



Atmósfera, vientos y desiertos

Viento como agente geológico

El viento es un agente importante de erosión y de transporte de sedimento en la Tierra. Sus efectos son visibles principalmente en zonas desérticas.

En Marte, un planeta árido, con mucho polvo y fuertes vientos la superficie planetaria es modificada extensamente por acción del viento.

En zonas templadas en donde la vegetación está presente, el viento no es un agente geológico importante.



272: wind ripples on dune sediment; Ijebitan, Mauritania

Viento como agente geológico

El viento ha sido importante dando forma al paisaje en momentos en donde los continentes eran más secos y con vientos más fuertes que en la actualidad

Viento: es el movimiento de aire (principalmente en sentido horizontal) causado por :

- Irradiación solar
- Rotación de la tierra sobre su eje.

Sistema eólico planetario

la atmosfera está en continuo movimiento gracias a que el sol calienta más las regiones ecuatoriales que las regiones polares.

el calentamiento no-homogéneo da lugar a corrientes de convección.

El aire caliente se vuelve menos denso, gana altitud y se expande.

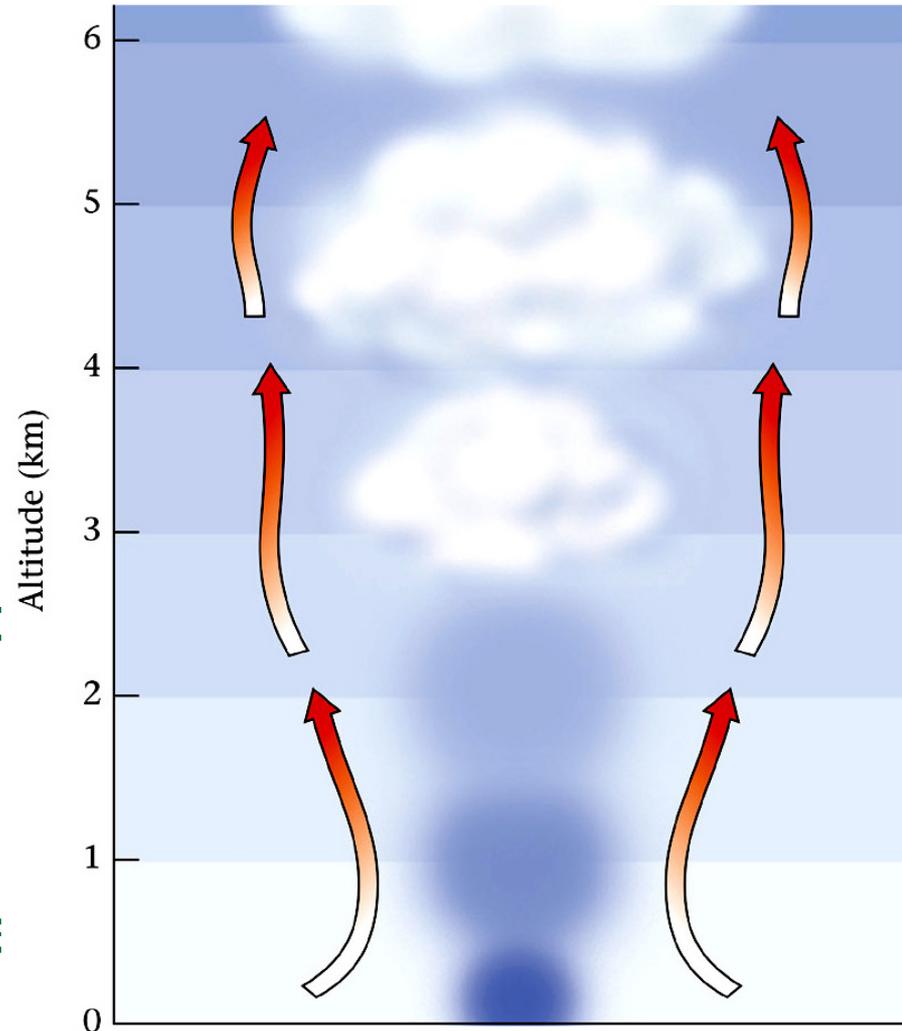
Sistema eólico planetario

Atmosfera en continuo movimiento;

el sol calienta más las regiones ecuatoriales.

el calentamiento no-homogéneo
→ corrientes de convección.

El aire caliente se vuelve menos denso, gana altitud y se expande



Sistema eólico planetario

Cunado gana altitud, el aire se expande hacia los polos.

De camino a los polos, se enfría lentamente y se vuelve más denso y pesado.

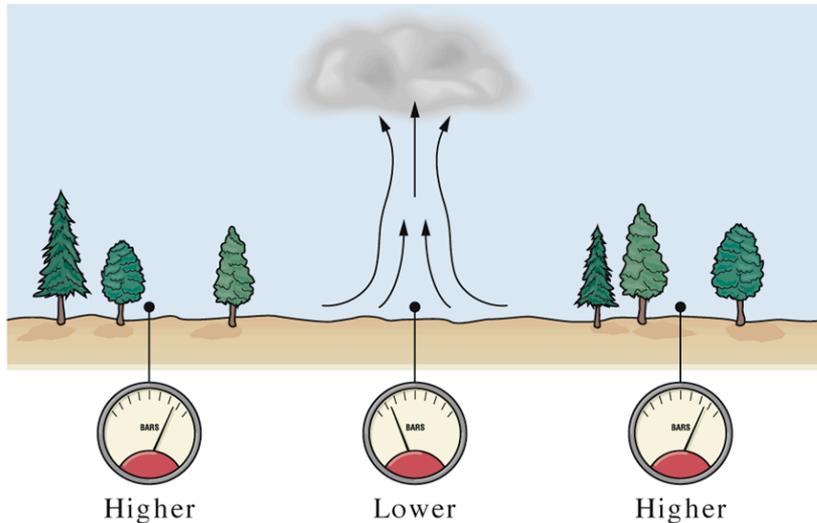
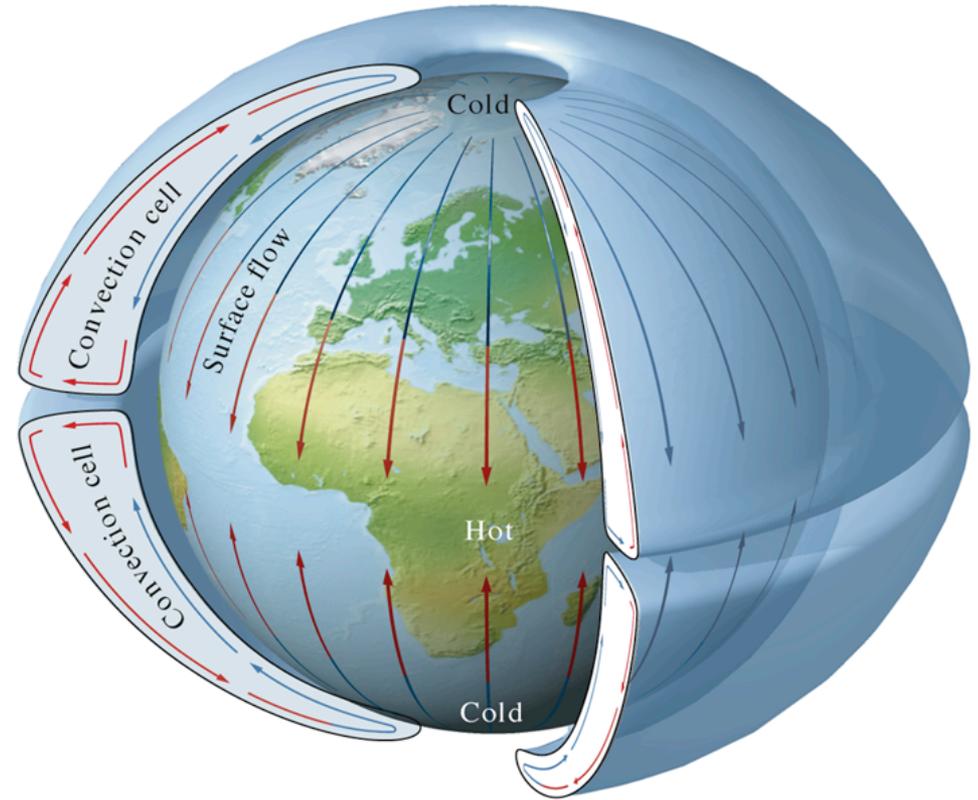
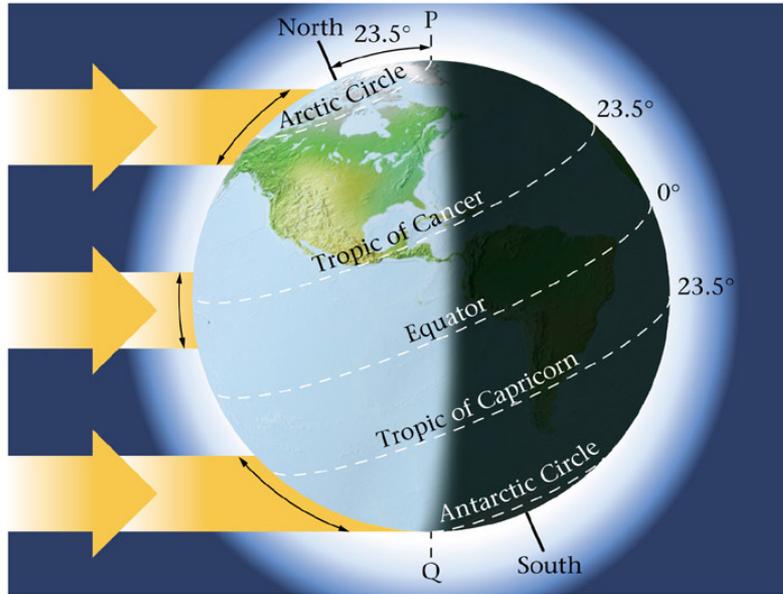
El aire desciende entonces de nuevo y fluye hacia el ecuador en donde completa un ciclo completo de convección

Sistema eólico planetario

La tierra y su atmósfera están girando con una velocidad de 1670km/h en el ecuador. En los polos la velocidad de rotación es cero.

Esta diferencia de velocidades hace que haya una deflexión para una masa de aire que se mueve como función de la latitud.

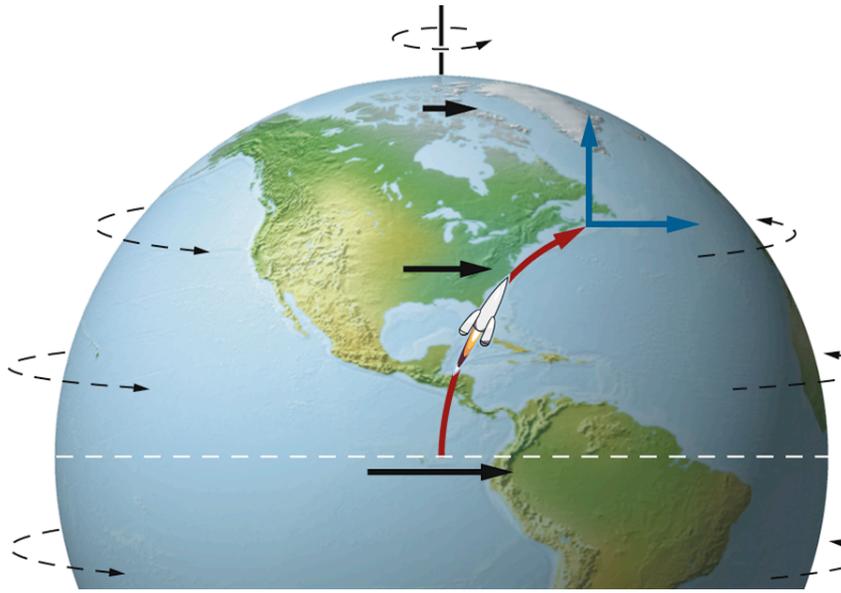
Circulación de Aire en Planeta Idealizado (sin rotar)



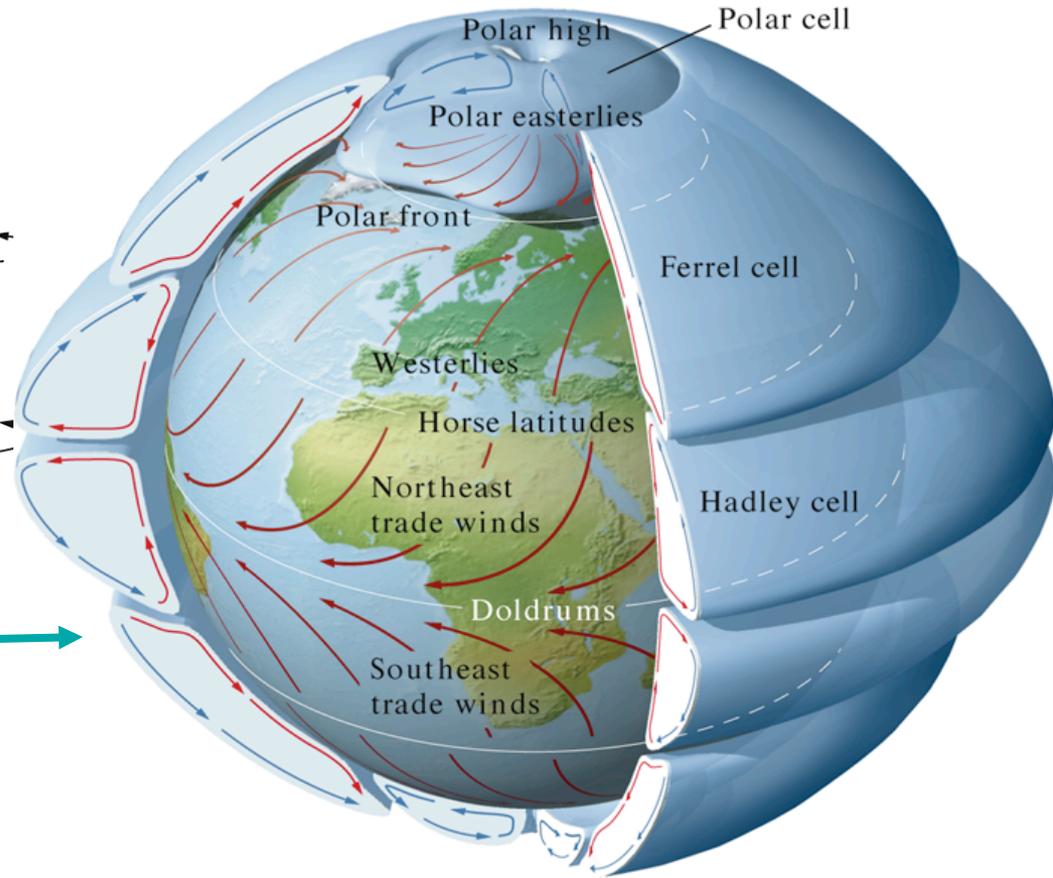
Debido a diferencias en insolación:

- enfriamiento adiabático cerca del ecuador
(formación sistema de baja presión)
- calentamiento adiabatic cerca a polos
(formación sistema alta presión)

Céldas de Convección



Efecto Coriolis
(causa 3 celdas!)



