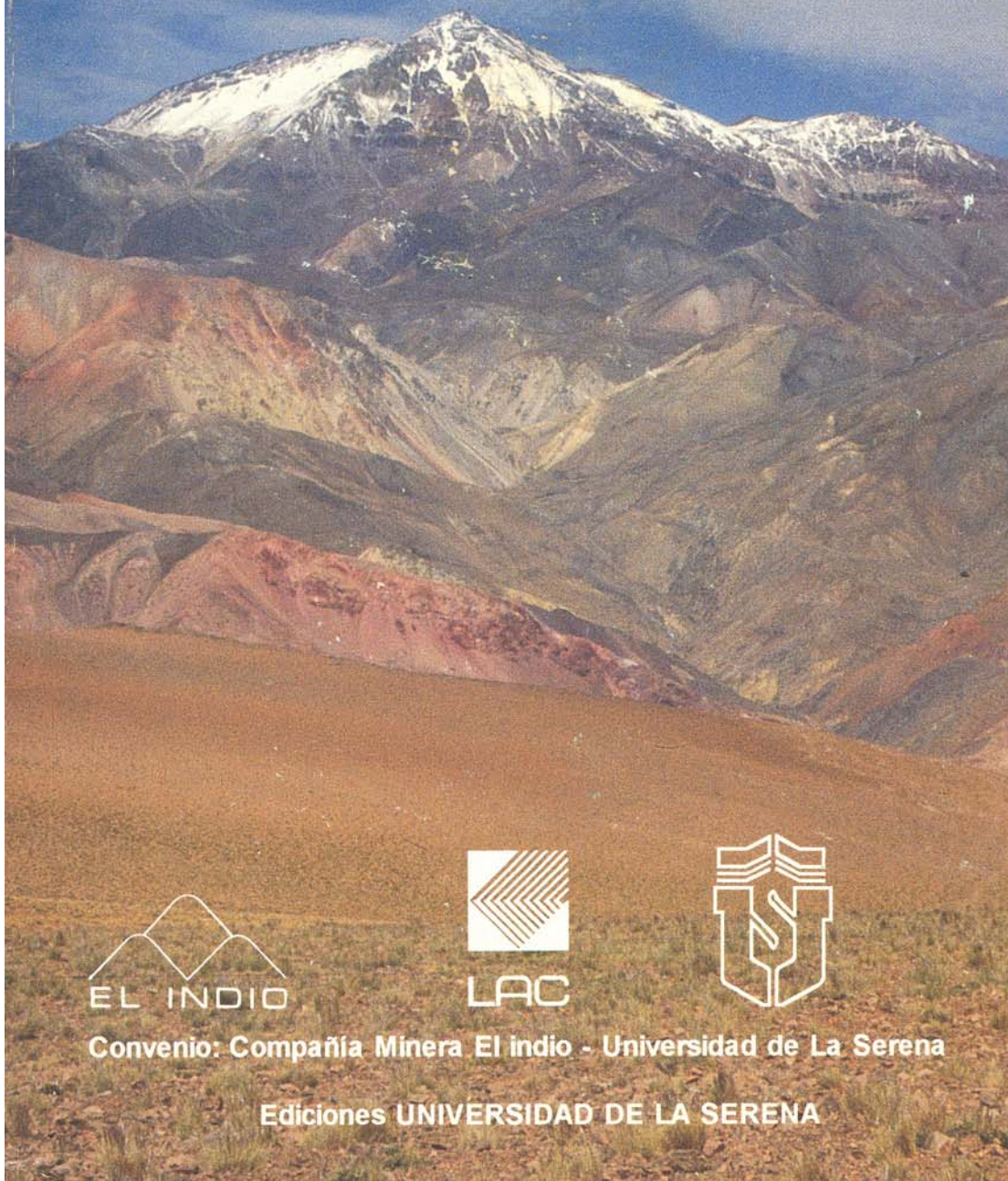


Francisco A. Squeo / Rodomiro Osorio / Gina Arancio

# Flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana



LAC



Convenio: Compañía Minera El indio - Universidad de La Serena

Ediciones UNIVERSIDAD DE LA SERENA

Correspondencia a:

Herbario de la Universidad de La Serena  
Departamento de Biología  
Facultad de Ciencias  
Universidad de La Serena  
Casilla 599  
La Serena  
Chile.

Portada: Cerro de Las Tórtolas (6.332 m).

Portada posterior: Vista hacia el Campamento Canchas de Ski (3.200 m) en la  
Cordillera de Doña Ana.

Fotografías: Francisco A. Squeo

con la colaboración de:

Lorgio Aguilera (13b, 22b)  
Gina Arancio (13a, 21b, 102b)  
Juan Carlos Torres (5a)  
Hernán Vásquez (5b)

© Copyright es propiedad de la "Universidad de La Serena", Benavente 980, La Serena, Chile. Registro de propiedad intelectual N° 89.129 del 27 de Diciembre de de 1993.

ISBN 956-7393-01-X

Impreso en Chile por Editorial Universitaria

# Flora y Vegetación de Los Andes Desérticos de Chile

---

**Francisco A. Squeo, Gina Arancio y Rodomiro Osorio**

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena

**Mary T. Kalin Arroyo**

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

**Heinz Veit**

Lehrstuhl für Geomorphologie, Universität Bayreuth, Alemania

---

Introducción .....	1
I. La paleohistoria .....	2
II. La geomorfología .....	3
III. El clima .....	4
IV. Riqueza de especies .....	5
V. Vegetación .....	7
VI. Heterogeneidad espacial .....	11
VII. Uso de la vegetación .....	11
Resumen .....	13
Abstract .....	14
Bibliografía citada .....	15

---

## **INTRODUCCION**

En este capítulo introductorio a la flora de Los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana, queremos entregar una visión más global acerca de la flora y vegetación de Los Andes desérticos de Chile, región andina en la que está inserta la Cordillera de Doña Ana. Esta revisión de Los Andes desérticos de Chile será en términos de su paleohistoria, geomorfología, clima, riqueza de especies, endemismos y vegetación.

## I. La paleohistoria.

**El levantamiento de Los Andes:** El fuerte levantamiento de la Cordillera de Los Andes comenzó en el Terciario superior, acompañado con actividad volcánica a partir del Mioceno, hace 23 millones de años (Mortimer 1975, 1980; Zeil 1979). La existencia de altas montañas en el Mioceno/Plioceno (5.1 millones de años AP), junto con el probable inicio de la Corriente de Humboldt en este tiempo, habría determinado el comienzo de la aridización de Los Andes del norte de Chile (Herm 1969; Paskoff 1979; Mortimer 1980; Naranjo y Paskoff 1985; Alpers y Brimhall 1988; Arroyo et al. 1988). Favorecidas por las altas elevaciones, las glaciaciones en el Altiplano ocurrieron tan temprano como en el Plioceno (5.1 a 2 millones de años AP) (Clapperton 1979). El Cuaternario (que incluye al Pleistoceno 2 millones de años AP hasta 10.000 años AP, y al Holoceno 10.000 años AP hasta el presente) con su clima relativamente más seco, se caracteriza por la ocurrencia de fases húmedas. El número y edades de cada período no es bien conocido. Sin embargo, un modelo simple con la alternancia de períodos glaciales húmedos y períodos interglaciales secos no estaría lejos de la realidad. Las fluctuaciones climáticas ocurridas en cada período glacial durante el Pleistoceno superior, especialmente variaciones en el régimen de humedad, quedaron registradas por la variación de los glaciares y los cambios en el nivel de los lagos altiplánicos.

