unos 12 km, se encuentra en muy mal estado, con grandes paños aparentemente secos; sin embargo, en el invierno de 1997 fue posible encontrar aquí hasta tillandsias en flor. Cabe mencionar que este tillandsial es cruzado por una antigua ruta, muy utilizada por las carretas que iban desde la pampa a la costa, rumbo a Pabellón de Pica, en la época de la explotación del salitre.
- d) Corredor Punta Chomache- Punta Chipana. Con penetración entre serranías altas, situadas sobre los 1.000 m de altitud y con relieve caótico; en oportunidades este corredor se convierte en varios "subcorredores" angostos. Todos ellos culminan en el salar de Llamara, pasando por la ribera sur del salar Grande. En el sector próximo a Chipana (sur de Guanillos) se encontró también un tillandsial en la cima de un pequeño inselberg situado en la zona de paso del área de penetración de la neblina. Este paño fue recorrido en esta investigación (marzo 1997) sin encontrar allí plantas vivas. Este corredor culmina al llegar al salar, donde la vegetación de tamarugos nativos (*Prosopis tamarugo*) y de retamillas (*Caesalpinia aphila*) se encuentra en abundancia ostentando notable vigor.

EL CAMPO DE TILLANDSIAS DE GUATALAYA

Como se señaló anteriormente, se realizó un estudio fitogeográfico mediante el cual se anali-

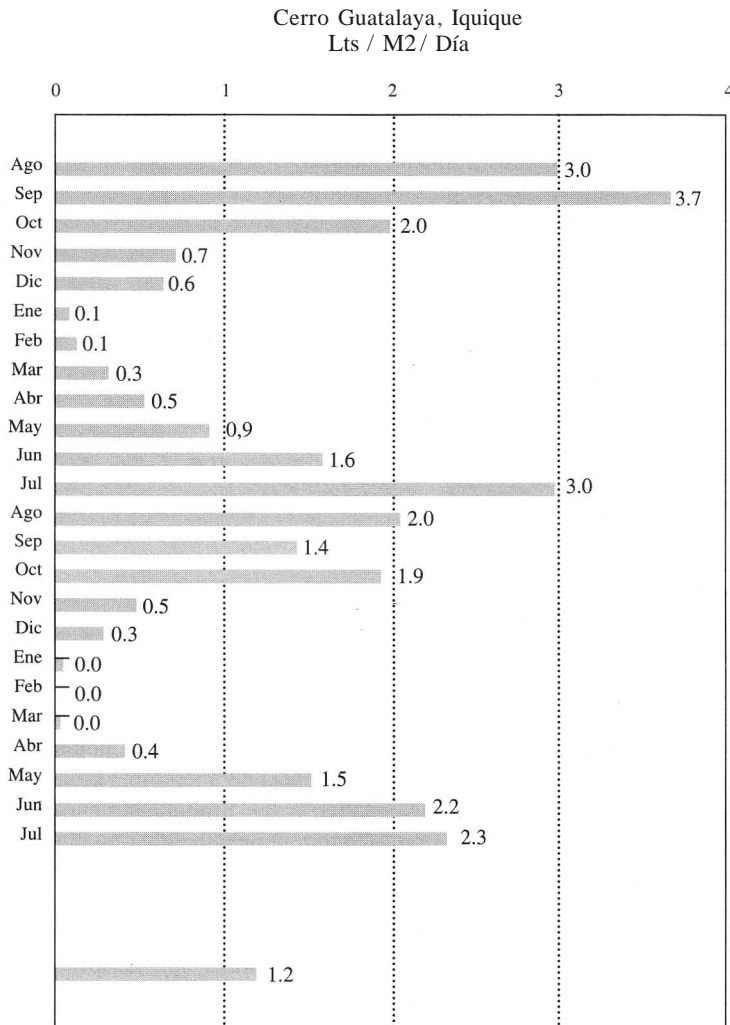
zaron los diversos factores que determinan la vegetación y se cuantificó la cobertura y el vigor del campo de tillandsias ubicado en faldeos del cerro Guatalaya. Este se ubica en el corredor Alto Hospicio-Punta Gruesa que comprende un portezuelo amplio formado entre los cerros de Huantajaya y de Minas Viejas. Se desarrolla en suaves lomajes de orientación aproximada SW-NE, que comunican la cima del farallón costero que aquí se presenta muy bajo (aproximadamente 500 m) con la Pampa del Tamarugal que supera los 1.000 m.s.n.m.

