
SEGUNDA PARTE:

2. ECOLOGÍA Y DESIERTO

INTRODUCCIÓN

Desde que el Club de Roma publicara en 1972 su informe sobre, los límites del crecimiento, los problemas ambientales, se han desplazado *desde los límites de los recursos hasta los límites de la capacidad de recibir desechos* [GOODLAND, 1997]. Para los territorios desérticos, esta problemática plantea importantes contrasentidos.

En primer lugar, mientras los desiertos son los territorios donde los recursos energéticos renovables están disponibles en gran cantidad, no estamos haciendo el mejor uso de ellos, todo lo contrario, los estamos usando como vertederos, por ser grandes extensiones, propicias según algunos para recibir desperdicios generados por las sociedades industriales y trasladadas a estas regiones generalmente de países en desarrollo.

Los desiertos, están en peligro de convertirse en los grandes basurales de toda la humanidad, aparecen como amplios territorios distantes y despoblados, "zonas ideales" para enterrar residuos contaminantes, así por ejemplo la empresa alemana *Kraftwerkunion* firmó en julio de 1987 un acuerdo con China para enterrar residuos nucleares en el desierto de Gobi, en Mongolia [GOODLAND, 1997].

Si por el contrario, usáramos los desiertos como energía y no como vertedero, estaríamos actuando en la idea de complementariedad de recursos y consolidando un proceso de transición en la base energética y fomentando el desarrollo equilibrado y sostenible de las regiones.

Creemos, que habitar los desiertos sólo requiere de algo tan simple como vivir en consecuencia con la fragilidad del ecosistema desértico, enmarcado en el ámbito de lo austero y lo mínimo, en función de un cambio de nuestros hábitos y costumbres [Fig. N° 73].

La importancia de los desiertos, como proveedores de energía en los momentos de una transición energética es manifiesta. Lo paradójico es que tanto la principal fuente de energía renovable, la solar es abundante en estas regiones, como también el principal recurso energético no renovables que mueve al mundo, el petróleo es extraído de estas zonas desérticas.

Creemos que cualquier esfuerzo para entender las potencialidades y proyectar el uso de los recursos naturales en las zonas áridas pasa primero por entender la *naturaleza de la aridez*. Cuáles son las características, las invariantes y los factores que determinan una forma de vida en los climas áridos. Estas sean, probablemente, las preguntas más repetidas en este estudio, y sin lugar a duda las que han motivado otros.

116

Si nuestra relación con el medio ambiente fértil, exuberante de vegetación, ha sido de dominación. La tendencia hacia los desiertos como ambiente hostil ha sido pensar en ellos como tierra de nadie, también se ha otorgado a los desiertos la imagen de lo que podría llegar a ser el futuro de la tierra, este es otro de los tópicos con los que se ha identificado a los desiertos. Nosotros creemos que estas atribuciones son gratuitas, efectivamente los desiertos son ambientes frágiles que requieren de cuidados extremos. Sin embargo, los comportamientos humanos generan ambientes degradados

Es necesario distinguir, que los desiertos naturales existen como parte del equilibrio de los sistemas ecológicos, a diferencia de los paisajes degradados por el hombre que son heridas provocadas a un ambiente sano y que por extensión denominamos desierto por la ausencia de vida vegetal. El contraste entre las tierras fértiles y las tierras estériles, entre el desierto y el vergel propone preguntas con relación a la fertilidad de la tierra las que no tienen que ver solamente con el agua, sino también con el uso humano de las tierras áridas.

Fig. Nº 73 LOS DESIERTOS NATURALES DE LA TIERRA

Fuente: [BROWN, 1968] DESERT BIOLOGY –Adaptación de J. Guerra

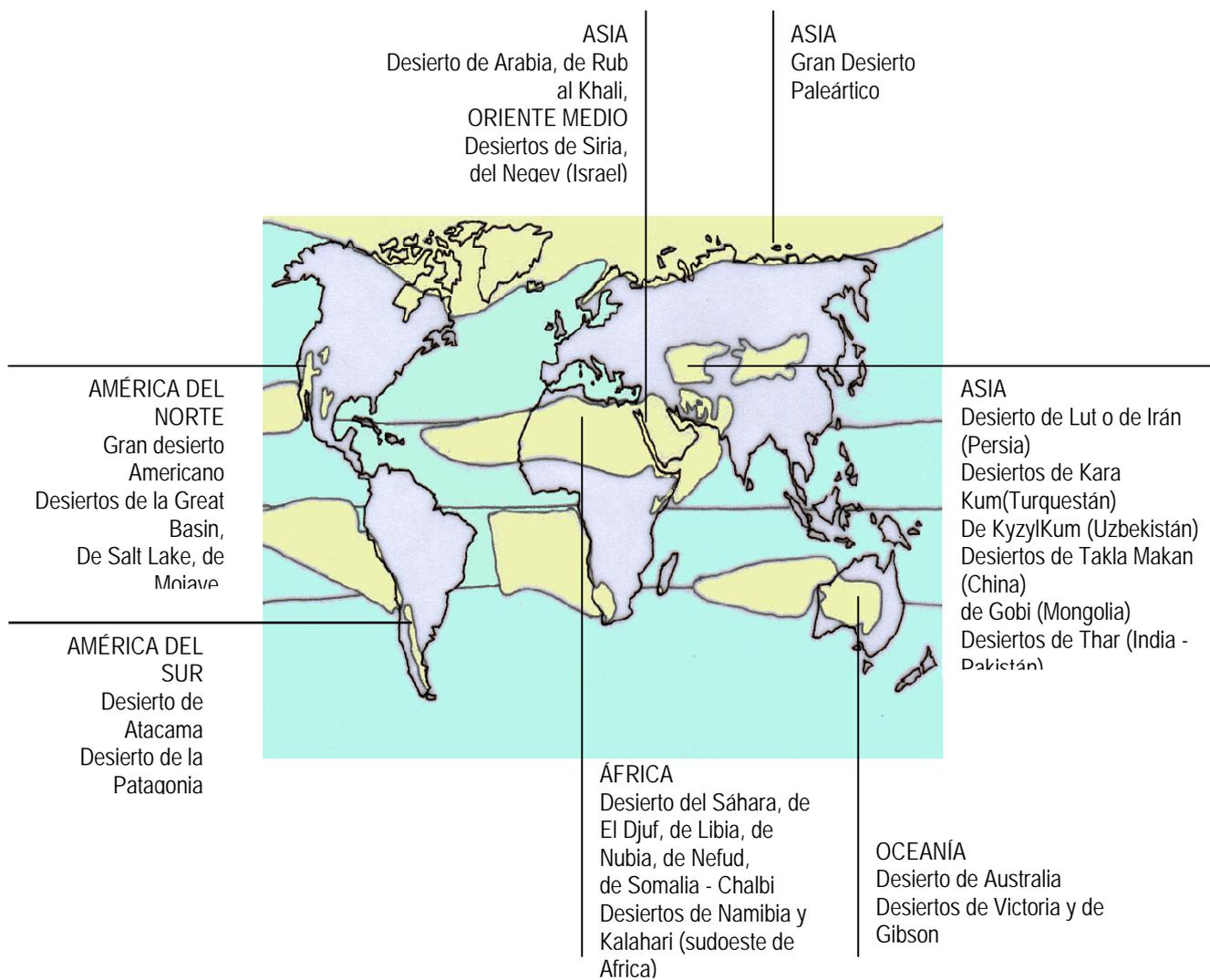


Fig. N° 74 REPARTICIÓN DE SUPERFICIES DE LA BIOSFERA

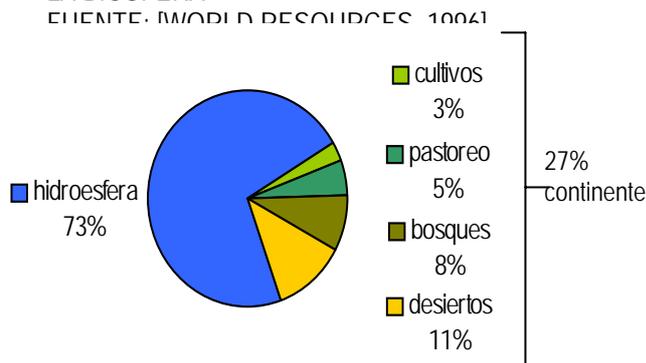
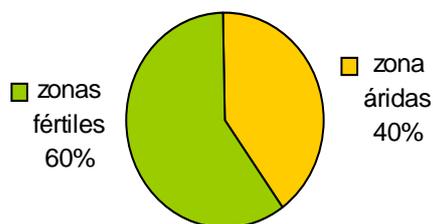


Fig. N°75 REPARTICIÓN DE ZONAS ÁRIDAS Y NO ÁRIDAS

FUENTE: [WORLD RESOURCES, 1996]



2.1. LA DIMENSIÓN DE LOS DESIERTOS

La dimensión ambiental de los ecosistemas desérticos de formación natural tiene una gran importancia tanto por su magnitud territorial, como por la influencia que ejercen a nivel del clima de la Tierra, o como una extraordinaria fuente de recursos minerales, pero además y sobre todo como ámbito en el que se desarrolla y desenvuelve la vida de muchos habitantes.

En primer lugar, desde su dimensión territorial, los desiertos forman junto con las regiones polares y los bosques tropicales, uno de los mayores componentes del paisaje de la Tierra. Las zonas desérticas cubren aproximadamente el 40% de la superficie terrestre, de las cuales, un 30% son tierras desérticas semiáridas, áridas e hiper-áridas y un 10% corresponden a desiertos polares, permanentemente bajo una superficie de hielo [Fig. N° 74 / 75].

TABLA N°8 RELACIÓN DE SUPERFICIES DE LOS DESIERTOS DEL MUNDO

Continentes	Desiertos	%	m2
ÁFRICA	Desierto del Sáhara, de El Djuf, de Libia, de Nubia, de Nefud, de Somalia - Chalbi	42	9.100.000
	Desierto de Kalahari y Namibia		570.000
ASIA	Desiertos de Kara Kum(Turquestán)	9	1.900.000
	De KyzylKum (Uzbekistán)		
	Desierto de Arabia	12	2.600.000
	Desierto de Thar (India)	3	600.000
	Desierto de Takla Makan(China) de Gobi (Mongolia)	2	520.000
	Desierto de Lut o de Irán (Persia)	2	390.000
OCEANÍA	Desierto de Victoria y de Gibson (Australia)	16	3.400.000
AMÉRICA DEL NORTE	Gran desierto americano (incluye los desiertos de la Great Basin, de Salt Lake, de Mojave, de Colorado, del Gila, de Sonora y de Chihuahua, del sudoeste de los Estados Unidos)	6	1.300.000
AMÉRICA DEL SUR	Desierto de la Patagonia (Argentina)	3	670.000
	Desierto de Atacama (Perú y Chile)	2	360.000
	TOTAL		21.410.000

Fuente : [CLOUSDESLEY-THOMPSON, 1979] adaptación por J. Guerra.

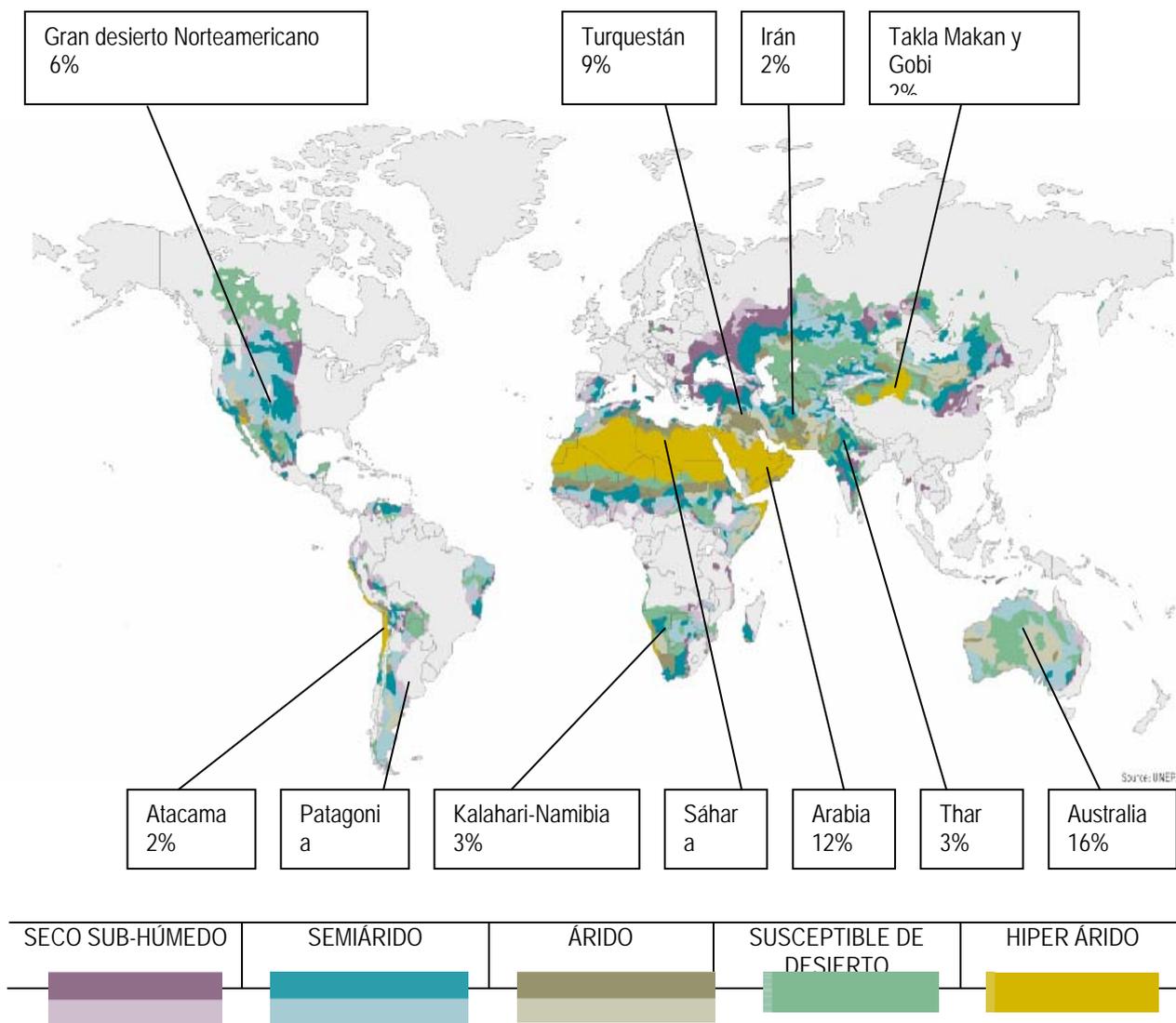


Fig. N° 76 SUPERFICIES DE LOS DESIERTOS DE LA TIERRA POR CONTINENTE Fuente: [En línea] <<http://www.cger.go.jp/arid-e.htm>>

En la tabla N°8 podemos observar que en términos del tamaño de las zonas desérticas: La región desértica más extensa de la tierra, se encuentra en el continente Africano, en esta zona se concentra el 42% del total de las zonas áridas, le sigue Australia con el 16%. En esta categoría el desierto de Atacama, se encuentra entre los desiertos pequeños, representando tan solo un 2% del total de zonas áridas de la tierra [Fig. N°76].

Una segunda forma de dimensionar los desiertos, es ponderando sus características climáticas y térmicas. Como se muestra en la tabla N°9. Los desiertos más calientes corresponden al 43%, y los desiertos más fríos al 24%. El desierto de Atacama, dentro de esta clasificación puede quedar definido como un desierto con un invierno apacible, en la zona litoral y un desierto con invierno fresco en el interior.

TABLA N° 9 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LOS DESIERTOS

Características	tierras áridas	Mes más frío Temperatura media °C	Mes más caluroso Temperatura media. °C	Desierto
Caliente	43 %	10-30 °C	>30 °C	Sáhara Central; Arabia; Gran Desierto de Sandy (Australia).
Invierno apacible	18%	10-20 °C	10-30 °C	Sáhara del sur; Kalahari; mexicano; Simpson (Australia); Atacama litoral.
Invierno fresco	15%	0-10 °C	10-30 °C	Sáhara del norte ; Estepas turcas; Mojave , Atacama interior.
Invierno frío	24%	<0 °C	10-30 °C	Praderas canadienses frías; Gobi; Turkmenistán; Desiertos chinos.

Fuente: [THOMAS, 1997]

Un tercer modo de dimensionar los desiertos, es a través de la definición del grado de aridez, como se especifica en la [Tabla N°10]. De este modo, las regiones desérticas se clasifican en desiertos semi áridos con unos 23.1 km², desiertos áridos con unos 15.6 km² y desiertos hiper-áridos con unos 9.8 km². La definición de zonas de áridas e índice de aridez se detalla en Documento Anexo N°1, en este apartado también se explican las diversas clasificaciones existentes de los ambientes desérticos.

El desierto de Atacama, queda clasificado en todos los estudios como un desierto hiper-árido o extremadamente árido debido a la ausencia de lluvias y aguas superficiales.

TABLA N°10 ZONIFICACIÓN DE LA ARIDEZ POR REGIONES (MILLONES DE km²)

Zona	África	Asia	Australia	Europa	Norte América	Sud América	Total km ²
Fría	0.0	10.8	0.0	0.3	6.2	0.4	17.7
Húmeda	10.1	12.2	2.2	6.2	8.4	11.9	51.0
Seco subhúmedo	2.7	3.5	0.5	1.8	2.3	2.1	12.9
Semi-Árido	5.1	6.9	3.1	1.1	4.2	2.7	23.1
Árido	5.0	6.3	3.0	0.1	0.8	0.4	15.6
Hiperárido	6.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.3	9.8
Total	29.6	42.5	8.8	9.4	21.9	17.8	130.1

Fuente: [MIDDLETON & THOMAS, 1997].

Una cuarta forma de dimensionar los desiertos, es en relación al desarrollo urbano de las zonas áridas [Tabla N° 11]. Según datos de las Naciones Unidas entre los años 1950 - 1970 existían 269 ciudades de más de 100.000 habitantes en ambientes áridos, esta cifra ha aumentado en 355 ciudades en los años ochenta y sigue en aumento [COOKE, 1982].

Hoy más del 15% de la población del mundo, es decir unos 900 millones de personas viven en zonas áridas. La proporción de habitantes y la población estimada por continentes se muestra en la [Tabla N°12]. La gran cantidad de ciudades y por tanto de personas que desarrollan su vida en zonas áridas es cada vez mayor, lo que indica la importancia de definir actitudes y diferenciar las formas de vida distintas al de las zonas no desérticas [HEATHCOTE, 1983; ROSANOV, 1990; UNEP, 1991].

TABLA N°11 DISTRIBUCIÓN DE CIUDADES DE MÁS DE 100.000 HABITANTES POR CONTINENTE

Número de habitantes	África	Asia	América	Total de ciudades áridas
Más de 4.000.000	1	3	1	5
Entre 2 y 4.000.000	1	3	4	8
1 y 2.000.000	0	12	5	17
500.000-1.000.000	4	23	12	39
250.000-500.000	17	55	25	97
100.000-250.000	30	112	47	189
Total	53	208	94	355

Fuente: [COOKE, 1982].

TABLA N° 12 DISTRIBUCIÓN DE HABITANTES EN ZONAS ÁRIDAS POR REGIÓN

REGIÓN	Población estimada 1994 (millones)	Proporción de habitantes en regiones áridas (%)
ÁFRICA	237	34%
AMÉRICA	102	13%
ASIA	484	14%
EUROPA	16	2%
TOTAL MUNDIAL*	841	15%
Población mundial	6000 millones / 2001	

Fuente: [FINDLAY, 1996] [En línea] <IUSSP.ORG> [WORLD BANK'S WORLD DEVELOPMENT INDICATORS]

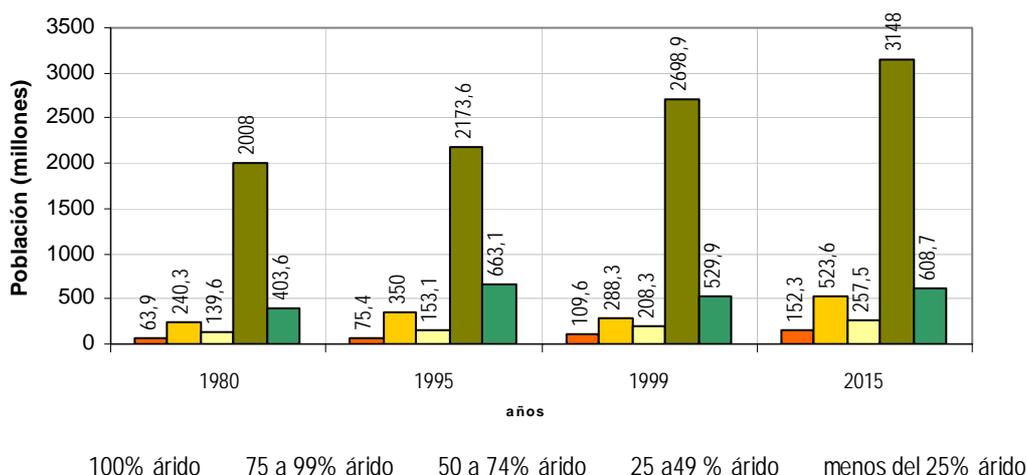


Fig. N°77 GRÁFICO RELACIÓN DE POBLACIÓN Y ZONAS ÁRIDAS
 Fuente: Realizado por J. Guerra basándose en [COOKE, 1982 ob. cit. BEAUMONT, 1989]

Porcentaje de aridez del país		Población (millones)			
Países y número de ciudades de más de 100.000		1995	1980	1999	2015
100%	Bahrein (1), Djibouti, Egipto(23), Kuwait (2), Mauritania (1), Omán, Qatar (1), Arabia Saudita (7), Somalia (1), Yemen del sur (4), Unión de Emiratos árabes (4).	75.4	63.9	109.6	153.3
75-99%	Afganistán (4), Argelia (8), Australia, Botswana, Cabo Verde, Chad, Irán(12), Irak, Israel, Jordania, Kenia, Libia, Malí, Marruecos(10), Siria, Túnez, Alto Volta, Pakistán (19)	350.0	240.3	288.3	523.6
50-74%	Argentina, Etiopía, Mongolia, South África, Turquía (10)	153.1	139.6	208.3	257.5
25-49%	Angola, Bolivia, Chile, China(19), India(62), México (22), Tanzania, Togo, USA (42).	2173.6	2008	2698.9	3148
<25%	Benin, Brasil, Canadá, Central Africana República, Ecuador, Ghana, Libano, Lesotho, Madagascar, Mozambique, Nigeria, Paraguay, Perú, Sri Lanka, URSS (55), Venezuela, Zambia, Zimbabwe	663.1	403.6	529.9	608.7
Total		3415.2	2855.4	3935	4690.1

Fuente: [O'HARA, 1997 ; THOMAS, 1997 ; COOKE, 1982 ob cit BEAUMONT, 1989]

Las diversas formas comentadas en relación con la dimensión de los desiertos, ponen de relieve lo obsoleta que resulta la idea de que los desiertos son ambientes poco propicios para desarrollar la vida. Ahora bien, la distorsión se encuentra en que las formas de vida actual en los desiertos, está en función de una cultura no árida. El habitar y el desarrollo de las zonas áridas, se programa con los mismos argumentos de las zonas húmedas o templadas, todo lo cual produce el evidente desarraigo en todos los ámbitos de actividad humana [Fig. N° 77] y [Tabla N°13].

La vida en los desiertos, se viene desarrollando desde los orígenes de la civilización, hoy la urgencia es definir y actuar en función de los problemas medioambientales de vivir en regiones áridas, como la integración de la población, la arquitectura y el conocimiento de la ecología del desierto local.

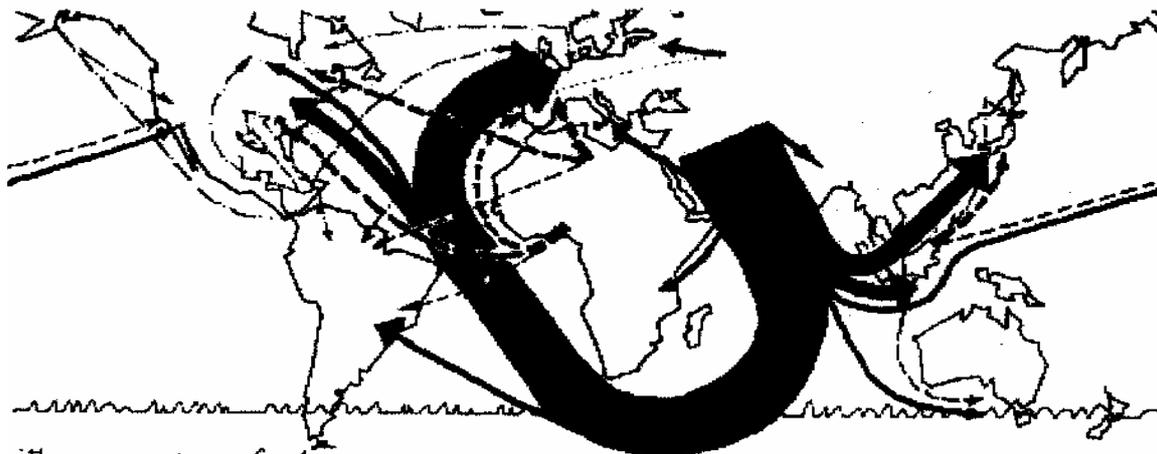


Fig. N°78 PRINCIPALES LÍNEAS DE TRASPORTE DE PETRÓLEO POR MAR EN 1978, La gráfica de las líneas indican tonelajes relativos transportados desde zonas áridas
Fuente:[HOLM, 1983].

