

EL DESIERTO DE ATACAMA: UNA BREVE DESCRIPCIÓN

Benito Gómez Silva
 Instituto del Desierto
 (www.uantof.cl/indes)
 Universidad de Antofagasta

¿Por qué se forman los desiertos en la Tierra?

Los desiertos son consecuencia de procesos físicos atmosféricos tales como la acción de corrientes atmosféricas cercanas a la superficie terrestre que dejan desprovistas de humedad a algunas regiones. Las siguientes causas nos permiten entender la formación y el desarrollo de regiones desérticas en nuestro planeta:

- (1) los alisios¹, que aumentan la temperatura de los vientos en regiones con alta presión atmosférica (por debajo de las latitudes 30-35°). Ellos son la principal causa climática que explica la generación de grandes extensiones desérticas en nuestro planeta, donde la geomorfología² juega un papel secundario;
- (2) el clima interior o continental en una región alejada de la humedad oceánica y/o aislada por cadenas montañosas que actúan como barrera a los vientos húmedos; y
- (3) el factor orográfico³ o "rainshadow"⁴ (sombra pluviométrica) de una región, en que la presencia de montañas incide en el recalentamiento de masas de aire húmedo que sobrepasan las cumbres y luego descienden a la región sin descargar su contenido de agua como precipitaciones.

¿A qué se debe el aspecto físico de los desiertos?

La radiación solar es el factor climático central que afecta la superficie desértica y, asociado a esta, los siguientes procesos naturales actúan para generar el aspecto físico de los desiertos:

- (a) meteorización de rocas por diferencia de temperatura entre el día y la noche: proceso que permite la formación de hendiduras superficiales (<50 cm) por expansión y contracción, originando esquirlas y costras;
- (b) meteorización químicas de rocas: el ingreso de humedad ambiental en las hendiduras de las rocas favorece la cristalización de sales y la formación de grietas de mayor profundidad, erosiones en forma de panal, formación de cavidades por desprendimiento, desagregación de fragmentos y, en el caso de

¹ vientos cálidos que, en el hemisferio sur, soplan desde el sudeste en dirección al Ecuador.

² rama de la Geografía que describe y explica el relieve terrestre continental y submarino de una región.

³ relativo a la altura promedio de la tierra en un sector geográfico.

⁴ efecto climático que se traduce en ausencia de precipitaciones (lluvia, nieve) en una región, causado por la presencia de una cadena de altas montañas (por ejemplo, la Cordillera de los Andes). El aire cargado de humedad que llega a uno de sus costados (por ejemplo, lado Este) se eleva, se enfría y la humedad precipita; luego, el aire que pasa a la región al otro costado de las montañas (por ejemplo, lado Oeste) desciende, se calienta y mantiene su humedad (sin precipitaciones) y se dice que la región está en la "sombra" de las montañas.

- areniscas, la generación de costras superficiales (pardas, negras, rojas, amarillas, conocidas como barniz ("varnish"), debido a la disolución y precipitación de sales (de hierro, manganeso, sílice);
- (c) las escorrentías de aguas provenientes de tormentas: ellas afectan profundamente el relieve del piso desértico y la erosión producida por el material arrastrado dependerá de la energía del agua en movimiento, de la pendiente y la composición de los suelos. En los flancos de los suelos empinados y sin protección se produce el afloramiento de la roca oculta. En suelos de piso grueso y granos gruesos, el agua se filtra y almacena como agua subterránea;
- (d) el viento del desierto: el arrastre de partículas gruesas y el transporte de material particulado en suspensión a alta velocidad, actúan como agentes naturales que erosionan las rocas y altera sus formas. El viento también puede alterar el relieve al mover las partículas finas dejando atrás las más pesadas.



¿Qué es el Desierto de Atacama (DESAT)?