Los registros climáticos no prestaron mucha utilidad, ya que las estaciones meteorológicas próximas, el aeropuerto Diego Aracena (a 48 km al sur de Iquique) se encuentra en la costa a nivel del mar, y la antigua estación de Los Cóndores (hoy desmantelada) se ubicaba a corta distancia del acantilado y sólo a 515 m. de altitud. En esta última, en un estudio de 18 años de observación de niebla se contabilizaron en promedio 20 días/año con presencia del fenómeno (Cereceda y Schemenauer, 1991). Esta cifra es muy baja para ser representativa de las áreas de tillandsias activas detectadas, ya que éstas se encuentran a distancias de 14-16 km tierra adentro y próximas a los 1.000 m, altitud más favorable para la intercepción de la nube estratocúmulo. En todo caso, es interesante consignar como referencia genérica, que en Iquique los meses de mayor nubosidad corresponden a julio, agosto y septiembre (época de las mayores captaciones de agua en el neblinómetro). La temperatura anual media es de 17,9°C y la precipitación anual promedio en 30 años es inferior a 2 mm. Ciento diez días al año se presentan en promedio cubiertos, mientras que sólo 66 días son totalmente despejados (Fuentes, 1997). Las mediciones de colección de agua de niebla realizadas sistemáticamente allí, semana a semana, por dos años consecutivos (09/08/97 al 01/08/99), arrojaron un interesante promedio de captación de agua de 1,17 L/m²/día. La mayor productividad media se da en los meses de invierno (2,6 L/m²/día primavera (1,0 L/m²/día y otoño (0,9 L/m²/día y la menor, en los meses de verano (0,1 L/m²/día (figura 2).

Geomorfológicamente, el campo de tillandsias se encuentra en una antigua formación dunaria, cuyas finas arenas habrían penetrado desde la formación costera conocida con el nombre de "Duna del Dragón", ubicada al sur de la ciudad de Iquique y en Bajo Molle. Los vientos se canalizan por el relieve deprimido del "graben" tectónico correspondiente al área de Alto Hospicio-Alto Molle; ascienden rumbo al este pasando

FIGURA 2

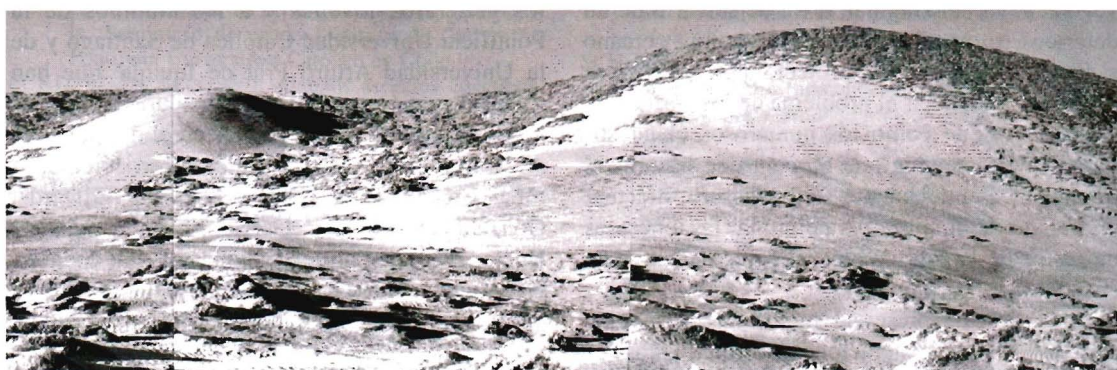
RECOLECCION DE AGUA TILLANDSIAS
Medias Diarias Mensuales 1997 - 1998 - 1999



por el pie del cerro Santa Rosa (940 m). Las serranías en el área de estudio tienen una altitud promedio de 800-900 m, con cumbres principales que se elevan sobre 1.000 m. A medida que se avanza hacia el oriente, la altitud del corredor aumenta, de tal suerte que algunas cumbres sobrepasan los 1.300 m.

Las agrupaciones de tillandsias compactas se localizan en las laderas que se orientan de preferencia hacia el oeste, con sus variantes noroeste y suroeste. No presentan un patrón definido, ya que es la disposición topográfica de los cordones transversales la que intercepta el corredor por donde transita la niebla, determinando así su localización.