Efecto de Coriolis:
Objetos en movimiento son desviados
debido a la rotación de la Tierra

Viento sopla de presiones altas a bajas

Sistema eólico planetario

El efecto de Coriolis divide el flujo directo de aire entre el ecuador y los polos en cinturones:

Entre el ecuador y una latitud de 30° se encuentran las **celdas de Hadley**: los vientos prevalentes tienen dirección noreste. Estos son los **vientos alisios**.

Hay una segunda celda, la **celda de Ferrel**. En estas latitudes medias la dirección prevalente es oriental.

La tercera celda de circulación de aire son las celdas polares. Estas celdas se demoninan **celdas polares del este**.

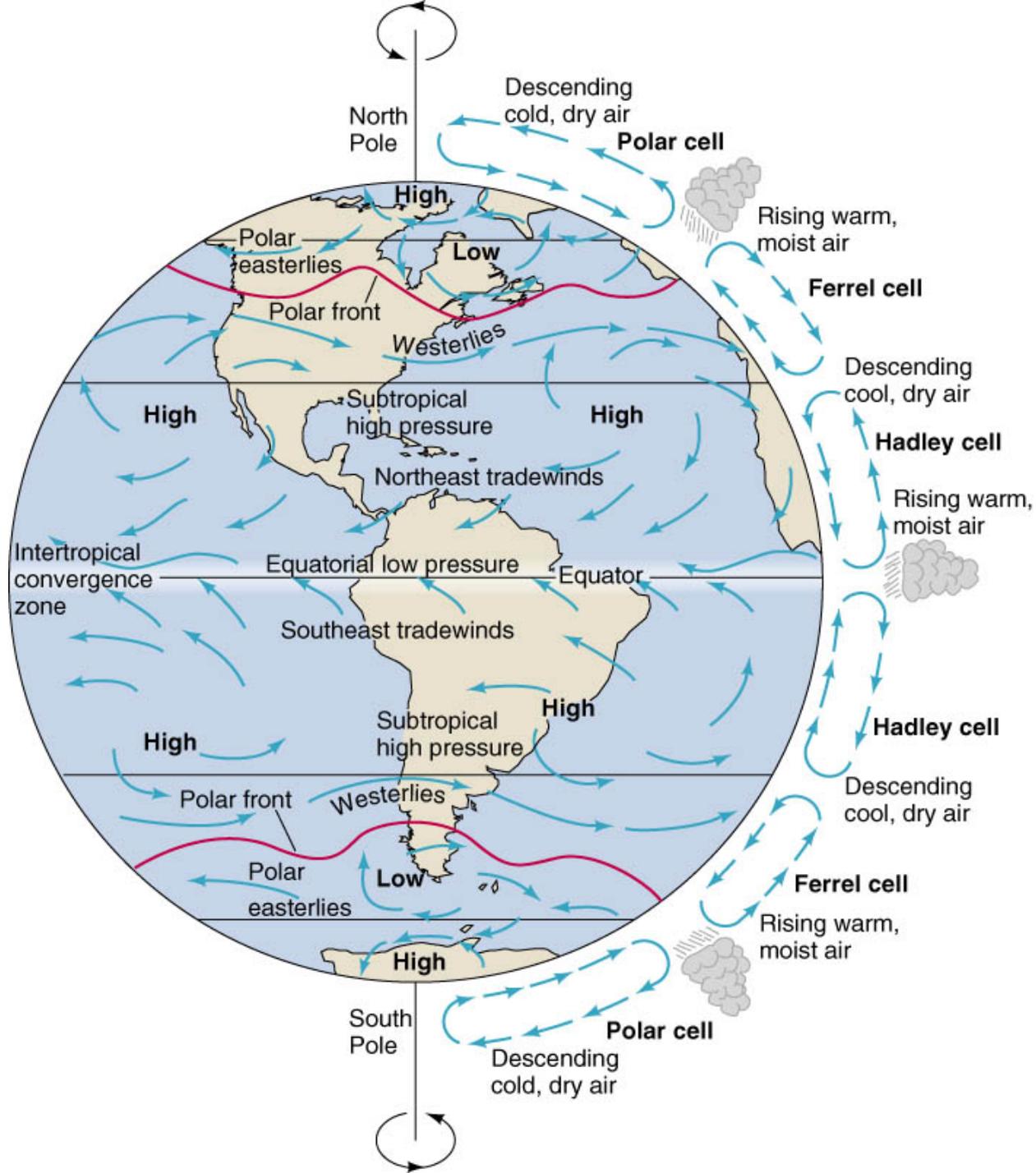
Sistema eólico planetario

En donde el aire frío desciende, se crean condiciones secas en la superficie. Otros factores que influyen en la dirección del viento y el patrón de flujo incluyen:

Topografía de la superficie

Distribución de océanos, continentes, altas elevaciones y mesetas.

El patrón de flujo del aire es el que controla la variabilidad en el patrón climático en el planeta.



Movimiento de sedimento por el viento

El tamaño de sedimento que el viento puede mover depende de la velocidad del viento:

En tormentas y ventiscas, vientos pueden alcanzar hasta 300 km/h localmente. Partículas de hasta varios centímetros de diámetro pueden levantarse a alturas de metros.

En regiones húmedas, viento rara vez excede los 50 km/h. Las partículas suspendidas mas grandes en el aire son granos de arena.

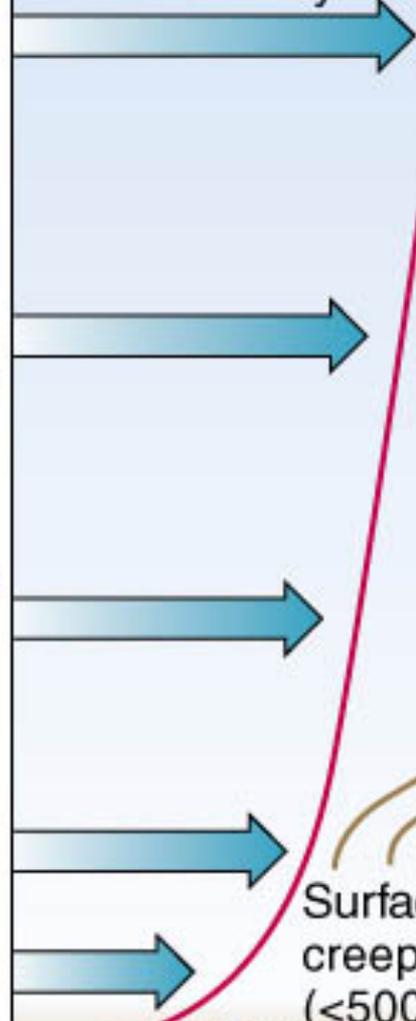
Movimiento de sedimento por el viento

A velocidades de viento más bajas, la arena se mueve cerca al suelo y solamente granos más finos son suspendidos en el aire.

Si el viento sopla a través de un lecho de arena, los granos se mueven cuando la velocidad alcanza o supera 16 km/h. El resultado de esto es un movimiento en donde los granos ruedan en la dirección del viento, esto se denomina **superficie de fluencia**.

Height above ground

Relative
wind velocity



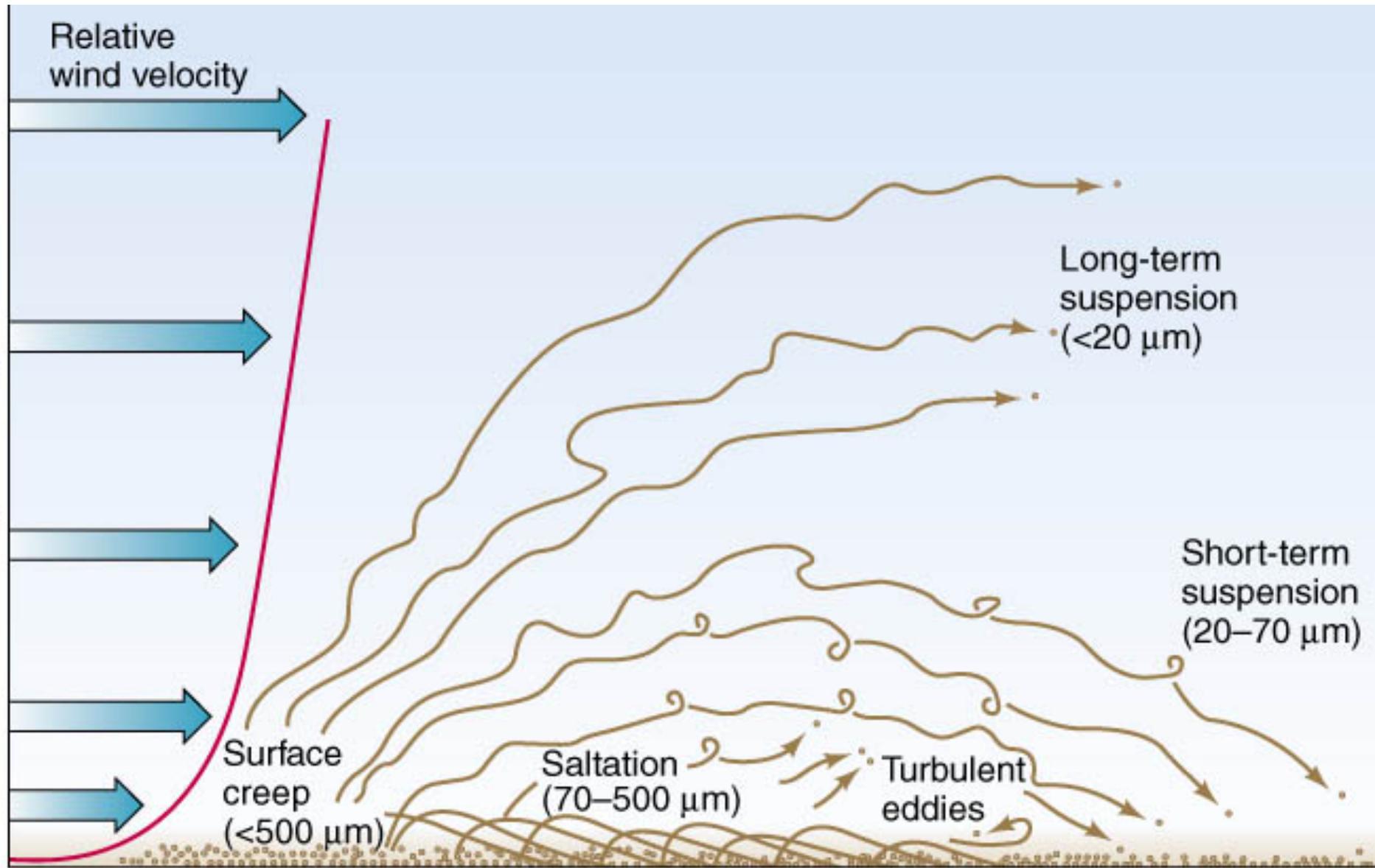
Surface
creep
($<500 \mu\text{m}$)

Saltation
($70\text{--}500 \mu\text{m}$)

Turbulent
eddies

Long-term
suspension
($<20 \mu\text{m}$)

Short-term
suspension
($20\text{--}70 \mu\text{m}$)