Una región se clasifica como desértica si las precipitaciones no sobrepasan los 250 milímetros anuales. DESAT es una delgada ecoregión⁵ desértica de un largo aproximado de 1.600 Km, con un ancho promedio de 100 Km (y 180 Km de ancho máximo), que se localiza a lo largo de la costa norte de Chile, entre el Océano Pacífico y la Cordillera de los Andes. DESAT es el desierto más antiguos (con una edad cercana a los 25 millones de años) y uno de los más secos de la Tierra, con zonas donde no se han registrado lluvias (McKay et al., 2001). Años y décadas sin

⁵ área de tierra o agua relativamente grande con una biodiversidad diferente a otras regiones.

precipitaciones o con niveles muy bajos, son ocasionalmente interrumpidas por raras precipitaciones de varias decenas de milímetros en pocas horas. Las ciudades costeras entre las regiones de Arica y Antofagasta registran valores anuales promedios de lluvia inferiores a 10 mm, por lo que DESAT puede ser clasificado como un hiperdesierto.

¿Cuáles son las causas de la aridez de DESAT?

Climatológicamente, DESAT es clasificado como temperado e hiperárido. También, se le define como una zona árida extrema, dada la falta de cubierta vegetal. La hiperaridez del Desierto de Atacama y su zona desértico-costera, es consecuencia de varios factores:

- (i) un efecto "zonal", al estar localizado en un cinturón subtropical con un sistema de alta presión estacionado frente a las costas del Océano Pacífico que desvía los sistemas frontales invernales,
- (ii) un efecto "continental", al estar a considerable distancia de importantes fuentes de humedad como la Amazonía y el Océano Atlántico,
- (iii) un efecto orográfico ("rainshadow o sombra pluviométrica") por su proximidad a la Cordillera de los Andes, que evita la advección⁶ del aire húmedo tropical proveniente desde el Este, y
- (iv) un efecto "oceánico", por la influencia de la corriente fría de Humboldt cuya surgencia⁷ frente a las costas del Desierto de Atacama crea una inversión térmica persistente que atrapa toda humedad por debajo de los 800 msnm⁸.

La influencia de temperaturas frías de las aguas oceánicas superficiales, asociadas con la Corriente de Humboldt que fluye hacia el Norte, y la fuerte depresión atmosférica asociada a un anticiclón⁹ subtropical estable, dan como resultado un clima costero temperado y uniforme, con bancos de nubes que se acumulan por debajo de los 1.000 m durante los meses de invierno. Las fuentes de humedad del ecosistema costero son las neblinas y alguna lluvia ocasional que ocurre principalmente durante los eventos El Niño¹⁰.

Tomando como modelo a la Región de Antofagasta (21°20'S a 25°40'S; aprox. 500 Km de largo y 126.121 Km²), DESAT posee tres unidades fisiográficas¹¹ que determinan su paisaje geomorfológico:

- (i) la Cordillera de la Costa, con una angosta planicie costera de pocos kilómetros de ancho, escasas zonas vegetacionales y acantilados abruptos y fracturados que se elevan hasta los 2.000 msnm,

⁶ movimiento generalmente horizontal de la masa de un fluido (aire, agua).

⁷ movimiento vertical de una masa de agua oceánica.

⁸ metros sobre el nivel del mar.

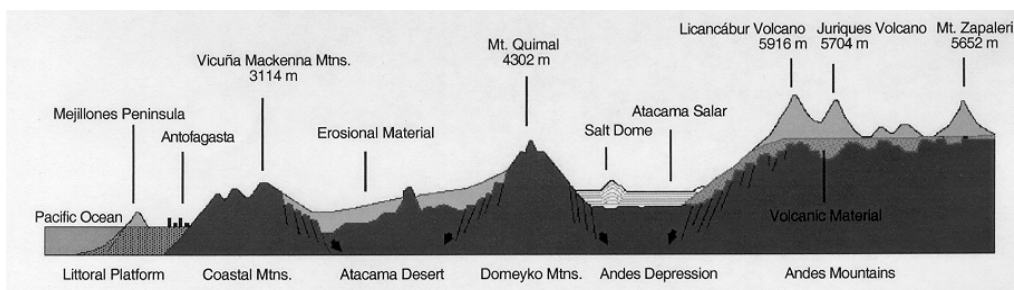
⁹ zona atmosférica de alta presión (>1 atmósfera), el aire desciende y genera tiempo estable sin lluvias.