2.2. DESIERTO Y DESARROLLO ENERGÉTICO

Los desiertos son ambientes extraordinarios de recursos energéticos renovables, especialmente de energía solar, aunque por mucho tiempo los desiertos fueron considerados tierras de nadie, de poco valor intrínseco y zonas disponibles para cualquier uso.

El reconocimiento de las potencialidades energéticas y de recursos minerales existentes bajo esas tierras, incrementa la valoración otorgada a las zonas áridas, este cambio de actitud se produce con el descubrimiento del petróleo, en las regiones desérticas de los Estados Unidos y posteriormente en África y Medio Oriente.

Muchos países en la categoría de áridos y/o desérticos poseen beneficios procedentes de las reservas de petróleo, lo que les ha permitido desarrollarse, cosa que de otra forma, no hubiera sido posible.

Hoy en día la producción energética mundial o los flujos de energía global están directamente relacionados con los centros de prospección ubicados en ámbitos desérticos. Un 80% de la producción de petróleo se extrae y se importa de los países situados en regiones áridas, como Arabia Saudita, Irak, Irán y el Golfo Pérsico [Fig. N°78].

Para el caso chileno, fue y sigue siendo la explotación de los recursos minerales existentes principalmente en la región desértica del país, la que sustenta en gran medida la actividad económica y productiva. Así ocurrió con la exportación del salitre y hoy con la gran minería del cobre, que coloca a Chile como el mayor productor mundial.

Este cambio de actitud, viene acompañado del rápido desarrollo de muchas zonas áridas pero también, de conflictos armados y de la transformación de los ecosistemas por el deterioro medioambiental que ejerce la explotación minera. La industria extractiva en zonas áridas, de naturaleza efímera y transitoria son ejemplos de un uso intensivo y destructivo de los recursos, normalmente llevados a cabo por grandes compañías que poseen el poder económico y político necesario para superar las impugnaciones de grupos locales.

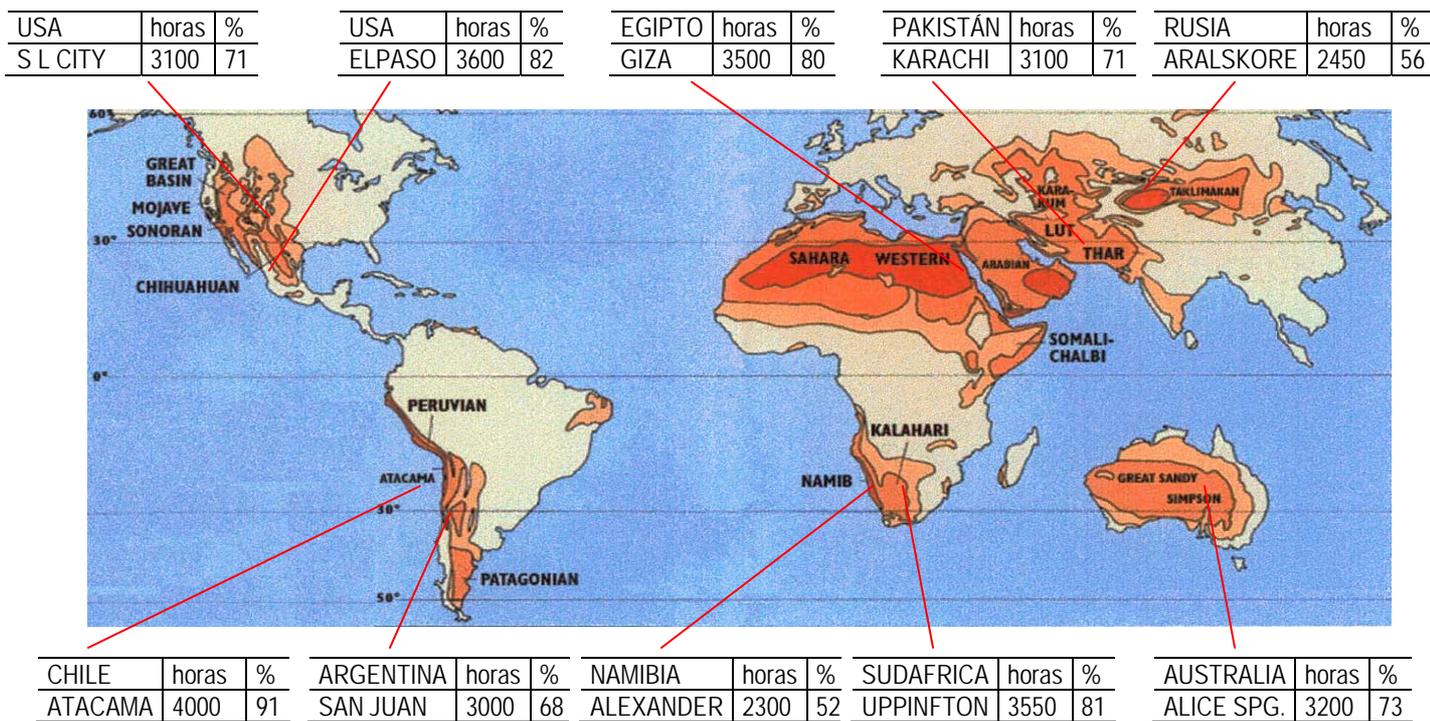


Fig. N°79 GRÁFICA CON VALORES REFERENCIALES DE LAS HORAS DE SOL AL AÑO EN ZONAS DESÉRTICAS
 Fuente: realizado por J. Guerra, basándose en [En línea] <<http://pugs.usgs.gov/gip/desert.world.html>>

El enfoque de las zonas áridas dependerá, de la magnitud de estos territorios y del grado en que las otras áreas del país sean capaces de sostener la economía nacional [Fig. N°79].

Si observamos el caso de Egipto e Israel. El primero, siendo un país completamente desértico tiene una actitud singular ya que la existencia del río Nilo, sigue siendo vital para su supervivencia y economía, lo que le permite mantener una de las mayores concentraciones de población, en zonas áridas, aproximadamente 62.7 millones de habitantes según censo de 1999, con una proyección al año 2015 de 80 millones de habitantes.¹⁰⁴

Israel por el contrario, con 6.1 millones de habitantes el año 1999, y una proyección de 7.9 millones para el año 2015, es ejemplo de una política eficiente en el uso de los desiertos y de una planificación pensada en el aprovechamiento sostenible y respetuoso del medio ambiente árido donde el factor educativo ha sido fundamental [HEATHCOTE, 1983].

La relación de países como EE.UU., la antigua URSS o Australia con las zonas áridas es distinta. Estos países al no depender de las zonas áridas, en la primera mitad del siglo XX, usaron éstas tierras para la comprobación de armas atómicas en la atmósfera. Las mismas que actualmente utilizan para pruebas de armas nucleares subterráneas, realizar bombardeos y maniobras militares y como vertederos de chatarra radiactiva [BEAUMONT ,1989].

Según Heathcote, en su libro "Tierras áridas: Uso y abuso", expone que la utilización de las tierras áridas sólo ha sido involuntaria en el caso de las culturas tradicionales, en cambio, en las culturas industriales el uso de los desiertos ha sido y es voluntario, obedeciendo a una planificación que tiene un

¹⁰⁴ Fuente de datos de población [En línea] <www.iussp.org>



Fig. N°79a DESIERTO DE ATACAMA /EL DESIERTO COMO INMENSIDAD Y EXTENSIÓN; EL DESIERTO COMO GRAN BASURAL
 Fuente: J. Guerra.

objetivo fundamentalmente económico, con una opción deliberada por taladrar y extraer sus recursos minerales. La valoración por tanto que históricamente el hombre ha hecho de los territorios desérticos se puede clasificar a partir de estas actitudes: [Fig. N°79a/ 79b/ 79c].

-
- (1) **Se reconoce que las tierras áridas existen, pero éstas son ignoradas como base de recursos.**

La evidencia de esta actitud se puede observar en los nombres de los lugares como el árabe Rhub al Khali (el cuarto vacío), o la existencia de vastas tierras sin usar oficialmente poseídas por los Estados pero que no tienen asignadas su destino.

125

-
- (2) **Se reconoce la potencialidad de las tierras áridas, pero se asigna a otros su uso y manejo como si fueran sus propietarios.**

Semejante política es implícita en situaciones donde los dueños de la tierra permiten a otros buscar y extraer los recursos. Aquí, es implícita la asunción que los dueños reales a falta de medios o incentivos para arriesgar capital en la investigación de los posibles recursos, pero están deseosos de permitir a otros tomar el riesgo a cambio de una parte de la ganancia. Semejante política existió entre los años 1900-1960 con respecto a la exploración del petróleo en el sudeste asiático y norte de África. Aunque, modificado por la nacionalización de algunas de las compañías de petróleo, este principio todavía está implícito en la mayoría la exploración mineral de las tierras áridas globales en economías en desarrollo.

Esta estrategia también se utilizó en la explotación de los recursos mineros del desierto de Atacama, actualmente con algunas variaciones se sigue utilizando el mismo principio en la explotación del cobre.

-
- (3) **Se reconocen los recursos de las tierras áridas y se refleja la determinación de los dueños para usar sus recursos.**

En esta clasificación caben las sociedades tradicionales, grupos que han construido su sistema de vida en función de los desiertos, generando una cultura en equilibrio con su ambiente.



Fig. N°79b DESIERTO DE ATACAMA / TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE / EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS MINEROS
Fuente: J. Guerra.

En cualquier caso, el desarrollo y la ocupación de las tierras áridas ha significado un importante proceso de transformación del paisaje, promovido por el traslado de sistemas de uso, de recursos, tecnologías, y también por la migración de habitantes procedentes de otras regiones, lo que ha contribuido al desarraigo ambiental [HEATHCOTE, 1983].

Al respecto, Uriel Safriel plantea como alternativa, que para que el desarrollo sea sostenible en las zonas áridas, la producción debe depender de las características de aridez del ecosistema, proponiendo tres usos. Primero: La energía solar, por su abundancia. Segundo: La posibilidad de realizar una agricultura del desierto aprovechando las condiciones de soleamiento y calor, aspectos que favorecen las cosechas y su productividad. Tercero: Desarrollo turístico a partir del valor escénico, paisajístico y cultural de los ambientes áridos.

Es importante agregar que este desarrollo requiere de inversiones importantes tanto en infraestructura como en educación de los habitantes del desierto, respecto de las características del ambiente en que viven.

Por otra parte debe tener un sentido de permanencia y estar dirigido hacia la diversificación para desarrollar el tipo de actividad más favorable. Estos planteamientos quedan expresados en la Tabla N°14, en la que se especifican las opciones de desarrollo en función de las capacidades de cada uno de los ecosistemas desérticos:



Fig. N°79c. DESARROLLO INSOSTENIBLE EN EL DESIERTO DE ATACAMA/ EL DESIERTO DEBE SER ENTENDIDO COMO UN SISTEMA ECOLÓGICO FRÁGIL.

Fuente: J. Guerra.

TABLA N°14 DESARROLLO SOSTENIBLE EN ZONAS ÁRIDAS:

(1) DESARROLLO DE TIERRAS EXTREMADAMENTE ÁRIDAS :

- Producir energía solar, en ésta zona es más abundante, más estable y de alta concentración.
- La pesca, el cultivo de algas y peces en aguas salinas combinados con el sol y calor moderado.
- Una combinación particular de usos potenciales se produce en desiertos costeros.
- El eco-turismo, el valor escénico de los territorios áridos los hace atractivos a las actividades de ocio.

127

(2) DESARROLLO DE TIERRAS ÁRIDAS

- La producción industrial de compuestos naturales aprovechando la biodiversidad (plantas salvajes adaptadas a condiciones extremas).
- Desarrollo de la energía solar y turismo. El clima seco y soleado de áreas áridas, la belleza escénica de muchas partes de ellos, así como la importancia histórica, provoca un aumento en su atractivo turístico.
- Pastoreo nómada tradicional, en lugar de aumentar su productividad, deben tomarse medidas para evitar la sobreexplotación que es el resultado de una sobrepoblación de animales domesticados.

(3) DESARROLLO DE TIERRAS SEMIÁRIDAS

- Uso de la biodiversidad para propósitos industriales como mejorar cosechas agrícolas.
- Pastoreo y agricultura de subsistencia, evitando la degradación por sobreexplotación de la tierra.
- Restauración y prevención de la desertificación extrema.
- La sabana y la foresta, se vinculan con otros usos como ocio y turismo.
- La biodiversidad en las regiones semiáridas sirven de ámbitos de transiciones entre las provincias

(4) DESARROLLO DE TIERRAS SECO-SUB-HÚMEDAS

- Desarrollo de la biodiversidad, reforestación, producción de alimentos y transformación de tierras de pastoreo en tierras de cultivo agrícola por regadío.
- Mitigación del cambio climático.
- Ecológicamente más aprovechable para la forestación, y producción de alimentos.

Fuente: [SAFRIEL, 1999].

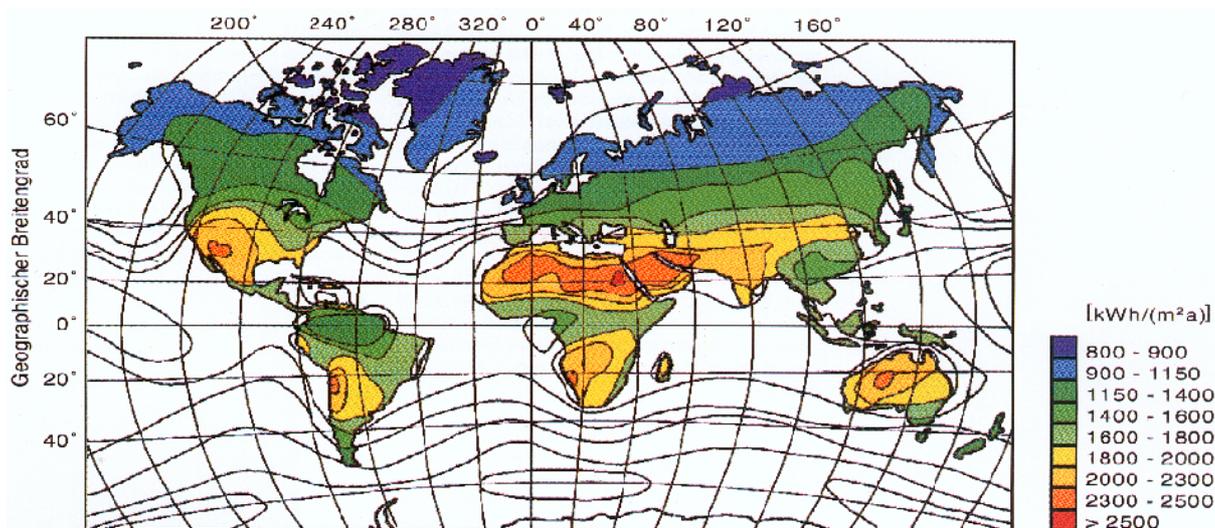


Fig. N° 80 GRÁFICO DE RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN LA TIERRA EN kwh./ m2 año
 Fuente: [En línea] <<http://www.harper.cc.il.us/mhealy/g101ilec/intro/phy/phcli/koppen.htm>>

2.3. LA ENERGÍA SOLAR, la energía de los desiertos

Un efecto fundamental de la crisis energética de los años setenta, fue la búsqueda de fuentes energéticas alternativas. Paradójicamente es en las zonas áridas donde se localizan los mejores índices de radiación solar incidente, también se encuentran las mayores fuentes de energía solar en forma de hidrocarburos fósiles [Fig. N°80].

128

Los intentos del aprovechamiento del potencial energético solar existente en los desiertos no son recientes, el desarrollo de las energías renovables comienza cien años antes de la crisis energética de los setenta.

Los esfuerzos por diseñar y construir dispositivos para suministrar energía renovable se suscitan en la época de la Revolución Industrial, dado que ésta se fundamentó en la promesa del suministro inagotable de combustibles fósiles. Pero, la industrialización sólo comenzó a tener impacto en las zonas áridas durante el siglo XX, después de la Segunda Guerra Mundial.

La historia de las grandes utopías de la energía solar se ha escrito bajo los soleados territorios desérticos, en ellos se han construido innumerables artefactos y maquinarias para atrapar la energía del sol. La explotación de la energía solar para proveer de energía a toda la tierra ya no es una visión que pertenezca al futuro, es más bien la imagen de un presente que conlleva la transición energética, es una realidad en diversos estados de perfeccionamiento que junto con la energía eólica y otras fuentes de energías renovables comienza a formar parte de nuestro ambiente cotidiano.

En una breve revisión de los proyectos solares, idealmente concebidos para regiones áridas con gran potencial energético solar, podemos dimensionar no sólo la importancia de la energía solar, lo que no está en duda, sino reafirmar el excepcional potencial energético de los territorios áridos.

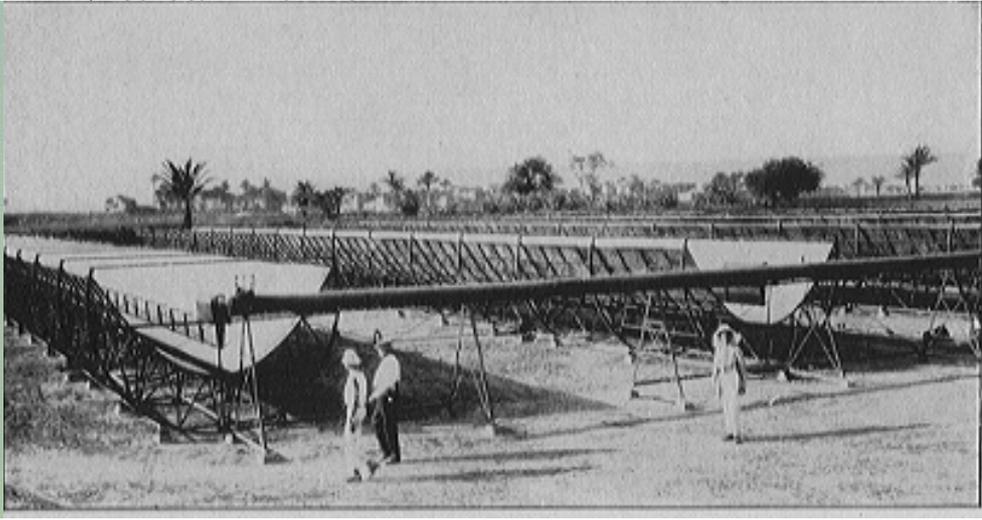
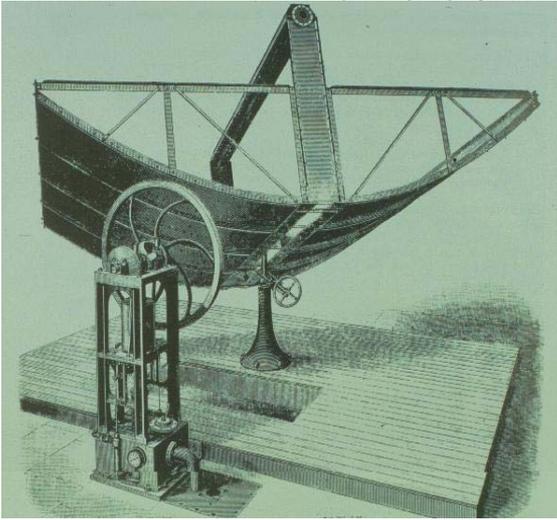


Fig. N°81 MOTOR ACCIONADO POR EL SOL, DE JOHN ERICSSON Fig. N°82 PLANTA SOLAR CERCA DE EL CAIRO, DE FRANK SHUMAN
Fuente: [En Línea] <<http://habitat.upm.es/boletin/n9/fanvaz/i20.anvaz.htm>>

Las cifras en ese sentido siempre han sido reveladoras de este hecho, la radiación solar que recibe la tierra en menos de una hora equivalen al consumo humano de energía de un año, los niveles de radiación incidente más altos alcanzados en la tierra son aproximadamente de 2500 kWh/m² año y se han registrado en la región del desierto de Atacama, Chile. Se estima que éste desierto recibe en un año el equivalente a toda la energía fósil usada en el mundo a mediados de los sesenta [DANIEL, 1967 op cit HEATHCOTE, 1983].

Otros ejemplos, en este sentido son los desiertos del norte de África con unos 2.200 kWh/m² año que podrían exportar energía a muchos países. La dificultad que representa la energía solar¹⁰⁵ es cómo captarla con máxima eficiencia, cómo almacenarla y hacerla rentable y competitiva [SCHEER, 2002]¹⁰⁶.

Desde un enfoque mecánico uno de los primeros en llevar a cabo esta utopía fue el ingeniero John Ericsson, que construyó en 1870, su primer motor accionado por energía solar [Fig. N°81]. Esta experiencia le llevó a predecir que una banda metálica de 12.900 km de largo y 1.600 m de ancho situada paralelamente a la línea ecuatorial alimentaría finalmente 22.300.000 motores solares, de 100 caballos de fuerza como medida sustitutiva al carbón.

En 1913 Frank Shuman construyó en Maadi, a 11 km. del Cairo, una de las primeras plantas solares que funcionó hasta comienzo de la Primera Guerra Mundial [Fig. N°82]. Ésta consistía en cinco absorbedores solares con espejos parabólicos dispuestas en estructuras semicirculares para seguir la trayectoria solar. Su utopía solar planteaba la transición diciendo que *"llegará el momento en que Europa deberá parar sus fábricas por falta de carbón. Entonces el Alto Egipto con su inagotable energía solar, invitará a los fabricantes europeos a instalar sus fábricas a lo largo de las riberas del Nilo"* [ANDERSON, 1990].

¹⁰⁵ La explotación de la energía solar en la actualidad se realiza principalmente de dos formas: (a) Energía solar térmica, que se basa en el aprovechamiento del sol, para producir calor. (b) Energía solar fotovoltaica, que transforma la luz solar directamente en electricidad.

¹⁰⁶ [SCHEER, Hermann. 2002] Presidente de EUROSOLAR, con relación a las energías renovables, manifestó: "Frente al gigantesco e inagotable potencial del sol, los potenciales nucleares y fósiles son únicamente una fuente de energía marginal".

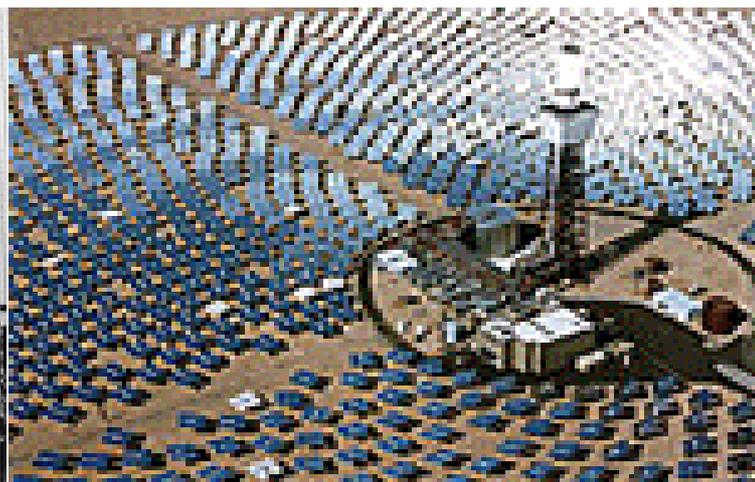
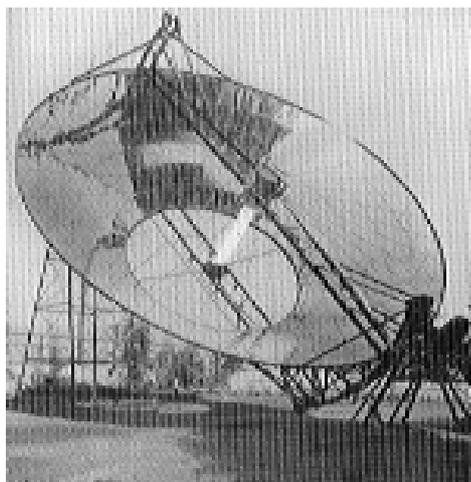


Fig. N°83 INSTALACIÓN SOLAR EN PASADENA, DE AUBREY ENEAS
Fuente: [En línea] <<http://habitat.upm.es/boletin/n9/fanvaz/i20.anvaz.htm>>

Fig. N° 84 PLANTA SOLAR EN CALIFORNIA "SOLAR II" 1996
Fuente: [En línea] <<http://www.energylan.sandia.gov/sunlab/pages/powertower.htm>>

Desde la perspectiva de la eficiencia económica y de equilibrio energético, en el año 1927 Buckminster Fuller, se adelanta a la globalización formulando la idea del trasvase hemisférico global de energía, que consistía en unir las principales redes de electricidad mundial, con el propósito de aumentar la efectividad de las estaciones de poder y así hacer mejor uso de su capacidad, la propuesta aprovecha la diferencia día-noche entre el este-oeste y entre invierno-verano entre los hemisferios norte y sur [BEHLING, 1999].

130

En las zonas desérticas de Estados Unidos, St. Louis, Arizona, o California se ha continuado con el desarrollo de una cultura solar. Desde los años 1904 a 1909, cuando Willsie & Boyle construyeron cuatro plantas de energía solar [Fig. N°83]. Por su parte, entre 1982 y 1988, operaron con éxito torres solares en el desierto de Mojave, California con el sistema solar de vapor/agua, pero su incapacidad para guardar energía, significaba que no era un sistema práctico ya que no operaba con días nublados o después del anochecer. En 1994, Tom Sandian Brumleye, presentó la torre solar denominada, "Solar Two¹⁰⁷" que funcionaba con un sistema de fundido de sal, que permite producir 10 megavatios de electricidad, poder suficiente para proporcionar energía a unas diez mil casas y además operar en días nublados y en la noche [Fig. N° 84].