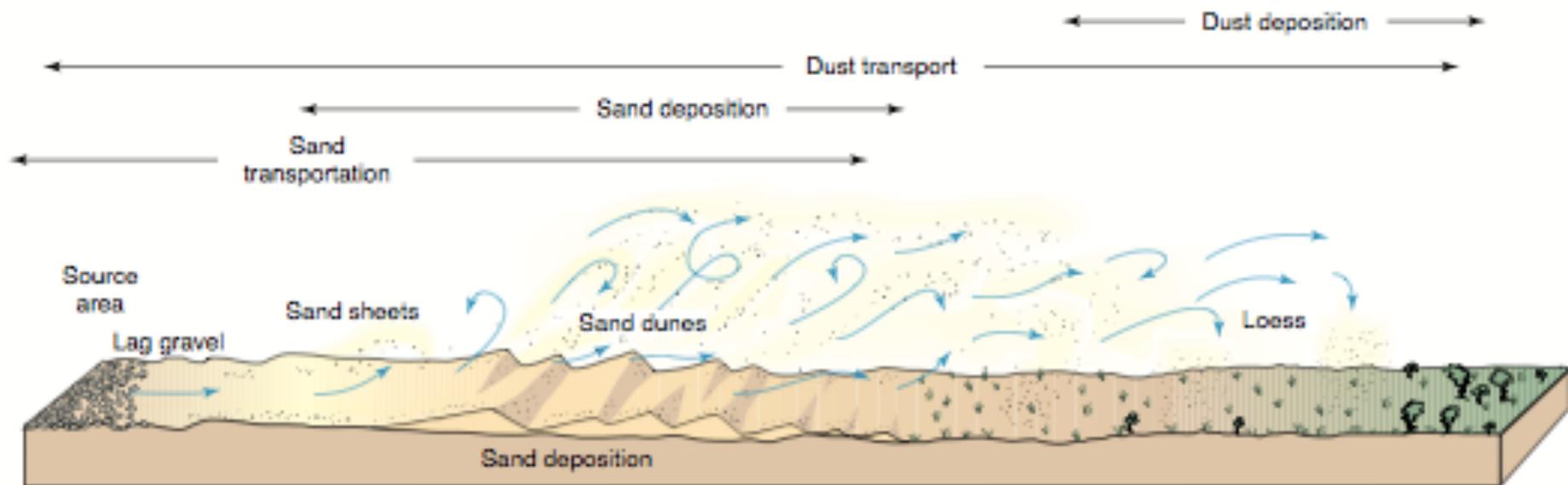
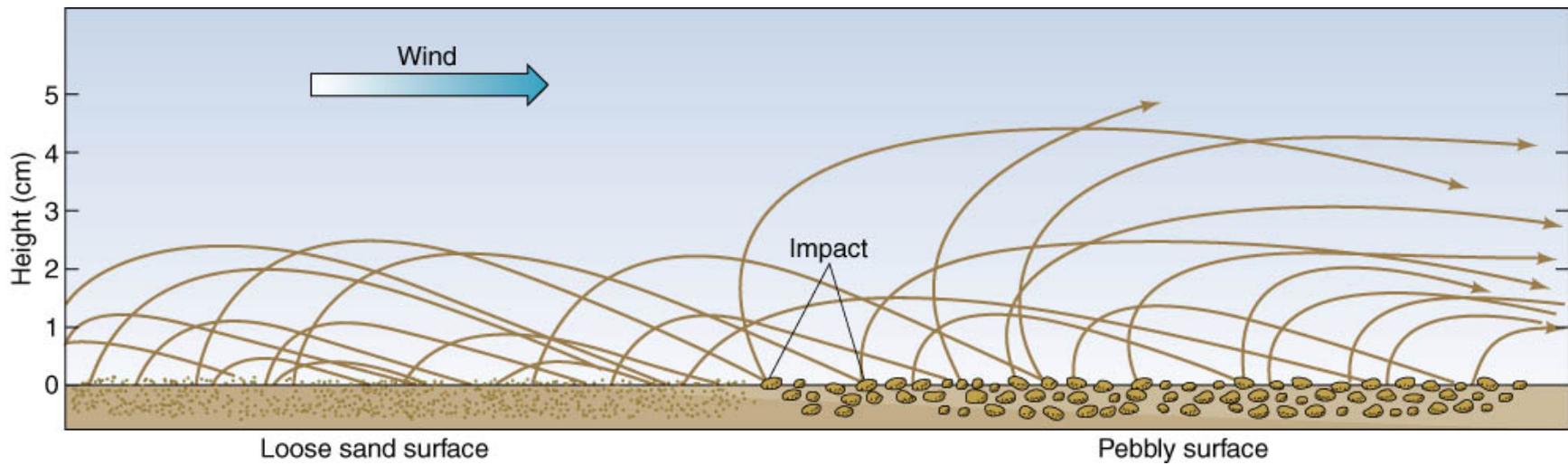


FIGURE 16.2 The eolian system is driven by energy from the Sun. Flowing air erodes, transports, and deposits fine sediment to form distinctive landforms and rock bodies. Sand sheets, sand dunes, and layers of loess are the major eolian deposits. Lags of coarse particles are left behind.

Movimiento de sedimento por el viento

el proceso de saltación mueve los granos de arena más pequeños. Los granos de arena más pesados no son movidos por el viento.

Los granos gruesos forman una serie de crestas lineales pequeñas llamadas **ondulaciones**.



Polvo

Partículas finas de polvo viajan más rápido y las mayores distancias antes de ser depositadas.

Los sitios en la tierra con mayor cantidad de polvo suelen coincidir con los desiertos más grandes.

Polvo

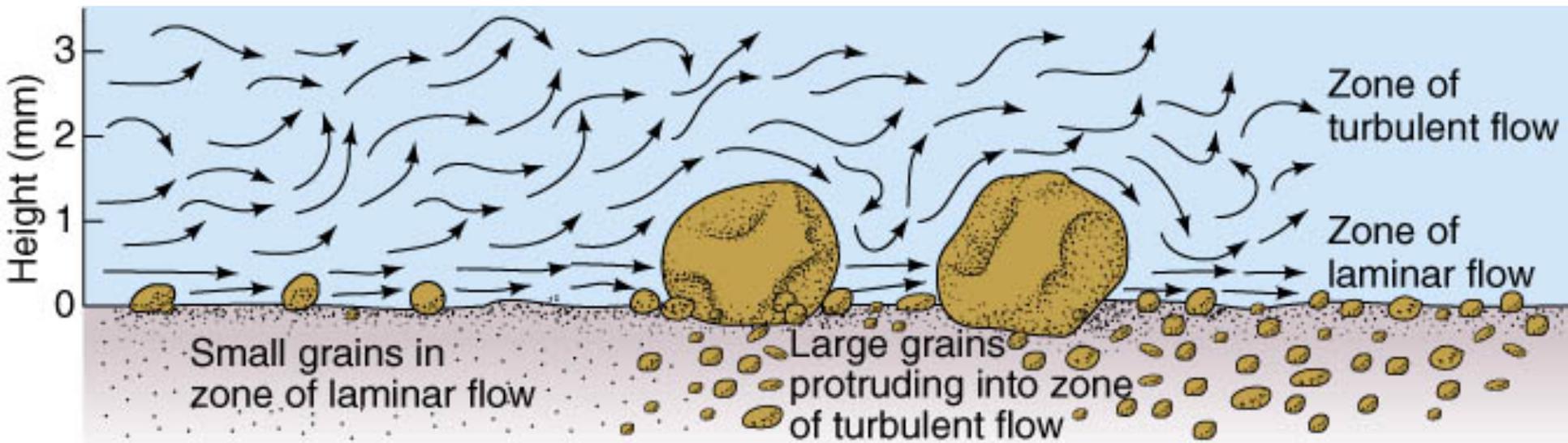
Varios tipos de terreno dan cabida a grandes concentraciones de polvo:

- Lagos desecados
- Lecho de rios
- Abanicos aluviales
- Planicias de aluvión de corrientes glaciares.
- Regiones sustentadas por depositos eólicos de polvo los cuales han perdido su vegetación.

Polvo

Como resultado del arrastre, la velocidad del aire que se mueve disminuye significativamente cerca a la superficie del suelo.

En la superficie yace una capa de aire relativamente calmado de menos de 0.5mm de espesor, en la cual el flujo de aire es laminar (en lugar de ser turbulento).



Polvo

Granos de arena que sobresalen por encima de la capa de viento laminar pueden ser levantadas por corrientes turbulentas

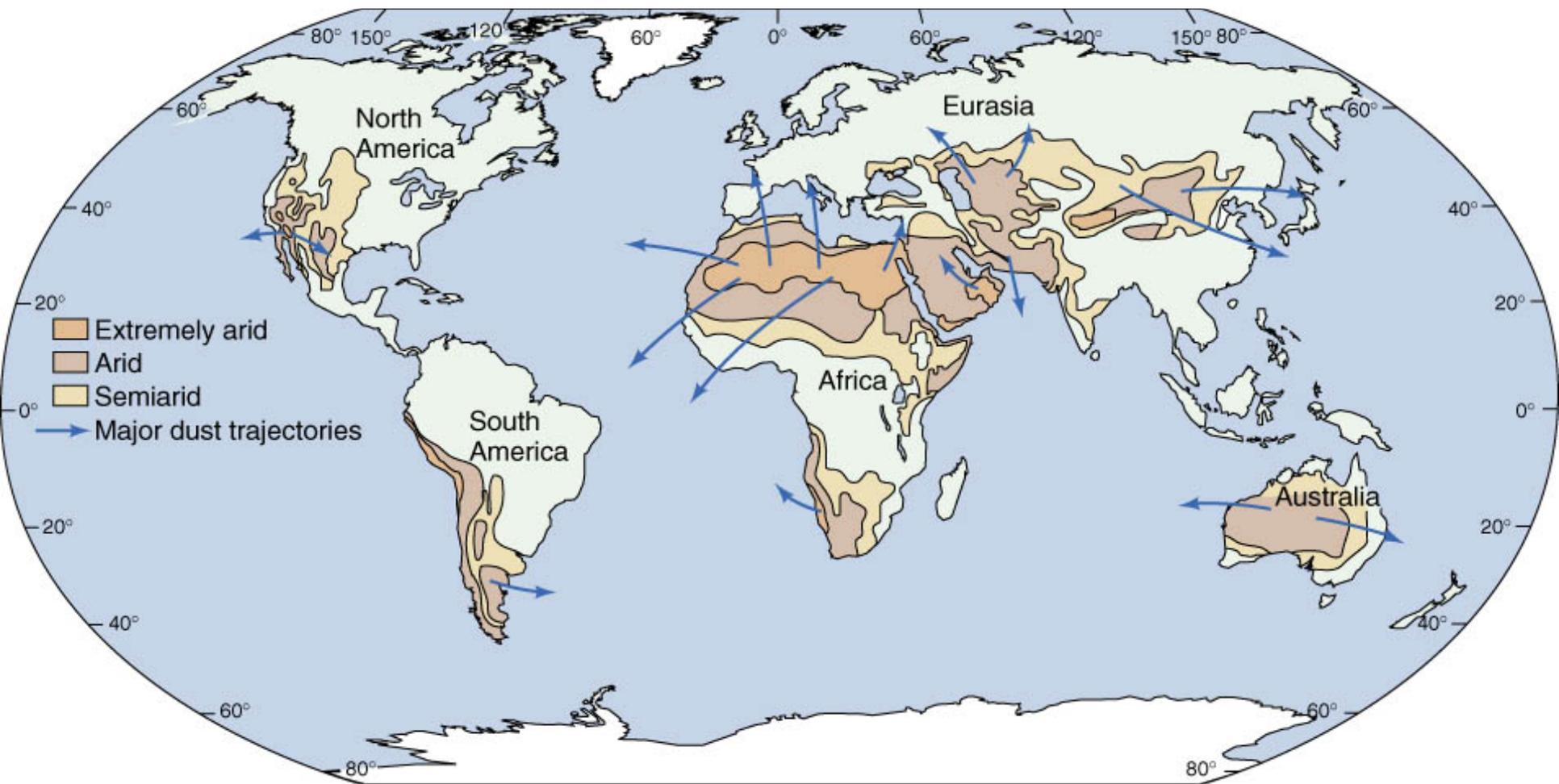
El polvo constituye la carga suspendida en el viento.

En la mayoría de casos el sedimento suspendido se deposita cerca de su lugar de origen.