Observaciones practicadas indican que levemente al sur del Cerro Guatalaya también se presentan importantes formaciones de tillandsias, cuyo núcleo central se halla en la latitud 20° 17'S y 70° 01'W. Estos campos sucesivos de tillandsias, no estudiados aún en detalle, presentan la particularidad de conformar fajas compactas en los faldeos orientados hacia el W-NW. Estas se caracterizan por estar más o menos equidistantes entre sí, a unos 300-400 m una de la otra, ocupando siempre las laderas de varios cordones paralelos y todos orientados aproximadamente en el rumbo 15° - 20° (NE). Mirando estas formaciones desde lo alto del cerro Guatalaya, es posible detectar siete u ocho tillandsiales dispuestos



en estudio, es decisivo para la permanencia de un mayor número de especies, componentes de la cadena trófica. Un estudio comparativo de la fauna presente en varios tillandsiales -lo que nunca se ha hecho aún en Chile- podría arrojar sorpresas en este sentido.

CONCLUSION GENERAL Y RECOMENDACION

Si se toma en cuenta que este tillandsial no está en su mejor estado de conservación y que sus condicionantes desde el punto de vista fitogeográfico no son las más adecuadas, se puede reconocer fácilmente que se está en presencia de una formación vegetal única y escasa, en

grave riesgo de destrucción o extinción. En efecto, sus características geográficas le son adversas, especialmente en lo que respecta a clima y suelos. La alta insolación en los días despejados y las escasas precipitaciones, junto a los suelos fuertemente deteriorados por la acción del viento, no permiten augurar una buena sobrevivencia a este extraordinario testigo de tantas historias nortinas. Todo hace sospechar que el recalentamiento paulatino de la atmósfera y el deterioro creciente de la capa de ozono, a la larga, irán debilitando estas formaciones vegetales de plantas aéreas (*bromeliaceas*) que viven solamente de la humedad atmosférica. Esto, sin tomar en cuenta los efectos nocivos del creciente tráfico vial de la actual carretera de acceso a Iquique, el que arroja diariamente sobre estos campos de tillandsias

toneladas de gases nocivos para su crecimiento y desarrollo. Tales gases, impulsados por los vientos del SW predominantes, inciden directamente en los lomajes de tillandsias.

Cabe hacer presente además que el área es receptora de una inmensa cantidad de basura (especialmente de bolsas plásticas, papeles y cartones). En efecto, a pocos kilómetros al SW del conjunto de tillandsiales se ubica el vertedero de Iquique y Alto Hospicio, el que por encontrarse en el mismo corredor de vientos, se encarga de esparcir la basura en dirección SW-NE. Esta se va depositando en el cerro Guatalaya que constituye un "obstáculo" natural tanto a los vientos como a la niebla. Por el hecho de ser un área vegetada y con mayor humedad, la formación de nebkas resulta igualmente eficaz para atrapar y "decantar" los desechos urbanos que vuelan y quedan atrapados entre sus corredores de deflación. Este aspecto aparece especialmente grave dada la fragilidad en que se encuentran los tillandsiales.

Por todo lo anterior, se recomienda a las autoridades pertinentes la protección de este sistema vegetacional tan singular, a fin de salvarlo de un deterioro irreversible, el que se ve muy cercano si no se toman medidas protectoras. Para ello, se requerirá solucionar el problema de los vertederos (tanto el oficial como los numerosos clandestinos), fuente perenne que alimenta de basuras el tillandsial. Paralelamente será necesario efectuar un trabajo de limpieza para eliminar las toneladas de restos de papeles y plásticos que actualmente ensucian su frágil entorno.

Si se deseara preservar mejor esta formación para las futuras generaciones de iquiqueños, se debería cercar el área (aproximadamente unos 3.000 m lineales), sin dar la posibilidad de entrar a ella en vehículos o en motos. Para instruir a los "habitantes del desierto" y a los turistas que lo visitan se podría disponer de adecuados miradores o atalayas de observación e instalar un sistema de señalización donde se explique las características peculiares de este desierto. Es importante destacar su clima y relieve, la biodiversidad que alberga; la variada biogeografía de esta zona del Norte Grande, con sus típicas formaciones vegetacionales xerófitas; la formación de los tillandsiales y la importancia de su conservación y preservación. Adicionalmente, se debe considerar que este recurso natural puede tener un valioso potencial turístico para los visitantes de Iquique. Es probable que ni siquiera sea necesario instalar allí vigilancia permanente, ya que es un lugar muy cercano a la carretera, de fácil control y acceso, que no necesita ser "caminado", sino tan sólo

observarlo y admirarlo desde los miradores apropiados.