La planta localizada en Barstow, California, opera con grandes helióstatos que rastrean el sol, concentrando la radiación solar que funde la sal a 510 °C. De esta forma la sal muy caliente fluye por tuberías donde se almacena para ser usada cuando se necesite producir vapor para operar una turbina / generadora. La sal es una mezcla de sodio y nitrato que no contaminan el medioambiente, es incombustible y tiene excelentes cualidades de absorción del calor.

¹⁰⁷ Solar Two Focal Question: Are Solar "Power Towers" An Economically Viable Energy Alternative for Southern California (1) "Sandia Expertise, Experience Key Factors in Newly Dedicated Solar Two Power Tower." Sandia Lab News. June 21, 1996 [En línea] <<http://www.sandia.gov/LabNews/LN06-21-96/barstow.html>> "Sandia Labs Shares Major Solar Success with Industrial Consortium." Sandia National Laboratories News Release. June 5, 1996. <<http://www.sandia.gov/media/solarII.htm>> "Solar Power Towers-Snap Shot." <<http://www.energylan.sandia.gov/sunlab/pages/powertower.htm>> "Solar Two: A Solar Thermal Power Plant." PDD Net.<<http://www.pddnet.com/Dtopics/SOLAR2.htm>> California Experiments with 300-Foot-Tall Solar 'Power Tower'." <<http://www.cais.net/publish/stories/0996alt2.htm>>.

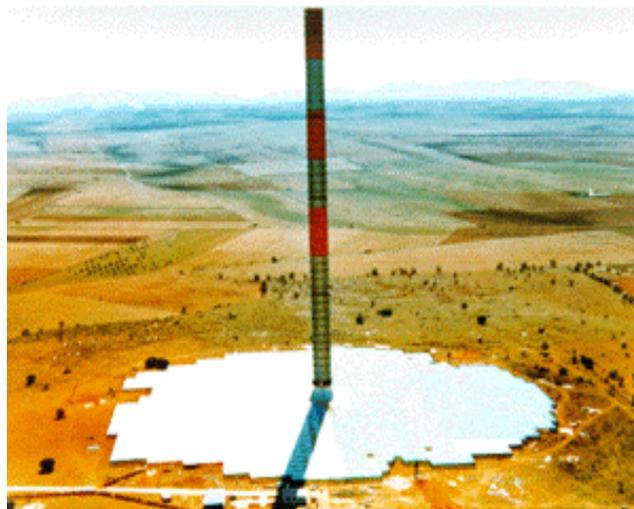
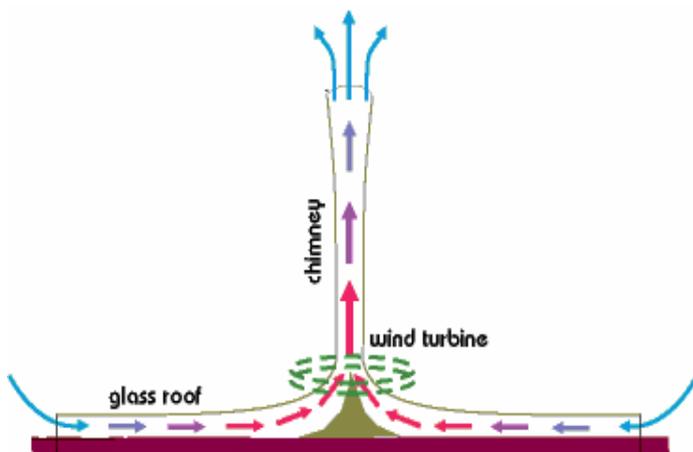


Fig. Nº 85 PROTOTIPO PLANTA SOLAR EN MANZANARES 1980 (ESPAÑA)
Fuente:[En línea] <www.ccom.lk/energen/>

Por otra parte, en el año 2005, Australia espera concretar el proyecto de la planta solar más grande del planeta, que proveerá de electricidad a más de 200.000 hogares. Ésta se construirá en la localidad de Mildura, a 350 kilómetros al noroeste de Melbourne. La planta aprovechará las radiaciones solares para generar electricidad por medio de un proceso de transformación de los flujos del aire caliente que mueven la turbina de viento.

131

La planta solar Australina, tiene como referencia el prototipo diseñado en 1980 por Jorg Schlaich & Rudolf Bergemann, en la localidad de Manzanares, España [Fig. Nº 85]. Con propósitos similares, se encuentran en fase de prospección plantas solares en países como: Jordania, Namibia, Siria y Estados Unidos. Pero también hay interés por parte de los gobiernos de Egipto, Marruecos, los Emiratos Árabes Unidos aunque Namibia es el país con los mejores índices de radiación solar y enormes extensiones desérticas.

En el área doméstica, la energía solar ha tenido amplias aplicaciones, mediante colectores solares, paneles solares fotovoltaicos, cocinas solares, secadores de frutas. Sin embargo, el mayor éxito lo ha tenido la producción de agua caliente domiciliaria introducida en 1909 por William Bailey, autor del modelo de colectores solares que se utiliza hasta la fecha. Su principal innovación fue reemplazar el tanque como unidad térmica central por una serie de tubos de cobre. Así, entre los años 1936 - 1941 se instalaron 100.000 unidades en Miami, Florida [KAPSTEIN, 1983].



Fig. Nº 86 CULTIVO EN EL DESIERTO
Carrusel de irrigación, Ma'an wadi run
Jordania
Fuente: Díptico exposición: *La Tierra desde el cielo*
Yann Arthus-Bertrand. Barcelona.

2.4. EL AGUA EN EL DESIERTO

La disponibilidad de agua ya no es un problema exclusivo de las zonas áridas, éste es un grave problema mundial. Los recursos hídricos son escasos y el 97% de los recursos consiste en agua salada de los océanos, en tanto, el agua dulce sólo alcanza al 3% de los recursos mundiales. El agua de la superficie del planeta está sometida a un ciclo continuo que posibilita la renovación del recurso hídrico. Un 79% del agua dulce está congelada, el 20% es subterránea, el 0,52 % se almacena en lagos y el resto se reparte en forma de vapor atmosférico y el retenido por los seres vivos. Solo un 0,03% del agua planetaria es fácilmente aprovechable, lo que supone unos 9.000 km³.

132

El consumo mundial de agua se estima entre 3000 y 4000 km³. La distribución porcentual sectorizada del consumo mundial supone para la agricultura alrededor de 70%, para la industria del orden del 20%, y para el sector residencial / comercial el 10%. Por consiguiente, el incremento de las zonas urbanas pueden incrementar el porcentaje de este sector en los países en desarrollo.

Por otra parte, es preciso mencionar la desigualdad en el consumo de este recurso, dependiendo de la sociedad¹⁰⁸. Además de la habilidad para manipular y explotar el agua en algunos países ubicados en zonas áridas donde evidentemente los recursos hídricos son escasos y han sido determinantes en el desarrollo regional [Fig. Nº 86/87]. Algunas ciudades del desierto del Golfo Pérsico, incluso Kuwait, Bahrein y Doha, han tenido que desarrollarse bajo una política de suministro de agua basada en la desalinización¹⁰⁹ de agua de mar, inevitablemente, esto significa que el agua producida sólo puede utilizarse para propósitos de alto valor, como beber.

¹⁰⁸ [OCDE, 1999] Recursos de agua futuros: Hacia una solución de lo demandado. En: informe base Nº 16.

¹⁰⁹ La desalinización, o desalación del agua del mar es un proceso para quitar la sal del agua salina para hacerlo conveniente para los usos domésticos, agrícolas o industriales. La primera patente para un proceso de desalinización se concedió en Inglaterra en el siglo XVII. En 1869, la primera planta desalinización de agua de mar fue construida por el gobierno británico en Adén (Yemen) para proporcionar agua fresca a las naves del Imperio que se dirigían a India. La primera planta de desalinización de gran potencia se construyó en 1930 en Aruba, en las Antillas Holandesas.

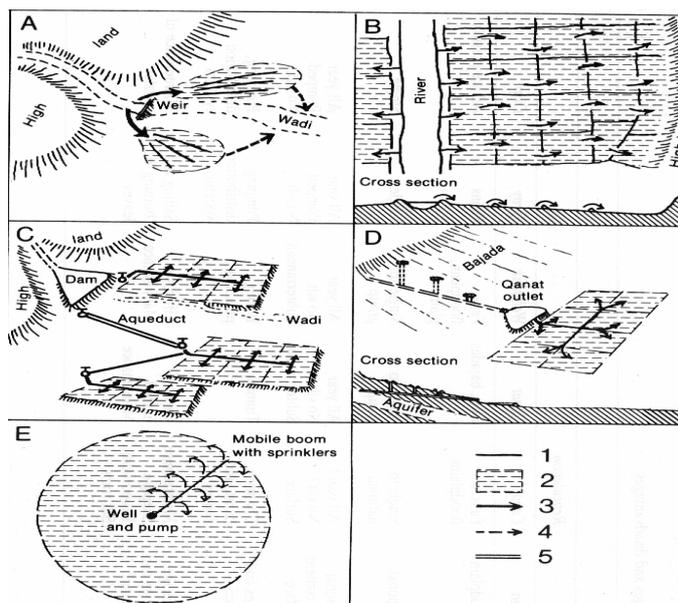


Fig. N°87 SISTEMAS DE CULTIVO Y REGADIO EN EL DESIERTO
Fuente: [HEATHCOTE, 1983]

La desalinización del agua del mar no es la única solución a todos los problemas de suministro hídricos en ciudades de zonas áridas. Así es como, los ricos estados petroleros emplazados en zonas áridas están comenzando a cuestionar la viabilidad a largo plazo de tales funcionamientos.

Muchos países, incluso EE.UU. e Israel, han gastado sumas considerables en sistemas de recuperación de las aguas servidas urbanas, tanto para el suministro doméstico como para el uso de regadío [JEQUE, 1991; SHUVAL, 1987].

En los años cincuenta, la destilación era el único medio viable de desalinización de agua salobre, pero en los años sesenta, se desarrollaron varios métodos nuevos de desalinización, tales como electrodiálisis, ósmosis inversa, intercambio de ion, extracto líquido y los procesos helados.

La subida de costos de la energía en la década de los setenta, creó un gran mercado para la desalinización termal en las áreas del Medio Este y África del Norte, ricas en petróleo pero pobres en agua [SHAHIN, 1989; NACIONES UNIDAS, 1985; UNESCO, 1988]. Mientras que, la ósmosis inversa se volvió un competidor serio a la destilación como un proceso para la desalinización del agua del mar en los años ochenta [WAGNICK, 1992].

El principal efecto de la interacción humana en el ciclo hidrológico es la contaminación acuífera, derivada de su utilización en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y recreativo. Los efectos más dramáticos son los provocados por los vertidos urbanos e industriales. El abastecimiento de agua para sector doméstico supone la captación de agua de los cursos fluviales (superficiales o subterráneos), o bien de los embalses construidos como dispositivos de regulación. El consumo de agua para el consumo humano exige un proceso de potabilización y una compleja red de distribución y evacuación de los vertidos una vez utilizada [CLAVER, 1998].

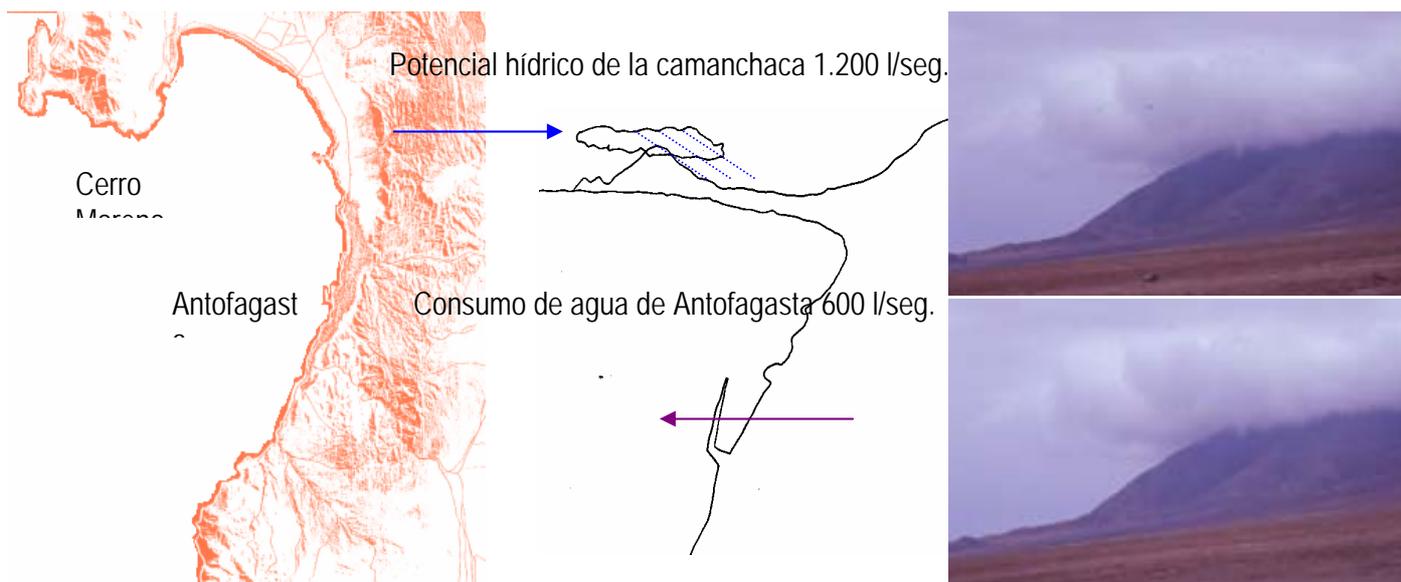


Fig. N°88 SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE LA NEBLINA O CAMANCHACA EN EL LITORAL DEL DESIERTO DE CHILE / ATRAPANIEBLAS EN CERRO MORENO
Fuente: [ZULETA, 1996] Foto y dibujos: J. Guerra

El agua es también el gran problema de los asentamientos costeros del desierto de Atacama, tanto es así, que para el abastecimiento de agua de la ciudad de Antofagasta en el litoral, se extiende un acueducto de más de 400 km de longitud cuya bocatoma se encuentra a 4000 msnm. Éste es posiblemente el sistema más costoso del continente que satisface las demandas de agua potable de una ciudad de aproximadamente 250.000 habitantes.

134

Por ello, en el desierto de Chile, se está desarrollando un sistema singular de aprovechamiento de los recursos hídricos proveniente de las densas neblinas denominadas camanchacas habituales en el desierto litoral de Atacama. Las camanchacas, supusieron una vegetación desértica en la cordillera de la costa y cuerpos naturales de captación de agua de las neblinas, que posteriormente generaban en aguadas, que desaparecieron debido a la extinción de la vegetación por la erosión antrópica, durante los primeros años de explotación de yacimientos mineros costeros [Fig. N° 88].

La captación artificial de las gotas de agua dulce que transporta el aire, aparece como un posible recurso hídrico no convencional, sobre todo porque el fenómeno de la camanchaca se presenta alrededor de 310 día/año. Es decir, en el 85% de los días del año, y sólo a 5 km del océano abundan lomas, montañas y pampas de alrededor de los 850 m de altitud, los que son considerados lugares idóneos para la captación de agua por medio de este sistema [ZULETA, 1996].

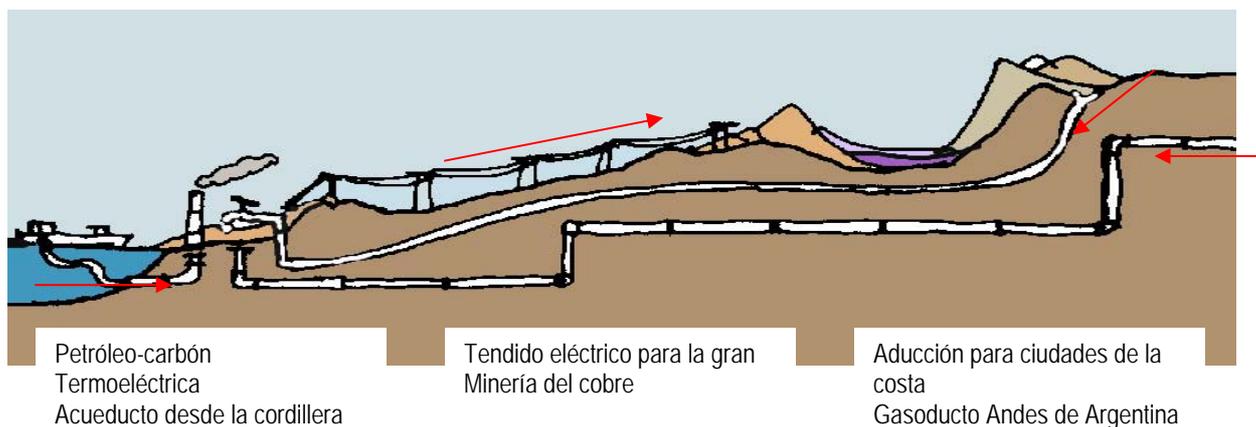


Fig. N°89 SISTEMA ENERGÉTICO NO-RENOVABLE DE LA REGIÓN DE ANTOFAGASTA / PERFIL DEL DESIERTO DE ATACAMA,

COMENTARIOS

Frente a la pregunta, cuáles son los modelos alternativos a la cultura de los oasis industriales, sostenidos por redes de servicio, sistemas energéticos interconectados, acueductos, mineraductos y gaseoductos que conducen y trasvasan productos energéticos procedentes de otras regiones que se han desarrollado en las regiones áridas [Fig. N°89].

La única respuesta posible en el contexto de la sostenibilidad, es la de realizar una transición energética hacia el uso de las energías renovables, en la que se plantea un modelo de desarrollo diversificado, autosuficiente y complementario basado en el conocimiento de las propiedades de los ecosistemas desérticos regionales y el aprovechamiento del potencial energético renovable, situación absolutamente posible con la tecnología de la que se dispone en la actualidad [Fig. N°90].

Es imperativo, cuidar el frágil sistema ecológico del desierto, que continúa siendo degradándose. De igual forma, los crecientes aumentos de la población y las presiones sobre el territorio ponen en considerable tensión los ya escasos recursos de las zonas áridas; las consecuencias directas e indirectas de las acciones humanas en ambientes desérticos son numerosas, de las cuales muy pocas permanecen inalterables.

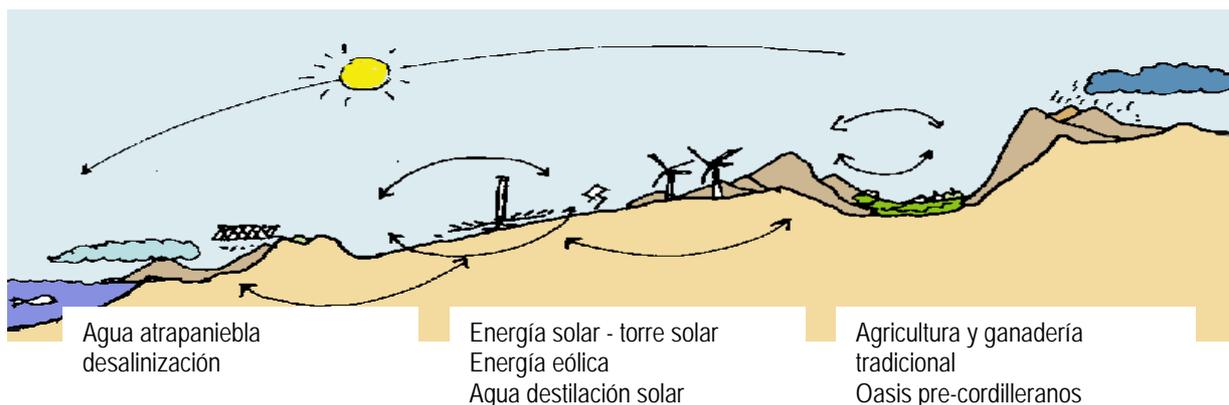


Fig. N°90 SISTEMAS ENERGÉTICO RENOVABLE DE COMPLEMENTARIEDAD ECOLÓGICA / PERFIL DEL DESIERTO DE ATACAMA

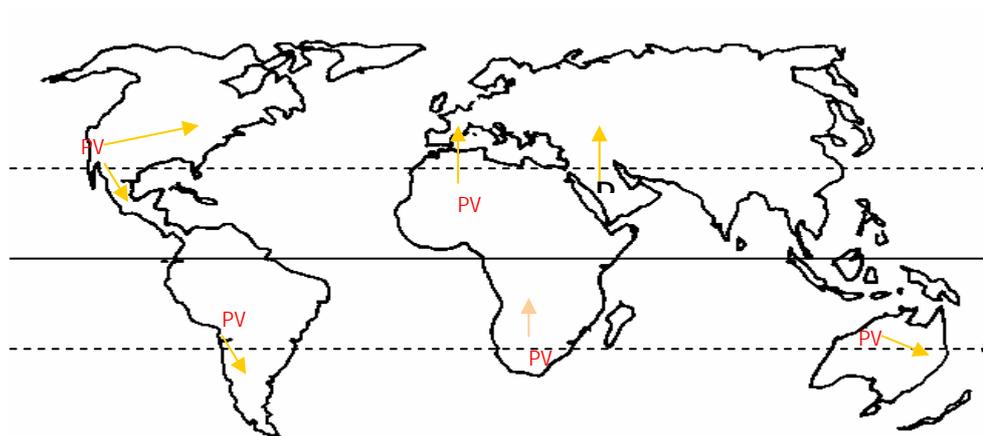


Fig. N°91 SISTEMA DE TRANSVASE DE ENERGÍA SOLAR DE LOS DESIERTOS A LOS DEMÁS TERRITORIOS. Al modo de la Planta Solar II (en la fotografía) se proponen diversas plantas repartidas por todas las zonas áridas de la tierra que suministren energía a los territorios deficitarios. Fuente: J. Guerra.

Los diferentes estudios indican que la mayoría de los países en vías de desarrollo se ubican en zonas áridas (Egipto, Irán, Pakistán, etc.), al mismo tiempo, los datos indican que estas son poblaciones con altos niveles de crecimiento de población. Los que tienen previsto un crecimiento demográfico superior al 80% desde 1985 al 2020 [BEAUMONT, 1989].

Sabiendo también que en las zonas áridas, se encuentran las mejores posibilidades de desarrollo de la energía solar, **por lo que no parece utópico plantear un modelo que gire alrededor de las posibilidades energéticas de las zonas áridas**, como su principal riqueza y que desde esta zona se suministre energía a las demás áreas pobladas [Fig. N°91].

Habitar desértico, ha sido sinónimo de un habitar transitorio no permanente, temporal. Con esta idea se han fundado muchas de las ciudades del desierto, con una raíz superficial la ausencia de raíz que no logra penetrar en la tierra, se ha desarrollado una forma de vida en la que el traslado, la migración y la travesía, definen tanto la imagen las ciudades como en el carácter de sus habitantes.

En el caso chileno, la casi totalidad de las ciudades emplazadas en las zonas áridas del litoral han emergido como ciudades puertos, o campamentos mineros producto de la explotación del salitre y del cobre, si bien en ambos casos la determinación del paisaje obligó a una actitud de adecuación y búsqueda de alternativas, como por ejemplo: La doble red de agua salada y dulce en Mejillones o la instalación de la primera planta de desalinización con energía solar. Hoy es necesario plantearse nuevamente el determinismo ambiental, como un valor de identidad para un desarrollo que realmente sea alternativo, diferente y apropiado, que esté fundado en el conocimiento de la ecología de los territorios desérticos.

2.5. LOS SISTEMAS ECOLÓGICOS DESÉRTICOS

El estudio de los sistemas ecológicos¹¹⁰ desérticos fue tardío, en razón de los problemas de supervivencia que planteaba la naturaleza inaccesible; inhóspita y extrema de éstos, las expediciones estaban principalmente limitadas a las travesías lineales entre los lugares extensamente separados [BROWN, 1968].

En sus inicios, la investigación de los desiertos se realizaba más por la espectacularidad del paisaje, que por un interés científico real. Es a partir del siglo XVIII, con la difusión del conocimiento geográfico, el interés por la vida nómada y el descubrimiento de restos arqueológicos de antiguas civilizaciones, se estimularon las exploraciones con propósitos científicos [THOMAS, 1997].

La introducción de fotografía aérea, en una primera instancia, para realizar mapas con propósitos militares y luego para la exploración minera contribuyeron al conocimiento de los desiertos. A partir de 1930, el fenómeno de la desertización, producto del proceso de erosión asociado a factores tales como, la presión ejercida a la tierra por los cultivos continuos, la sequía y la depresión rural¹¹¹ acrecienta la investigación dedicada al conocimiento de los ecosistemas áridos.

El estudio de mayor trascendencia realizado para conocer la naturaleza de los territorios áridos, que permitió generar una base de datos de referencia, para estudiar los diferentes sistemas de usos de los desiertos y la planificación futura de los recursos de las tierras áridas, fue el "Programa de Investigación de las Zonas Áridas" de la UNESCO, realizado entre 1951 y 1971. Este programa y otros estudios acerca de la naturaleza de los territorios áridos han permitido dilucidar grandes contradicciones y esclarecer percepciones erróneas comúnmente aceptadas.

¹¹⁰ [HAECKEL, 1896] La ecología es el estudio básicamente biológico de los sistemas vivos o ecosistemas, en relación con su entorno físico u otros sistemas naturales, todos abiertos y comunicados mediante flujos de energía.

¹¹¹ La depresión rural se produce en gran medida por la migración del campo a la ciudad, producto de la transición energética del carbón al petróleo.

Como por ejemplo, la concepción de una aparente simplicidad en la estructura y el funcionamiento de los desiertos, llevó a considerarlos como ejemplos de ecosistemas simples¹¹², apoyada en la idea que: *“la mayoría de los procesos biológicos están limitados al agua como único factor; que la estratificación vertical de la vegetación en los desiertos tiene un desarrollo pobre; que la capa vegetal es baja y con procesos de regeneración pequeña, efectuada en condiciones micro-ambientales, y que la diversidad en los ecosistemas áridos tiende a ser baja”* [HEATHCOTE, 1983] [Fig. N° 92].