**Los climas del Pleistoceno-Holoceno:** Tres a cinco períodos con incremento de la humedad asociables a avances de glaciares están documentados para el Altiplano de Perú y Bolivia. Los períodos de avances de glaciares ocurridos en el Pleistoceno medio y superior tienen correspondencia con altos niveles en el Lago Titicaca (Dobrovoly 1962; Servant 1977; Ballian et al. 1978; Hastenrath y Kutzbach 1985; Lauer y Rafiqpoor 1986; Seltzer 1993). Durante el último máximo glacial (cerca de 20.000 años AP), la máxima depresión en la temperatura respecto al presente alcanzó los 6-7°C. A pesar de esto, en el Altiplano prevalecieron las condiciones secas con la formación de pequeños glaciares y de bajos niveles en los lagos. Condiciones más húmedas están documentadas para > 28.000 años AP (Período Minchin) como durante el tardiglacial (Período Tauca, 3-4°C más frío que el presente). Esto ha sido interpretado como una intensificación o pequeño corrimiento hacia el sur de los "vientos del este" tropicales (Kessler 1984, 1991). Un período tardiglacial húmedo con incremento en el nivel de los lagos también ha sido documentado para Los Andes de Argentina y Chile a los 30°S (Veit y Stringl 1991; Veit 1993a, b; Garleff et al. 1993; Messerli et al. 1993). Las condiciones más húmedas en Chile al sur de los 27° en este tiempo tienen su origen en la intensificación de los "vientos del oeste" (Veit 1993a). La fuerte influencia de los "vientos del oeste" en el sur y de los "vientos del este" en el norte determinan un angostamiento de la "diagonal árida". Las características desérticas de la "diagonal árida" persisten en su presente posición alrededor de los 24°S.

El incremento de humedad en el Altiplano determinó la intensificación de la escorrentía, la que quedó registrada en el inicio de la profundización del valle de los ríos. Por ejemplo, para el valle del Río Lluta, al este de Arica, la datación con <sup>14</sup>C indica que la edad del piso del valle es de 16.000 años AP (Veit 1993b). Similares indicadores de "humedad" en el Desierto de Atacama han sido la consecuencia de escorrentía desde el Altiplano y no por incremento de las precipitaciones en el

desierto. La "diagonal árida" tendría una historia tan antigua como entre el Pleistoceno y el Terciario superior (Ochsenius 1982).

Comparado con el tardiglacial, el clima se hace más seco hacia el Holoceno (los últimos 10.000 años), pero fue relativamente húmedo hacia 7.500 años AP. Esto quedó registrado en los niveles del Lago Titicaca, que permanecieron altos (Wirrmann y de Oliveira 1987), y por la actividad aluvial y formación de suelos sobre los 2.500 m en el Norte Chico (Veit 1991, 1993b) y a los 23°S (Messerli et al. 1993). A partir de los 7.500 años AP, las condiciones climáticas en Los Andes se hacen significativamente más secas. Con la excepción, probablemente, de un corto período húmedo en el Holoceno medio, estas condiciones secas prevalecieron hasta los 3.700 años AP, indicado por la disminución del nivel en el Lago Titicaca en cerca de 50 m relativo al nivel actual, la falta de actividad aluvial y por los procesos de erosión en el Norte Chico. A partir de los 3.700 años AP, el clima se hace levemente más húmedo y frío en el Norte Chico aproximándose a las presentes condiciones de semiaridez. Una tendencia similar se observa en el Altiplano con un máximo de aridez a los 2.200 años AP, basado en el posterior aumento del nivel en el Lago Titicaca y en los registros palinológicos a los 23°S (Messerli et al. 1993).

En la Cordillera de Doña Ana, a elevaciones por debajo de los 3.500 m, se puede observar la presencia de un suelo arcilloso fósil datado con  $^{14}\text{C}$  en 9.000 años AP, indicando un clima más húmedo que el actual. Este suelo fósil suele encontrarse cubierto por sedimentos (Squeo et al. 1993).

## II. La geomorfología.

La Cordillera de Los Andes es una cadena montañosa que une América del Sur, desde el norte de Colombia (10°N) hasta la Patagonia Chilena (55°S). A lo largo de su recorrido se eleva abruptamente desde una angosta franja de tierra que bordea el Océano Pacífico a elevaciones que sobrepasan los 6.000 m en el norte de Chile.

Los Andes desérticos de Chile pueden ser divididos geomorfológicamente en: a) el Altiplano chileno, que se extiende desde el límite con Perú-Bolivia hasta el Nevado Ojos del Salado (6.893 m) - Salar de Maricunga (4.000 m) a los 26°50'S en la III Región, y b) Los Andes del norte-centro de Chile, que incluye la porción sur de Los Andes desérticos de Chile hasta los 32°S (Börgel 1983). Un rasgo propio de Los Andes del norte-centro es la ausencia de volcanismo Cuaternario (i.e., durante los últimos 2 millones de años). La actividad volcánica cuaternaria se interrumpe a la latitud de Copiapó y se reanuda al interior de Santiago (Reyes 1988).

A partir del cordón maestro cordillerano, que corre de norte a sur, se desarrollan numerosas sierras y cordilleras en posición oblicua. El límite occidental de la alta cordillera está marcado por procesos tectónicos de solevantamiento de la cadena de Los Andes, ocurridos en el Terciario superior. Manifestación de esta tectónica es la falla de Vicuña, que se extiende desde la latitud de La Serena hasta la ciudad de Los Andes en la V Región (Falla Pocuro) (Paskoff 1970; Reyes 1988; Novoa 1989).

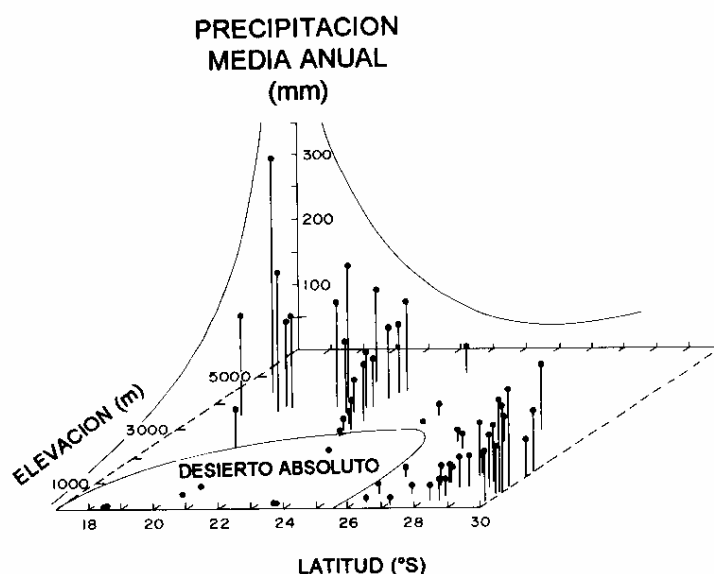
En la IV Región, inmediatamente al norte del Río Turbio, afluente oriental del Río

Elqui, se dispone en eje NE-SO la Cordillera de Doña Ana, con su punto culminante el Cerro de Doña Ana, de 5.690 m. Sobre el tronco principal de la Cordillera se empina el Cerro de Las Tórtolas con 6.332 m, con portezuelos como el de Vacas Heladas a 4.710 m (ver mapas, pág. 19-20).