Si se deseara hacer un turismo rural más instructivo y activo, se podría pensar seriamente en crear allí un "parque de recreación y conservación", mediante la instalación de atrapanieblas que suministraran el agua necesaria para regar y cultivar flores del desierto, implementar un *cactarium* de especies nortinas y poner en marcha otras actividades propias del turismo ecológico. En efecto, las mediciones sistemáticas antes mencionadas (interesante promedio de captación de agua de 1,17 L/m²/día permiten postular seriamente la posibilidad de realizar allí alguna de las actividades aconsejadas desde una perspectiva turística, acopiando agua en estanques de reserva durante los meses más productivos, para enfrentar la sequía del periodo estival.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo desean agradecer a los geógrafos jóvenes y a los alumnos de la Pontificia Universidad Católica de Santiago y de la Universidad Arturo Prat de Iquique que han trabajado en terreno resistiendo duras condiciones de frío en la noche y calor en el día: Claudia Alvarado, David Avaca, Ximena Boroevic, Cristóbal Correa, Pilar Díaz, Magdalena Edwards, Gonzalo Galaz, Juan L. García, Vivian Hernández, Héctor Hevia, Gabriel Olivares, Erika Salazar, Constanza Suzuki, Bárbara van Igel, Flavia Velásquez, Jorge Silva, Cristián Leyton, Claudia Moreira, José Bustamante, A. Campos, E. Cisternas, P. Montenegro y R. Queupul, cuyo desinteresado apoyo destacamos y agradecemos cordialmente. Asimismo, nuestro reconocimiento a Sofía Choque, secretaria del Instituto de Estudios de la Cultura y Tecnología Andina; a Marta Peña por su apoyo logístico en terreno, y a Magdalena Bastías en Santiago. Al Dr. Julio Ferrer (Museo de Stockholm) y al Sr. P. Vidal, por la identificación de especies entomológicas, y asimismo al Sr. Alfredo Ugarte Peña, por la identificación de otras especies zoológicas allí presentes.

BIBLIOGRAFÍA

- ATAROFF, M. (1998): Importance of cloud-water in Venezuelan Andean cloud forest water dynamics. In First Conference on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canadá 25-28.
- BANIC, C.M.; R.S. SCHEMENAUER; K.G. ANALUF y K.I.A. MACQUARRIE (1998): The role of cloud