Polvo

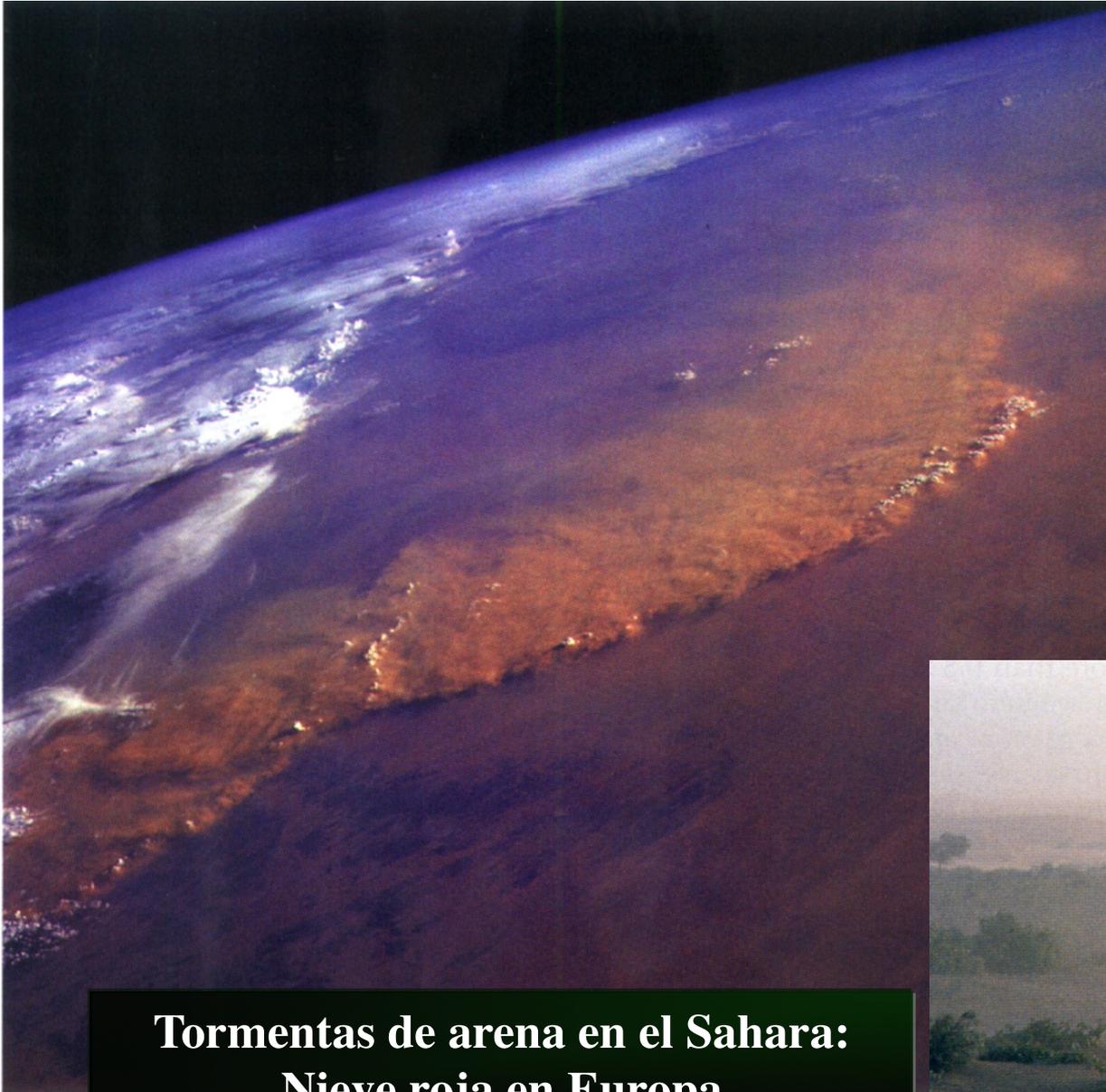
Sin embargo, vientos fuertes asociados con tormentas de arena llevan granos muy finos hasta las capas superiores de la atmósfera, desde donde puede ser transportada por cientos de kilómetros.

Las tormentas de arena son más frecuentes en las zonas áridas vastas de Australia, parte oriental de China, parte central de Asia en Rusia, el medio oriente y el norte de África.





Alice Springs, Australia



**Tormentas de arena:
Explosión local con
impacto global**

**Tormentas de arena en el Sahara:
Nieve roja en Europa**



Deposición de polvo

El polvo que carga el viento puede ser depositado bajo varias condiciones:

- La velocidad del viento disminuye y ya no le es posible transportar sedimentos en suspensión.
- Las partículas entran en colisiones con superficies rugosas o húmedas y quedan atrapadas.
- Las partículas se acumulan formando agregados que se depositan debido a su incremento en masa.
- Las partículas son removidas del aire por la lluvia.
- Terrenos ricos en vegetación reducen la velocidad del viento.

Deposición de polvo

Deposición ocurre en donde hay un ostáculo topográfico que causa la disminución de la velocidad del viento.

Depósitos de polvo se encuentran generalmente en sotavento (viento “abajo”) al lado de los obstáculos

ausencia de depósitos o depósitos de polvo de menor volumen se encuentran a barlovento o a los lados del obstáculo.

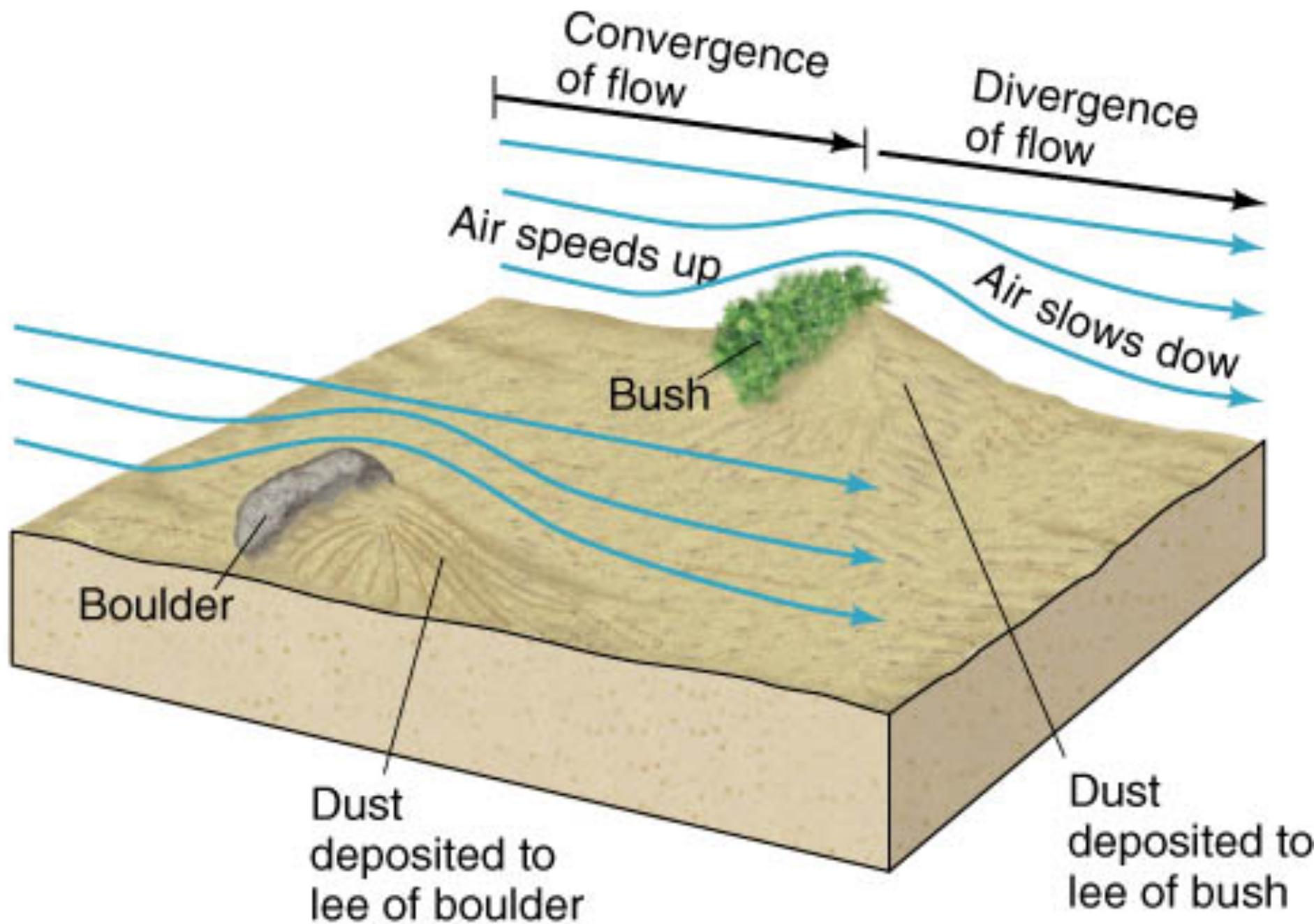




Figure 17.8

Erosión eólica

Este tipo de erosión es importante en cualquier lugar en donde los vientos sean fuertes y persistentes. Existen dos tipos de erosión:

- Denudación eólica o deflación: El viento recoge y se lleva partículas de arena y polvo.
- Abrasión: los granos que lleva el viento hacen impacto con la roca.

Denudación eólica

Lugares no-desérticos en donde la deflación ocurre:

- Playas de océanos
- Orillas de grandes lagos
- Llanuras de inundación de corrientes glaciares
- Tierras aradas (dependiente de la estación)
- Es especialmente severa en periodos de sequía, cuando no hay humedad para retener las partículas en el suelo.

Denudación eólica

La denudación esculpe depresiones poco profundas creando cuencas en forma de plato.



(A) Deflation basins in the Great Plains of Texas are produced where solution activity in the layers of horizontal bedrock dissolves the cement that binds the sand grains. *(Courtesy of U.S. Geological Survey)*



(B) Small deflation basins in sandstone formations in the Colorado Plateau form in a similar manner.

Denudación eólica

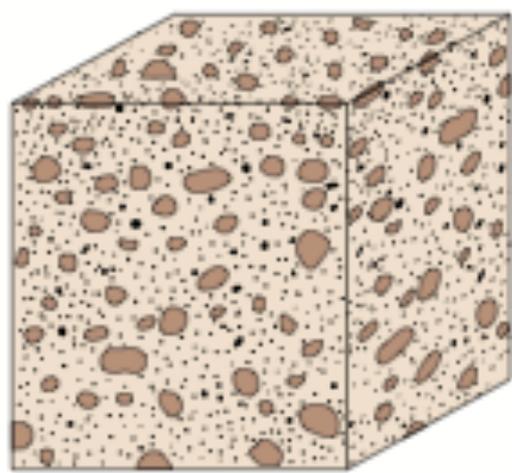
La depresión de Qattara en el desierto de Libia está a más de 100m por debajo del nivel del mar. A esta profundidad, la depresión ha alcanzado el nivel freático.

Cuando la depresión baja el nivel de la superficie, esta se vuelve más húmeda propiciando el crecimiento de vegetación

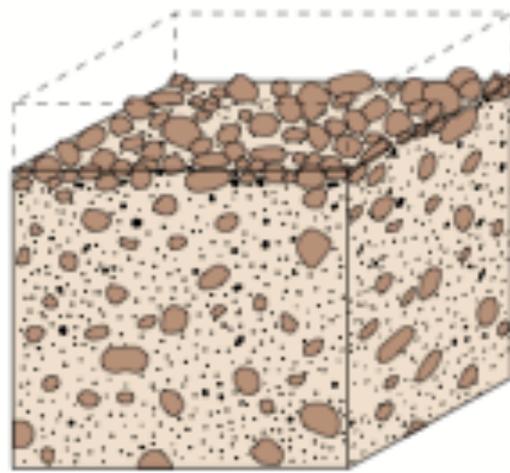
Denudación eólica

Cuando el polvo y la arena son transportados lejos del sitio en donde fueron depositados por el agua, las rocas más grandes que el viento no puede remover se concentran en la superficie.

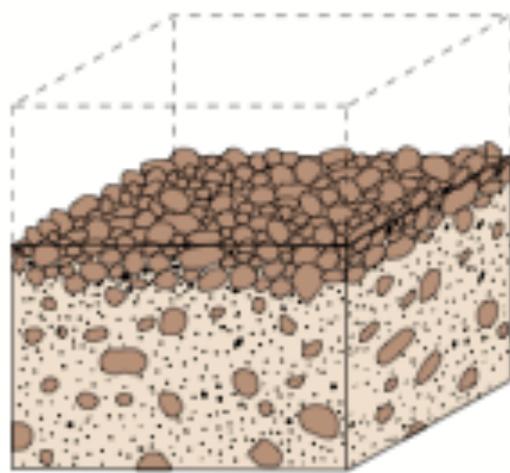
Eventualmente una cubierta continua de rocas forma un **pavimento desértico**.



Time 1: Original gravel is dispersed



Time 2: Deflation removes fine grains



Time 3: Deflation develops lag gravel

FIGURE 16.4 Desert pavement results as wind selectively removes sand and fine sediment, leaving the coarser gravels to form a lag deposit. The protective cover of lag gravel acts as an armor limiting future deflation.



Figure 17.10

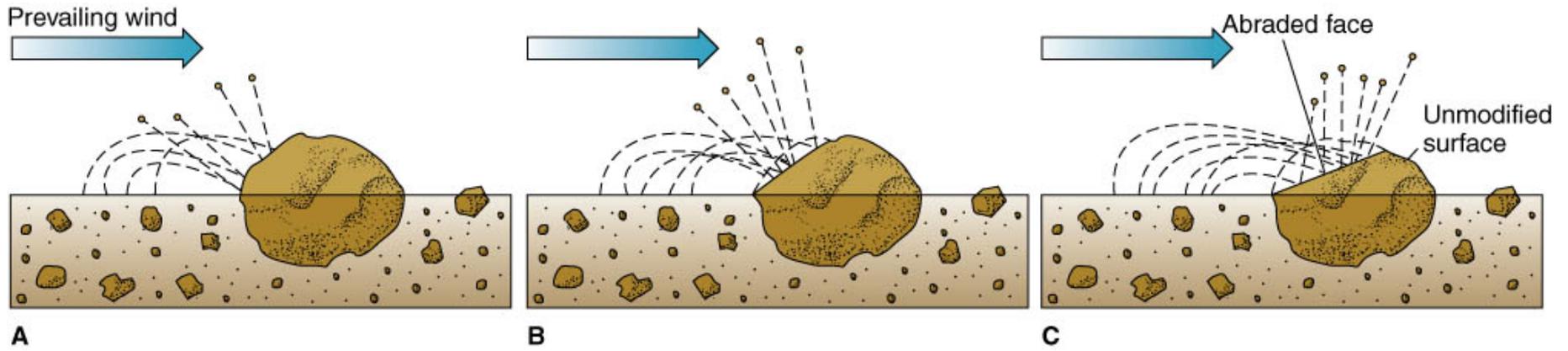
Abrasión

Abrasión ocurre cuando la roca es limpiada por granos de sedimento que carga el viento.