¹⁰ alteración del sistema océano-atmósfera que se origina en el Océano Pacífico Ecuatorial y se manifiesta en la aparición de corrientes cálidas en las costas de América, cada 2-7 años entre Diciembre a Marzo.

¹¹ relativo a la Geografía Física y equivalente a la geomorfología.



- (ii) la Depresión Intermedia, área relativamente plana de cerca de 200 Km², entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, prácticamente desprovista de vegetación; y
- (iii) la Cordillera de los Andes, con amplias planicies a 4.000 m de elevación (Altiplano o Puna), volcanes que superan los 6.000 msnm y tres zonas vegetacionales: pre-Puna (2.700–3.100 msnm) con una escasa cubierta de pequeños arbustos espinosos, la Puna (3.100–3.800 m) con la mayor abundancia de plantas y los Andes (3.850–4.200 msnm) con pastos y plantas acojinadas (Cavieres et al., 2002).



Adaptado de Turistel 1994

El Desierto Costero de DESAT

La zona del desierto costero se caracteriza por presentar una escarpada cordillera de 500 a 1.000 msnm compuesta de sedimentos (caliza y arenisca) del Período Cretáceo¹² sobre masas de roca cristalina más antigua (Lustig, 1970). El desierto costero está prácticamente desprovisto de vegetación y las condiciones de sequedad se extienden hasta los 1.500 msnm a lo largo del transecto Oeste-Este (Börgel, 1973). Aún cuando la densidad y biodiversidad¹³ (flora y fauna) es relativamente baja en DESAT, este desierto posee un alto nivel de endemismo¹⁴, cercano al 60% (Ründel et al., 1991), con especies adaptadas¹⁵ a vivir en uno de los ambientes más extremos del planeta Tierra.

Algunas plantas de DESAT son importantes recursos genéticos regionales – todavía no reconocidos suficientemente como tales – que han desarrollado adaptaciones fisiológicas durante su evolución. Con la aplicación de técnicas de Ingeniería Genética y cultivo de tejidos, ellas pueden llegar a ser la base de nuevos productos biotecnológicos de interés en agricultura, horticultura y farmacología.

La disponibilidad de agua líquida es esencial para todo ser vivo y la topografía de la zona costera ejerce una importante influencia ecológica en el desierto costero. En sectores donde la topografía costera es baja y plana, bancos de nubes ingresan

¹² período geológico ocurrido entre 140 a 64 millones de años atrás.

¹³ cantidad de especies de una región, incluyendo variabilidad y diferencias genéticas, más los ecosistemas.

¹⁴ nativas de un país; de distribución geográfica restringida.

¹⁵ capacidad para sobrevivir y reproducirse en las condiciones ambientales particulares de un ecosistema.

al continente y se disipan rápidamente sin grandes efectos biológicos. En sectores donde la cordillera costera es alta (sobre 600 msnm) y con gran pendiente, las nubes formadas en el océano, cargadas de humedad, son interceptadas, se acumulan y las neblinas (camanchaca) son transportadas por el viento a lo largo de la superficie de los cerros costeros y sus quebradas. Cuando la temperatura ambiental es la adecuada, el agua atmosférica se condensa en la superficie de piedras y plantas, en la forma de gotas de agua líquida, permitiendo el desarrollo de comunidades de plantas en sistemas llamados "oasis de neblina o lomas" (ver Tabla N° 1). Cerca de 50 de estos habitats aislados se pueden encontrar a lo largo de la costa chilena (entre las latitudes 18°24' y 29°54'S), localizados desde la planicie costera hasta los 1.100 msnm. Las comunidades de plantas están principalmente restringidas a los cerros costeros y las quebradas que los atraviesan y están compuestas de plantas perennes¹⁶, anuales¹⁷ y matorrales leñosos, que incluyen formaciones vegetales de hierbas anuales y hierbas con bulbos perennes (por ejemplo, *Leucocoryne* y *Alstroemeria*) y arbustos de menos de 1 m de altura (por ejemplo, *Ephedra*, *Tetragonia* y cactáceas).