### III. El clima.

Los climas árido-extremos del oeste de Sudamérica se extienden entre los 15°S en el sur del Perú hasta los 30°S en Chile. En las tierras bajas, la precipitación media anual es usualmente menor a 100 mm. La situación más extrema con precipitación media anual de 0-10 mm se presenta entre los 17°S y los 25°S (Fig. 1). En este desierto absoluto, la vegetación está presente sólo en los valles de unos pocos ríos y en áreas expuestas a la neblina costera.

El Desierto Chileno-Peruano es un desierto de "sombra de lluvia" y de "aire frío" (Rauh 1983). El clima actual está determinado principalmente por tres factores: a) la conducta anual de la convergencia intertropical situada a latitudes ecuatoriales (Gómez y Little 1981) que proporciona humedad desde el noreste ("vientos del este"), b) los frentes polares proporcionando precipitación desde el suroeste ("vientos del oeste"), y c) la Corriente de Humboldt y los eventos Niño/Niña (Zinsmeister 1978; Aceituno et al. 1993).



**Fig. 1.:** Precipitación media anual versus elevación y latitud en Los Andes desérticos de Chile (tomado de Arroyo et al. 1988).

Como una consecuencia de la interacción de estos parámetros, Los Andes desérticos de Chile pueden ser divididos en dos regiones: a) una región con lluvia de invierno, al sur de los 24°-25°S (las precipitaciones ocurren durante el invierno, como nieve sobre los 3.000 m, y los veranos son cálidos y secos), b) una región con lluvias de verano, al norte de los 24°S (las precipitaciones ocurren durante el verano, y los inviernos son fríos y secos). Existe una pequeña sobreposición entre estos dos regímenes de precipitación en el sector intermedio más árido, la "diagonal árida".

En Los Andes desérticos de Chile, la temperatura media del aire disminuye en 6,5°C por incrementos de 1.000 m (Arroyo et al. 1988).

Dentro de la región de lluvia de invierno, en la Cordillera de Doña Ana (30°S) los inviernos son húmedos y fríos (Mayo a Octubre), y los veranos son cálidos y secos (Diciembre a Marzo). A los 3.750 m, la temperatura media anual es 4,3°C; Julio es el mes más frío (-1,8°C) y Enero el mes más cálido (9,9°C) (Fig. 2). La precipitación media anual es 242,3 mm con el 96% de ella caída durante el invierno como lluvia o nieve. Una característica que es común a las zonas áridas es la gran variabilidad interanual en la cantidad de precipitación. En estas áreas son frecuentes los años "secos" y los años "lluviosos", y poco frecuentes los años "normales" (con precipitación cerca del promedio).

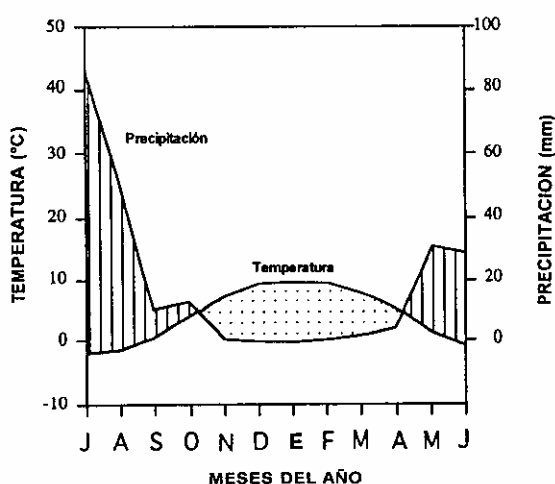


Fig. 2.: Diagrama ombrotérmico de El Indio, Cordillera de Doña Ana (29° 45' S, 69° 59' O, 3.750 m) (basado en datos de Ojeda et al. 1989).

#### IV. Riqueza de especies.

**Patrones de endemismo:** El número total de especies en Los Andes del norte de Chile (no incluyendo el piso pre-andino, ver Fig. 4 más adelante) es de 865, lo que representa el 16,9% de la flora vascular de Chile (Tabla 1). El 21% de estas especies son endémica a Chile. La región con lluvia de invierno (25°-32°S) tiene dos veces más endemismo a Chile (26,9% versus 13,6%) y dos veces más endemismo a su región de lluvia (18,7% versus 9,8%) que la región con lluvia de verano (17°-24°S). Estas diferencias serían una consecuencia de la continuidad de la flora del Altiplano hacia el norte dentro de la misma zona de lluvia. A pesar de estas

diferencias, el alto endemismo encontrado en Los Andes desérticos de Chile (13,8%) muestra que recientemente ha ocurrido evolución *in situ*.

**Tabla 1.** Patrones de endemismo en Los Andes desérticos de Chile (no incluye el piso pre-andino). Información proveniente de la "Base de Datos de la Flora de Chile" que incluye 112.000 registros de las colecciones de herbarios y la literatura.

Rango latitudinal	Patrón de Lluvia	Número Total de Especies	Endémico a:	
			Chile	la Región de Lluvia
17°00' a 24°59'S	Verano	523	71 13,6%	51 9,8%
25°00' a 31°59'S	Invierno	449	121 26,9%	84 18,7%
17°00' a 31°50'S	ambos	865	182 21,0%	119 13,8%

Según el habitat que ocupan, las especies de Los Andes desérticos de Chile pueden ser divididas en dos grupos: vegetación azonal (de vega o humedal, incluye a las especies asociadas a sectores con abundante agua) y la vegetación zonal (especies de sectores sin agua permanente, ej. laderas). Según Villagrán et al. (1983), muchas de las especies de la vegetación azonal son dispersadas por aves migratorias. Lo anterior, sumado a la mayor homogeneidad de los habitat húmedos, explicaría la mayor similitud de esta flora a lo largo de Los Andes desérticos de Chile. Para la vegetación zonal, la "diagonal árida" ubicada entre los 24°-25°S representa una barrera efectiva para la migración sur-norte de las especies (Villagrán et al. 1983).