Los resultados de la abrasión incluyen erosión en rocas bastante distintivas llamadas **ventifactos**.

Los ventifactos están compuestos de cualquier tipo de roca de basamento que ha sido labrada por el sedimento en el viento

La formas del terreno de algunas de las regiones desérticas existen formaciones elongadas, crestas causadas por erosión del viento llamadas **Yardang**.







Depositos eólicos

Sedimentos depositados por viento se denominan depósitos eólicos. Algunos tipos de estos depositos son:

- Dunas.
- Loess.
- Polvo en los océanos.
- Sedimentos glaciares.
- Depósitos de cenizas volcánicas.

Dunas

Una duna es una colina o cresta de arena depositada por vientos.

Una duna típica aislada

Es asimétrica.

La cara de sotavento tiene una pendiente suave

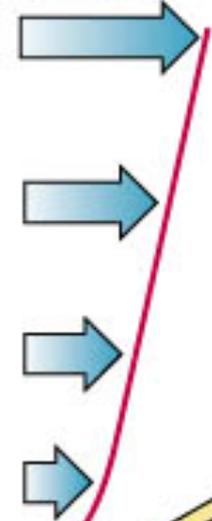
La cara a barlovento en una duna activa se llama cara de deslizamiento.

Dunas

El ángulo de la cara que da al viento siempre tiene una pendiente más suave que la cara de deslizamiento.

Esta asimetría en forma nos da herramientas para determinar claramente la dirección del viento que formó las dunas.

Relative wind strength



Windward face

Sand accumulates, then avalanches down face

Saltating sand

Topset strata

Slip face

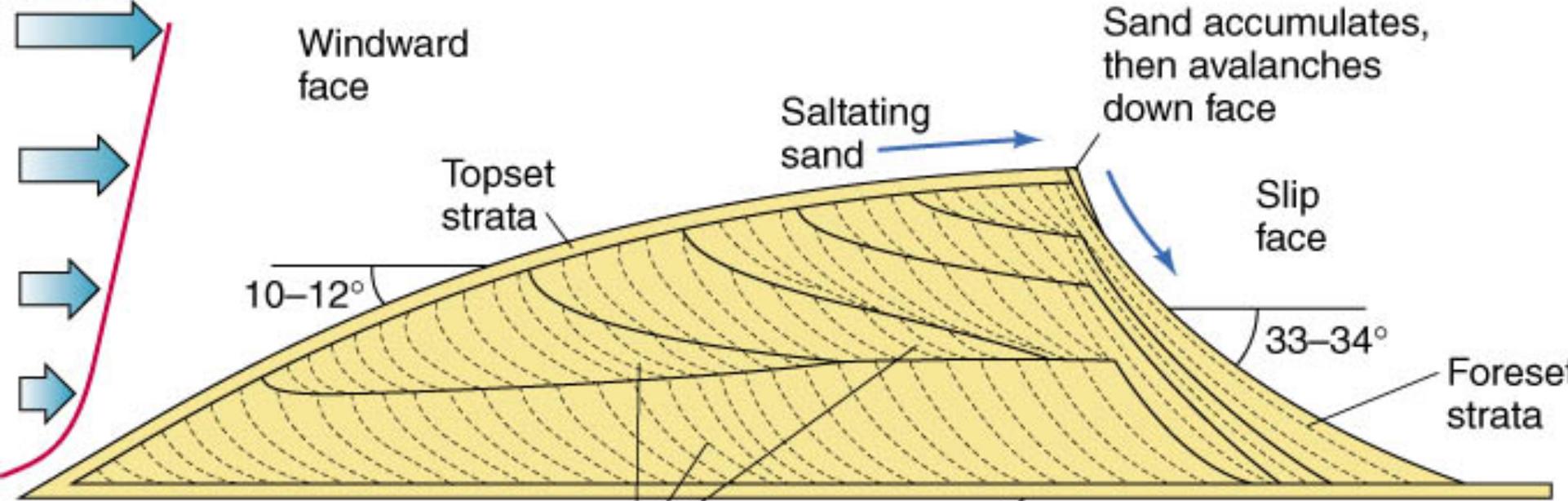
10-12°

33-34°

Foreset strata

Cross-bed

Low angle bottomset strata

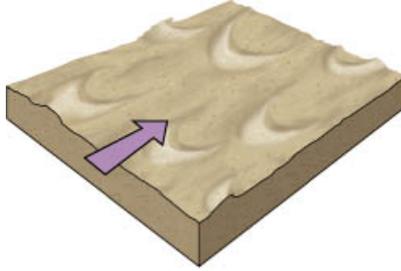


Tipos de dunas

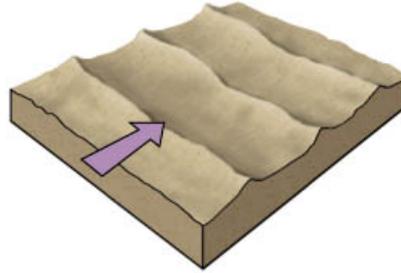
Existen varios tipos de dunas:

- Duna Barján
- Duna transversal
- Duna longitudinal (Seif o en espada)
- Duna en estrella o piramidal
- Duna parabólica

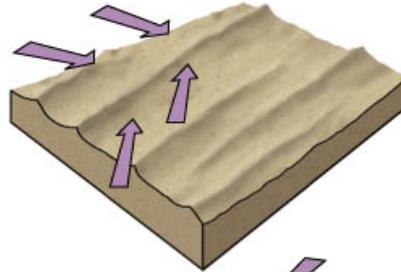
Barchan dune.



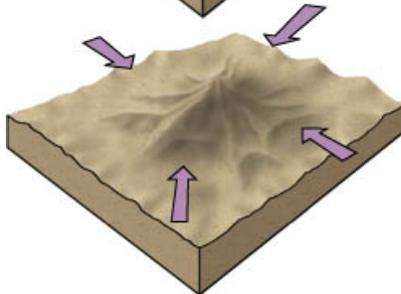
Transverse dune.



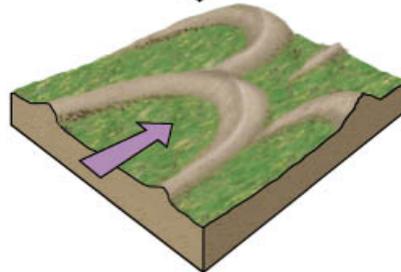
Linear dune.



Star dune.



Parabolic dune.



Duna Barján

Dunas con forma de medialuna que apunta a sotavento.

Son comunes en el suelo plano y duro de desiertos, en áreas en donde la dirección del viento es constante y hay una cantidad limitada de arena.

Alturas de 1m a 30 m; velocidad de migración de hasta 25m/año



Duna transversal

Una duna que forma una cresta transversal a la dirección del viento prevalente.

Ocurren en áreas de arena abundante.

Se pueden formar por la combinación de dunas barjanes individuales.

Duna longitudinal

Cresta de arena larga y principalmente recta

Se encuentran en desiertos que tienen cantidad de arena limitada en donde la dirección de los vientos es variables (bi-direccional).

Las caras de deslizamiento cambian de orientación como consecuencia del cambio de dirección del viento.

Duna en estrella

Una colina aislada de arena en donde la base se asemeja a la forma de una estrella.

Los brazos sinuosos de la duna convergen en el pico central de una altura de hasta 300 m.

Tiene la tendencia a permanecer fija en un solo lugar en zonas en donde el viento sopla de todas las direcciones.

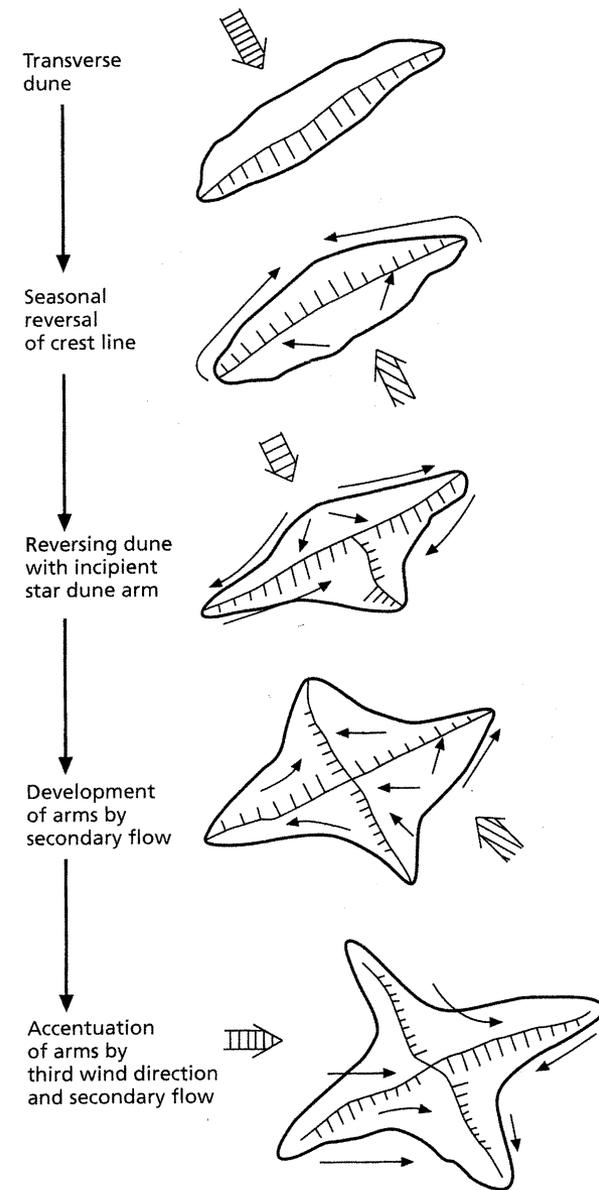


Fig. 8.15 Possible origin of star-shaped dunes by the development of secondary flow circulations as originally transverse dunes migrate into an area characterized by multidirectional winds. (After Lancaster, 1989.)

Duna parabólica

Una duna con forma de U o V, con el lado abierto hacia sotavento.

Son generalmente estabilizadas por la vegetación

Comunes en campos de duna costeros.

Mar de arenas

Son vastas áreas de arena en movimiento

Se encuentra en el norte de África, la península Arábiga, y el desierto más grande de chona occidental.

Estos contienen una gran variedad de formas de dunas.

Loess

Loess es polvo depositado por el viento que consiste principalmente de granos tamaño limo.

Es un recurso importante en donde se encuentra de manera extensiva ya que es suelo rico para la agricultura.

Características de Loess

Existen algunas características principales que indican que son resultado de deposición eólica:

- Forma una cobija uniforme sobre colinas y valles.
- distribución homogénea
- carece de estratificación

Origen de Loess

- Desiertos
- Llanuras de inundación de aguas glaciares.

El loess que cubre la parte central de China ha sido transportado desde las grandes cuencas desérticas de Asia central.

Parte del sedimento puede haber venido de la erosión causada por la acción de la congelación de las rocas en las montañas de Asia interior

Origen de Loess

El loess glaciar se encuentra fácilmente en Norte America y en Europa central del este.

La forma de las partículas es sedimento muy fino producido por la acción del glaciar que muele las rocas.