Los estudios realizados sobre la flora de los oasis de neblina del norte de Chile reflejan en parte la riqueza florística de DESAT: existen cerca de 80 familias, 225 géneros y 550 especies de plantas vasculares¹⁸, con un endemismo superior al 60% (Ründel et al., 1991). Un estudio en la Región de Antofagasta (Cavieres et al., 2002) indica que la zona costera de Taltal-Paposo, al sur de Antofagasta, contiene 402 especies vegetales y el 62,4% de ellas (251 especies) son endémicas de Chile y 80 especies (19,9%) son endémicas de la región; adicionalmente, la flora de los Andes está representada por 250 especies con 36 endémicas de Chile (13,9%) y 7 endémicas de la región (2,7%).

La vegetación endémica de DESAT incluye a las cactáceas *Eulychnia iquiquensis*, *Neoporteria sensu* y *Copiapoa* sp; los arbustos *Berberis littoralis*, *Anisomeria littoralis*, *Atriplex taltalensis*, *Adesmia viscidissima*, *Croton chilensis*, *Balbisia peduncularis*, *Nicotiana solanifolia*, *Teucrium nudicaule*, *Monttea chilensis*, *Stevia hyssopifolia*, *Senecio almeidae*, *Gutierrezia taltalensis* y *Haploppus deserticola* (Dillon y Hoffmann-J, 1997). Las familias con la mayor diversidad de especies son las Asteraceae (33 géneros, 65 especies), Nolanaceae (2 géneros y 37 especies), Leguminosae (13 géneros y 35 especies), Cactaceae (7 géneros y aprox. 30-40 especies), Boraginaceae (5 géneros, 26 spp.), Solanaceae (9 géneros, 19 spp.) y las Apiaceae (8 géneros, 17 spp.). Sólo 68 de estas especies (cerca del 7%) son compartidas y están presentes en las lomas del desierto peruano, al norte de la latitud 18°S (<http://www.sacha.org/>).

¹⁶ aquellas que viven 3 o más años.

¹⁷ aquellas que nacen, se desarrollan, florecen, forman fruto y mueren, en un período no mayor a un año.

¹⁸ aquellas con tejidos especializados en el transporte de agua y nutrientes (xilema) y los productos de la fotosíntesis (floema).

Cerro Moreno. Localizado en el extremo sur de la Península de Mejillones (23°29' S; 70°34' W), es uno de los símbolos geográficos de la ciudad de Antofagasta y un sector particularmente atractivo para los naturalistas, que más bien debería ser reconocido como un hito "biogeográfico" de la capital regional. La comunidad de plantas del sector, con cerca de 28 especies (por ejemplo, *Eulychnia iquiquensis*, *Copiapoa atacamensis*, *Eriocyce recondita*, *Eriocyce pausicostata*, *Echinopsis desertícola*, *Heliotropium pycnophyllum*, *Ephedra breana*, *Lycium deserti*, *Cynanchum viride*, *Viola polypoda*, *Argythamnia canescens*, *Nolana peruviana*, *Tetragonia angustifolia*) depende de la casi constante neblina que presenta un límite inferior cerca de los 600 msnm.