- in determining ozone concentrations in the Jower troposphere. In First Conference on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada, 163-166.
- CERECEDA P.; H. LARRAIN; P. OSSES y P. LÁZARO (1999): Informe año 1998 del proyecto Fondecyt 1971248.
- CERECEDA, P.; R.S. SCHEMENAUER; P. OSSES; R. PONCE y C. CASTRO (1996): Comportamiento de las precipitaciones en cinco sectores de la isla Robinson Crusoe durante los inviernos de los años 1992 a 1995. En *Revista Terra Australis*, 41. 37-48:
- CERECEDA, P. y R.S. SCHEMENAUER (1991): The occurrence of fog in Chile. *Journal of Applied Meteorology*, 30 N° 8, 1097-1105
- CERECEDA, P. y R.S. SCHEMENAUER (1996): La niebla: recurso para el desarrollo sustentable de zonas con déficit hidrológico. En: *Clima y Agua*, España, 25-36.
- CERECEDA, P. y R.S. SCHEMENAUER (1987): El deterioro de los bosques de Canadá por contaminación atmosférica. En *Revista de Geografía Norte Grande*, 14, 15-19.
- ESPEJO R.; C. BURGOS; R. ZULETA; L. MARTÍNEZ; H. CORREA y A. GIODA (1993): Balance teórico y experimental de captación de agua de los estratocúmulos costeros. III Encuentro de Física U. de Tarapacá, Arica, Chile. 237-246.
- FUENTES, L.A. (1997): Estudio fitogeográfico del campo de tillandsias del cerro Guatalaya, Iquique, Chile. Seminario de grado Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- FUKUSHIMA, M. (1969): Algunos aspectos cuantitativos de los tillandsiales grises de la parte baja del cerro Campana. En Boletín de la Sociedad Botánica de la Libertad, Perú.
- HAFKENSCHIED, R.B. y R. DE JEU (1998): Estimates of fog interception by montane rain forest in the Blue Mountains of Jamaica. In First Conference on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada, 33-36.
- HENSCHL, J.R. (1997): Psammophily in Namib Desert spiders. En *J. Arid Env.*, vol. 37, 695-707.
- INGRAHAM, N.L. y R.A. MATTHEWS (1995): The importance of fog drip to vegetation: Point Reyes Peninsula, California. In *J. Hydrol.*, vol 164, 269-285.
- JIMENEZ P.; F. VILLASANTE; C. TALAVERA; L. VILLEGAS; E. HUAMAN y A. ORTEGA (1998): Southern Peru Lomas Flora. En First Conference on Fog and Fog Collection, Vancouver, Canada, 481-484.
- JUVIK, J.O. y D. NULLET (1995): Relationships between rainfall, cloud-water interception and canopy throughfall in a Hawaiian montane forest. En *Tropical Montane Cloud Forests*. Eds. L.S. Hamilton. J.O. Juvik, and EN. Scatena, Sprinige-Veriag, 165-182.
- JUVIK, J.O. y D. NULLET (1998): Evaluation of a model relating cloud water interception, rainfall and tree canopy throughfall in a Hawaiian montane forest. En First Conference on Fog and Fog Collection, Vancouver. Canada, 45-48.
- MARZOL M.V.; I.L. SANCHEZ; P. VALLADARES; R. PEREZ y P. DORTA (1996): La captación del agua del mar de nubes de Tenerife. Método e instrumental. En *Clima y Agua*, España, 333-350.
- MASUZAWA, T. (1985): Structure of Tillandsi Lomas community in Peru. En Grant-in-aid- for Scientific Research Reports for Overseas Scientific Survey. Tokyo Metropolitan University 93
- OLIVIER I. (1992): Some spatial and temporal aspects of fog in the Namib. SA *Geograaf* 19. 106-126.
- OSSES P.; P. CERECEDA; R.S. SCHEMENAUER y L. VILLEGAS (1996): La niebla. agua para la regeneración de ecosistemas desérticos. En Seminario Internacional Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas. Infor, La Serena.
- PEFOUR I.E. (1978): Composition and structure of communities in the Lomas of Southern Peru. PhD. Thesis, University of Kansas, 215 p.
- PRICE, S.M.R.; A.H. AL-HARTHY y R.P. WHITCOMBE (1988): Fog moisture an its ecological effects in Oman. En Proc. International Conference on Arid Lands Today and Tomorrow, Tucson AZ., 69-88.
- PUIG H.; D. ACAZE y M.E. BELLAN (1998): Desert vegetation mapping and remote sensing. Case of the "lomas" in Southern Peru. En First Conference on Fog and Fog Collection. Vancouver, Canada, 477-479.
- RUNDEL P. (1991): The phytogeography and ecology of the Coastal Atacama and Peruvian desert. En *Revista Aliso*. N° 13, 1-49.
- SCHEMENAUER R.S. y P. CERECEDA (1994): A proposed standard fog collector for use in high elevation regions. *J. Applied Meteorology*, 33(11):1313-1322.
- SCHEMENAUER R.S.; C.M. SANIC y N. URQUIZO (1995): High elevation fog and precipitation chemistry in Southern Quebec, Canada. In *Atmospheric Environment*, vol. 29, 2235-2252.
- SCHEMENAUER R.S. y P. CERECEDA (1992): The quality of fog water collected for domestic and agricultural use in Chile. *J. Applied Meteorology*. 31, N° 3, 275-290
- SCHEMENAUER R.S. y P. CERECEDA (1994): Fog collection's role in water planning for developing countries. En *Natural Resources Forum*, vol. 18 (2). 91-100
- SEELY M. (1979): Irregular fog as a water source for desert dune beetles. *Oecologia*, vol. 42. 213-227.
- SEELY, M.K. y M. GRIFFIN (1986): Animals of the Namib Desert: Interactions with their physical environment. En *Revue de Zoologie Africaine*, vol. 100, 47-61.
- SIELFELD W.; E. MIRANDA Y 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 de Tarapacá, Iquique, Chile, 56 p.
- WEATHERS, K.C. y G.E. LIKENS (1997): Clouds in Southern Chile: An important source of nitrogen-limited ecosystems? In *Environ. Sci. Tech.* 31: 210-213.