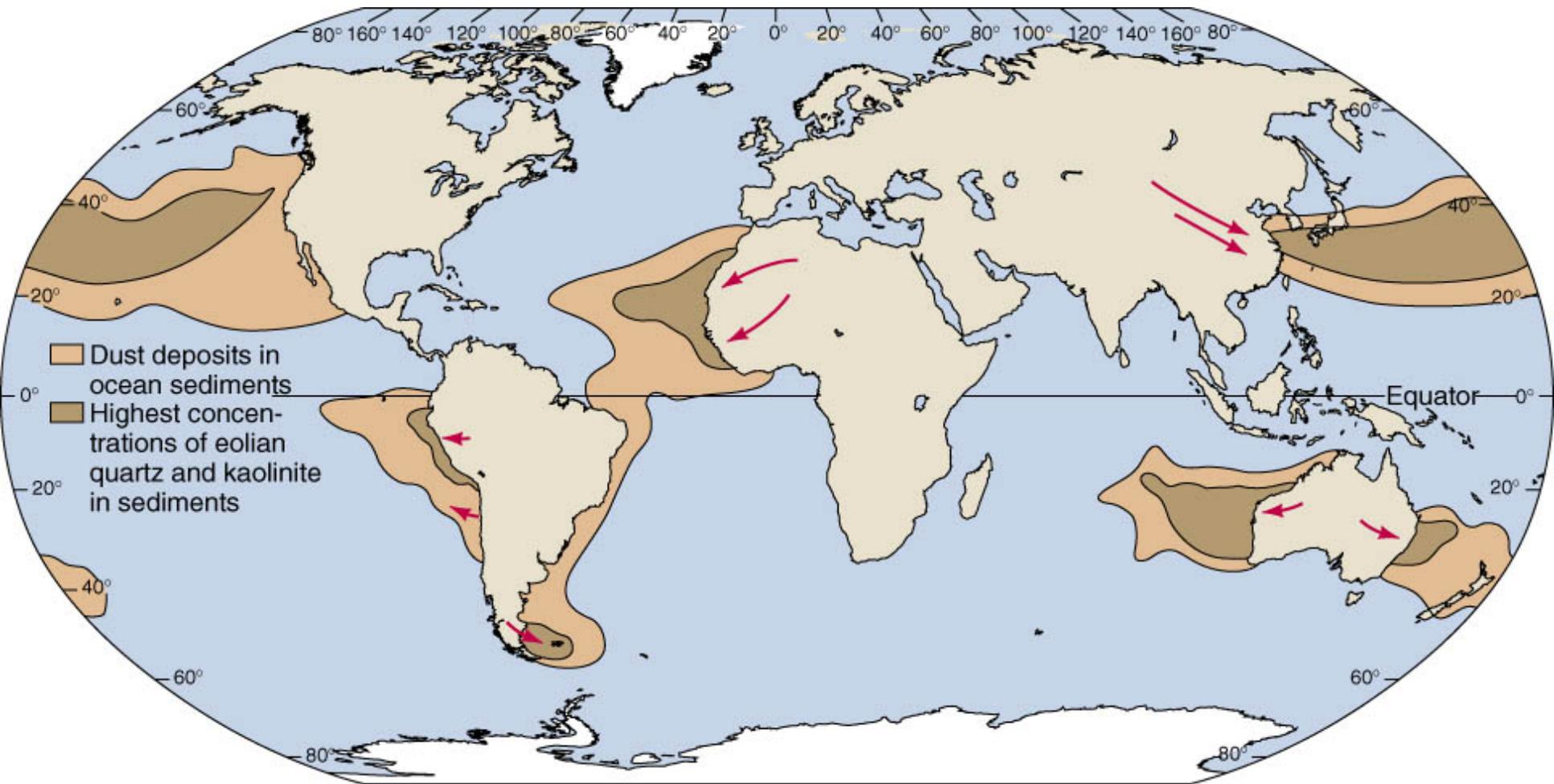


Polvo en los sedimentos oceánicos y el hielo glacial

El polvo es transportado por el viento sobre los océanos y por lo tanto es una componente importante de los sedimentos del suelo oceánico.

En tierra actualmente se tiene:

- Transporte en sentido este en el pacífico norte desde China.
- Transporte hacia el oeste a través del noratlántico subtropical desde África septentrional
- Transporte hacia el oeste en el océano Índico desde Australia



Polvo en los sedimentos oceánicos y el hielo glacial

Partículas que fueron recogidas en los desiertos Asiáticos pueden ser encontradas en suelos en Hawaii.

El polvo que lleva el viento también se encuentra en los corazones de hielo de los casquetes polares, así como depositado sobre glaciares de latitudes medias

Polvo en los sedimentos oceánicos y el hielo glacial

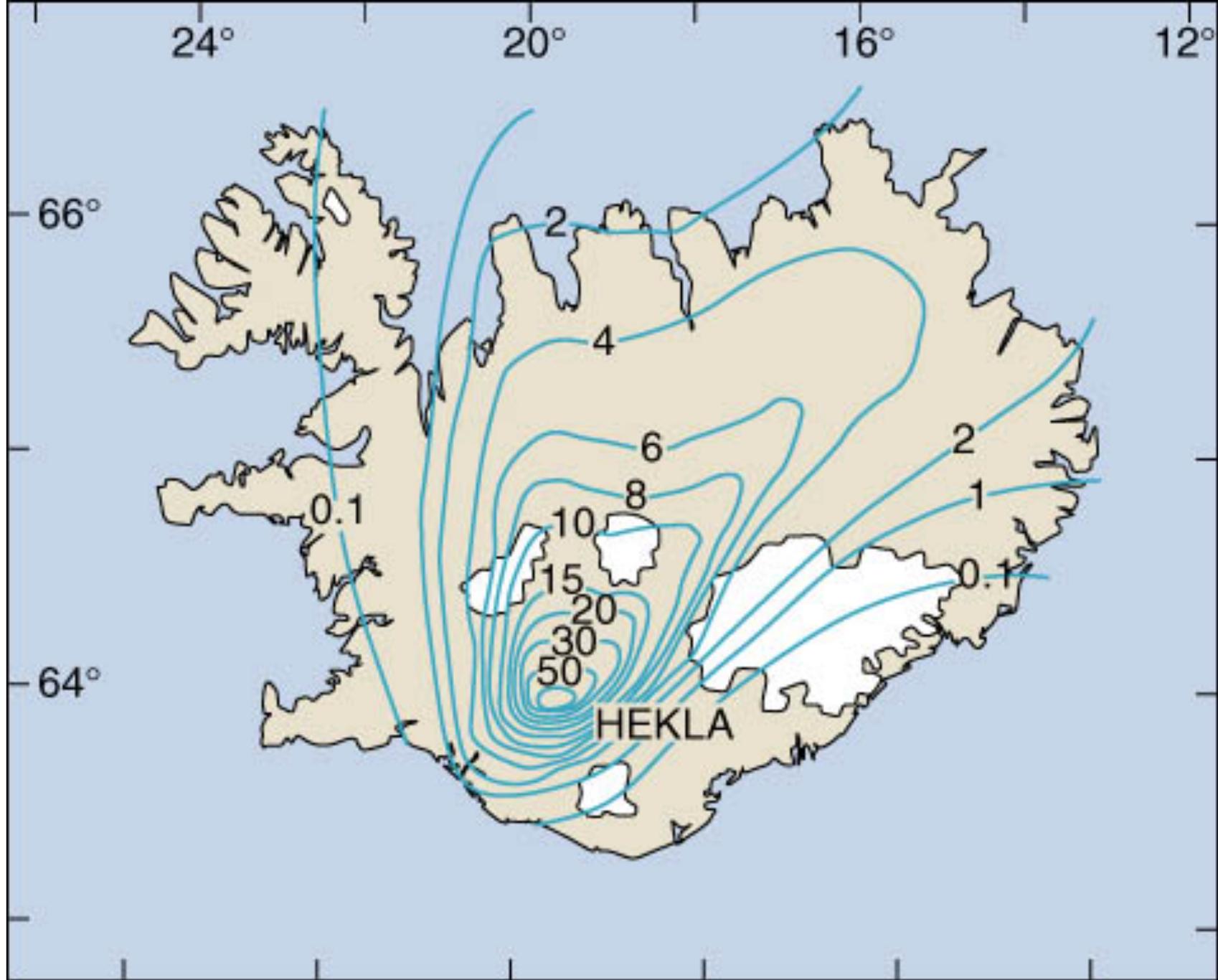
Grandes cantidades de tefra pueden ser expulsadas a la atmósfera durante episodios de erupciones volcánicas explosivas.

Las características distintivas de fragmentos de vidrio volcánico hacen a la tefra fácil de reconocer.

Polvo en los sedimentos oceánicos y el hielo glacial

Las cenizas de la erupción son tan finas que es posible que den varias vueltas al rededor de la tierra en la estratosfera antes de ser depositadas.

Las erupciones volcánicas forman generalmente plumas con dirección al viento en donde el tamaño y la densidad de partículas disminuye con el aumento de la distancia al volcán



Desiertos

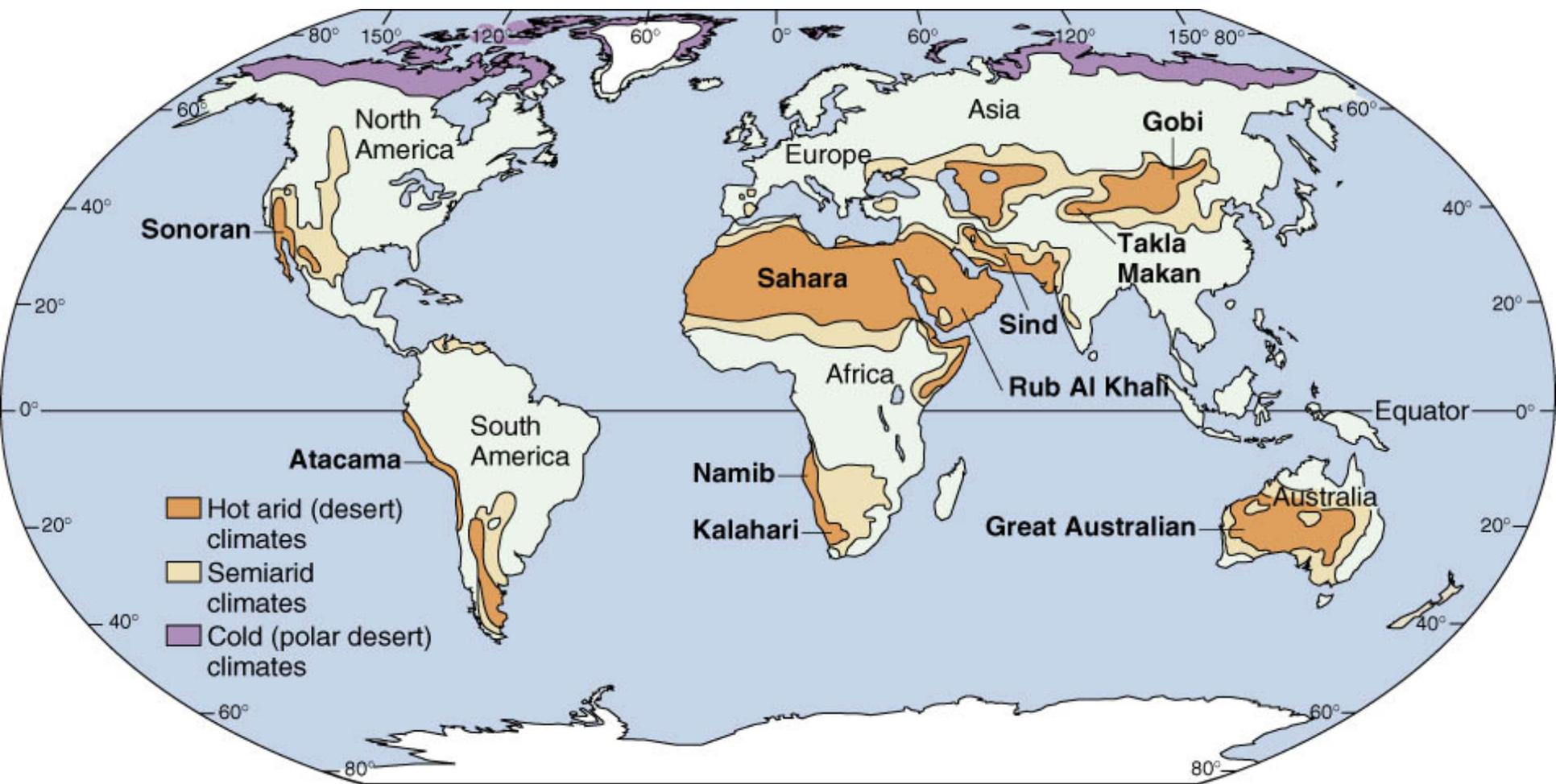
Los desiertos tienen una densidad de vegetación extremadamente baja debido a la falta de fuentes naturales de agua.

El termino desierto identifica zonas en donde la precipitación anual por lluvias es menos de 250mm, o en donde la taza de evaporación excede la taza de precipitación.

Tipos de desiertos

Las zonas desérticas ocupan un 25% del area total de la superficie continental. Se pueden reconoce 5 tipos de desiertos

- Subtropical.
- Continental.
- de Sombra orográfica
- Costero.
- Polar.