En la Cordillera de Doña Ana por sobre los 3.000 m están presentes 146 especies nativas y 15 especies introducidas (Tabla 2). De las especies nativas, el 12,3% son endémicas a Chile. Este valor de endemismo no es comparable con el mostrado en la Tabla 1, dado que no se incluye la parte baja del piso subandino (ver Fig. 5 más adelante) en donde se encuentra una mayor cantidad de especies endémicas. El 75.5% de las especies nativas de la vegetación zonal es endémica a la región de lluvia de invierno (ambas vertientes de Los Andes), aunque sólo 16 especies (17%) son endémicas a Chile. Este bajo endemismo a Chile y alto a la región con lluvia de verano es explicable por la similitud de los ambientes alto-andinos en ambas vertientes dentro de la región climática. Por otro lado, sólo el 26.9% de las especies de la vegetación azonal es endémica a la región con lluvia de verano y sólo 2 especies son endémica a Chile (4%), sugiriendo que para la flora azonal la región con lluvia de verano no impone fuertes restricciones de distribución.

**Patrones latitudinales:** El número de especies disminuye en un 80% desde los 18°S (sector con abundantes lluvias de verano, 391 especies) a los 24°S (en la "diagonal árida", 77 especies), sector desde el cual el número de especie vuelve a incremen-



**Tabla 2.** Elementos biogeográficos en la flora de la Cordillera de Doña Ana por sobre los 3.000 m (ver explicación en el texto). En paréntesis se indica el número de especies endémicas a Chile).

Elemento	Número de especies en la vegetación	
	Zonal	Azonal
Región con lluvia de invierno	71 (16)	14 (2)
IV Región	9* (8*)	0*
Región con lluvia de verano	11	6
Mediterráneo	4	1
Austral	5	13
Sudamericano	2	7
Americano	1	7
Cosmopolita nativo	0	4
Introducido	12	3
<b>Total especies</b>	<b>106 (16)</b>	<b>55 (2)</b>

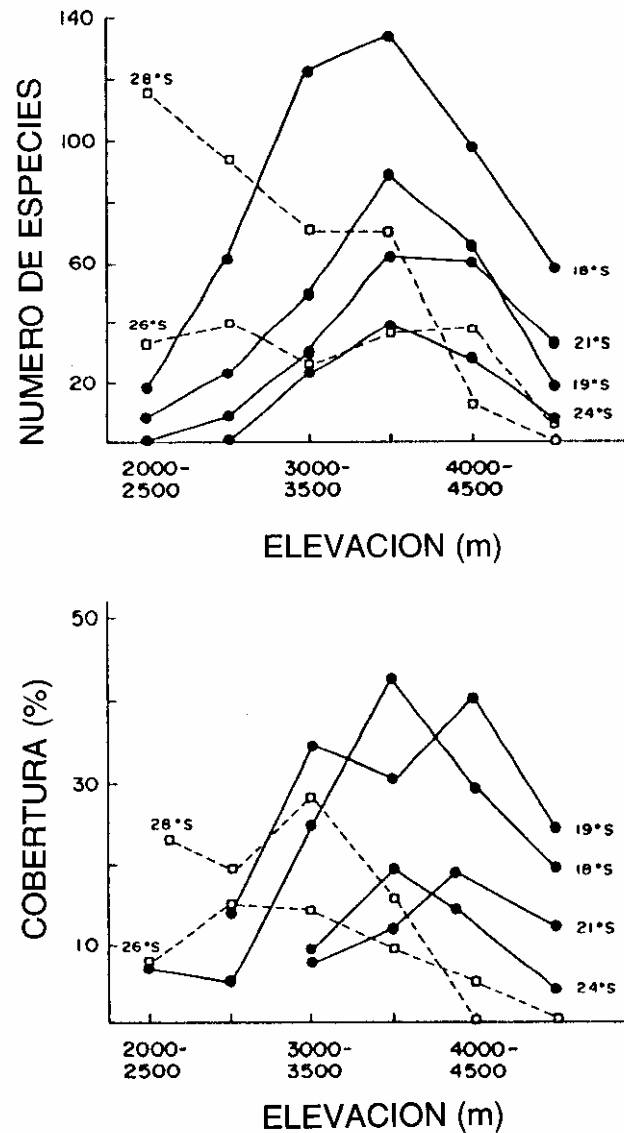
\* cifra ya considerada dentro de la Región con lluvia de invierno por lo que no se suma para el total de especies.

tarse hacia el sur junto con las lluvias de invierno (144 especies a los 26°S, 270 a los 28°S) (Arroyo et al. 1988). Este cambio latitudinal en la riqueza de especies también refleja una reducción en la posibilidad de migración de especies entre ambas regiones de precipitación en el sector donde el desierto absoluto se extiende por sobre los 3.000 m a los 24°S (Arroyo et al. 1982; Villagrán et al. 1983).

**Patrón Altitudinal:** La flora de las dos regiones de lluvia muestra diferentes respuestas con la elevación. En la región con lluvia de verano, el número máximo de especies se encuentra a elevaciones intermedias (Fig. 3a); mientras que en la región con lluvias de invierno la riqueza de especies disminuye con incrementos en elevación. Adicionalmente, a una misma elevación, el número de especies decrece hacia la "diagonal árida", sector en que el gradiente este-oeste es más pronunciado y existe un desierto absoluto.

## V. Vegetación.

**Abundancia:** Existe una clara reducción de la cobertura vegetal con incrementos en aridez (Fig. 3b). En las áreas más húmedas de Los Andes desérticos de Chile, la cobertura no excede el 50%. A los 24°S, la cobertura es menor al 20%. Arroyo et al. (1988) encontró que la cobertura vegetal está positivamente correlacionada con la riqueza de especies, mostrando que el incremento en aridez también afecta la biomasa vegetal. En la Cordillera de Doña Ana, la cobertura vegetal disminuye con la altitud desde el 40%, por debajo de los 3.500 m, a valores inferiores al 1%, por sobre los 4.250 m (Squeo et al. 1993).

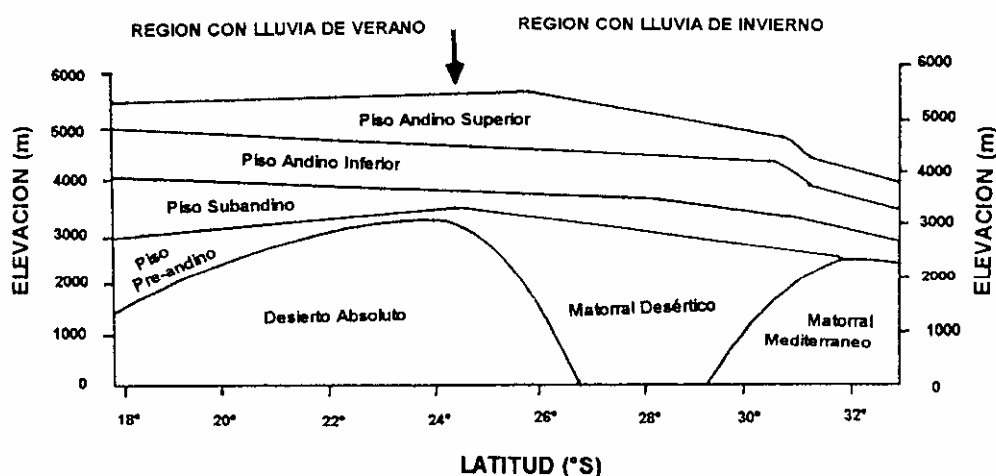


**Fig. 3 (a, b):** Variación en el número de especies (arriba) y en la cobertura vegetal (abajo) con la elevación a diferentes latitudes en Los Andes desérticos de Chile. Región con lluvia de verano (línea sólida), región con lluvia de invierno (línea discontinua) (tomado de Arroyo et al. 1988).