138

Esta idea ha sido refutada, dado que ignoraba completamente el alto grado de variación existente entre los componentes abiótico¹¹³ y bióticos, que los desiertos exhiben en el tiempo y el espacio. Por el contrario, los desiertos son ecosistemas complejos y frágiles, los procesos y las formas que acontecen en los ecosistemas desérticos están ligados y la mayoría de las veces, no son atribuibles a un sólo fenómeno, así por ejemplo, en la definición del ecosistema árido pueden tener presencia las aguas lluvias como fenómeno estacional, los vientos, las cualidades del suelo, el relieve, la latitud, la altitud y la distancia respecto al mar. Mientras que en las regiones húmedas, son las aguas corrientes las que casi exclusivamente conforman el terreno [GABRIEL, 1972].

La observación del comportamiento activo e interactivo de los componentes de los ecosistemas desérticos y el reconocimiento de las dinámicas del agua y flujos de energía en cada ecosistema árido revelan una notable complejidad a pesar de su aparente estabilidad [Tabla N°15].

A continuación especificamos los principales elementos que caracterizan a los ecosistemas desérticos y que se conjugan para definir una particular fisonomía y gran diversidad entre los desiertos y entre un mismo desierto.

¹¹² [MARGALEF, 1981] Ecosistema es el sistema formado por individuos de muchas especies, en el seno de un ambiente de características definibles, e implicados en un proceso dinámico e incesante de interacción, ajuste, regulación, expresable como intercambios de materia y energía, y uno de cuyos resultados es la evolución a nivel de las especies y la sucesión a nivel del sistema entero.

¹¹³ Los factores abióticos (clima, suelo, hidrología) definen la parte no viva de un ecosistema, denominada biotopo. Los factores bióticos, (plantas, animales, bacterias y los hongos), definen la parte viva, que en su conjunto se denomina biocenosis.

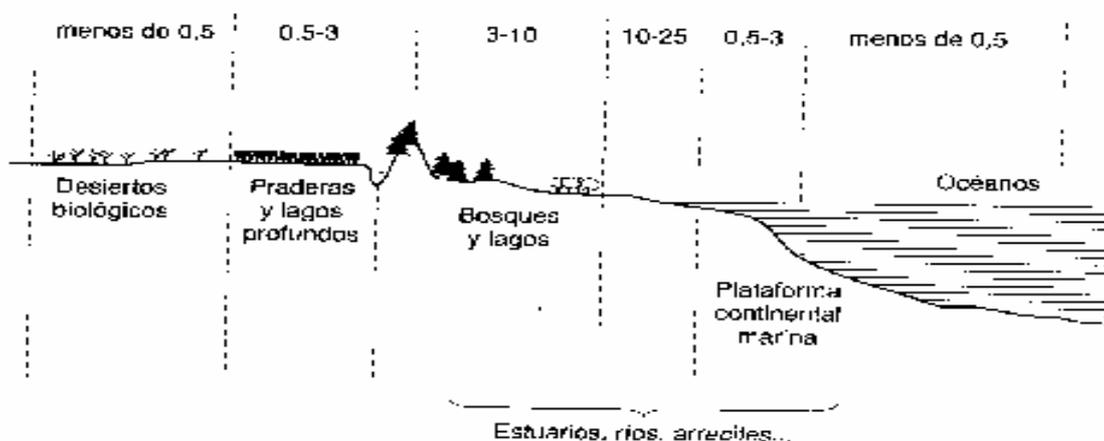


Fig. N°92 ESQUEMA DE PRODUCTIVIDAD DE LOS ECOSISTEMAS
Fuente: [CLOUDSLEY-THOMPSON, 1979]

TABLA N° 15 DINÁMICA DE COMPOSICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DESÉRTICOS

- (1) **Humedad:**
La humedad es el recurso limitado primario, ya que la mayoría de los procesos biológicos ocurren inducidos por eventos de lluvia.
- (2) **Adaptabilidad:**
Existe una gran diversificación de respuestas en los modelos de adaptabilidad en el uso de los recursos en plantas y animales.
- (3) **Heterogeneidad:**
La heterogeneidad espacial en la distribución del agua, en la fecundidad de las plantas y a través de la actividad animal.
- (4) **Estacionalidad y uso:**
La estacionalidad de las lluvias y el uso de la tierra pueden modificar decididamente la estructura y función de los ecosistemas áridos.
- (5) **Distribución espacial:**
La dinámica de los nutrientes en los ecosistemas áridos no parece más compleja que en otra parte. Sin embargo, es más compleja, debido a la importancia de la distribución espacial y a los procesos de transporte.
- (6) **Variabilidad temporal y composición:**
La imprevisible variabilidad temporal y la heterogeneidad espacial de los paisajes desérticos, son especialmente importantes en la composición de los ecosistemas áridos.

Fuente: [NOY-MEIR, 1979].



Fig. N°93 FISONOMÍA DE LOS DESIERTOS / SÁHARA, PENÍNSULA DEL SINAÍ Y PENÍNSULA ARÁBIGA.

Fuente: [En línea] <<http://earth.jsc.nasa.gov/phptoinfo.dgi>>

2.6. FISONOMÍA Y CATEGORIZACIÓN DE LOS DESIERTOS

Los ecosistemas áridos son sumamente heterogéneos, con grandes variaciones topográficas y climáticas, los patrones de aridez son el resultado de una combinación de factores regidos por los flujos energéticos de insolación; el movimiento del aire, la geometría de tierra y la circulación atmosférica planetaria [HEATHCOTE, 1983]. Pero, según Petronov¹¹⁴, una clasificación completa de los desiertos debe establecer una relación entre los aspectos climáticos, morfológicos, geológicos y lito-edáficos.

140

La disponibilidad de agua y los regímenes de precipitaciones anuales que condicionan la productividad biológica, son los factores determinantes en la fisonomía de las zonas áridas, las lluvias pueden ser eventos probables o improbables en determinados periodos del año [HADLEY & SZAREK, 1981]. Así, algunos paisajes desérticos pueden presentar rasgos casi inalterables, otros, en cambio sufren continuos procesos de transformación, debido a factores meteorológicos y erosivos.

En general, existe una diferencia significativa entre los desiertos del hemisferio norte y del sur, debido al modelo orográfico de Asia y África, estos desiertos se interponen entre áreas húmedas situadas al norte y al sur de ellos, formando a menudo grandes áreas de separación [Fig. N°93]. Por contraste, en el continente americano la Cordillera de los Andes alineada a lo largo de la Costa del Pacífico genera un modelo muy diferente. La topografía alpina modifica la distribución de áreas áridas según la altitud. En el caso específico de América del Sur, los desiertos costeros son extremadamente áridos, especialmente el desierto de Atacama. Esto genera problemas de abastecimiento hídrico para los asentamientos emplazados a lo largo de la costa de Perú y Chile, pero también otorga ventajas singulares, en comparación con los desiertos de la costa oeste de África, la corriente fresca estabiliza el aire y previene las lluvias, nutre de vida marina las aguas, que sostienen una de las zonas pesqueras más grandes del mundo¹¹⁵.

¹¹⁴ [PETRONOV, 1976] *Deserts of the world*, Ed. Wiley & Son, New York.

¹¹⁵ [AMIRAN, David . 1996] La sección de geografía. Universidad Hebrea, Jerusalén, Israel.

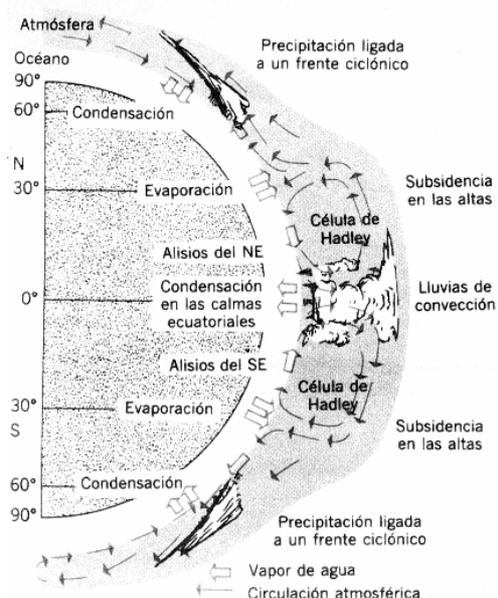


Fig. N°94 ESQUEMA DEL INTERCAMBIO DE VAPOR DE AGUA EN EL GLOBO SOBRE UNA SECCIÓN MERIDIONAL.
Fuente: [STRAHLER. Arthur , 1987] Geografía física.

2.6.1. CATEGORIZACIÓN CLIMÁTICA DE LOS DESIERTOS

(a) FACTORES CLIMÁTICOS

(a1) Estabilidad o influencia atmosférica (desiertos subtropicales)

Las zonas áridas creadas por patrones de circulación global comprenden la mayoría de los desiertos, cubriendo aproximadamente una tercera parte de la superficie de la Tierra. La circulación atmosférica¹¹⁶ que es fundamentalmente una corriente de convección que tiende a igualar el calentamiento diferencial de las diversas zonas terrestres, es la causante de que en la región del cinturón de la alta-presión subtropical se concentre aproximadamente el 20% de las zonas áridas del área global de la Tierra (desiertos subtropicales) [GLENNIE, 1987 ob.cit. THOMAS 1997].

Como consecuencia de este calentamiento desigual, el aire situado entre ambos trópicos (entre latitudes de unos 40° N y S) se convierte en una *masa de aire cálido*, mientras que el aire sobre los polos (hasta latitudes de los 60° N o S) constituye una *masa de aire frío*, y debido a la rotación de la Tierra, la desigual naturaleza de la superficie terrestre, el relieve, el frente polar¹¹⁷ no sigue un paralelo terrestre, sino que ondulan de una manera irregular a lo largo de toda la Tierra, aproximadamente entre las latitudes de 40 a 60° de ambos hemisferios. Estas ondulaciones del frente polar van asociadas a zonas de baja presión atmosférica de latitudes medias [Fig. N° 94].

En los cinturones de alta-presión subtropicales, alrededor de los 30°N y 30°S el flujo de aire situado en capas altas, empieza a descender hacia las capas inferiores o superficiales, a medida

¹¹⁶ Los vientos soplan entre las áreas atmosféricas de diferentes presiones, desde el ecuador hacia los polos norte y sur, este diagrama simple de movimientos queda modificado por la rotación terrestre.

¹¹⁷ Frente polar se denomina a la separación entre ambas masas de aire cálido y frío.

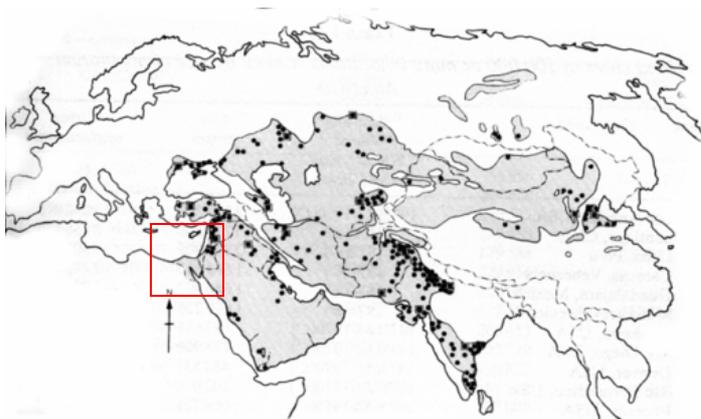
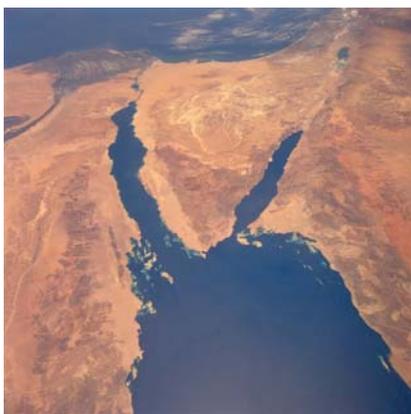


Fig. N° 95 PENÍNSULA DEL SINAÍ. DESIERTO DEL SÁHARA.
Fuente: [En línea] <<http://earth.jsc.nasa.gov/phptoinfo.dgi>>

Fig. N°96 DESIERTOS CONTINENTAL / PENÍNSULA ARÁBIGA Y ASIA.
Fuente: [COOKE, 1985].

que lo hace, aumenta su temperatura a través de la compresión adiabática¹¹⁸ a razón de 10°C por cada mil metros, por consiguiente llega a la superficie de la tierra como aire muy caliente y seco porque su humedad ya se ha dejado caer cerca del Ecuador y ello aumenta la capacidad de absorción de la humedad. A esta efecto, hay que sumar la estabilidad del proceso como uno de orígenes de las zonas áridas [KOENIGSBERGER, 1977].

El proceso de circulación atmosférica que provoca en esa zona la natural ocurrencia de los desiertos, tiene la siguiente explicación:

A escala global, la rotación terrestre hace que el movimiento del aire se encuentre sometido a una fuerza desviadora (denominada fuerza de coriolis), que en el hemisferio norte desvía el aire hacia la derecha de su trayectoria, mientras que en el hemisferio sur lo hace hacia la izquierda. Como la atmósfera gira con la Tierra, y su peso es ligero, comportándose como un fluido sostenido contra la superficie terrestre, sólo por gravedad y fricción, tiene la tendencia a retrasarse respecto de la velocidad de rotación terrestre, donde ésta es más rápida, o sea, en la región ecuatorial.

En consecuencia, se produce un desfase entre las capas en contacto de la Tierra y su atmósfera. El efecto que se produce sobre el modelo de circulación global de la atmósfera de la Tierra en la zona de máximo calentamiento, entre los trópicos de Cáncer y Capricornio es un viento que sopla en sentido opuesto al de la rotación terrestre. Los vientos resultantes de las fuerzas térmicas y la fuerza de coriolis, se conocen como alisios¹¹⁹ del noroeste, al norte del Ecuador y alisios del sureste, al sur del Ecuador [WALKER, 1998].

¹¹⁸ Compresión adiabática: Proceso reversible que se desarrolla sin intercambio de calor con el exterior.

¹¹⁹ Vientos Alisios: vientos secos que disipan las capas de nubes y permiten que una mayor radiación solar caliente la tierra.

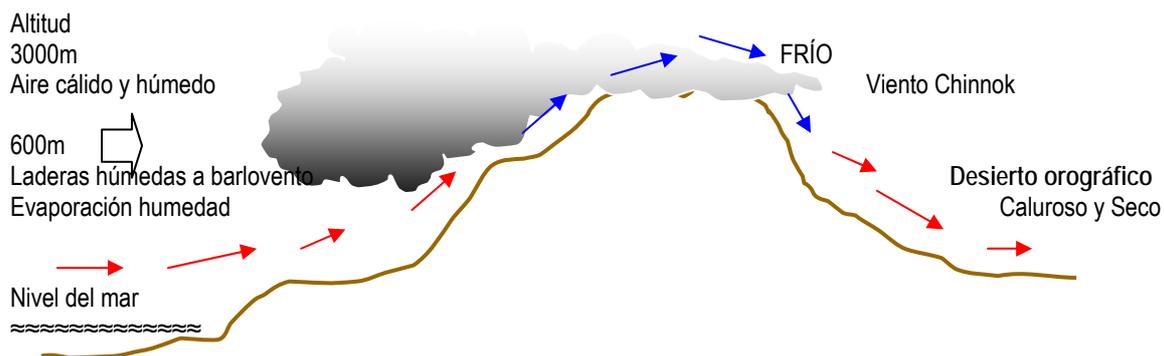


Fig. N°97 DESIERTOS TOPOGRÁFICO

El ascenso forzado de las masas de aire oceánicas producen precipitaciones y desiertos orográficos o de "sombras pluviométricas"

Fuente: [STRAHLER, Arthur, 1987] Geografía física. Pág. 117.

(a 2) Continentalidad (desiertos interiores)

Debido a que el efecto refrescante de las masas de agua se limita a unos pocos kilómetros de la costa y la adición de humedad a la atmósfera se limita a unos pocos cientos de metros sobre el nivel del mar. La penetración de vientos alisios relacionados con la lluvia al interior de los grandes continentes se ve debilitada por la distancia a los océanos, dando lugar a los desiertos interiores o continentales, la falta de influencia marina y otros factores relacionados con las grandes extensiones de territorio como la alta latitud y recepción de la energía solar, son las responsables de la aridez en estas regiones.

Se encuentran en esta categoría los desiertos interiores de África, Asia (Rajasthan en la India y Thar en Pakistán), América del Norte (Sonora) y el gran desierto de Australia [HEATHCOTE, 1983] [Fig. N° 95/96].

(a 3) Topografía (desiertos orográficos)

Las zonas áridas suelen generarse en las laderas a sotavento, cuando los vientos predominantes se encuentran con un sistema montañoso, las corrientes de aire ascendentes se enfrían y desprenden su contenido de humedad, produciéndose las precipitaciones denominadas orográficas en la ladera a barlovento. Porque una masa de aire descendente raramente producirá precipitaciones. Ejemplos de este tipo de desiertos son, el desierto de Atacama y el desierto de la Patagonia en Sudamérica que tienen como barrera montañosa la Cordillera de Los Andes, el desierto de Mojave y del Great Basin en América del Norte que tienen las Montañas Rocosas como barrera. [STRAHLER, 1987] [Fig. N° 97].

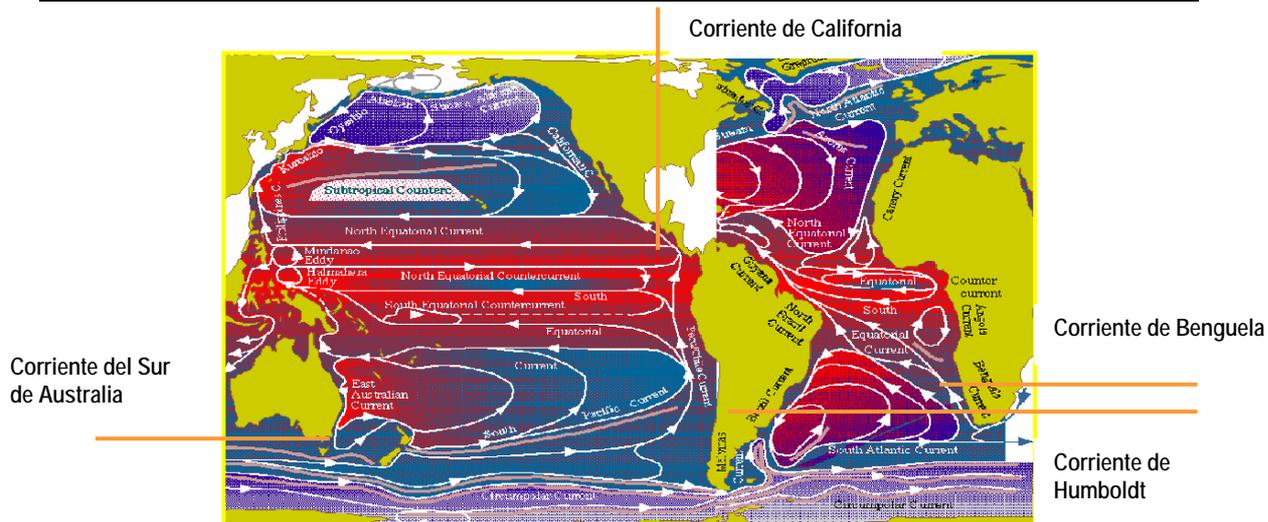


Fig. N° 98 GRÁFICA DE LAS CORRIENTES OCEÁNICAS FRÍAS
 Fuente: [En línea] <http:// Ocean Currents Of Earth>

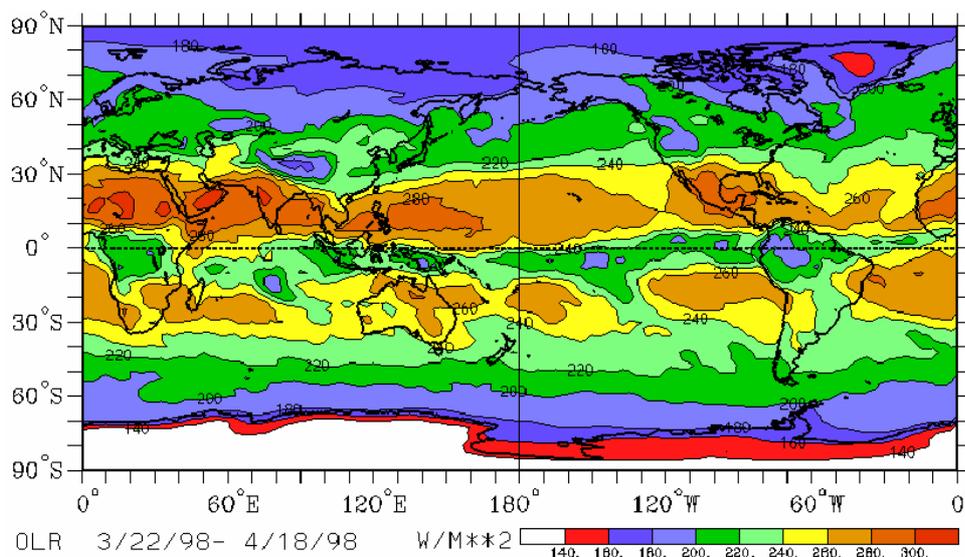
(a 4) Corrientes oceánicas (desiertos costeros)

Aparte de la circulación general existe otro mecanismo mediante el cual el calor del sol se reparte en la Tierra. Se trata de la circulación oceánica, el sistema de corrientes marítimas que intercambia calor llevando agua caliente hacia las altas latitudes y agua fría hacia las bajas.

Las corrientes oceánicas frías, refuerzan las condiciones climáticas y causan baja evaporación de la superficie del mar, alta humedad atmosférica, carencia casi por completo de precipitaciones, abundante humedad fría en forma de neblina costera, y una baja temperatura del aire. Estas son todas circunstancias propicias para la ocurrencia de desiertos costeros en los bordes occidentales de los continentes cerca de los Trópicos de Cáncer y Capricornio, por ejemplo tenemos: la corriente de Humboldt, que afecta la costa occidental de América del Sur; definiendo el desierto de Atacama; la corriente de Benguela afecta las costas del sudeste de África; conformando el desierto de Namibia, la corriente de California; determinando el desierto de Baja California, y la corriente del Sur de Australia; estableciendo el desierto de Great Bight [LANCASTER ,1989].

Los desiertos costeros son relativamente complejos porque están en la articulación de los sistemas terrestres, oceánicos y atmosféricos. El desierto costero de Atacama, en América del Sur, es el más seco de la Tierra. La lluvia mensurable de 1 mm o más es un hecho tan infrecuentemente, pudiendo ocurrir una vez cada 5 a 20 años [Fig. N°98].

Fig. N° 99
DISTRIBUCIÓN DE
LA ENERGÍA SOLAR
EN LA TIERRA
Fuente: [En línea]
<<http://Solar Energy World.htm>>



(b). ELEMENTOS CLIMÁTICOS

(b1) Temperatura

Las condiciones de temperatura de las zonas áridas se ven modificadas por la naturaleza del suelo, la oscilación térmica y la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. Las variaciones de temperatura afectan la disponibilidad estacional de humedad, influyendo en las proporciones de vapor de agua en latitudes altas. Condicionando la sequedad del aire, su diaphanidad y transparencia, que permiten la rápida penetración de la radiación solar¹²⁰ sobre la superficie de la Tierra con una mínima alteración [Fig. N°99].

La máxima intensidad de radiación solar que recibe la tierra se encuentra en el área comprendida entre el trópico de Cáncer (23,5° N) y el Trópico de Capricornio (23,5° S) [KOENIGSBERGER, 1977]. La radiación solar sobre la tierra calienta rápidamente las superficies que alcanzan temperaturas muy elevadas. Sobre el mar se reciben cantidades similares de energía, pero su temperatura se eleva más lentamente debido al mayor calor específico del agua, su movilidad y la profundidad a la que penetran los rayos solares [BROWN, 1968].

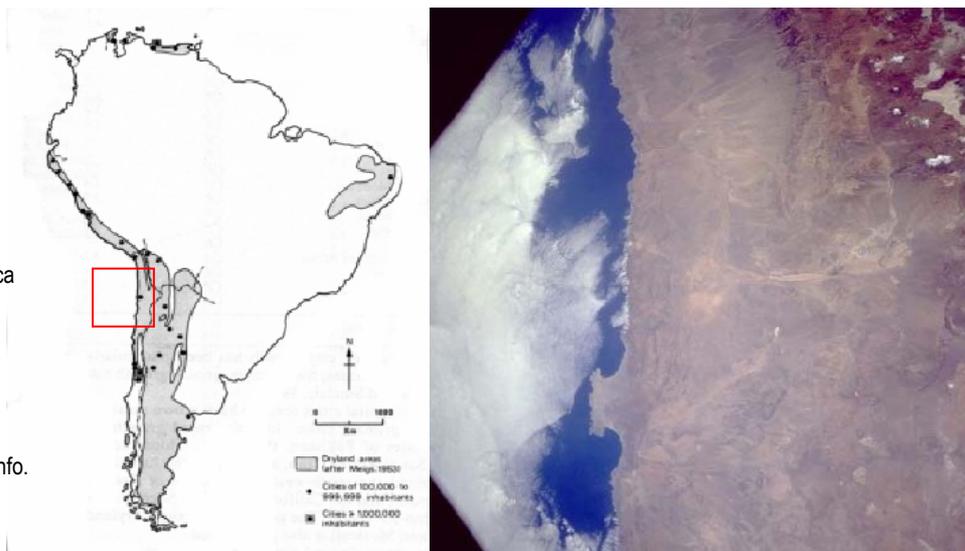
Una vez que la superficie de la tierra se calienta; emite mucho calor en forma de energía radiante de onda larga, estas emanaciones infrarrojas producen indirectamente las altas temperaturas apreciables en zonas desérticas subtropicales. El calentamiento de la atmósfera inferior –compuesta de vapor de agua, anhídrido carbónico y partículas contaminantes– provoca el llamado “efecto invernadero”. En el caso de las regiones áridas con atmósferas nítidas este efecto desaparece¹²¹ [BEDOYA, 1992].