Cerro Moreno, 2005

Taltal – Paposos. El oasis de neblina con mayor desarrollo en el norte de Chile se localiza a unos 50 Km al norte de Taltal, en las cercanías de Paposos (25°03'S), donde se pueden encontrar cerca de 230 especies de plantas vasculares con dominio de *Euphorbia lactiflua* y *Eulychnia iquiquensis*. Otras especies importantes son *Copiapoa cinerea*, *Echinopsis coquimbana* (*Trichocereus coquimbanus*), *Oxalis gigantea*, *Lycium stenophyllum*, *Proustia cuneifolia*, *Croton chilensis*, *Balbisia peduncularis*, *Tillandsia geissei*, *Viola litoralis*, *V. polypoda*, *Cruckshanksia pumila*, *Alstroemeria graminea*, *Malesherbia humilis*, *Chaetanthera glabrata*, *Deuterocohnia chrysantha* y *Puya boliviensis*, entre otras.



Quebrada Los Yales, Taltal, 2005

Oasis de Neblina al sur de Iquique. En la Región de Iquique se han descrito cuatro sectores de “oasis de neblina”: Punta Gruesa (en los faldeos del Cerro Tarapacá), Punta Patache, Punta Lobos y Alto Chipana, en los que existen 73 especies vegetales (Pinto, 1999).

Los sectores donde se desarrollan naturalmente los oasis de neblina están amenazados por diversos factores que incluyen la construcción de caminos, operaciones mineras, ganadería, colecta de vegetación para su uso como combustible y la colección de cactus, semillas y bulbos con fines comerciales. Así, resulta evidente que se requiere de grandes esfuerzos regionales y nacionales para proteger estos habitats y su vegetación nativa. Tres áreas protegidas han sido establecidas en DESAT para la protección de los recursos genéticos endémicos, sus ecosistemas y zonas de importancia arqueológica: el Parque Nacional Pan de Azúcar con 438 km², la Reserva Nacional La Chimba de 30 km² y Reserva Nacional Pampa del Tamarugal con 1,023 km². Sin embargo, estas acciones requieren de una urgente complementación con estrategias de protección *ex situ*¹⁹ (semillas, cultivos, jardines botánicos) y políticas de educación medioambiental.

¿Cuál es el límite sur del Desierto de Atacama?

Si se consideran los bajos niveles promedios de precipitación, el límite sur de DESAT sería el Río Copiapó (27°20'S). La macroregion comprendida entre Arica y Copiapó se le denomina Norte Grande, con lluvias promedio anuales cercano a 0 mm. A nivel del Río Copiapó, el promedio anual de precipitaciones es cercano a 29 mm. El Norte Chico se extiende hacia el sur de Copiapó y la precipitación anual

¹⁹ Fuera del lugar original.

promedio en La Serena (29°54'S, 280 Km al sur de Copiapó) es menor a 130 mm. Entonces, si se consideran las semejanzas florísticas de las comunidades vegetales con las de zonas al norte, La Serena sería el límite sur más apropiado de DESAT (Rundel *et al.* 1991).

Tabla N° 1. Nombres y localización de los Oasis de Neblinas o Lomas, de las I y II regiones del Norte Grande, según la base de datos LOMAFLO (http://www.sacha.org/).

Región de Antofagasta:

Hornito - Michilla	22°34'S, 70°16'W
Morro de Mejillones	23°05'S, 70°31'W
Blanco Encalada	23°13'S, 69°37'W
Cerro Moreno	23°30'S, 70°25'W
La Chimba	23°32'S, 70°22'W
Antofagasta	23°39'S, 70°24'W
El Cobre	24°14'S, 70°31'W
Caleta Botija	24°31'S, 70°33'W
Punta dos Reyes	24°32'S, 70°33'W
Miguel Díaz	24°36'S, 70°33'W
Punta Plata	24°43'S, 70°34'W
Aguada Cardon	24°45'S, 70°32'W
Aguada Panul	24°47'S, 70°34'W
Quebrada Médano	24°48'S, 70°28'W
Aguada Panuleito	24°49'S, 70°32'W
Quebrada El Rincón	24°56'S, 70°30'W
Paposo	25°01'S, 70°28'W
Quebrada Mantancilla	25°07'S, 70°27'W
Quebrada Cascabelles	25°17'S, 70°24'W
Quebrada San Ramón	25°22'S, 70°25'W
Cachinalito	25°08'S, 00°00'W
Quebrada Bandurias	25°13'S, 00°00'W
Palo Varado	25°14'S, 00°00'W
Taltal (Hueso Parado)	25°24'S, 70°33'W
Cerro Perales	25°25'S, 70°26'W
Quebrada de la Cortadera	25°26'S, 00°00'W
Quebrada El Nueva	25°28'S, 00°00'W
Estación Breas	25°29'S, 70°22'W
Quebrada Los Zanjones	25°31'S, 00°00'W
Bahía Tortolas	25°32'S, 00°00'W
Esmeralda	25°34'S, 00°00'W
Aguada Grande	26°02'S, 00°00'W

Región de Tarapacá:

Arica (Azapa)	18°28'S, 70°20'W
Pisagua	19°36'S, 70°13'W
Caleta Buena	19°53'S, 70°09'W
Iquique	20°12'S, 70°10'W
Tocopilla	22°05'S, 70°12'W
Cobija	22°33'S, 70°16'W

Algunas referencias y páginas de Internet

- Börgel, R. 1973. The coastal desert of Chile. Pages 111-114 in D.H.K. Amiran, and A.W. Wilson, editors. Coastal deserts: their natural and human environments. Tucson: University of Arizona Press.
- Cavieres L.A., M.T.K. Arroyo, P. Posada, C. Marticorena, O. Matthei, R. Rodriguez, F.A. Squeo, G. Arancio. 2002. Identification of priority areas for conservation in an arid zone: application of parsimony analysis of endemism in the vascular flora of the Antofagasta region, northern Chile. *Biodiversity and Conservation* 11: 1301–1311.
- Dillon M.O. and A.E. Hoffmann-J. 1997. Lomas Formations of the Atacama Desert Northern Chile. In S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos, and A.C. Hamilton, editors. *Centres of Plant Diversity: A guide and Strategy for their Conservation*. WWF, IUCN, Oxford, U.K.
- Lustig, L. K. 1970. Appraisal of research on geomorphology and surface hydrology of desert environments. In W.G. McGinnies, B.J. Goldman, and P. Paylore, editors. *Deserts of the world: An appraisal of research into their physical and biological environments*. University of Arizona Press, Tucson.
- McKay CP, El Friedmann, B Gómez-Silva, L Cáceres, DT Andersen and R Landheim. 2003. Temperature and moisture conditions for life in the extreme arid region of the Atacama Desert: four years of observations including the El Niño of 1997-98. *Astrobiology* 3: 393-406.
- Rundel, P.W., Dillon, M.O., Palma, B., Mooney, H.A., Gulmon, S.L. and Ehleringer, J.R. 1991. The phytogeography and ecology of the coastal Atacama and Peruvian deserts. *Aliso* 13(1): 1-50.
- Pinto, R. 1999. Oasis de neblina – El Niño 1997. Imprenta Ograma S.A. Santiago. 95 págs.
- <http://www.sacha.org/>
- http://www.worldwildlife.org/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt1303_full.html
- <http://www.nationalgeographic.com/wildworld/profiles/terrestrial/nt/nt1303.html>
- <http://www.nmnh.si.edu/botany/projects/cpd/sa/sa43.htm>
- http://www.paleontologia.co.uk/paleopag/sections_frame.php?area=de
- Gómez Silva B. 2006. Las cactáceas: pequeños héroes erizados. En: www.uantof.cl/indes (Desierto Atacama).
- Gómez Silva B. 2006. Las plantas y su adaptación al ambiente desértico. En: www.uantof.cl/indes (Desierto Atacama).