**Formas de vida:** Arroyo et al. (1988) mostró para Los Andes desérticos de Chile que las hierbas perennes son más abundantes en áreas con mayor precipitación, las hierbas anuales aumentan en importancia en áreas de aridez intermedia, mientras que las especies leñosas son más frecuentes bajo condiciones árido/cálidas y árido frías.

Las especies de hierbas perennes seguida de los sub-arbustos constituyen la mayor proporción de la cobertura de la vegetación en la Cordillera de Doña Ana (Squeo et al. 1988). Las especies anuales sólo están presentes en los "años lluviosos" a alturas inferiores a los 4.200 m. Sólo hierbas perennes alcanzan el límite superior de la vegetación a los 4.450 m.

**Pisos de vegetación:** A pesar de la existencia de un quiebre en la distribución latitudinal de las especies a los 24°S, quiebre que determina diferencias florísticas entre las regiones con lluvia de verano e invierno (Arroyo et al. 1981; Villagrán et al. 1983), se pueden distinguir fisionómicamente cuatro pisos de vegetación en Los Andes desérticos de Chile cuyos límites altitudinales cambian con la latitud (Fig. 4): a) el piso **pre-andino** (también llamado piso desértico o pre-puna) localizado a bajas elevaciones, posee vegetación arbustiva y cactáceas con unas pocas especies arbóreas presentes en las áreas más húmedas, b) el piso **subandino** (puna) dominado por arbustos, c) el piso **andino inferior** dominado por sub-arbustos y pastos, y en donde las especies con crecimiento en cojín están presentes, y d) el piso **andino superior** (subnival o desierto andino), en el extremo superior del gradiente altitudinal. En este último piso de vegetación, el "permafrost" (suelo congelado permanentemente) está cercano a la superficie del suelo y sólo están presentes unas pocas especies de rosetas y pastos de pequeño tamaño (Ruthsatz 1977; Villagrán et al. 1981, 1983; Squeo et al. 1993).



**Fig. 4:** Pisos de vegetación de la vertiente occidental en Los Andes desérticos de Chile (modificado de Villagrán et al. 1983).

La ubicación y características de estos cuatro pisos de vegetación dentro de la Cordillera de Doña Ana son (Fig. 5):

a) El piso pre-andino (cuyo límite superior estaría a los 2.700 m) se caracteriza por arbustos típicos del desierto (ej. *Atriplex deserticola*). En fondo de quebradas es

posible encontrar algunas especies arboreas (ej., *Prosopis chilensis*).

b) El piso sub-andino (2.700 a los 3.500 m) se caracteriza por una vegetación arbustiva superior a los 1,5 m de altura (ej. *Adesmia hystrix*, *Ephedra breana*). Las especies dominantes son *Stipa chrysophylla* (16% de la cobertura), *Viviania marifolia* (8,5%) y *Cristaria andicola* (5,3%). La cobertura promedio de la vegetación es superior al 40%.

c) El piso andino inferior (3.500 a los 4.250 m) se caracteriza por la presencia de cojines (ej. *Adesmia subterranea*, *Calceolaria pinifolia*, *Azorella cryptantha*). Las especies dominantes son subarbustos (ej. *Adesmia aegiceras* (6,3%), *A. echinus* (4%)) y gramíneas perennes (ej., *Stipa* spp. (6,4%)). La cobertura vegetal es del 26,9%.

d) El piso andino superior (4.250 a los 4.450 m) posee una vegetación esparcida con una cobertura total del 0,7%. *Chaetanthera sphaeroidalis* con un 0,3% es la especie más abundante. El límite altitudinal de la vegetación se encontró a los 4.450 m.

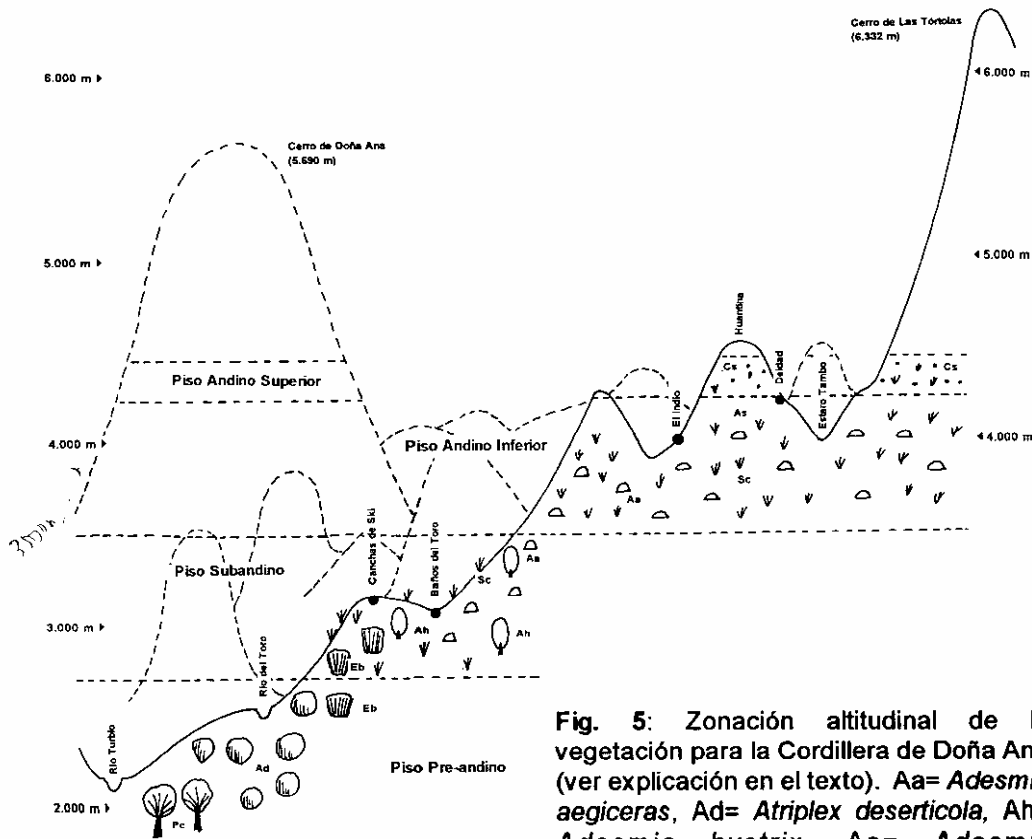


Fig. 5: Zonación altitudinal de la vegetación para la Cordillera de Doña Ana (ver explicación en el texto). Aa= *Adesmia aegiceras*, Ad= *Atriplex deserticola*, Ah= *Adesmia hystrix*, As= *Adesmia subterranea*, Cs= *Chaetanthera sphaeroidalis*, Eb= *Ephedra breana*, Pc= *Prosopis chilensis*, Sc= *Stipa chrysophylla* (basado en datos de Squeo et al. 1993).