¹²⁰ La radiación solar no calienta excesivamente la atmósfera al atravesarla. Es la superficie de la tierra la que fundamentalmente se calienta sobre la base de la energía que absorbe.

¹²¹ [BEDOYA, 1992] Las partículas en suspensión en la atmósfera son las que se calientan al absorber la radiación solar, por eso, en ambientes muy nítidos el calentamiento es menor.

Fig. Nº100 DESIERTO DE ATACAMA, CHILE
Plano de los desiertos de América del Sur
Fuente: [COOKE, 1985]

Fig. Nº101
IMAGEN SATELITAL
Fuente:[En línea]
<<http://earth.jsc.nasa.gov/phptoinfo.dgi>>



Como consecuencia, la energía recibida durante el día es disipada a través del cielo claro al espacio exterior durante la noche, produciendo el típico régimen de alta oscilación térmica, que provoca gran tensión a todas las formas de vida del desierto [HEATHCOTE, 1983].

(b2) Humedad

La mayoría de los desiertos, están regidos por la condición de baja humedad y una proporción muy alta de evaporación, con una marcada variación diurna y estacional. Los valores máximos de humedad, se registran durante las primeras horas de la mañana y los mínimos ocurren entre las 14:00 y 15:00 horas [BEAUMONT, 1993].

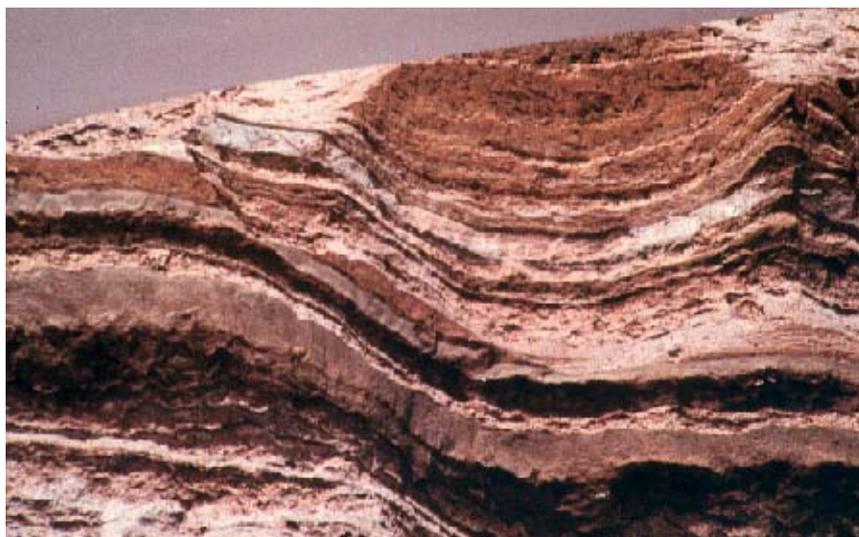
Los desiertos costeros pueden registrar porcentajes muy altos de humedad, del 60 % o más, que desciende a un 20% si nos alejamos unos 150 km de la costa. La condición de baja humedad, es un fenómeno que tiene que ver con el calentamiento desigual de la tierra, debido a la absorción diferenciada de las texturas y colores de la superficie. A pesar del gran levantamiento de aire y el enfriamiento asociado, las corrientes de convección raramente son productoras de nubes debido a la escasez de humedad que permanece extremadamente baja [BROWN, 1968] [Fig. Nº 100/101].

(b3) Precipitaciones

Las precipitaciones son eventos poco frecuentes y de ocurrencia local en los desiertos,¹²² cuando llegan a producirse, éstas tienen el carácter de tormenta, aguaceros torrenciales, violentos y breves, originados por fenómenos de convección. La nieve forma parte del paisaje desértico siendo la forma principal de precipitación en los meses de invierno [HEATHCOTE, 1983].

¹²² Dos ejemplos que explican muy bien la inusual ocurrencia de precipitaciones en localidades situadas en zonas extremadamente áridas son las siguientes: Arica (Chile) que registran más de 17 años con una media precipitación de 0.5 mm y El Cairo (Egipto) con un promedio anual de 28 mm de precipitación en sólo 13 de los 30 años, desde 1890 a 1919 y que en un día de 1919 tenía 43 mm [GAUTIER, 1970 ob.cit. HEATHCOTE, 1983].

Fig. N°102 GEOLOGÍA DEL DESIERTO DE ATACAMA
Estratigrafía de la corteza terrestre, Cordillera de la Sal,
Foto: J. Guerra.



2.6.2. CATEGORIZACIÓN GEOLÓGICA

Las características geológicas de los ecosistemas desérticos, son derivadas de la interacción entre el manto rocoso y los procesos superficiales acontecidos en el transcurso del tiempo. La geología del manto rocoso es un factor determinante del paisaje y de los procesos destructivos, predeterminando la dimensión, la forma, y distribución de los elementos del paisaje.

Las propiedades estructurales, químicas y físicas de las rocas –finas o gruesa, solubles o insolubles– determinan la resistencia a los procesos de erosión. En general, las rocas más resistentes forman el relieve estructural y gobiernan la forma geográfica del desierto.

Los procesos geológicos que afectan la superficie de la Tierra pueden ser internos (procesos de sismos, deformación, alabeo, pliegue y fractura) y externos (erosión por viento, lluvia, y gravedad) [BROWN, 1968] [Fig. N°102].

TABLA N°16 CLASIFICACIÓN SEGÚN ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y CRITERIOS GEOMORFOLÓGICOS

(1) **Desiertos de Cratons:**

Formados predominantemente por grandes cratons de granito y antiguas rocas ígneas metamórficas desgastadas por millones de años y plataformas de bajorrelieve formados por delgados mantos de estratos sedimentarios escasamente deformados [Por ejemplo: Sáhara, Kalahari y Namibia, desierto Árábigo, y de Australia central].

(2) **Desiertos de cuenca y valle:**

Formados por pliegues y movimientos de tierra recientes. [Por ejemplo: son el oeste de los Estados Unidos, y la mayoría de los desiertos asiáticos]. Las principales excepciones son las áreas donde ha habido reciente actividad volcánica, como en el Sáhara central, Arabia occidental, partes de Chile y la Patagonia, grandes valles aluviales de Asia, como los del Indo, de Mesopotamia y la cuenca del Mar de Aral [COOKE, 1992].

(3) **Desiertos volcánicos:**

Formados por actividad volcánica, son excepcionales.

Fuente: [WARREN, 1999] [En Línea] <www.geology.iastate.edu/new_100/glossary.html>

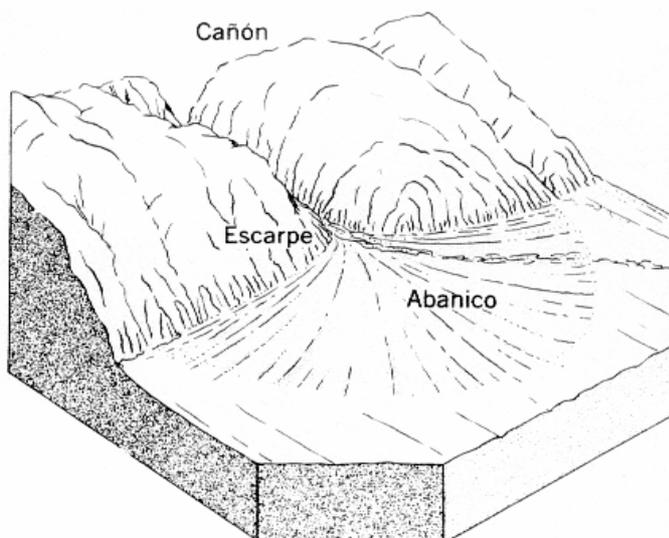


Fig. N° 103 MORFOLOGÍA Y ESTRUCTURA DE DESIERTOS
 ABANICO ALUVIAL SIMPLE.
 Fuente: [STRAHLER, Arthur 1987] Geografía física. Pág. 303

2.6.3. CATEGORIZACIÓN MORFOLÓGICA - ESTRUCTURAL

La naturaleza de los suelos en las zonas áridas, se presenta como un elemento determinante de la fisonomía de los desiertos. Desde la perspectiva del tiempo geológico, cabe señalar que la apariencia actual de los paisajes desérticos se forjó hace millones de años, la lentitud de los cambios o inalterabilidad del paisaje son evidencias determinantes de los rasgos morfológicos del paisaje [Fig. N° 103/104/105].

En la Tabla N° 17 que se presenta a continuación, se detallan éstas características.

TABLA N°17 CLASIFICACIÓN DE LOS DESIERTOS SEGÚN MORFOLOGÍA - ESTRUCTURAL SIMPLE

- (1) **Degradación tectónica pre-cuaternario:**
 Configurado por antiguos islotes, altiplanos, rocas resistentes de relieve profundo y pendientes abruptas. Su paisaje está sometido a condiciones climáticas extremas con heladas severas en invierno. También se generan grandes áreas de rocas desnudas, particularmente rocas ígneas o calizas, mantos de rocas sueltas, en zonas de máxima actividad erosiva. Existe gran movimiento de masas rocosas en las cuestas empinadas y una considerable actividad fluvial a lo largo de los principales valles.
 La superficie está cubierta por un fenómeno característico, denominado *barniz del desierto* que es una capa oscura de unos cuantos centímetros de espesor, rico en hierro y manganesos.
 [Ejemplos de estos desiertos son: Kara-Kum, Sary-Ishik-Otrau, Muyunkum y Aral Kara-Kum en Asia Central, el desierto de Thar en la India y Pakistán].
- (2) **Planos o llanuras estructurales estratificados:**
 Formado por mesetas aluviales o abanicos del Terciario y del Cretáceo; de deposición natural. Se sitúan al margen de las montañas y se caracterizan por cuestas o inclinaciones de entre 3 y 15 grados.
 El relieve es más bajo que el anterior, las mayores quebradas pueden producirse en las partes superiores del abanico. El material sedimentario conforma la mayoría de la zona del abanico, presentan una actividad aluvial moderada, dominando los procesos de erosión. Estas cuestas están a menudo cortadas por una red densa de cauces efímeros, poco profundos. La erosión es muy severa por lo cual la vegetación es inexistente.

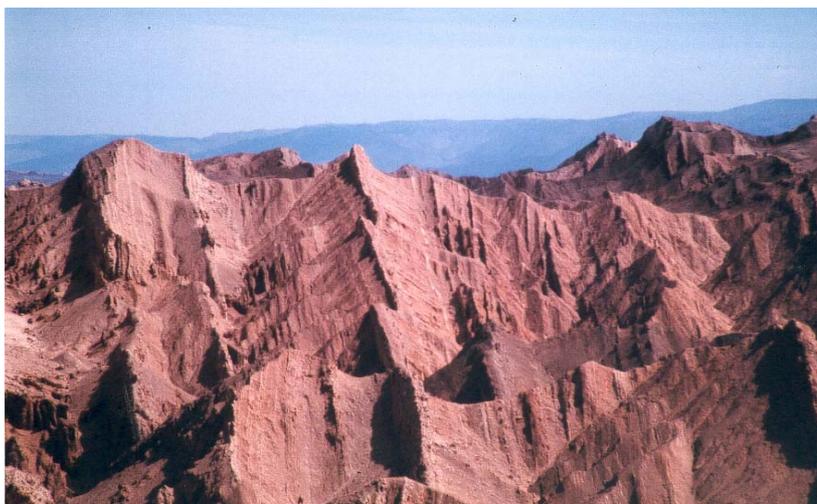


Fig. N°104 GEOLOGÍA DEL DESIERTO DE ATACAMA
Escarpes de la Cordillera de la Sal.
Foto: J. Guerra.

[Ejemplos de estos desiertos son: El Gran y el Pequeño Nafud y el de Rubv Kháli en la Península arábiga; el Ergio Iguidi; los grandes Ergios orientales y occidentales y el Ergio Chech en el Sáhara; el Gran Sandy y el Gran Victoria en Australia.]

-
- (4) **Planos agradacionales¹²³ o llanura aluvial del Cuaternario y edad reciente:**
Formado por antiguos planos de llanuras aluviales¹²⁴, llanuras de depresión lacustre, terrenos bajos costeros, y planos de piedmont proaluvial. La llanura aluvial posee pendientes bajas, siendo en numerosas zonas áridas el rasgo morfológico dominante. Está formado por la deposición de corrientes de agua y sus componentes son grava fina, arenas y sedimentos. El material más fino normalmente es removido por el viento que deja a la vista la piedra o el pavimento del desierto. Este sedimento erosionado por el viento, es depositado como dunas de arena en las partes más bajas de las zonas desérticas o en los márgenes del desierto de sal adyacente. Por su parte, los desiertos de arena son acumulaciones en los cuales la mayor parte de su superficie está cubierta por dunas de arenas activas.
[Ejemplos de estos desiertos son: área Norte del mar Caspio en Asia Central; el Sáhara Occidental y el Gran Sandy en Australia; Colina de Kopet Dagh en Asia central y en la Península arábiga; los desiertos de arena gruesa de América del Norte y Sur (Atacama); el desierto de Rub' Khali en Arabia, el desierto del Sáhara norte, el Kara Kum en Asia central, el Taklimakan en China, y el Kalahari] [WILSON, 1973].

149

-
- (5) **Lagos de sal o desierto de sal:**
El salar o lago de sal, sólo ocurre en cuencas sin drenaje de salida, el material en esta zona normalmente está formado por grano fino. A menudo se encuentran cortezas de sal en la superficie y los depósitos salinos surgen en el perfil de la tierra, porque las pendientes son muy suaves(normalmente menos de un grado) y como consecuencia cualquier cuerpo de agua tiene poca profundidad y cubre extensas áreas.

Fuente: [BEAUMONT, 1993]

¹²³ Agradacional: depósitos de sedimentos en ríos, depósitos aluviales [Diccionario Vocabulario Científico Técnico Espasa Calpe 1990].

¹²⁴ Llanura aluvial: sedimentación de materiales de aluvión.



Fig. N°105 GEOLOGÍA DEL DESIERTO DE ATACAMA
Foto: J. Guerra.

2.6.4. CATEGORIZACIÓN LITO - EDÁFICA

La clasificación lito-edáfica [Tabla N°18] considera la relación existente entre las cualidades físicas, químicas y biológicas de los suelos, naturaleza de los depósitos superficiales, calidad del manto rocoso y composición de la capa vegetal. Los desiertos edáficos, están configurados por suelos de textura rocosa, tosca y extremadamente porosa. El escaso manto vegetal es poco profundo, la baja humedad limita la actividad biológica, los volúmenes de la materia orgánica son bajos debido a las altas temperaturas. Las corrientes de agua no se retienen en la superficie y fluyen bajo tierra a distintos niveles.

Los agentes de erosión más importantes en las tierras áridas son el viento, que surge con fuerza en zonas planas y abiertas donde la capa de vegetación es mínima; y el agua, que genera ríos de piedra y barro, arrastrando a su paso el abundante material suelto existente en los cauces naturales.

150

TABLA N°18 CLASIFICACIÓN LITO-EDÁFICA SEGÚN EL ORIGEN DE LOS SUELOS Y LA NATURALEZA DE LAS ROCAS

-	1. Desierto de arena, en los depósitos sueltos de antiguas llanuras aluviales.
-	2. Desierto de arena, guijarro y canto rodado (cristal de roca), en la meseta y llanuras pie montano.
-	3. Desierto de arena gruesa-yesífera, en mesetas Terciarias.
-	4. Desierto de arena gruesa, en llanuras del pie de monte.
-	5. Desierto pedregoso, en las bajas montañas y montículos.
-	6. Desierto arcilloso.
-	7. Desierto de dunas de arenas(loes), en llanuras del pie de monte.
-	8. Desierto arcilloso en llanuras a pie de monte y en deltas de antiguos ríos.
-	9. Desierto de terreno abarrancado arcilloso en montañas bajas compuestas de mantos salinos y arcillas.
-	10. Desierto de sal o Salar en depresiones salinas y a lo largo de las costas.

Fuente:[PETROV, 1976].

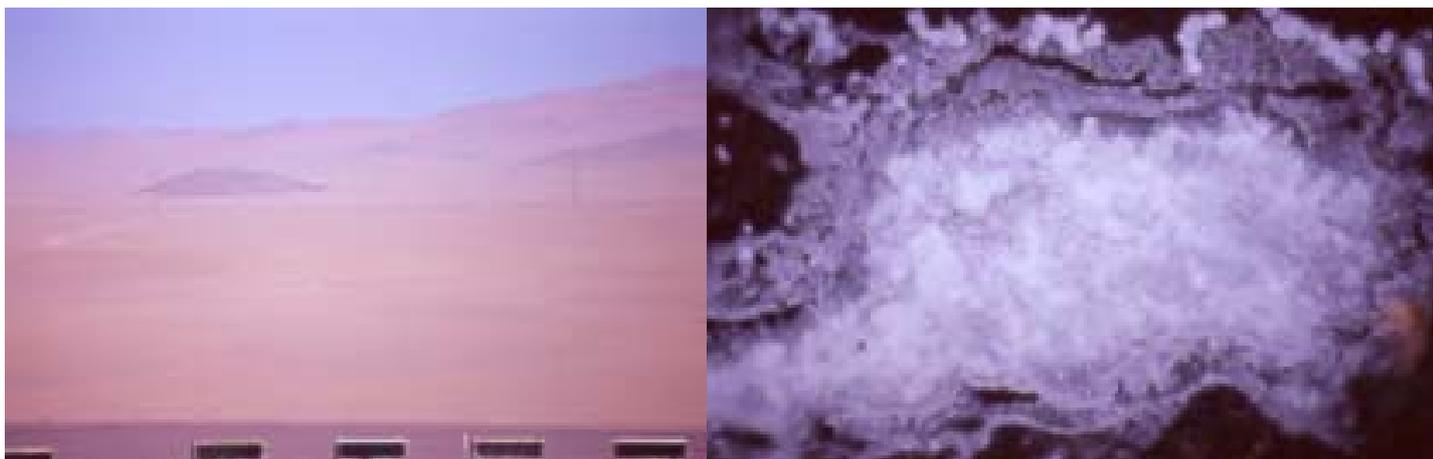


Fig. N°105 (a) GEOLOGÍA DEL DESIERTO DE ATACAMA / DESIERTO DE ARENA GRUESA Y SAL
Foto: J. Guerra.

En una aproximación más funcional, los investigadores de *Soil Survey Staff* realizaron en 1960 una clasificación de las propiedades de la tierra basándose en la identificación de los procesos formales y de uso, tales como la humedad de la tierra y los regímenes de la temperatura [Tabla N°19]. En esta clasificación se establece que la categoría Entisols y Aridisols, –con un 77% área total– predomina en las zonas áridas.

TABLA N° 19 CLASIFICACIÓN DE LOS DESIERTOS EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SUELO Y SU USO

(1) Alfisols:

Paisajes de sabanas, con bosques frescos y calientes.

(2) Aridisols:

Tierras minerales con desarrollo horizontal débil, con altos volúmenes de sal. Estas tierras son excepcionalmente secas, la ausencia de humedad, que favorece el crecimiento de vegetación puede durar muchos meses, la formación de pavimentos de piedra es una característica común en los abanicos y llanuras. Éstos suelos poseen una capa de arcilla superficial delgada, por ello cuando se producen precipitaciones pueden guardar humedad bajo tierra por lo menos durante tres meses [Fig. N°105 (a)].

(3) Entisols:

Tierras minerales con bajo o ningún desarrollo horizontal, son tierras jóvenes, con zonas sujetas a corrimiento, deposición y erosión. Esta tipología posee diversas variantes: Entisols húmedo; se encuentra principalmente en planos inundados, deltas o pantanos costeros, donde el índice de agua es alta. Fluvents; se desarrollan en los sedimentos aluviales, como abanicos y llanuras de diluvio, pero aquí el índice de agua es profundo y el desagüe a través de la tierra es bueno. Othents; son tierras pobres encontradas a menudo en colinas inclinadas rocosas sujeta a alta erosión. Psamments; son desarrollos de dunas propensos a la erosión y al movimiento.

(4) Mollisols:

Desarrollos de prados semiáridos y sub-húmedos, de colores oscuros, normalmente tierras agrícolas muy fértiles.

(5) Vertisols:

Son tierras profundas con altos volúmenes de arcilla, normalmente se encuentran en pendientes suaves o áreas niveladas.

Fuente: [DREGNE, 1976].

2.7. ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN DE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS AL MEDIO AMBIENTE DESÉRTICO.

En este punto analizamos las diversas estrategias de adaptación fisiológicas –corporales– y de control del bienestar térmico, tanto de los seres humanos que habitan las tierras áridas, como de las plantas y animales que sobreviven con una mínima dotación de agua para soportar el calor. Estas adaptaciones implican modificaciones en los hábitos de vida de las especies animales.

152

Desde el punto de vista de las transformaciones, las adaptaciones tienen mucho que ver con la forma, por ejemplo, una determinada forma permite a la planta atrapar mayor humedad, o una mayor o menor pigmentación permite que la piel tenga un comportamiento térmico más adecuado. Asimismo, los usos y costumbres se ven alterados en función de los ciclos cálidos y menos cálidos.

2.7.1 ADAPTACIONES DEL CUERPO HUMANO AL CLIMA DESÉRTICO

Cuando nos referimos a las adaptaciones del cuerpo humano a las condicionantes medioambientales estamos hablando de un proceso de “aclimatación”, que en todos los sistemas biológicos tiene un origen medioambiental y fisiológico. Se constituye en propiedades en funciones de agregar o substraer calor del cuerpo, ahorrar agua y realizar un menor consumo, así como, las modificaciones de los hábitos y modos de vida [LEE, 1968]. La interacción total de organismos con su ambiente involucra una consideración compleja de flujos de energía, temperatura del organismo, teoría de difusión, procesos químicos y biológicos moleculares [HUTCHINGS, 1998].

La adaptación del cuerpo humano al medio ambiente desértico, esta en función de factores ambientales y fisiológicos que se detallan a continuación [Tablas N° 20 / 21].

TABLA N°20 FACTORES AMBIENTALES QUE CONDICIONAN UNA ADAPTACIÓN CLIMÁTICA DEL CUERPO EN MEDIOAMBIENTES ÁRIDOS

- (1) **Altas temperaturas ambientales:**
En un día típico de verano éstas pueden fluctuar de los 38°C a los 51°C. La temperatura superficial puede ascender a los 70°C o más.
-
- (2) **Alta radiación solar (calor radiante):**
Se presentan altas intensidades de radiación solar, cielos claros, alta reflexión por calidad del terreno, escasez de sombra, la intensidad de radiación dependerá de la naturaleza de las superficies (emisión, reflexión, absorción), la proyección relativa de las superficies (factor de forma) y la naturaleza del medio (líquido, sólido, gaseoso).
-
- (3) **Baja humedad ambiental:**
Los valores de humedad relativa y vapor de agua se mantienen bajos provocando malestar por la sensación de sequedad ambiental.
-
- (4) **Fuertes vientos (convección natural):**
La condición de viento es una condición perfectamente quieta, la capa de aire en contacto con el cuerpo asume la misma temperatura y presión de vapor de la piel y el traslado de calor extenso es muy lento. Por ello, cualquier movimiento en el aire, inducido por calor, ventiladores o vientos naturales, tiende a reemplazar la capa de contacto saturada con aire fresco a la temperatura del ambiente.
-
- (5) **Restringido suministro de agua:**
Escasez de agua. Los requisitos diarios de agua potable de un hombre exceden a menudo los 10 litros, en los desiertos este valor puede superar los 20 litros.
-

Fuente: [BROWN, 1968].

TABLA N° 21 FACTORES FISIOLÓGICOS DE ADAPTACIÓN DEL CUERPO AL CALOR

(1) Adaptación al calor:

Habitar el desierto significa para el hombre habituarse al calor. Las alta temperaturas en zonas desérticas elevan la temperatura del cuerpo, el calor se incorpora al cuerpo por efecto de la radiación solar directa, a través de la ganancia de calor por reflexión o por el propio aire. Los procesos de termorregulación corporal, que permiten la pérdida de calor corporal son la evaporación superficial (sudoración) y la respiración; bajo estas circunstancias el cuerpo requiere hidratación para mantener su equilibrio térmico.

(2) Traslado de calor:

La dilatación de los vasos de sanguíneos superficiales, facilita el traslado de calor desde el interior a la superficie produciéndose una pérdida de calor por conducción. Los procesos químicos y físicos son muy susceptibles al efecto de la temperatura, cualquier desplazamiento mayor de temperatura, puede producir trastornos que ponen en riesgo el apropiado funcionamiento corporal y la vida.

(3) Regulación del enfriamiento y la evaporación:

La sudoración, es el proceso que refresca la piel por evaporación de agua. El movimiento del aire acelera el traslado de calor por conducción entre el cuerpo y el aire. También la pérdida de calor por evaporación. Cuando la temperatura del aire es más alta que la corporal se produce un cuadro mixto; el movimiento acelera la ganancia de calor por la piel a través de la conducción, facilitando la pérdida de calor por evaporación.

(4) Regulación de la actividad:

La reducción de la actividad, tiene como resultado el aumento de la eficacia de funcionamiento, reduciendo la producción de calor.