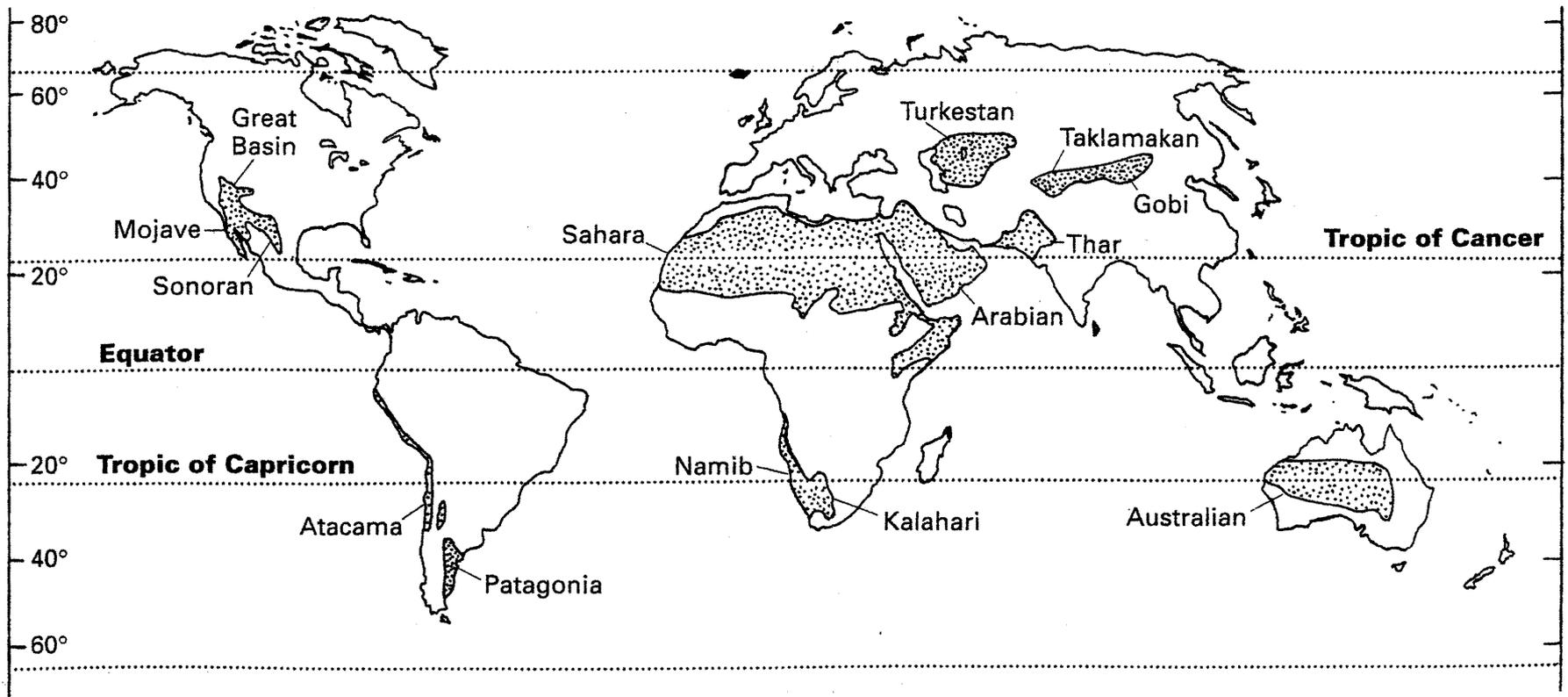
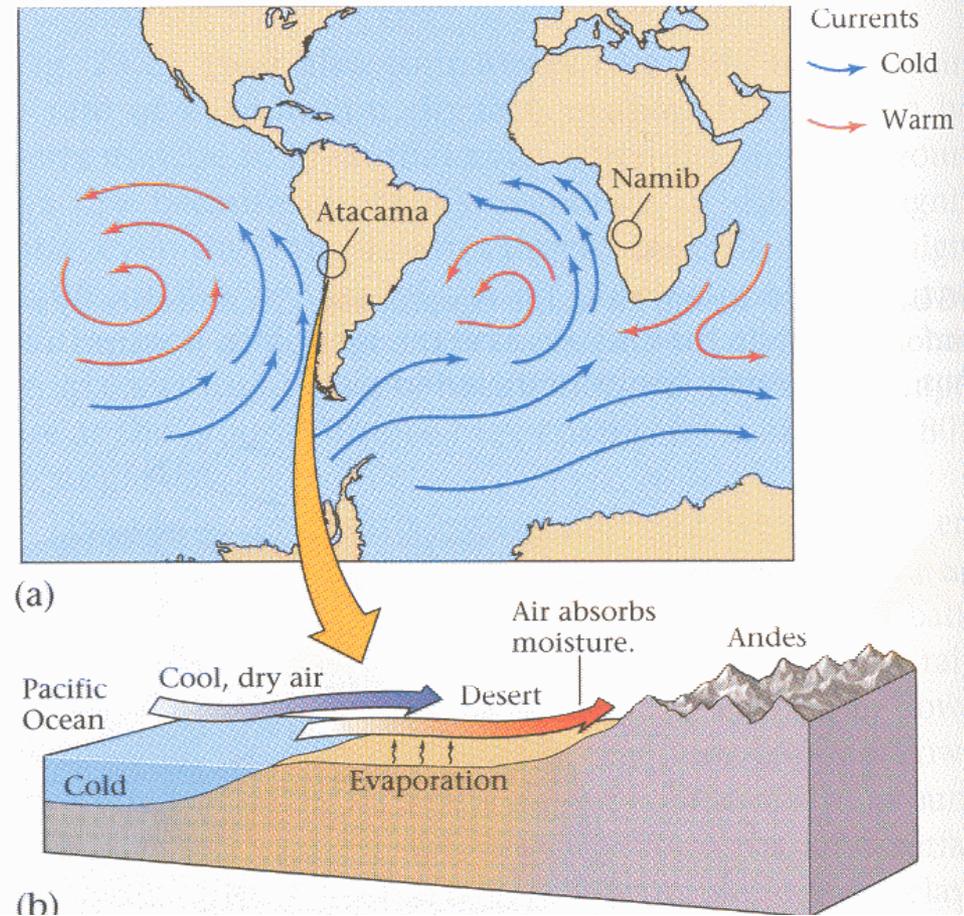


Figure 5.1 Low and middle latitude climatic deserts.

Relación con latitudes medias, corrientes oceánicas frías y zonas de sombra orográfica.

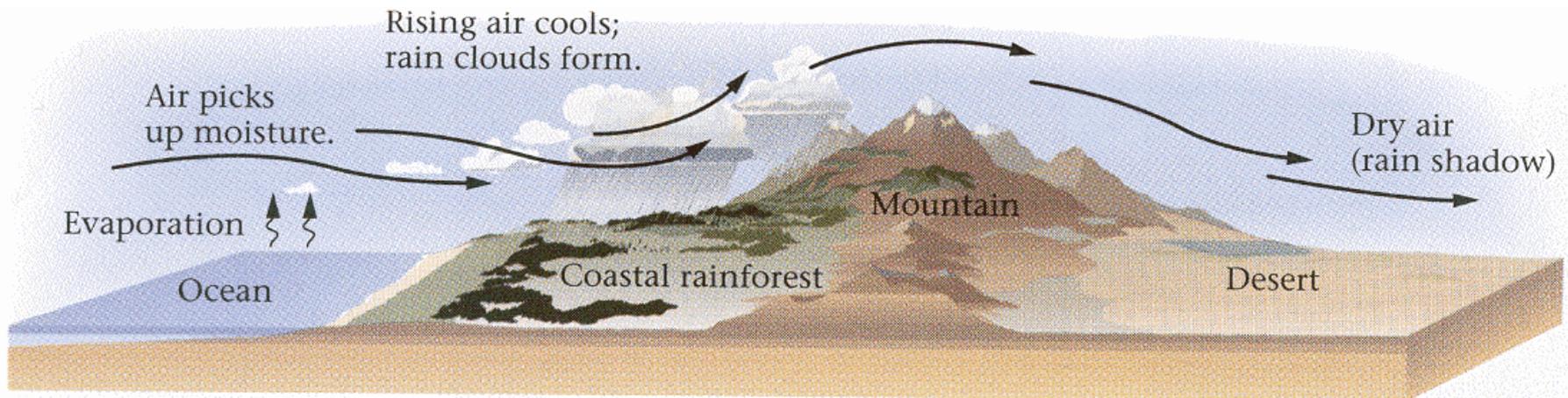
Desiertos Costeros – aguas frías

- Cold dry air from ocean moves over warm dry land
- Land warms air mass
- As air mass warms it can hold more moisture – any available water evaporates



Desiertos de Sombra orográfica

- Aire cálido y húmedo viene del océano
- Levantamiento por topografía, se enfría
- Aire pierde capacidad de mantener humedad. Precipitación
- Descenso de aire frío, seco en sotavento.
- Aire en descenso toma humedad.
- Se genera zona seca.



Tipos de desiertos

El tipo con mayor extensión es el de desiertos **subtropicales**, que están asociados a dos cinturones circunglobales de aire seco centrados en latitudes 20° y 30°

El Sahara.

El Kalahari.

El Rub-al-Khali (en Arabia Saudita).

El gran desierto Australiano.

Tipos de desiertos

Los desiertos **continentales** se encuentran al interior de continentes, lejos de las fuentes de humedad.

Los desiertos **polares** tienen una precipitación muy baja debido al descenso de aire frío y seco. La superficie de un desierto polar está en general soportada por agua abundante pero en forma de hielo. Estos se encuentran en Groenlandia, el ártico Canadiense y los valles antárticos que no están cubiertos por hielo.

Clima desértico

El clima árido de los desiertos es el resultado de:

- Alta temperatura.
- Baja precipitación.
- Altas tasas de evaporación
- Precipitación irregular
- Vientos fuertes.

Desertificación

En la región al sur del Sahara se encuentra un cinturón de pastos secos (Sahel). que tiene precipitaciones entre 100 y 300 mm al año.

A comienzos de 1970s, Sahel experimentó la peor sequía registrada en este sitio en el siglo XX. Posteriormente la falta de lluvia causó que el desierto se expandiera hacia el sur hasta 150km. La sequía afectó a una población de hasta 20 millones de habitantes seminómadas que vivían en Sahel

Desertificación/Avance de Dunas

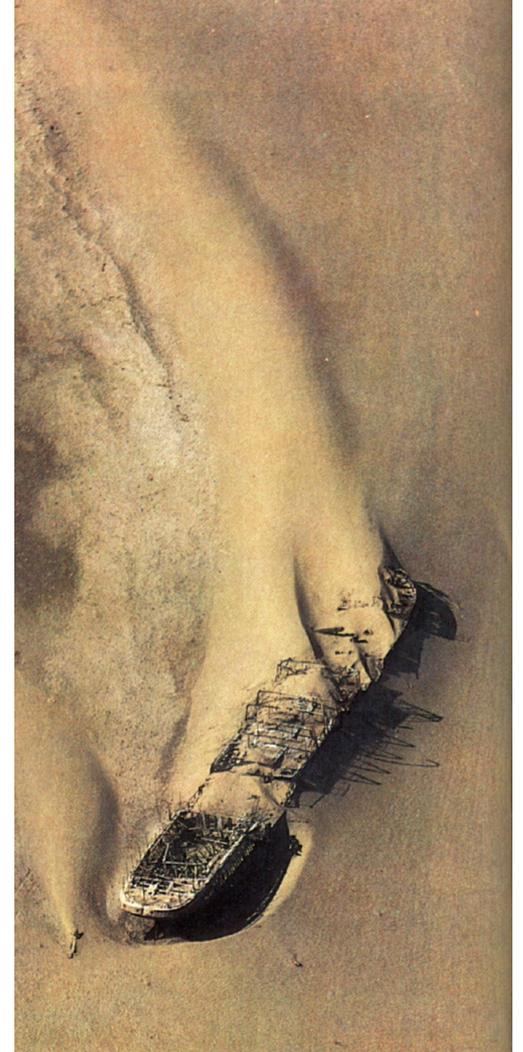
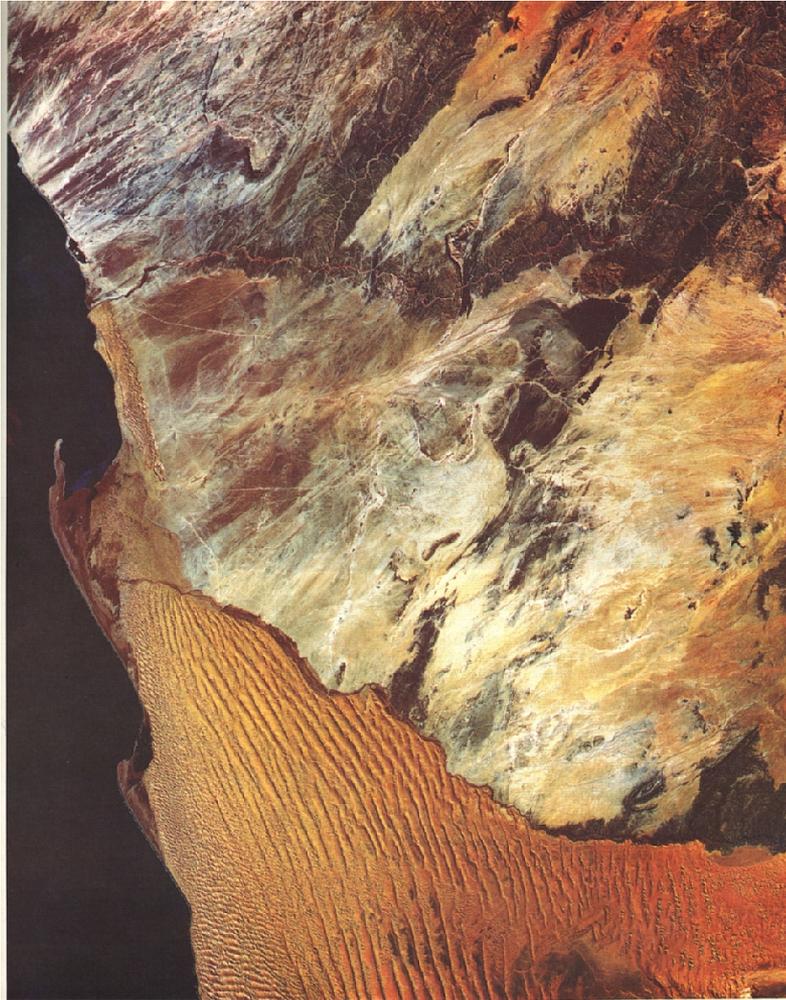


Image: "Earthshock" by Robinson

Namib

- dunas migran al oceano
- Barco encalle en 1912
- Hoy en dia a 100m de costa

Desertificación

Uso intenso de las tierras de pastoreo en los años de sequía mató la mayor parte de la vegetación. Sin vegetación el suelo es transportado por el viento y el desierto se expande.