## VI. Heterogeneidad espacial.

Una primera diferenciación entre vegetación zonal (de ladera) y azonal (de vegas y humedales) muestra cómo las especies responden a diferencias ambientales. Las formaciones azonales de vega o humedales están asociadas a sectores de acumulación de agua, normalmente a causa de la poca pendiente y mal drenaje. Estas formaciones poseen una alta productividad relativa en comparación con la vegetación zonal a una misma altura. A pesar de su aspecto homogéneo, existen diferencias en la productividad y composición de especies que dependen de varios gradientes ambientales (ej., disponibilidad de agua desde el centro al borde; grado de salinidad del suelo; calidad química del agua) incluyendo una variación debida al gradiente altitudinal.

Ya se discutió la existencia de pisos altitudinales de vegetación, zonación que es principalmente explicada por la disminución de la temperatura con incremento en altitud. Aumento en la radiación, mayor acumulación de nieve invernal, disminución de la presión parcial de CO<sub>2</sub> van también asociados al incremento en altitud (Squeo et al. 1991). En adición a esta zonación altitudinal de la vegetación, en Los Andes desérticos de Chile existe una alta heterogeneidad espacial debida a factores edáficos y microclimáticos que altera los tipos y abundancia de especies presentes (Squeo et al. 1993).

En la Cordillera de Doña Ana tiene particular importancia la heterogeneidad geológica que determina una alta diversidad de condiciones químicas del suelo, estabilidad y permeabilidad del sustrato (Squeo et al. 1993). Por ejemplo, las anomalías hidrotermales expuestas y taludes con mucha pendiente están desprovistos de vegetación, planicies y laderas con poca pendiente son dominadas por *Adesmia aegiceras* y *Stipa* spp. Los arbustos altos (*A. hystrix* y *Ephedra breana*) se concentran en las laderas rocosas más cálidas de exposición ecuatorial (norte) del piso sub-andino, mientras que en las laderas con exposición polar (sur) domina *Viviania marifolia*.

La estabilidad y el drenaje del sustrato también afecta la distribución espacial. La baja cobertura vegetal observada en las laderas con pendiente abrupta y cubierta detrítica sería causada por la alta infiltración lo que generaría un suelo seco e inestable. Esta áreas son dominadas por especies hemicriptofitas o geófitas, con rizomas ramificados y forma parecida a cojín (ej., *Oreopolus macranthus*, *Alstroemeria andina*). En laderas suaves y en áreas más húmedas a causa de la acumulación de nieve invernal, las especies leñosas de cojín son más abundantes (ej., *Calceolaria pinifolia*, *Adesmia subterranea*).

## VII.- Uso de la vegetación.

Los Andes del norte de Chile poseen dos tipos básicos de ocupación: a) el habitante andino permanente del Altiplano, en el norte y, b) el trashumante estival de Los Andes del norte-centro. Un tercer tipo de habitante ha surgido a consecuencia de la explotación de yacimientos mineros a gran escala (ej., El Indio, La Escondida).

El habitante de Los Andes desérticos de Chile, por sobre los 3.000 m, ha logrado no sólo hacer uso de los recursos biológicos naturales sino también emplear técnicas de cultivo que, pese a ser muy antiguas, aún permiten en estas regiones andinas el cultivo de especies nativas o introducidas. Entre los cultivos más comunes encontrados en esta zona se puede mencionar porotos, alfalfa, trigo, maíz, papas y quínoa (*Chenopodium quinoa*), muy cultivada en el Altiplano. En algunas partes de Los Andes bolivianos la quínoa, diferentes tipos de papas y de otras especies con tubérculos o raíces carnosas, como la oca (*Oxalis tuberosa*), ullucu o papalisa (*Ullucus tuberosus*) y el izaño o masua (*Tropaeolum tuberosum*) son cultivadas incluso entre los 3.500 y los 4.300 m; por sobre dicha altitud sólo se emplea el espacio como terrenos de pastoreo para llamas, alpacas, vicuñas y, después de la llegada de los conquistadores españoles, ovejas, cabras y vacunos (Lauer 1993).

En general, se observa que algunas especies de la vegetación nativa de Los Andes desérticos de Chile se utilizan para el consumo humano, aumentándose su propagación a través del cultivo, otras para combustible (como la llareta) y otras en medicina popular. Sin embargo, el recurso vegetal es utilizado principalmente para el pastoreo de especies animales nativas e introducidas.

En cuanto a la utilización de la vegetación de la Cordillera de Coquimbo y, en particular, de la Cordillera de Doña Ana, se destaca su uso principalmente en la alimentación estacional de ganado, que es traído de las partes más bajas para pastar en las hierbas estivales de alta cordillera o "veranadas". Otros usos, más ocasionales y de menor impacto, son la extracción de leña y la colecta de especies de interés medicinal.

La utilización de las "veranadas" o pastos estivales de alta cordillera, tienen su origen en la necesidad de complementación alimenticia para el ganado, en los períodos en que por efecto del calor y falta de agua en las zonas bajas - áreas costeras y valles interiores - los pastos están secos. El traslado del ganado desde el llano hacia la cordillera ha generado el fenómeno socioeconómico llamado trashumancia, que en la actualidad representa un sistema de manejo habitual, en numerosos países, entre ellos Chile (López 1979).

La práctica de la trashumancia es muy antigua, especialmente en Europa, desde donde fue introducida a Chile por los conquistadores españoles, siendo actualmente utilizada en una extensa zona del país, comprendida entre el valle del Huasco y el valle del Maule aproximadamente, cobrando mayor importancia económica en la zona central, por la cantidad y tipo de ganado movilizado.

En la IV Región Coquimbo, la sequía estival, la gran cantidad de ganado caprino existente y la particular forma de explotación (pastoreo libre) utilizada por los "cabreros" hace que el uso de las veranadas y por ende de la trashumancia, sea una práctica habitual en esta región, donde evaluaciones efectuadas en algunas vegas andinas muestran un alto rendimiento en kg/ha de materia seca (López 1979). Actualmente el incremento de la superficie plantada con arbustos forrajeros en la zona costera, asociado al mejoramiento de los planes de manejo de la pradera nativa, ha posibilitado que en algunos lugares ya no sea necesario desplazar los animales hacia las veranadas cordilleranas.