(5) Evaporación – Enfriamiento:

El área de la superficie aumentada por la postura relajada del cuerpo, a la magnitud compatible con la actividad facilita la evaporación y el enfriamiento.

Fuente: [BROWN, 1968].

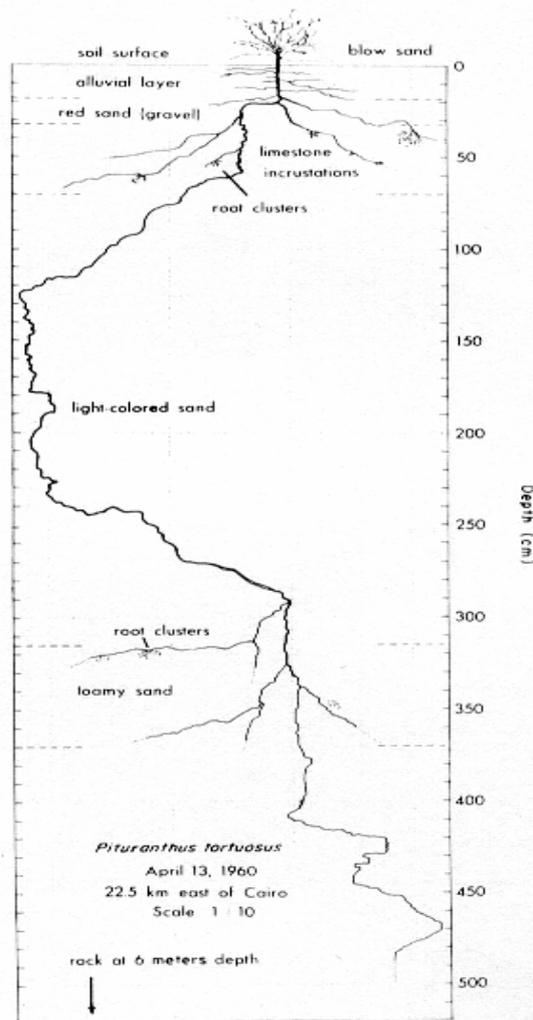


Fig. Nº104 PROFUNDIDAD DE LA RAÍZ DE UNA PITURANTHOS TORTUOSUS. Abril de 1960, a 22,5 km de El Cairo. Fuente: [BROWN, 1968]

2.7.2. ADAPTACIONES DE LAS PLANTAS AL CLIMA DESÉRTICO

La adaptación de las plantas a los ambientes áridos está marcada por la diversidad de microclimas que podemos encontrar en un mismo desierto, una ladera protegida del viento y de la radiación solar o una zona de altiplanicie hacen la diferencia para que la capa vegetal pueda ser más densa, más escasa o no existir. En zonas áridas la biomasa o manto vegetal es discontinuo, se reduce a pequeños grupos de árboles, de apariencia nudosa y menos robusta que las especies similares en condición de humedad. La vegetación dominante es la arbustiva, su apariencia es la de matorral bajo y pequeño, extendido y espinoso, que crece entre las piedras, arenas o tierras desnudas. En zonas extremadamente áridas la vegetación está absolutamente ausente, a excepción de la que crece a lo largo de los vados o causes de ríos secos donde las plantas con raíces profundas son capaces de taladrar hasta alcanzar el agua subterránea [Fig. Nº 104].

Según su relación con la humedad las plantas se clasifican en: (1) Hidrófilas: Las que pueden sobrevivir en tierras completamente saturadas de agua. (2) Mixófitas: Las que no sobreviven cuando el volumen de humedad cae por debajo del punto de la marchitación y (3) Xerófitas: Las que pueden sobrevivir con bajos contenidos de humedad [CLOUDSLEY-THOMPSON, 1977] [Tabla Nº 22].



Fig. N°105 MECANISMOS DE DISPERSIÓN EN LAS PLANTAS DEL DESIERTO
 (a) Semilla de hierba arístida (2cm) (b) Anastática seca (8cm) y húmeda (10cm).
 Fuente:[CLOUDSLEY-THOMPSON, 1979].

TABLA N° 22 TIPOLOGIA DE PLANTAS DEL DESIERTO

(1) Plantas xerófitas:

Soportan la sequedad, pueden continuar creciendo aunque la humedad esté presente en cantidades pequeñas pero continua. Se adaptan a las condiciones de aridez y pueden sobrevivir largos períodos sin agua o permaneciendo inactivas. Estas plantas se encuentran bajo condiciones ecológicas muy disímiles: desiertos, hábitat salinos, climas fríos y altiplanos.

(2) Plantas phreatófitas:

Adaptadas con raíces muy profundas (más de 20m) que le permiten absorber humedad de la zona saturada. Éstos son indicadores de la existencia de aguas subterráneas.

(3) Plantas halófilas:

Poseen una alta tolerancia a las condiciones de salinidad, puede guardar cantidades apreciables de sal sin dañarse y algunas incluso pueden secretar sal a través de las glándulas especializadas.

Fuente: [MEINZER, 1987].

En las condiciones ambientales del desierto el problema para las plantas verdes se encuentra en el exceso de calor por una sobre-absorción a las longitudes de ondas infrarrojas. Para que ello no suceda, las plantas verdes del desierto tienen una estructura de hojas densas y carnosas en las que almacenan agua, evitando la transmitancia y produciendo reflectancia para controlar el grado de radiación incidente [HUTCHINGS, 1998]. Los detalles de éstas estrategias se especifican en las Tablas N° 23 y 24.

Estas plantas tienden a reflejar substancialmente más energía en todas las longitudes de onda. Las espinas largas arrojan sombras en la superficie del cactus y reducen la absorción de calor sin obstruir el flujo de aire. Algunas plantas del desierto exudan una secreción blanca, desarrollando una corteza de cera, o crecimiento de vellos blancos. Estos mecanismos parecen ser diseñados para aumentar al máximo la reflexión ligera y minimizar la pérdida de agua [SIMONS, 1982]. [Fig. N°105].

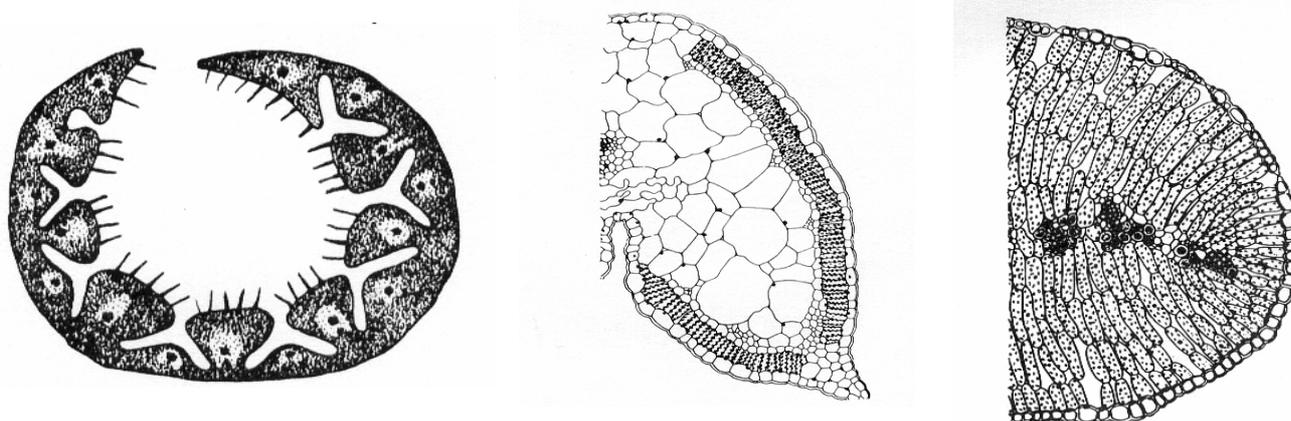


Fig. N° 106 FISONOMÍA DE LAS PLANTAS DEL DESIERTO

(1) Sección de hoja abarquillada de una hierba xerófita

(2) *Salsola Kali Tenuifolia*

(3) *Greggia camporum linearifolia*

Fuente: ICI OLINSI FY-THOMPSON 1979 · BROWN 19681

TABLA N° 23 ADAPTACIONES MORFOLÓGICAS DE LAS PLANTAS EN REGIONES ÁRIDAS

(1) **Suculencia del tallo:**

El rasgo anatómico característico de las plantas del desierto es la presencia de grandes células de almacenamiento de agua como el cactus, fleshy y euphorbs (ancho arbusto leñoso), pereskia (hojas caducas), ferocactus, (tallo grande carnoso con hojas reducidas a espinas afiladas y leñosas).

(2) **Suculencia de las hojas:**

El gran tamaño y densidad de las hojas es el rasgo anatómico característico de algunas plantas del desierto, ésta fisonomía es consecuencia de la presencia de grandes células de almacenamiento de agua presentes en los tejidos de sus hojas, que presentan una estructura casi esférica que solamente deja una pequeña ranura que indica el lugar en el que aparecerán nuevas hojas o el pedúnculo de la flor. Éstas son conocidas como "plantas ventanas", en referencia a las propiedades de proyección de la luz dado que una espesa cutícula cubre la epidermis que se impregna de diversos tipos de cristales [Fig. N° 106].

(3) **Reducción de tamaño:**

En las hojas de algunas xerófitas, como un método de reducir transpiración.

(4) **Raíces:**

Las raíces están bajo un ambiente constante y muestran una pequeña variación relativa del medio. Su estrategia de crecimiento horizontal, con un sistema de extensas raíces laterales y una proporción de hoja grande les permite aumentar al máximo el suministro de agua. Los mecanismos para reducir la pérdida de agua son: el cierre parcial de los poros, tener hojas suculentas o espinudas, disponer una pequeña superficie de transpiración y poseer raíces profundas para absorber aguas subterráneas [NOY-MEIR, 1973].

(5) **Germinales:**

Algunas plantas de los desiertos "calurosos" tienen dos estaciones de germinación distintas, que se pueden predecir, aunque no se puede saber la cantidad de germinaciones ni las especies que aparecerán.

Fuente: [BEAUMONT, 1993].

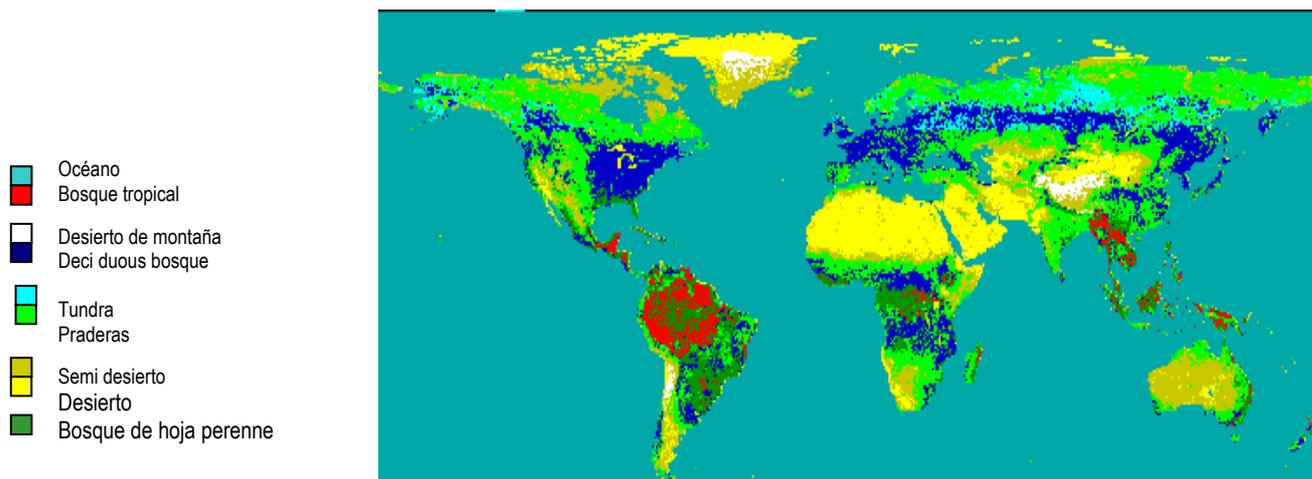


Fig. N°107 MAPA MUNDIAL DE LA VEGETACIÓN
 Fuente: [En línea] <<http://www.cger.nies.go.jp/grid-e/gridtxt/tmpchgeo.htm>> NOAA/GVI (Murai & Honda); Universidad de Tokio

TABLA N° 24 ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS DE LAS PLANTAS EN REGIONES ÁRIDAS

(1) Escapar de la sequedad:

Tolerancia a la sequedad: Plantas con un ciclo de crecimiento anual breve. Incluyendo las efímeras escapan eficazmente de la sequedad por un ciclo de germinación, crecimiento y florecimiento, producción de la semilla, y senescencia rápida aprovechando un período corto de volumen de humedad favorable en la tierra. Durante las condiciones muy secas éstos sobreviven como semillas, raíces de almacenamiento o como una bombilla subterránea en ciertas especies.

158

(2) Resistencia a la sequedad:

Plantas que restringen la pérdida de agua con sistemas de raíces extensas. Adaptaciones de resistencia a la pérdida de agua (cierre de los pequeños poros que tienen las hojas que actúan en condiciones de sequedad o oscuridad, reducción de transpiración cuticular, modificaciones de la hoja, presencia de espinas), aumentos en la captación de agua (de la tierra o del aire), y mejoramiento de la absorción del agua (capa cerosa y disminución tamaño de la hoja).

(3) Evasión la sequedad:

Plantas que tienen la habilidad de soportar sin agua largos períodos de tiempo, como los cactus y otras plantas carnosas. Las plantas suculentas resisten la sequía ya que poseen células de almacenamiento de agua que pueden recargarse en condiciones de humedad; algunas tienen hojas suculentas y tallos gruesos. Otras han generado raíces de almacenamiento o tubérculos. Durante la sequía muchas de estas plantas reducen la pérdida de agua al mínimo, disminuyendo su crecimiento y tamaño.

Fuente: [KOZLOWSKI, 1964].

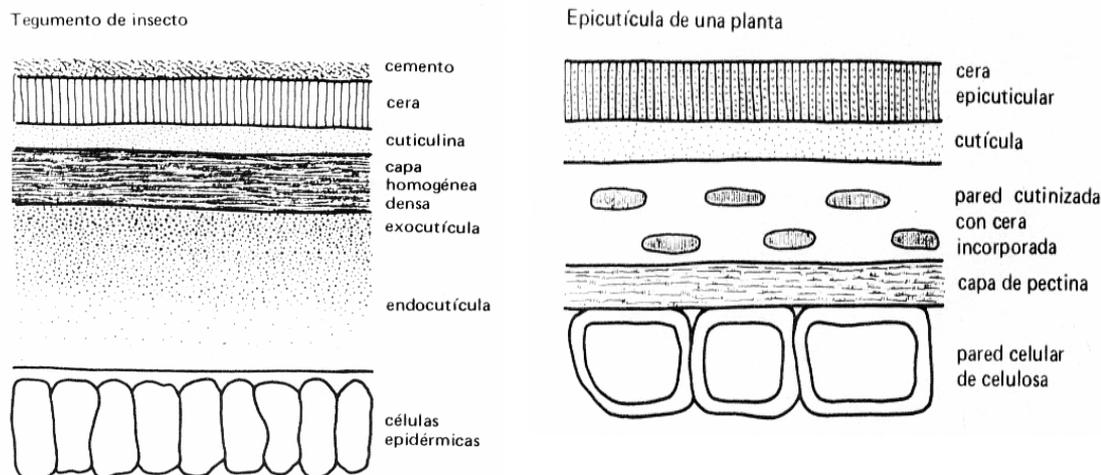


Fig. N°108 COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA ESQUEMÁTICA DEL TEGUMENTO DE LOS INSECTOS Y UNA REPRESENTACIÓN DE LA EPICUTÍCULA DE LAS PLANTAS.
Fuente: ICLOUDSLEY-THOMPSON. 1979I

2.7.3. ADAPTACIONES DE LOS ANIMALES AL CLIMA DESÉRTICO

Las condiciones ambientales de los desiertos representan dificultades de adaptación para los animales, tanto por las altas temperaturas e intensa radiación solar, como por la carencia de agua y biomasa. La natural respuesta de adaptación de los animales al clima desértico difiere dependiendo de factores como: la actividad (nocturna o diurna), el tamaño (grande o pequeño) y el tipo de alimentación (herbívoro o carnívoro). En ese sentido, las adaptaciones son fisiológicas y/o conductuales, relacionadas con el tiempo de actividad diaria y hábitos de ingesta [CLOUDSLEY-THOMPSON, 1977].

159

A pesar de la baja productividad de los ecosistemas desérticos, existe una amplia variedad de vida animal –insectos, artrópodos, serpientes, roedores, pájaros y grandes mamíferos–. Incluso en sociedades tradicionales, persiste la utilización de animales como el camello y el asno. Asimismo, las especies domésticas (ovejas y cabras) desarrollan su hábitat en los márgenes de los desiertos del mundo, generando un gran impacto en la vegetación y su regeneración.

(a) Adaptaciones fisiológicas de los animales al calor

La adaptación al intenso calor es más exigente que la adaptación a las condiciones frías. Los mamíferos por ejemplo, tienen temperaturas corporales particulares de 35°C a 40°C un nivel sobre la temperatura media, que prevalece en la mayoría de los hábitat de la tierra.

La regulación de la temperatura es el factor más importante en la fisiología animal. En ambientes fríos, el mantenimiento de la temperatura corporal adecuada requiere del perfeccionamiento de varios mecanismos fisiológicos disponibles en todos los mamíferos para controlar la pérdida de calor y aumentar la proporción de producción de calor endógeno.

Estos recursos son: Aumentar la efectividad del aislamiento por medio de la piel y el pelo, controlar el sistemas vasomotor periférico y disminuir la sensibilidad al frío en extremidades corporales [Fig. N°108]. Los mecanismos de respuestas al frío extremo, han evolucionado rápidamente en los mamíferos. En cambio no parece ocurrir lo mismo frente al calor extremo. La termorregulación implica dos procesos, primero, controlar la proporción de pérdida de calor y segundo, aumentar la producción de calor para mantener una temperatura relativamente uniforme.

160

(a1) La regulación de la temperatura en mamíferos:

Es un problema difícil, cuando la temperatura del ambiente exterior excede la temperatura del cuerpo, puesto que los mamíferos producen grandes cantidades de calor. El problema no está en eliminar el calor, sino transferir el calor endógeno del cuerpo del animal contra la gradiente térmica del caluroso ambiente exterior. La diferencia de temperatura, corre en dirección contraria para el traslado de calor por conducción y transmisión, el enfriamiento adecuado sólo puede ser logrado por la evaporación de agua.

(a2) Minimizar la pérdida de agua en ambientes áridos:

Mientras algunos animales producen orina concentrada y el excremento relativamente seco, como mecanismos para minimizar la pérdida de agua, otros no tienen glándula de sudor.

(a3) Captación de agua cuando está disponible:

Los mamíferos más grandes como el camello, el asno y la gacela tienen una relación de superficie/volumen pequeña, que les permite usar la evaporación de sudor como un mecanismo refrescante. Un camello puede perder un cuarto de su peso cuando no tiene acceso al agua, consumiendo una cantidad comparable de agua a la que perdió en un mismo período de tiempo, cuando el agua está disponible. Para minimizar la pérdida de agua, el camello no empieza a sudar hasta que su cuerpo alcanza los 40.7°C [CLOUDSLEY-THOMPSON, 1977].

(b) Adaptabilidad y conducta de los animales

En general muchos de los animales para soportar las extremas condiciones de temperatura diurna han adaptado sus modelos de conducta desarrollando actividades nocturnas. Ahora bien, como las condiciones extremas en la mayoría de los ambientes desérticos sólo persisten unos meses, es en estos períodos, más suaves cuando se produce una nueva adaptación marcada por el crecimiento de las plantas y el aumento de la actividad animal diurna.

161

(b1) Los mamíferos:

Escogen las condiciones medioambientales que mejor se ajustan con exquisita precisión a su capacidad funcional; restringen, buscan y utilizan esos espacios de acuerdo a sus atributos fisiológicos y anatómicos, para la supervivencia y reproducción. Las especies que ocupan un determinado nicho ecológico en la diversidad del desierto, mantienen ese espacio para sus actividades e interacciones con otros organismos.

(b2) Los arácnidos e insectos

Tienen una cutícula impenetrable que los protege de la pérdida de agua, pero a pesar de esto, la mayoría de los insectos son activos bajo condiciones nocturnas, cuando las temperaturas son más bajas y los valores de humedad alcanzan su máximo. Incluso los escorpiones, con sus pieles impenetrables, y las serpientes son activas de noche, aún cuando pueden tolerar temperaturas altas. Los insectos; como saltamontes, escarabajos y arañas son activos en las condiciones de altas temperaturas de los desiertos, normalmente tienen largas extremidades para mantenerse lejos de las superficies calientes. Aunque los lagartos, a menudo son activos durante el día, éstos buscan resguardo bajo la sombra o enterrados en la arena durante las horas de mayor calor.

(b3) Los animales mayores

Son activos durante el día, aunque también buscan sombra durante los períodos más calientes. Los animales más grandes, han desarrollado varias adaptaciones como excretar con pérdida mínima de agua y el uso de mecanismos de respiración y enfriamiento que no dependen de la evaporación de agua.

(b4) Los animales pequeños

Sobreviven en los desiertos haciendo uso de condiciones micro-climáticas favorables de las madrigueras y agujeros, donde las tensiones climáticas son menores. Es importante tener presente que la mayoría de los mamíferos del desierto pesan menos de 250g. y muchos menos de 50g. Para estas pequeñas criaturas, las medidas meteorológicas tienen una relevancia indirecta, porque sus ambientes son los agujeros, hendeduras, túneles y nidos, un universo en el que las distancias, las diferencias entre sol y sombra, día y noche, o invierno y verano pueden representar la diferencia entre la vida y muerte.

162

2.7.4. ADAPTACIONES DE AVES Y PÁJAROS AL CLIMA DESÉRTICO.

Los pájaros están bien representados en las regiones desérticas del mundo, ellos existen a pesar de algunos impedimentos fisiológicos y gracias a su especial ventaja de movilidad extrema. Utilizan sus poderes de vuelo para alcanzar fuentes de agua distantes o áreas donde la lluvia ha aumentado la disponibilidad de agua y comida temporalmente. Los pájaros resisten temperaturas de hasta 45°C durante muchas horas, la temperatura del cuerpo en los pájaros generalmente exceden por grados a la de mamíferos bajo condiciones comparables (Hipertermia). Esta diferencia de 2°C a 3 °C puede aumentar en el desierto haciéndolos menos propensos a cargas de calor. Estas estrategias de adaptación al medio desértico se sintetizan en la [Tabla N°25].

TABLA N° 25 ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS Y DE CONDUCTA DE LAS AVES Y PÁJAROS

- (1) **Enfriamiento por evaporación:**
Los pájaros aumentan la pérdida de agua respiratoria en ambientes cálidos. El aumento de la acción respiratoria a alta temperatura ambiental produce un aumento cuatro veces mayor a la pérdida de agua por evaporación
-
- (2) **Traslado de calor:**
Un mecanismo operativo que facilita el traslado del calor al ambiente, es sostener las alas lejos del cuerpo para que los lados ligeramente emplumados sean expuestos, porque la compresión del plumaje reduce el valor de aislamiento.
-
- (3) **Traslado a microclimas más frescos:**
Alcanzar ambientes más frescos ascendiendo a altitudes relativamente altas o moverse en la sombra durante las horas de calor reduce la ganancia de calor.
-
- (4) **Minimizar la actividad:**
Durante las horas más calurosas, la reducción de actividad es de gran importancia debido a los altos niveles de calor que los pájaros generan durante la práctica de volar.
-
- (5) **Habitar entre profundas hendiduras:**
Entre las piedras durante el medio del día.
-
- (6) **Economía de agua:**
Los pájaros del desierto no sólo respiran aire bajo en humedad, sino que también eliminan humedad para enfriar por evaporación. Además la escasa disponibilidad de agua hace que algunos pájaros se adaptaran al agua salada.
-
- (7) **Pérdidas fecales y urinarias:**
Las pérdidas de agua de pájaros del desierto a través del excremento es mínima poco hidratado.
-



Fig. N°109 DESIERTOS DE AMÉRICA DEL SUR
Fuente: [COOKE, 1985]

2.8. EL DESIERTO DE ATACAMA, el desierto absoluto

Las áreas desérticas de América del Sur se extienden a lo largo de las dos vertientes de la Cordillera de los Andes. En la ladera oeste, hacia la costa del Pacífico subtropical se desarrolla el desierto costero peruano-chileno, un área continua de aproximadamente 3.700 km. que comienza a los 5° latitud sur, denominándose *Desierto de Sechura*, recorriendo todo el litoral de Perú, entrando a Chile recibe el nombre de *Desierto de Atacama*, desde los 18° hasta los 30° latitud sur, atravesando toda la zona norte del país hasta la región del valle del río Elquí. Por la ladera Este, hacia la costa del Atlántico en latitudes templadas se desarrolla la zona del *Desierto de la Patagonia*. Asimismo, existen zonas semiáridas al Noreste de Brasil y a lo largo de la costa del Caribe de Venezuela [Fig. N° 109].

164

El desierto del norte de Chile es la región más seca del mundo, las causas que determinan la formación de este desierto, que ocasiona la extrema aridez de esta región, obedece a la influencia conjunta de diversos factores, que se especifican en la [Tabla N°26].

En Chile la zonificación en relación con el uso de los suelos están determinadas de la forma siguiente:

Tipo de zona	Porcentaje del territorio nacional
- zonas urbanas e industriales; tierras agrícolas y de pastos.	- 27.2%
- zonas de bosques.	- 20.8% (*)
- zonas áridas y de desiertos.	- 32.5% (**)

Fuente:[ECLAC, 1998] (*) de las cuales el 17.8% representan bosques nativos.(**) La nieve y cursos de agua no se clasificaron.