Desertificación/Sahel

The Sahel

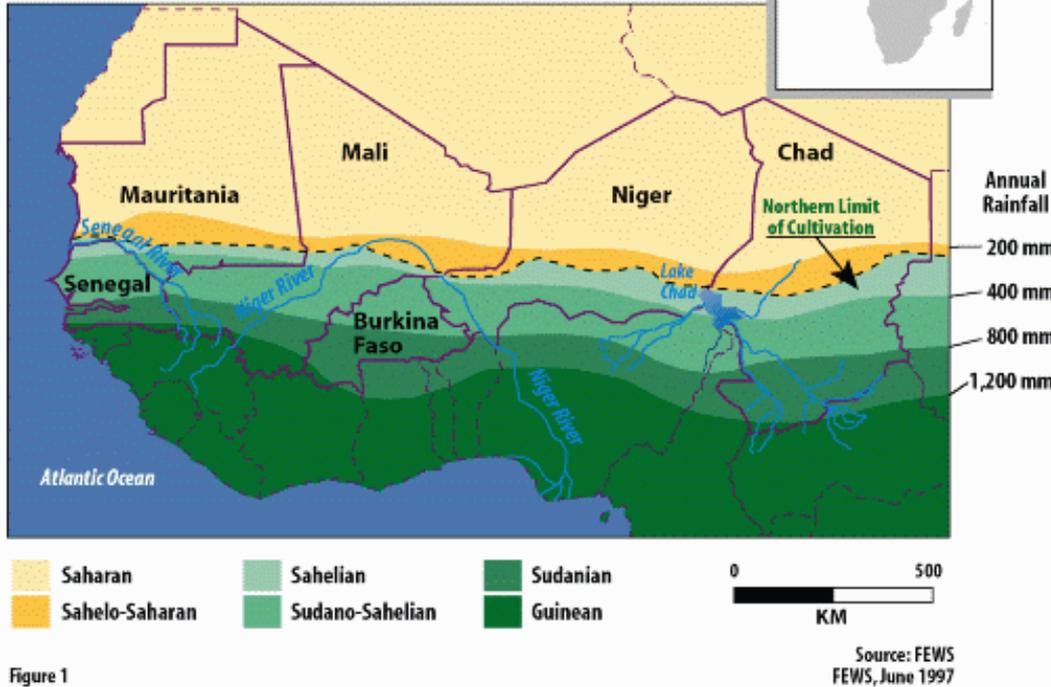


Figure 1

Image: <http://en.wikipedia.org>

- lluvias monsoon depende de ITCZ
- epoca de lluvias: jun - ago

- Sahel usado por tribus nómadas
(única forma sostenible??)

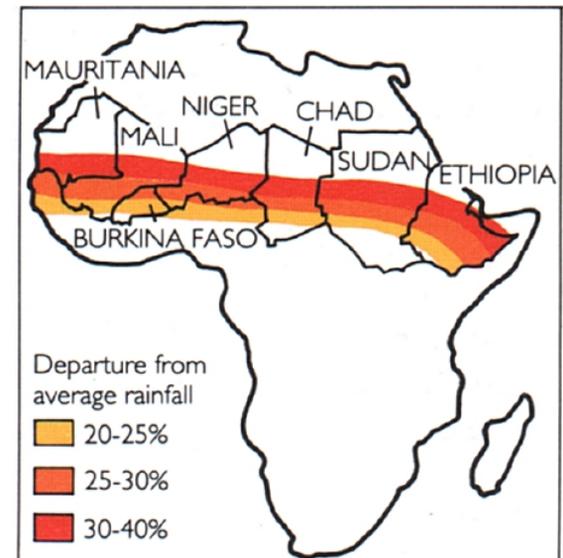
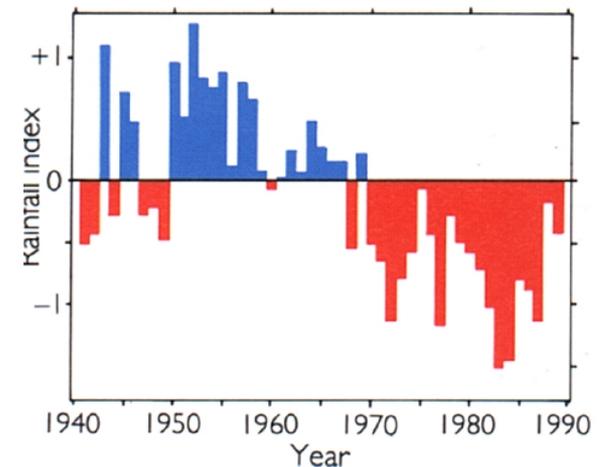


Image: "Earthshock" by Robinson

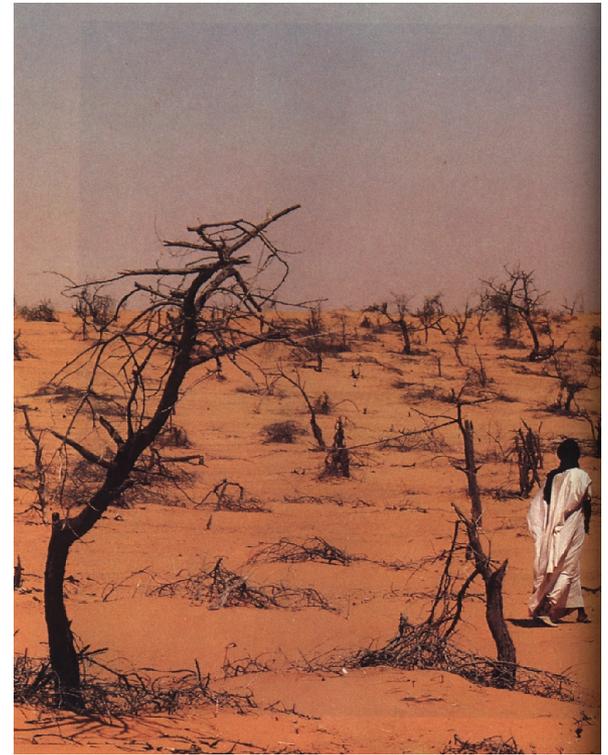


- suelo al N mejor que S
- 1950s: genete va al N
- agricultura

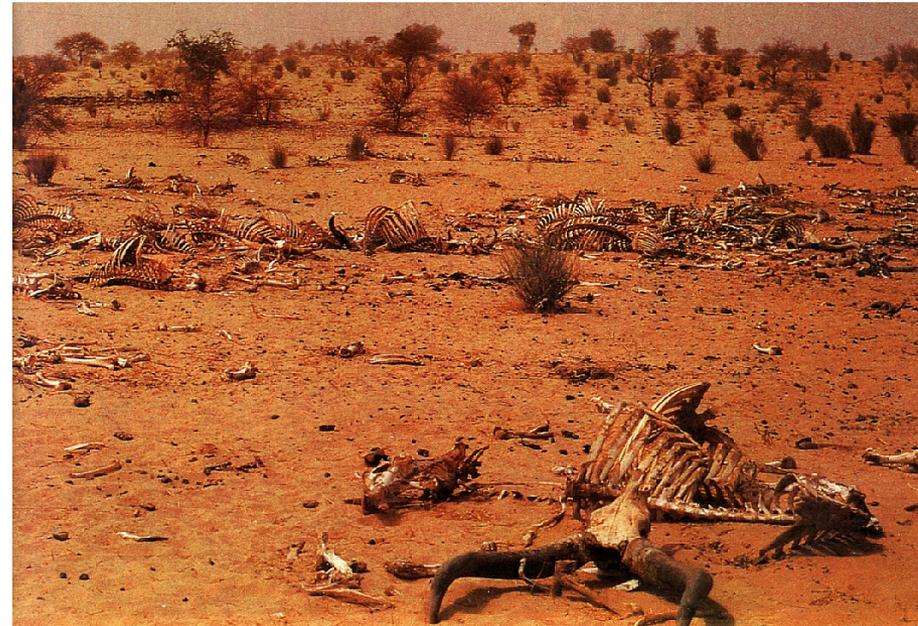
Desertificación/Sahel



Image: "Earthshock" by Robinson



- Largo periodo de pocas lluvias
- pastoreo excesivo/uso de madera
- sobrepoblación en areas que solo podian soportar población original
- hambruna



Sequía en Sahel 1970s/1980s – De quién es la culpa?

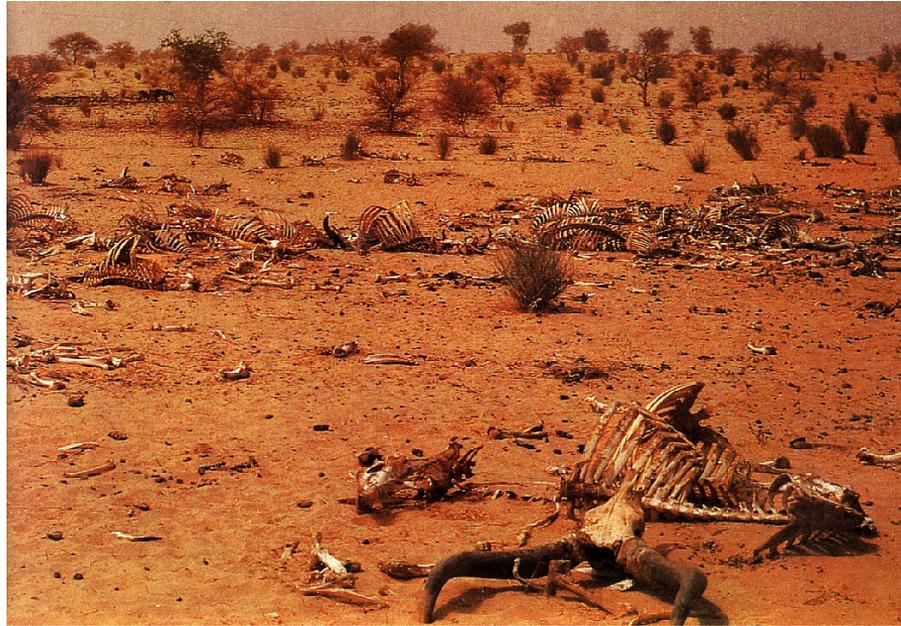
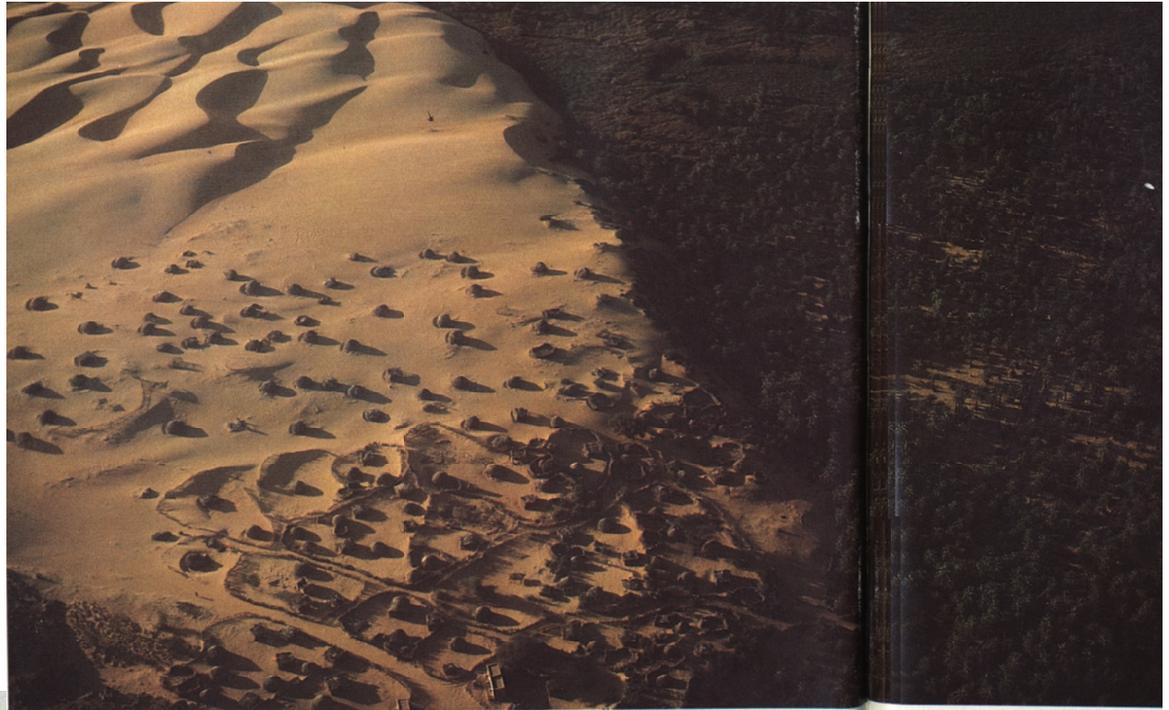


Image: "Earthshock" by Robinson

- 1 M de personas mueren de hambre; 50 M de afectados
 - polución afecta formación de nubes
 - tala y quema local
 - quema de carbón en USA

Desertificación/Avance de Dunas

- Las dunas pasan sobre aldeas



somewhere in Morocco

Sahel
Cinturón verde al norte
proteje Sahel del desierto del
Sahara