■

La colecta de especies cordilleranas de interés medicinal, sin ser una práctica masiva, es muy común y tanto en los pueblos como en las ciudades es muy típico observar la presencia de "yerbateros" que las ofrecen para curar dolencias o para evitar enfermedades. Entre las especies más promocionadas se encuentran: "chachacoma" (*Senecio eriophyton*) y "flor de la puna" (*Chaethantera sphaeroidalis*) usada principalmente para combatir los malestares de la puna, "yerba santa" (*Pachylaena atriplicifolia*) cuyo nombre común se debe a sus múltiples usos curativos en medicina popular, "copacopa" (*Artemisia copa*) usada para el dolor de estómago y calambres, "baylahuén" (*Haplopappus baylahuen*) para las enfermedades del hígado, contra diarreas y afecciones de la vejiga, "llareta" (*Laretia acaulis*) contra el catarro pulmonar, dolores de cabeza, diurética, contra la gonorrea y enfermedades de la vejiga, "llareta de Coquimbo" (*Azorella madreporica*) para el dolor de cabeza y como antidiabética, "queñoa" (*Polylepis tarapacana*) su corteza se usa para las afecciones de las vías urinarias, "rica-rica" (*Glandularia origenes*) contra la indigestión, "pichi" (*Fabiana imbricata*) su corteza es usada como diurético, "pupusa" (*Werneria poposa*) usada para el insomnio y como antinervioso (Muñoz et al. 1981).

## Resumen

La Cordillera de Los Andes comenzó a levantarse en el Terciario Superior. La existencia de altas montañas en el Mioceno/Plioceno, junto con el probable nacimiento de la Corriente de Humboldt en este tiempo, determinó el comienzo de la aridización de Los Andes del norte de Chile. El Cuaternario fue en general seco pero con fases relativamente húmedas durante las glaciaciones. Un modelo de desplazamiento hacia el norte o hacia el sur de los cinturones climáticos (ej., los "vientos del oeste") podría explicar la alternancia de períodos glaciales e interglaciales.

Los Andes del norte de Chile presentan dos patrones de precipitación: una región con lluvias de verano (17°-24°S) y una región con lluvia de invierno (25°-32°S). Ambos regímenes climáticos se sobreponen en la parte más árida de Los Andes (24°-25°S) ("diagonal árida").

La flora de Los Andes del norte de Chile posee 865 especies, 21% de estas especies son endémicas a Chile. En la región con lluvia de invierno existe el doble de especies endémicas comparada con la región con lluvia de verano. La riqueza de especies disminuye un 80% y la cobertura un 50% en el severo gradiente de precipitación entre los 18°S y 24°S. Las hierbas perennes son más abundantes en áreas con mayor precipitación, las hierbas anuales aumentan en importancia en áreas de aridez intermedia, mientras que las especies leñosas son más frecuentes bajo condiciones árido/cálidas y árido frías.

El 75% de las especies nativas de la vegetación zonal de la Cordillera de Doña Ana (por sobre los 3.000 m) son endémica a la región con lluvia de invierno (ambas vertientes de Los Andes) lo que se explicaría por la alta similitud de los ambientes alto-andinos dentro de la región climática. En comparación, la flora azonal tiene un

menor grado de endemismo.

Cuatro pisos de vegetación se pueden distinguir en Los Andes del norte de Chile: a) el piso **pre-andino** (o piso desértico o pre-puna) localizado a bajas elevaciones, b) el piso **subandino** (puna), c) el piso **andino inferior** ( el piso de los cojines), y d) el piso **andino superior**. Para la Cordillera de Doña Ana estos pisos de vegetación se encuentran a menos de 2.700 m (piso pre-andino), entre 2.700 y 3.500 m (piso subandino), entre 3.500 y 4.250 m (piso andino inferior), y entre 4.250 y 4.450 m (piso andino superior). En adición a esta zonación altitudinal, la heterogeneidad física (ej., geoquímica, de pendiente y drenaje) y microclimáticas pueden explicar la distribución en parche de las especies.

Los recursos vegetacionales de Los Andes desérticos de Chile son utilizados en el pastoreo con especies de animales nativos e introducidos; en la Cordillera de Doña Ana es común el uso de los pastos estivales o "veranadas" para la alimentación de ganado caprino. Además, las especies vegetales son utilizadas como fuente de alimentación humana, combustible y/o en medicina popular.

#### **Abstract**

The Andes Mountains started to emerge in the Upper Tertiary. The existence of high mountains in the Miocene/Pliocene, together with the likely birth of the cold Humboldt-current at about this time, led to an aridization of northern Chilean Andes. The Quaternary with its generally dry conditions is characterized by the occurrence of relative moist phases during the glacials. The models, concerning the northwards or southwards shift of climatic belts (e.g., westelies) during glacial periods, are discussed.

In northern Chilean Andes two rainfall patterns are found: a summer rain region (17°-24°S) and a winter rain region (25°-32°S). The transition between both rain regions (24°-25°S) corresponds also with the driest area ("arid diagonal" ).

The flora of northern Chilean Andes include 865 plant species, 21% of these species are endemic to Chile. In the winter rain region exist twice higher endemism than the summer rain region. Species richness decreases by 80% and cover by 50% over the very severe rainfall gradient from 18°S to 24°S. Perennial herbs are most abundant in areas of highest rainfall, annual herbs gain greatest prominence in areas of intermediate aridity, while woody species are more frequent under extreme dry/warm and extreme dry/cold conditions.

The 75% of the native species in the zonal vegetation of Cordillera de Doña Ana (above 3,000 m) are endemic to winter rain region (both sides of Andes) suggesting a high environmental similitude inside the climatic region. In contrast, azonal flora has a lower degree of endemism.

Four vegetation belts can be distinguished along northern Chilean Andes: a) **pre-alpine** belt (also called desertic or pre-puna belt) located at lower elevations, b) **subalpine** belt (or puna belt), c) **low alpine** belt (the cushions belts), and d) **high**



**alpine belt.** These vegetation belts at Cordillera de Doña Ana are found lower than 2,700 m (pre-alpine belt), between 2,700 and 3,500 m (subalpine belt) between 3,500 and 4,250 m (low alpine belt), and between 4,250 and 4,450 m (high alpine belt). In addition to this altitudinal zonation, the physical (e.g., geochemistry, slope and drainage) and microclimate heterogeneities may explain the patchy distribution of plant species.

The vegetation resources of the desert Chilean Andes are used for grazing of native and introduced animals; the use of new spring grasses or "veranadas" for pasturing with goats are common in Cordillera de Doña Ana. Plant species are used also as human food, fuel and/or as popular medicine.