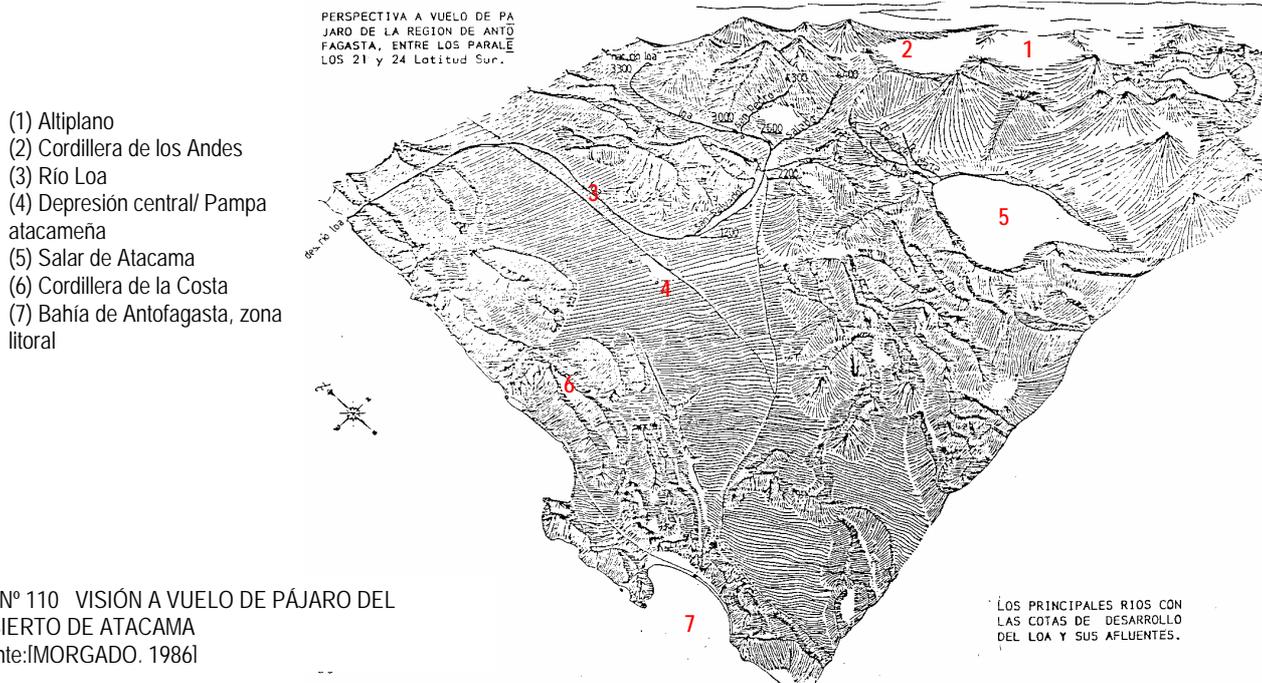


Fig. Nº 110 VISION A VUELO DE PAJARO DEL DESIERTO DE ATACAMA
 Fuente: MORGADO. 1986l

TABLA Nº 26 FACTORES QUE DETERMINAN EL ORIGEN DEL DESIERTO DE ATACAMA

- (a) El desierto de Atacama [Fig. Nº 110], es parte del cinturón global de los desiertos del hemisferio del sur, se encuentra en el ámbito de influencia de la zona anticiclónica subtropical del Pacífico Sur, fenómeno que se experimenta de forma persistente otorgando una extraordinaria estabilidad climática. [WEISCHET, 1975].
- (b) Las aguas frías de la corriente polar de Humboldt en la cercanía litoral provocan la disminución de las temperaturas del aire y la estabilización de las capas inferiores de la atmósfera. El fenómeno de la inversión térmica¹²⁵, crea una capa de aire frío de humedad baja que establece una cuña de alta presión entre los 1500 m de altitud y el nivel del mar, obstruyendo el acercamiento de la masa de aire caluroso y húmedo del Pacífico Sur [BÖRGEL, 1973].
- (c) La abrupta elevación del terreno en el litoral (Cordillera de la Costa) representa una cerrada y continua muralla que junto con el fenómeno de la inversión térmica impiden la penetración al interior de las masas de aire húmedo procedentes del Pacífico. La interrupción del anticiclón hacia el Este, tiene como consecuencias: La formación de una cubierta de niebla alta entre los 600 y 1200 msnm, movimientos de aire descendentes, recalentamiento dinámico, retroceso de la humedad, formación de inversión dinámica, impedimento de la convección¹²⁶ y de las precipitaciones. Como no puede existir una advección¹²⁷ de vapor de agua desde el Pacífico hacia el interior, el origen del vapor de agua que precipita en el Altiplano procede de la cuenca del Amazonas y cubre toda la región que comprende el norte de Chile, sudoeste de Bolivia, y noroeste de Argentina, hasta los 27º latitud Sur. Estas lluvias que acontecen a una altura de entre 3.500 y 4.000 msnm no se extienden hacia el oeste, alcanzando eventualmente los valles bajos del salar. Este fenómeno que suele ocurrir entre Noviembre y Febrero es conocido como “invierno boliviano” [THOMPSON, 1975].

¹²⁵ Inversión térmica: Representa una capa termodinámica de bloqueo. Es el fenómeno por el cual la temperatura, en lugar de disminuir con la altura, lo que sería normal, aumenta. Presentando una clara frontera entre el clima húmedo costero, de las capas inferiores de la atmósfera y el clima seco de cielos abiertos del interior del desierto.

¹²⁶ Convección: Es el ascenso de las masas de aire en sentido vertical, aumentando el volumen de las masas de aire y disminuyendo su temperatura, lo que ocasiona las precipitaciones.

¹²⁷ Advección: Es el transporte horizontal de masas de aire con intercambio de energía térmica hacia las superficies en contacto.

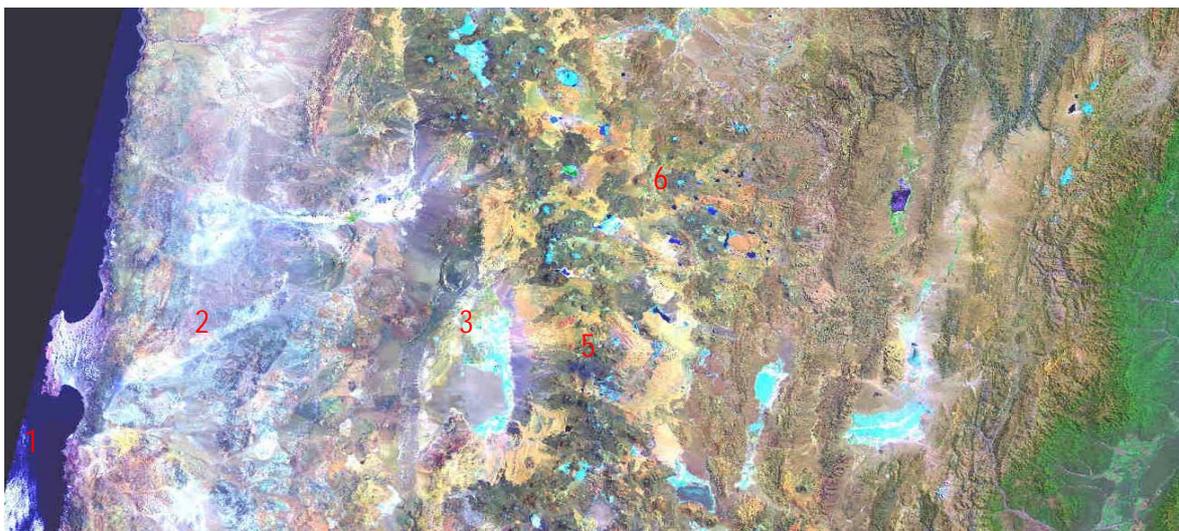


Fig. N°111 IMAGEN SATELITAL (1) LITORAL (2) DEPRESIÓN INTERMEDIA (3) SALAR DE ATACAMA (4) CORDILLERA DE LOS ANDES (5) ALTIPLANO
Fuente: [En línea] <<http://geology.wr.usgs.gov/docs/packs/pltec/worldmap.pdf>>

2.8.1. FISONOMÍA DEL DESIERTO DE ATACAMA

El Desierto de Atacama presenta numerosas e importantes singularidades. Se trata de una gran extensión de territorio prácticamente despoblado. Según los geólogos esta es muy similar a la superficie de Marte, desprovisto de plantas e insectos de cualquier tipo. Además, se caracteriza por la ausencia total de lluvias durante todo el año y la carencia de aguas superficiales aptas para la vida vegetal y animal. No existe otra región del mundo con menos lluvias que ésta, el promedio de precipitaciones en torno al trópico de Capricornio, es inferior a 5 mm/año y posee una estabilidad climática extraordinaria [QUADE, 1998].

El Desierto de Atacama registra altos índices de radiación solar sobre el plano horizontal, del orden de los 230 W/m² en el litoral y 330 W/m² en la región interior de promedio anual, el cielo aparece casi siempre libre de nubes, excepto cerca de la costa. Las variaciones de temperatura diaria entre día y noche son semejantes a las que suceden entre de invierno y verano. Esta es una realidad para todo el desierto a excepción del litoral, donde las variaciones térmicas ambientales pueden darse en períodos de dos a tres horas. La considerable magnitud latitudinal del desierto de Atacama y la primacía de la estructura cordillerana, establecen diversas condiciones de aridez, determinada de norte al sur por latitud y de mar a cordillera por la altitud [Fig. N°111].

(a) Condiciones de aridez por latitud

De Norte a Sur, los rasgos climáticos y de aridez del Desierto de Atacama se van suavizando según la latitud, entre los 18° y 30° de latitud Sur, podemos distinguir tres zonas con diversos grados de aridez: Una región de extrema aridez y sequedad absoluta entre los 18° y los 26° latitud sur, donde la cota de nieve andina se sitúa a unos 6000 msnm [ABELE, 1992. op.cit. BERGER, 1997]. Una zona árida entre los 26° y 28° latitud sur y una zonas semi-árida de transición entre los 28° y 30° latitud sur, donde las posibilidades de lluvias y la presencia de vegetación son mayores debido a las incursiones del frente polar en invierno y a un nivel de cota de nieve más baja [MOLINERO, 1976 op cit BÖRGEL, 1973].

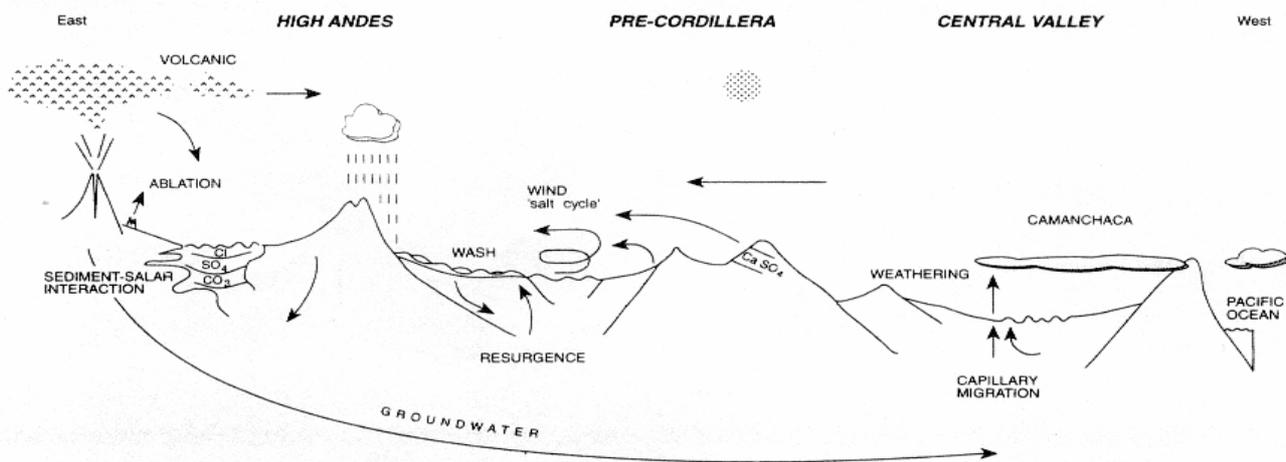


Fig. N° 112 CORTE ESQUEMÁTICO DE LA ENTRADA DE SAL Y DISTRIBUCIÓN EN UNA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DESIERTO DE ATACAMA
 Fuente: [BERGER, 1997] Arid zone geomorphology, from and change in dry lands. Ed. Thomas David. pág 551.

(b) Condiciones de aridez por altitud

De mar a cordillera, las peculiaridades ecológicas y geofísicas del Desierto de Atacama están caracterizadas por las marcadas diferencias de altitud. En el transepto borde mar–alta montaña, el territorio se eleva abruptamente desde la costa formando la Cordillera de la Costa, con alturas que superan los 1000 m. siguiendo hacia el interior el territorio se eleva, en uno de los más grandes relieves de la Tierra, la Cordillera de los Andes, que posee altiplanicies sobre los 4000 msnm y picos andinos sobre los 6000 msnm (p. ej. Nevado Ojos del Salado 6880 msnm), desplegado en menos de 400 km [TAPIA, 1985].

Si establecemos la comparación altitudinal con el fondo marino, el contraste es aún más impresionante, ya que frente a las costas del norte de Chile, nos encontramos con una gran fosa marina de 7600 msnm, producto del encuentro de las placas tectónicas marina y continental [GALLI-OLIVIER, 1969; PALACIOS, 1993 op.cit BERGER, 1997].

La verticalidad del territorio, es el rasgo fundamental que define el perfil microclimático de todos los paisajes de Chile. En la región desértica se distinguen cuatro ámbitos climáticos: (1) el desierto costero, (2) el desierto interior o la pampa, (3) el desierto pre-cordillerano o el piedemonte andino árido y (4) el desierto de altura o altiplano [BERGER, 1997] [Fig. N°112]. Por su parte las estrategias de adaptación y uso de los recursos naturales en cada piso ecológico en esta región presentan diversas respuestas en relación con los patrones de ocupación y productividad del territorio, vitales para entender el modelo de asentamiento que encontramos en la actualidad.

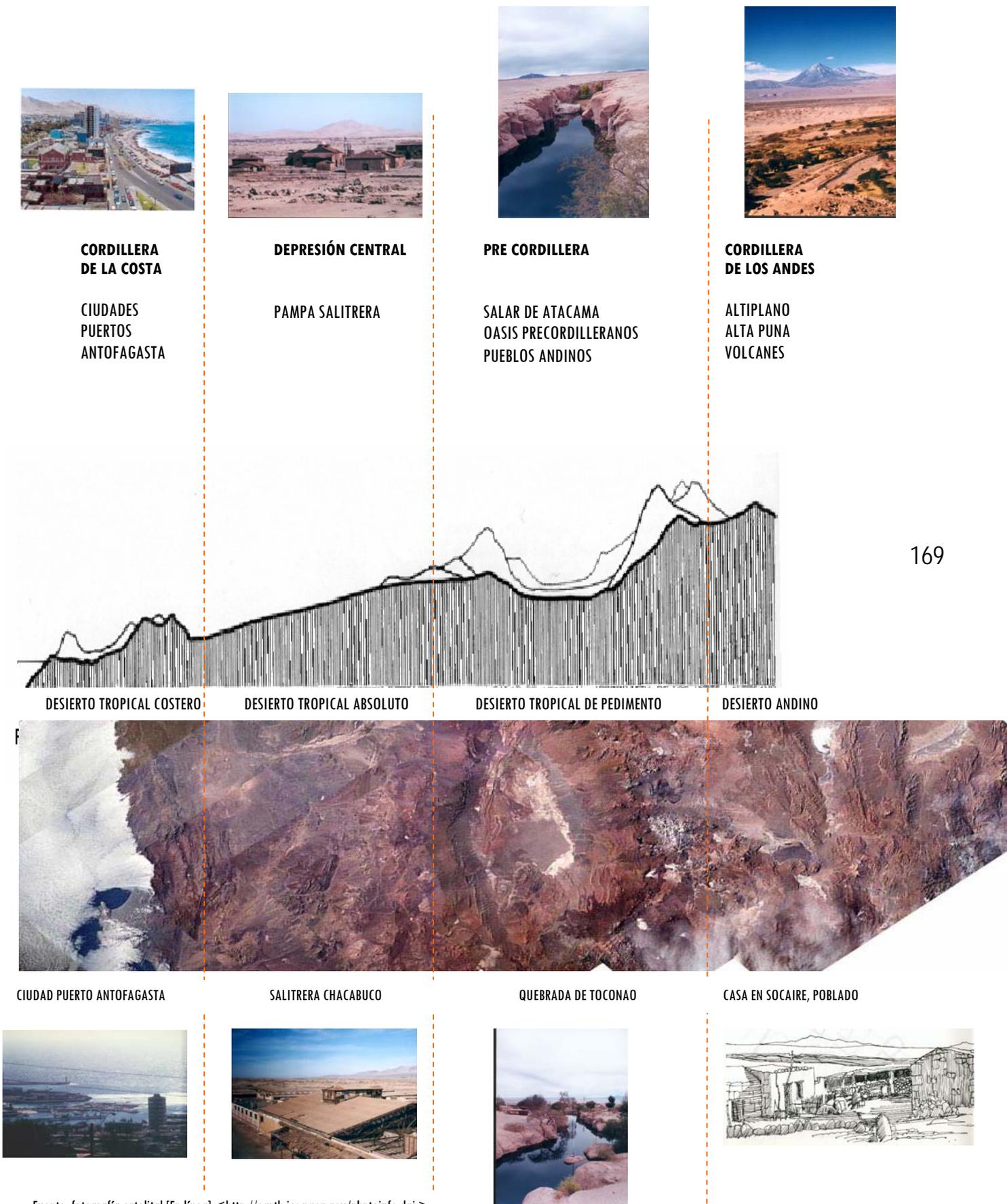
La síntesis de las características y cualidades de cada una de estas zonas ecológicas que conforman el desierto de Atacama, se desarrollan en la Tabla N° 27 y complementada con las imágenes de la [Fig. N° 113].

TABLA N°27 ZONACIÓN VERTICAL DEL DESIERTO DE ATACAMA CHILE entre 22°-24° latitud sur

PISO ECOLÓGICO	CORDILLERA DE LA COSTA	DEPRESIÓN CENTRAL	PRE-CORDILLERA	CORDILLERA DE LOS ANDES ALTIPLANO
Altura	0.000 – 500 500 – 1.200	800 – 2.600	2.600 – 3.300 3.300 – 3.700	3.700 – 4.200 4.200 – 4.600 4.600 – 6.154
Tipo de desierto	Desierto tropical de planicie marina sin vegetación. Desierto tropical costero de baja montaña con vegetación.	Desierto tropical absoluto de planicie aluvional intermontana	Desierto tropical de pedimento con vegetación de jaral. Desierto de pedimento con vegetación de tolar.	Estepa andina de alta montaña. Desierto andino frío de alta montaña. Desierto subnival de alta montaña.
Perfil climático	Zona costera		Zona interior	
Época	verano	invierno	verano	invierno
Temperaturas media	Ene (20.5°C) caluroso	Jun(14.9°C) Templado	Ene(16.9°C) caluroso	Jun(8°C) frío
Oscilación diaria T°	Ene(7,3°C) baja	Jun(5°C) baja	Ene(17,6°C) alta	Jun(20,2°C) alta
Insolación Cal/cm2/día	Ene(600) fuerte	Jun(250) baja	Ene(610) fuerte	Jun(340) normal
Horas de sol/día	21 dic(13.3)	21 jun(10.9)	21 dic(13.5)	21 Jun(10.5)
Humedad %	Ene(72%) alta	Ene(75%) alta	Ene(30%) baja	Jun(36%) baja
Nubosidad en décimas	Ene(4.0) media	Jun(7.6) alta	Ene(1.7) muy baja	Jun(1.8) muy baja
Precipitación anual		(2.6mm) baja	(4.5mm) baja	
Vientos		Sur	SW	
Heladas		NO	SI (Mayo-octubre)	
Nieve		NO	SI	
Salinidad		SI	SI	
Patrón de ocupación (actividades)	Ciudad puerto Actividad comercial Caleta de pescadores Puertos mineros	Campamentos mineros Oficinas salitreras Poblados de carretera	Oasis agrícolas Pueblos andinos Asentamientos mineros	Estacional Temporal Trashumancia
Modos de vida	Vida urbana Pescadores	Pampinos Mineros	Vida rural Agricultores Ganaderos Pastores	Pastores Arrieros
Desarrollos potenciales	Turismo Energía solar domiciliaria Pesca Agua camanchacas Agua desalinización Agua depuradoras	Energía solar gran escala Turismo Minería	Turismo Agricultura intensiva Energía geotérmica Energía fotovoltaica Minería sales	Turismo

Fuente: Realizado por J. Guerra sobre la base de [GOLUBEV, 1974; ZULETA, 2000].

Fig. N°113 **ZONACIÓN VERTICAL DEL DESIERTO DE ATACAMA – CHILE** entre 22°-24° latitud sur



Fuente: fotografía satelital [En línea] <<http://earth.jsc.nasa.gov/phptoinfo.dgi>>
Fuente: dibujos e imágenes: J. Guerra.

PISO ECOLÓGICO CORDILLERA DE LOS ANDES

PISO ECOLÓGICO PRECORDILLERANO

PISO ECOLÓGICO DEPRESIÓN INTERMEDIA

PISO ECOLÓGICO CORDILLERA DE LA COSTA



Fig. N°114 IMAGEN TRANSVERSAL EN LA QUE SE VISUALIZAN DE MAR A CORDILLERA TODOS LOS PISOS ECOLÓGICOS DEL DESIERTO DE ATACAMA

Foto: J. Guerra.

2.8.2. ECOLOGÍA DEL DESIERTO DE ATACAMA

(a). PISO ECOLÓGICO CORDILLERA DE LA COSTA

0000 - 0500 m.s.n.m.	DESIERTO TROPICAL COSTERO DE PLANICIE MARINA SIN VEGETACIÓN
0500 - 1200 m.s.n.m.	DESIERTO TROPICAL COSTERO DE BAJA MONTAÑA CON VEGETACIÓN

(1) RELIEVE:

Desde el borde costero, el territorio se eleva abruptamente, formando la Cordillera de la Costa con alturas que superan los 1000 m. Este rasgo limita la transición del mar al continente a unas escasas planicies costeras con una ancho medio de 2 km [Fig. N°114 / 115].

(2) CLIMA:

Las planicies costeras gozan de un clima subtropical benigno, respecto a la temperatura del aire, pero sin lluvias. La radiación solar incidente sobre el plano horizontal alcanza valores de 230 W/m² en promedio anual (2000 kWh/m² año).

Si se considera el clima desde el punto de vista del confort humano, nada hay mejor que el litoral del norte de Chile. Las temperaturas se caracterizan por una pequeña variación de amplitud térmica anual y diaria; las máximas durante el verano rondan los 26°C y las mínimas en invierno, alrededor de los 11°C. Estas condiciones son posibles por la protección contra la insolación, así como la irradiación de la cubierta de niebla alta y la influencia de la corriente marina fría.



Fig. Nº 115 VISTA GENERAL DE LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA Y LA CORDILLERA DE LA COSTA COMO RESPALDO
Foto: C. Galeno, 2000

(3) HUMEDAD Y VEGETACIÓN:

La humedad relativa es notablemente alta; se mantiene entre el 65% y 75% durante todo el año. En la cordillera de la costa, en altitudes comprendidas entre los 600 y 1200 m se encuentra la zona de “camanchacas”. Estas son nieblas rasantes de naturaleza dinámica cuyo contenido hídrico es aprovechable. Su ocurrencia es debida al casi permanente umbral de condensación que se forma a partir de la inversión dinámica a esas altitudes. El vapor acumulado actúa en la noche como una verdadera superficie de irradiación. El aire húmedo se enfría por debajo del punto de rocío, condensa y forma una cubierta de niebla alta [WEISCHET, 1975].

Estas son nieblas densas que puede penetrar unos 30 a 40 km al interior, suceden frecuentemente en invierno y primavera, y tienden a disiparse al mediodía [CAVIEDES, 1973].

El contenido hídrico de las camanchacas supuso la presencia de la vegetación en las cumbres y laderas a barlovento. Otrora la captación natural de agua de las neblinas recogida por la vegetación, generaba aguadas a lo largo del litoral. Este drenaje natural se agotó debido a la extinción de la vegetación por la acción del hombre [RAMÍREZ, 1980] [Fig. Nº116].

171

(4) VIENTOS:

La radiación y la topografía tienen el control de los vientos superficiales de la zona costera. En general los vientos máximos ocurren cerca de las 15:00 horas en verano, mientras que los mínimos son propios de las noches y del invierno. La dirección del viento, es controlada principalmente por la geometría de la línea de la costa y la topografía, condiciones que determinan las circulaciones de brisa de valle–montaña, mar–tierra y laderas. A gran escala, a lo largo de la costa predominan vientos de componente suroeste y norte [ZULETA, 1989].

(5) SUELO:

Debido a las condiciones climáticas y topográficas los suelos tienen escasa profundidad, la roca viva está muy cerca de la superficie, son suelos pobres, bajos en materias orgánicas y de alta salinidad. El color de los suelos es fundamentalmente gris pálido.



Fig N°116 CIUDAD DE ANTOFAGASTA EMPLAZADA EN LA ESTRECHA FRANJA DEL DESIERTO COSTERO / CORDILLERA DE LA COSTA
Foto: J. Guerra.