### **Bibliografía citada**

- Aceituno P, Fuenzalida H y Rosenbluth B 1993. Climate along the extratropical west coast of South America. En Mooney HA, Fuentes RE y Kronberg BI (eds.), *Earth System Responses to Global Change: Contrasts between North and South America*. Academic Press, San Diego: 61-69.
- Alpers C y Brimhall GH 1988. Middle Miocene climate change in the Atacama desert, northern Chile: evidence from supergene mineralization at La Escondida. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 100: 1640-1656.
- Arroyo MTK, Armesto JJ y Villagrán C 1981. Plant phenological patterns in the high Andean Cordillera of Central Chile. *Journal of Ecology* 69: 205-223.
- Arroyo MTK, Villagrán C, Marticorena C y Armesto JJ 1982. Flora y relaciones biogeográficas en una transecta altitudinal en Los Andes del norte de Chile (18°-19°S). En Veloso A y Bustos E (eds.), *El Ambiente Natural y las Poblaciones Humanas de Los Andes del Norte Grande de Chile*. Montevideo: Unesco 1: 71-92.
- Arroyo MTK, Squeo FA, Armesto JJ y 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.
- Ballivian O, Bles JL y Servant M 1978. El Plio-Cuaternario de la región de la Paz (Andes orientales, Bolivia). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér.géol.* 10: 101-114.
- Börgei R 1983. Geomorfología. En *Colección Geografía de Chile (Tomo II)*. Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- Clapperton CM 1979. Glaciation in Bolivia before 3.27 Myr. *Nature* 277: 375-376.
- Dobrovolny E 1962. Geología del Valle de la Paz. Ministerio de Minas y Petróleo, Depto. Nacional de Geología, Boletín 3.
- Garleff K, Stringl H y Veit H 1993. New dates on the Upper Quaternary history of landscape and climate in the Bolsón of Fambalá/ NW Argentina (Province Catamarca). *Zbl. Geol. Paläont.: en prensa*.
- Gomez E y Little V 1981. Geocology of the Andes. The natural science basis for research planning. *Mountain Research and Development* 1: 115-144.

- Hastenrath S y Kutzbach J 1985. Late Pleistocene climate and water budget of the South American Altiplano. *Quat. Res.* 24: 249-256.
- Herm D 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord- und Mittel- Chile, unter besondere Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. *Zitteliana* 2: 1-159.
- Kessler A 1984. The paleohydrology of the Late Pleistocene Lake Tauca in the Bolivian Altiplano and recent climatic fluctuations. En: J.C. Vogel (ed.), *Late Cenozoic Paleoclimates of the Southern Hemisphere*: 115-122.
- Kessler A 1991. Zur Frage der Änderung der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation auf dem Altiplano seit dem Spätglazial. *Bamberger Geogr. Schr.* 11: 351-358.
- Lauer W 1993. Human development and environment in the Andes: a geocological overview. *Mountain Research and Development* 13:157-166.
- Lauer W y Rafiqpoor MD 1989. Zum Stand der Pleistozänforschung in der nordöstlichen Kordillere von bolivien. *Erdkunde* 43: 228-231.
- López CL 1979. Evaluación de las veranadas de la provincia del Elqui - IV Región Coquimbo. Informe 44. Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales, IREN-CORFO, Santiago.
- Messerli B, Grosjean M, Bonani G, Burgi A, Geyh MA, Graf K, Ramseyer K, Romero H, Schotterer U, Schreuer H y Vuille M 1993. Climate change and natural resource dynamics of the Atacama altiplano during the last 18,000 years: a preliminary synthesis. *Mountain Research and Development* 13: 117-127.
- Mortimer C 1975. Cenozoic studies in northernmost Chile. *Geologische Rudschau* 64: 395-420.
- Moltimer C 1980. Drainage evolution in the Atacama desert of northernmost Chile. *Revista Geológica Chile* 11:3-28.
- Muñoz M, Barrera E y Meza I 1981. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. *Publicación Ocasional N° 33*. Museo Nacional de Historia Natural, Santiago.
- Naranjo JA y Paskoff R 1985. Evolución cenozoica del piedemonte andino en la pampa del Tamarugal, norte de Chile (18°-21° S). *Actas del IV Congr. Geol. de Chile* 4: 149-165.
- Novoa JE 1989. Geografía y Medio Ambiente. En: *Colosos del Norte Verde*. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena: 15-20.
- Ochssenius C 1982. Atacama: the holo genesis of the Pacific coastal desert in the context of the tropical South American Quaternary. *Striae* 17:112-131.
- Paskoff R 1970. *Le Chili semi-aride*. Bordeaux: Biscaye Frères: 420 p.
- Rauh W 1983. The Peruvian-Chilean deserts. En: West NE (ed.), *Temperate Desert and Semi-deserts. Ecosystems of the World*. Amsterdam: Elsevier. 5: 239-267.
- Reyes H 1988. Geografía de la IV Región de Coquimbo. En: *Colección Geografía de Chile*, Instituto Geográfico Militar, Santiago.
- Ruthsatz B 1977. Pflanzengesellschaften und ihre Lebensbedingungen in den Andinen Halbwüsten Nordwest-Argentinens. *Diss. Bot.* 39: 1-168.

- Seltzer G 1993. Late Quaternary glaciation as a proxy for climate change in the central Andes. *Mountain Research and Development* 13:129-138.
- Servant M 1977. El cuadro estratigráfico del Plio-Cuaternario del Altiplano de Los Andes tropicales de Bolivia. *Rev. de Geoc. UMSA* 1: 23-29.
- Squeo FA, Rada F, Azócar A y Goldstein G 1991. Freezing tolerance and avoidance in high tropical Andean plants: It is equally represented in species with different plant height? *Oecologia* 86: 378-382.
- Squeo FA, Veit H, Arancio G, Gutiérrez JR, Arroyo MTK y Olivares N 1993. Spatial heterogeneity of high mountain vegetation in the Andean desert zone of Chile. *Mountain Research and Development* 13: 203-209.
- Veit H 1991. Jungquartäre Relief- und Bodenentwicklung in der Hochkordillere im Einzugsgebiet des Río Elqui (Nordchile, 30°S). *Bamberger Geogr. Schr.* 11: 81-97.
- Veit H 1993a. Upper Quaternary landscape and climate evolution in the Norte Chico: an overview. *Mountain Research and Development* 13:138-144.
- Veit H 1993b. Untersuchungen zur Genese und zum Alter jungquartärer fluvialer und limnischer Sedimente im nordchilenischen Trockenraum. *Berliner Geogr. Arb.* 43: en prensa.
- Veit H y Stringl H 1991. Landschafts- und Klimageschichte der Ariden Diagonale im Bereich von 27-33°S unter besonderer Berücksichtigung geomorphologischer und bodenkundlicher Befunde. *Bamberger Geogr. Schr.* 11: 369-373.
- Villagrán C, Armesto JJ y Arroyo MTK 1981. Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in Northern Chile. *Vegetatio* 48: 3-16.
- Villagrán C, Arroyo MTK y Marticorena C 1993. Efectos de la desertificación en la distribución de la flora andina de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 56: 137-157.
- Wirrmann D y De Oliveira Almeida LF 1987. Low Holocene level (7,700 -3,650 year ago) of Lake Titicaca (Bolivia, South America). *Paleogeogr. Paleoclimat. Paleoecol.* 59: 315-323.
- Zeil W 1979. The Andes, a geological review. *Beiträge zur regionalen Geologie der Erde* 13: 1-260.
- Zinsmeister WJ 1978. Effect of formation of the west antarctic ice sheet on shallow water marine faunas of Chile. *Antarctic Journal of United States* 13: 25-26.

---

### Agradecimientos

Información sobre la vegetación fue obtenida en proyectos de investigación financiados por la RLB (FASP), DIULS (FASP), CMEI (FASP) y FONDECYT (1839, MTKA). Los datos de endemismo fueron obtenidos con el apoyo del J.D. y C.T. MacArthur Foundation (90-9929, MTKA) y el WWF-AID Biodiversity Support Program (I-7506, MTKA).