(b) PISO ECOLÓGICO DEPRESIÓN CENTRAL O DE LA PAMPA ATACAMEÑA

0800 2600 msnm

DESIERTO TROPICAL ABSOLUTO DE PLANICIE ALUVIONAL INTERMONTANA.

(1) RELIEVE:

El paisaje descrito por algunos como “erosión paralizada” [MESSERLI, 1993 op.cit BÖRGEL, 1973], adopta el aspecto de extensas planicies, mansas colinas, cordones de cerros bajos, salares y eventualmente profundas quebradas; resultado de la erosión del lecho de antiguos cursos de agua. Esta zona conocida como la pampa, corresponde a una llanura alta que forma parte de la Depresión Central interpuesta entre la Cordillera de la Costa y la de los Andes.

172

(2) CLIMA:

Es extremadamente árido, con carencia absoluta de precipitaciones, gran sequedad atmosférica, la nebulosidad es rara, se presentan cielos despejados y limpios, grandes oscilaciones térmicas alrededor de los 20°C entre el día y la noche y alta radiación solar. Al nivel de suelo, se caracteriza por una carencia casi total de vida orgánica.

(3) VIENTOS:

El color y la calidad del suelo producen un albedo¹²⁸ casi constante, que por la alta radiación solar genera un régimen de vientos que se repiten cada día y no cada año, esto explica la ausencia de ciclones, huracanes o tormentas de arena como en otros desiertos [TAPIA, 1985].

(4) SUELO:

Es un desierto con un manto rocoso salino y abundante evidencia de actividad sísmica y volcánica, con abanicos aluviales, atravesados por cuencas endorreicas o cauces fluviales secos. La superficie rocosa, es un tipo de pavimento homogéneo. En general, las liparitas forman pavimentos de material muy llano, afilado y cortante; los basaltos forman una capa espesa y la toba calcárea de consistencia arenosa es movida fácilmente por el viento y crea sedimentos eólicos, en la ladera occidental de las llanuras de piedemonte [BÖRGEL, 1973].

¹²⁸ Albedo: Razón entre la energía luminosa que difunde por reflexión una superficie y la energía incidente. [RAL, 2001]. Algunos valores típicos de las superficies naturales son los siguientes: desiertos (0.25-0.30); nieve fresca (0.75-0.95); césped (0.05-0.30). [Encyclopedia of Environmental Science, 1999]



Fig. N° 117 SALAR DE ATACAMA, VOLCÁN LICANCABUR, CORDILLERA DE LOS ANDES,
Foto: J. Guerra.

(c). PISO ECOLÓGICO LA PRE-CORDILLERA Y SALAR DE ATACAMA	
2.600 - 3.300 m.s.n.m.	DESIERTO TROPICAL DE PEDIMENTO CON VEGETACIÓN DE JARAL
3.300 - 3.700 m.s.n.m.	DESIERTO DE PEDIMENTO CON VEGETACIÓN DE TOLAR.

(1) RELIEVE:

Este ámbito precordillerano, lo comprenden las cadenas montañosas que anteceden al gran Andes, como la Cordillera de la Sal, la Cordillera de Domeyko y el piso ecológico del Salar de Atacama al que se conoce como la baja puna atacameña [Fig. N° 117].

173

(2) CLIMA:

El factor que caracteriza el clima del piedemonte andino, es la ocurrencia de precipitaciones de verano y aumento de éstas con la altitud; las temperaturas son moderadas a lo largo del año. En el piso del Salar, se mantienen las características de aridez anterior, notándose una diferencia con respecto a las lluvias estivales. En todo caso este es un fenómeno inestable. En las quebradas altas intermedias, la aridez se mantiene pero con lluvia y nieve en invierno, temperaturas bajas y una alta oscilación térmica por efecto de las corrientes frías.

(3) AGUA Y VEGETACIÓN:

En esta zona se encuentra prácticamente toda la biomasa de la región, a partir de los 2800 msnm, surgen los llaretales, tolares, céspedes salvajes que alcanzan hasta 4000 msnm. La existencia de recursos hídricos, favorece la presencia de vegetación arbustiva y el desarrollo de una agricultura con especies locales. Las condiciones ambientales de los oasis favorecen una particular agricultura compartida con el pastoreo trashumante.

(4) SUELO:

La calidad de los suelos decrece a medida que se alejan de las márgenes del río.

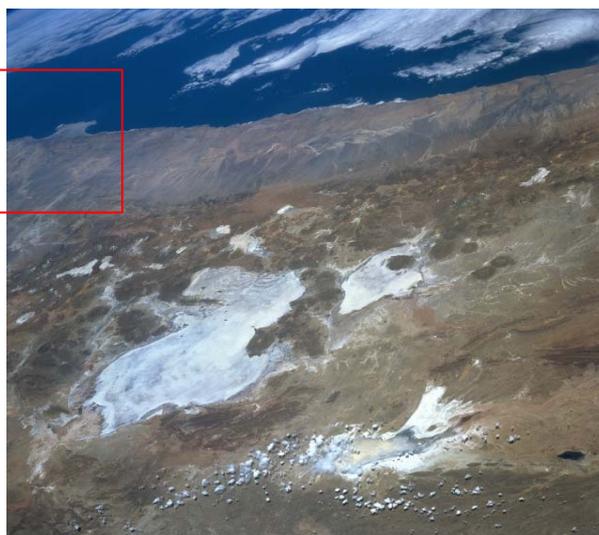


Fig. N°118 DESIERTO DE ATACAMA / PENÍNSULA DE MEJILLONES, CHILE
Fuente:[En línea] < <http://earth.jsc.nasa.gov/phptoinfo.dgi> >

Fig. N°119 ALTIPLANO CHILE-BOLIVIA /LAGO POOPO, SALAR DE UYUNI Y COIPASA
Fuente:[En línea] < <http://earth.jsc.nasa.gov/phptoinfo.dgi> >

(d) PISO ECOLÓGICO CORDILLERA DE LOS ANDES – ALTIPLANO

3.700 - 4.200 m.s.n.m.	ESTEPA ANDINA DE ALTA MONTAÑA.
4.200 - 4.600 m.s.n.m.	DESIERTO ANDINO FRÍO DE ALTA MONTAÑA.
4.600 - 6.154 m.s.n.m.	DESIERTO SUBNIVAL DE ALTA MONTAÑA

(1) CLIMA:

Esta zona es reconocida como Altiplano o Alta Puna Atacameña, con altas cumbres destacando los volcanes Ollague, San Pedro, San Pablo, Licancabur, y Socompa [TAPIA, 1985].

El ambiente es árido y frío, las precipitaciones caen cada año en forma de nieve, las temperaturas son bajas, pero, la alta posición del sol y la escasa nubosidad proveen una insolación considerable, que junto con la acción del viento, crean una alta evaporación y por tanto, condiciones de extrema aridez. A pesar de la altura, no hay formación de glaciares debido a la alta radiación solar, las precipitaciones estivales caen en la zona oriental, pero son un fenómeno inestable, que no permite que la nieve se acumule [TAPIA, 1985] [Fig. N° 118 / 119].

(2) HUMEDAD Y RADIACIÓN SOLAR:

La región del altiplano se caracteriza por una tenue capa atmosférica y una baja humedad relativa, ambos factores permiten alcanzar altos índices de radiación durante las horas de insolación (290 W/m² de promedio anual) y una alta pérdida de radiación superficial de onda larga durante todo el día. Esta característica, hace que la región de atacama alcance uno de los cinco máximos del mundo en cuanto a radiación solar incidente, y que el balance energético tierra-atmósfera difiera substancialmente de los patrones convencionales.

El “efecto invernadero” en la región del altiplano es débil, durante las horas diurnas no se alcanzan altas temperaturas en el aire ambiente, y durante la noche la pérdida de energía por radiación de onda larga, se manifiesta intensa con grandes descensos de temperatura.

2.9. RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

LOS ECOSISTEMAS DESÉRTICOS

Los ecosistemas desérticos, se nos revelan hoy como ámbitos propicios para desarrollar la vida. Se presentan como territorios libres, dispuestos para recibir planteamientos alternativos y el desarrollo de una arquitectura ecológica. Como ningún otro ambiente, se nos ofrece abierto a la experimentación en el área de las energías renovables.

La pertinencia del conocimiento de los ecosistemas desérticos, involucra una serie de correlaciones entre la naturaleza biológica de los desiertos, sus posibilidades energéticas, la organización de las poblaciones a través del ecosistema y la variabilidad en la disponibilidad de agua. Sin embargo, es habitual que la planificación y desarrollo de las regiones áridas se realice aplicando modelos, estrategias y estándares que proceden de otros contextos climáticos. Desviación extremadamente negativa, puesto que todos nuestros estilos y experiencias de vida están en función de las características ecológicas de nuestros respectivos entornos existenciales, de manera que afecta al sentido de pertenencia e identidad de los habitantes con su territorio.

El desconocimiento de la sociedad contemporánea, respecto a la dinámica de comportamiento de los ecosistemas desérticos y de sus características de fragilidad y complejidad, en absoluto rigor es absoluto, ya que de otro modo las actuales ciudades del desierto debieran ser modelo de sostenibilidad ambiental y de aprovechamiento de los recursos energéticos naturales, como lo encontramos en las culturas vernáculas del desierto, éstas han desarrollado un planteamiento sensible y apropiado al clima extremo, proyectando edificios profundamente arraigados con la realidad climática y ambiental.

LOS DESIERTOS PROVEEDORES DE ENERGÍA

La percepción más considerada hacia los desiertos ha sido y sigue siendo contemplarlos como territorios vacíos en los cuales la vida es imposible, territorios absolutamente dependientes valorados sólo por sus recursos minerales. Sin embargo, los desiertos son territorios mejor preparados para efectuar la transición energética, que los ubicados en latitudes donde la energía solar es menos favorable. Si observamos los desiertos como espacios proveedores de energía, y no como consumidores dependientes, si aprovechamos su potencial energético, para cultivar y cosechar energías limpias, usando eficientemente los recursos naturales, estaremos realizando una verdadera “revolución ambiental”.

176

Para enfrentar el desarrollo de los desiertos, se requiere un cambio en la relación hombre-entorno. Así, lo demuestra el caso israelí, el desarrollo de las tierras áridas pasó en primer lugar por resolver los problemas educativos y sociales. Este cambio en la relación que se establece con el desierto, lleva implícito el cambio de la vida nómada de los habitantes del desierto, ya que la falta de arraigo parece ser una constante, que se evidencia en la forma de ocupar el territorio y el sentido de pertenencia. En el caso del desierto de Atacama, la transitoriedad está vinculada con la explotación minera, una vez agotado el recurso, se termina también la permanencia en el lugar. Esta transitoriedad transforma a las ciudades en campamentos. La transición energética involucraría un cambio importante, dada la estabilidad del recurso, por ello decimos que se requiere de una estrategia completamente diferente, de un desarrollo opuesto al actual, que no se origina en el desierto, sino que, llega desde fuera a asentarse en él.

La planificación regional o cualquier estrategia futura tendrá que reconocer tanto la capacidad de las zonas áridas como proveedoras de recursos energéticos, el principio de singularidad y el conocimiento de propiedades de los ecosistemas desérticos.

CONCLUSIONES

Habitar los ecosistemas áridos, debe plantearse de manera muy distinta a como se ha venido haciendo, lo que significa tener conciencia absoluta de aspectos como los siguientes:

- La concepción de que las zonas áridas son regiones despobladas, está cambiando significativamente, y por ende, la situación de transitoriedad de sus habitantes. Afirmación que está respaldada porque en la actualidad el número de habitantes en zonas áridas representa el 15% de la población mundial.
 - Las concentraciones humanas en los desiertos, se producen por fenómenos económico-productivos, esta sigue siendo una característica de las ciudades enclavadas en zonas áridas, pero se han agregado a la estructura productiva otras actividades como el turismo.
 - El patrón de movilidad y transitoriedad, de las regiones áridas está cambiando al de residencia permanente o arraigo. Se están valorando las condiciones del clima y soleamiento como factores que hacen parte de la calidad de vida. Por ejemplo, las primeras o segundas residencias para grupos sociales de la tercera edad, que buscan beneficiarse de las favorables condiciones climáticas.
 - La economía de las zonas áridas presenta una realidad de dependencia e independencia. Porque es dependiente de productos deficitarios (agua, alimentos frescos, etc.), pero independiente en relación a los recursos energéticos renovables y no-renovables, (solar, mineros, etc).
 - El estilo de vida adoptado por los habitantes de las zonas áridas, difiere notablemente de las zonas áridas desarrolladas y no-desarrolladas. Mientras en las primeras su habitación es altamente acondicionada para proporcionar un ambiente artificial confortable, las segundas con menos recursos, desarrollan modos de vida tradicionales con estrategias de acondicionamiento pasivos y comportamientos más adecuados a los requerimientos del clima.
-

-
- La mayoría de los ecosistemas áridos son demasiado improductivos para permitir el establecimiento económico de la agricultura y la ganadería, sin embargo, con sistemas y métodos apropiados a las zonas áridas pueden ser actividades productivas. Existe una gran variedad de plantas cuya fisonomía esta adaptada para soportar climas áridos, por tanto debería ser el cultivo de éstos lo más apropiado para la vegetación en parques y plazas.
-
- La tierra utilizable para la agricultura en zonas áridas es escasa, por lo tanto esos suelos deben destinarse a usos exclusivamente agrícolas y las urbanizaciones deben realizarse en zonas no agrícolas. Está máxima que parece una obviedad no se está considerando ya que son diversos los megaproyectos que se emplazan en medio de zonas cuyo suelo fértil tardó muchos años en ser tierra cultivable.
-
- Los habitantes en zonas áridas han adaptado una particular forma de vida, dentro de las exigencias marcadas por la aridez del medio ambiente.
-
- La disponibilidad de agua, es el principal problema al que debe hacer frente la sociedad del desierto. En la actualidad la desalinización de agua del mar, tiene un alto costo, por lo que su producción no resulta apropiada para ser utilizada en la actividad agrícola. La introducción de agua a un ecosistema árido otorga mayor control a las personas sobre su ambiente y los libera de muchas de las presiones psicológicas asociadas a las comunidades de las zonas áridas [DAVIDSON, 1972].
-
- Llevar a cabo estrategias de arraigo y desarrollo que están más allá del potencial de los recursos de las zonas áridas, puede llevar al fracaso, por la naturaleza inconstante de la producción de los ecosistemas desérticos.
-

BIBLIOGRAFÍA
SEGUNDA PARTE: ECOLOGÍA Y DESIERTO

- [AAVV, 1983] AA.VV. [1983] *Ecosystems of the world 5: Temperate desert and semi-deserts*. Ed. Elsevier Scientific Publishing.
- [ABRAHAMS, 1994] ABRAHAMS, A. y Parsons, A. [1994] *Geomorphology of desert environments*. Ed. Chapman & Hall, London.
- [ALEXANDER, 1999] ALEXANDER, D. & Fairbridge R. [1999] *Encyclopaedia of Environmental Science*. Ed. Kluwer.
- [AMIRAN, 1973] AMIRAN, David & Wilson Andrew. [1973] *Coastal Deserts, Their natural an human environments*. Ed University of Arizona Press.
- [ANDERSON, 1990] ANDERSON, Brice. [1990] *Solar Building architecture* Ed MIT press Massachusetts. Pág 3-35
- [BEAUMONT, 1993] BEAUMONT, Peter. [1993] *Dry lands: Environmental Management and Development*. Ed. Rout ledge, Londres.
- [BEDOYA, 1992]. BEDOYA, César [1992] *Las técnicas de acondicionamiento ambiental: fundamentos arquitectónicos*. Ed. UPM. Madrid.
- [BEDOYA, 1982] BEDOYA, César [1982] *Las energías alternativas en la arquitectura*. Ed. COAM. Madrid.
- [BEHILING, 1999] BEHILING, Stefan. [1999] *Edificios generadores de energía*. En: Sustainable Architecture. Ed. Nai publishers Rotterdam pág 47-132.
- [BERGER, 1997] BERGER, I.A. [1997] *South America*. En: *Arid zone Geomorphology: Process, form and change in drylands*. Ed. Wiley, Chichester.UK págs, 543-555.
- [BÖRGEL, 1973] BÖRGEL, Reinaldo. [1973] *The coastal desert of Chile*. En: Coastal Deserts, Their natural an human environments. Ed University of Arizona Press. Cap 13 pág.111-114.
- [BROWN, 1968] BROWN, Jr. G.W. [1968] *Desert Biology: Special Topics on the Physical and Biological Aspects of Arid Regions*. Ed. Academic Press. Vol I y II.
- [BROWNLEE, 1998] BROWNLEE, D. y De Long, D. [1998] *Louis I. Kahn: en el reino de la arquitectura*; Ed. G.Gili; Barcelona.
- [CAVIEDES, 1973] CAVIEDES, César. [1973] *A climatic profile of the north Chilean desert at latitude 20° south*. En: Coastal Deserts, Their natural an human environments. Ed University of Arizona Press. Cap 14 pág.115-120.
- [CLAVER, 1998] CLAVER, Ana María [1998] *Arquitectura y medioambiente* En: La energía solar en la edificación Ed. CIEMAT.
- [CLOUDSLEY, 1979] CLOUDSLEY-THOMPSON, J.L. [1979] *El hombre y la Biología de zonas áridas*. Ed. Blume ecología, Barcelona.

- [COOKE, 1982] COOKE, R.U. [1982] *Urban geomorphology in dry lands*. Ed. Oxford University Press. London.
- [DAVIDSON, 1972] DAVIDSON-ARNOTT, [1972] *Research in fluvial geomorphology*. Proceedings of the 5th Guelph Symposium on Geomorphology. Ed. Norwich. Geo Abstracts.
- [DREGNE, 1976] DREGNE.H.E [1976] *Soils of arid regions*. Ed. Elsevier Scientific.
- [ECLAC, 1998.] ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN [1998]. Report of the Workshop on Integrated Environmental and Economic Accounting.
- [ESPINOZA & ZULETA, 1993] ESPINOZA, C. Zuleta R. [1983] *Veintisiete años de investigación sobre el uso racional de recursos no convencionales de energía y agua en el Desierto de Atacama*. Doc UCN Ciencias Físicas. CEDOC. Antofagasta.
- [FRANKLIN, 2001] FRANKLIN, J [2001] *Geography of arid Lands; Climate of arid lands* [En línea] <[http://typhoon.sdsu.edu/545/lecture 2.pdf](http://typhoon.sdsu.edu/545/lecture%202.pdf)>
- [FINDLAY, 1996] [En línea] <IUSSP.ORG>
- [GABRIEL, 1972] GABRIEL, Alfons. [1972] *Los Desiertos de la Tierra y su explotación*. Ed. Alhambra. Barcelona.
- [GOLANY, 1984] GOLANY, Gideon.[1984] *Planificación Urbana en Zonas Áridas*. Ed. Limusa, México D.F
- [GOLANY, 1979] GOLANY, Gideon.[1979] *Arid zone settlement planning, The Israeli experience*. Ed. Pergamon. New York.
- [GOLUBEV, 1974] GOLUBEV, Guenad. [1974] *La zonificación vertical geográfica de Chile entre 22°-24° latitud sur*. En: Revista Geográfica nº 6. Año I Ediciones U.Norte, Antofagasta.
- [GOODLAND, 1997]. GOODLAND, Robert [1997] *Medio Ambiente y desarrollo sostenible: mas allá del informe Brundtland*. Ed. Trotta. Barcelona.
- [GOODALL & PERRY, 1979] GOODALL, D.W. & Perry, R.A. [1979] *Arid land ecosystems: structure, functioning and management*. Ed. Cambridge University Press, Londres (V1-V2)
- [GUERRA, 1987] GUERRA, José. [1987] *Socaire: Apropiación y desarraigo medioambiental de la vivienda atacameña*. Seminario de Arquitectura. Universidad del Norte, Antofagasta.
- [HAECKEL, 1996] HAECKEL, Ernst [1996] *Art forms in nature*. Ed. Prestel Munich
- [HEATHCOTE, 1983] HEATHCOTE, R.L. [1983] *The arid lands: their use and abuse*. Ed. Longman; New York
- [HOPPEN, 1998] HOPPEN, Donald. [1998] *The seven ages of Frank Lloyd Wright*, Ed. Dover; New York
- [HOLM, 1983] HOLM, Dieter [1983] *Energy conservation in hot climates*. Ed. The architectural press New York.
- [HUTCHINGS, 1998] HUTCHINGS, Michael [1998] *The ecological consequences of environmental heterogeneity*. En: British Ecological Society. Symposium 40e Sussex. Ed. Oxford. BlackwellScience
- [KAPSTEIN, 1983] KAPSTEIN, Ethan B. [1983] *La transición a la energía solar: un enfoque histórico*. pág 101-115. En: Transiciones de las fuentes de Energía. Perelman y otros. Ed. Aragón Buenos Aires.
- [KOENIGSBERGER, 1977] KOENIGSBERGER, Otto H.[1977] *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Ed Paraninfo. Madrid.
- [KOZLOWSKI, 1964] KOZLOWSKI. T.T.[1968] *Water deficits and plant growth*. Ed. New York Academic Press.
- [LARSON, 2000] LARSON, K. [2000] *Louis Kahn. unbuilt masterworks*. Ed. Monacelli Press, New York.
- [MARGALEF, 1981] MARGALEF, Ramón [1981] *Ecología*. Ed. Planeta Barcelona.
- [MARTÍNEZ, 1976] MARTÍNEZ, Gabriel. [1976] *El sistema de los Uywires en Isluga*. En: Revista Homenaje al Dr. Gustavo Le Paige S.J. Ed. Universidad del Norte. Antofagasta, Pág. 255.
- [MEIR, 1999] MEIR, Isaac. [1999] *Planning Theories versus Reality: A Desert Case Study*. En: Desert Regions: Population, Migration and Environment. Ed Springer- Verlag. Berlin.
- [NÚÑEZ, 1983] NÚÑEZ, Lautaro [1983] *Síntesis diacrónica de la relación Hombre y Recursos en el desierto Chileno*. Dep. Arquitectura. UCN. Antofagasta.
- [NÚÑEZ, 1984] NÚÑEZ, Lautaro. [1984] *Secuencia, adaptación y cambios en los asentamientos humanos de la región atacameña*. En: Cuadernos de la Facultad. Documentos 4. Ed. Universidad Católica del Norte, Antofagasta.

- [NÚÑEZ, 1993] NÚÑEZ, Lautaro. [1993] *El amanecer de la arquitectura vernácula*. En Revista CA ciudad y arquitectura N° 74 Ed. Colegio de Arquitectos de Chile, Pág. 25-29.
- [ONU, 1985] ONU [1985] *Urban Geomorphology in Dry lands*, Ed. United Nations University New York.
- [PETROV, 1975] PETROV, M. Platonovich. [1975] *Deserts of the world*, Ed. Wiley & Son, New York.
- [PORTNOV & HARE, 1999] PORTNOV, Boris & HARE, Paul [1999] *Desert Regions: Population, Migration and Environment*. Ed Springer- Verlag. Berlin.
- [QUADE, 1998] QUADE, Jay [1998] *Climate Change in the Atacama Desert*. [En línea] Geosciences Newsletter. University of Arizona 4. Number 1.
- [RAMÍREZ, 1980] RAMÍREZ, Jorge. [1980] *El medio ambiente en la II Región- Chile*. Apuntes. Dep. de Geografía. UCN, Antofagasta.
- [SAFRIEL, 1999] SAFRIEL, Uriel. [1999] *Opciones ecológicas-orientadas al Desarrollo Sustentable de zonas áridas*. En: Desert Regions: Population, Migration and Environment. Ed Springer- Verlag. Berlin.
- [SCHEER, 2002] SCHEER, Hermann [2002] *Manifestó: "Frente al gigantesco e inagotable potencial del sol, los potenciales nucleares y fósiles son únicamente una fuente de energía marginal"* Presidente de EUROSOLAR, en relación a las energías renovables.
- [SHUVAL, 1987]. SHUVAL. Hillel [1987] *Water quality management under conditions of scarcity: Israel a case study*. Ed. Academic press. New York
- [SOHAR, 1979] SOHAR, Ezra. [1979] *Man in the desert*. En: *Arid zone settlement planning, The Israeli experience*. Ed. Pergamon. New York.
- [STRAHLER, 1987] STRAHLER, Arthur [1987] *Geografía Física*. Ed. Omega. Barcelona. 3era edición
- [STAMP, 1961] STAMP, Dudley. L. [1961] *Arid zone research: A history of land use in arid regions*. UNESCO New York.
- [TAPIA, 1985] TAPIA, Osvaldo [1985] *Curso de Energía solar para ingenieros*, Características geofísicas del desierto de Atacama. UCN, Antofagasta.
- [THOMAS, 1997] THOMAS, David S.G. [1997] *Arid zone Geomorphology: Process, form and change in dry lands*. Ed. Wiley, Chichester.UK
- [THOMAS, 1997] THOMAS, David. [1997] *Geomorfología de la Zona árida. El Proceso, Forma y Cambia en Dry lands*. Ed. John Wiley & los Hijos S.A.
- [UNEP, 1996] UNEP [1996] [En Línea] *Status of desertification an implementation of the United Nations plan of action to combat desertification*. United Nation Environment Program. Report of the Executive Director.
- [WALKER, 1998] WALKER, A.S. [1998]. *Deserts: Geology and Resources* Ed. USGS. on-line Washington DC
- [WALTON, 1969] WALTON, A.K. [1969] *The arid zones*, Ed. Hutchinson University Library, London
- [WARREN, 1999] WARREN, Andew. [1999] *Desert*. En Encyclopaedia of Environmental Science. Ed. Kluwer, págs 129-135.
- [ZULETA, 2000] ZULETA, Ricardo [2000] *Parámetros climáticos de diseño de uso para el método bioclimático*. Departamento Física. Facultad de Ciencias UCN: Antofagasta.