



19 GLACIARES Y DESIERTOS

Dunas anunciando vientos de Derecha a Izquierda.
Ppoitaly.com

Hoy en día el 10% del área emergida de la tierra está cubierta por hielo, con un volumen total de 26 millones de Km^3 y hace 18 mil años dicha superficie era casi del 30%, con un volumen de alrededor de 76 millones de Km^3 . Un 75% del agua dulce del planeta está presente en la actualidad en forma de hielo. El hielo glaciar se forma en las áreas frías de la Tierra donde la caída de nieve anual supera la cantidad de nieve que se derrite durante el año. La nieve recién caída tiene una densidad de $0,05 \text{ gr/cm}^3$, pero al irse enterrando progresivamente los granos simples se comprimen y el agua de deshielo recongelada rellena los espacios entre ellos. Cuando la densidad ha aumentado hasta $0,83 \text{ gr/cm}^3$ tenemos hielo.

19.1 GLACIARES

Un glaciar es una masa de hielo que se forma por recristalización de nieve (previo paso por neviza) y que fluye hacia adelante gracias a la energía que le provee la gravedad en forma de río lento; esa dinámica depende, no solo de la pendiente, sino de la relación entre carga y pérdida; el clima condiciona el límite de nieve, el que a su vez condiciona la longitud del glaciar, pues aunque aquel este en movimiento si el límite es estable la longitud no se modifica, lo contrario ocurrirá cuando se modifique el clima, el glaciar avanzará o retrocederá.

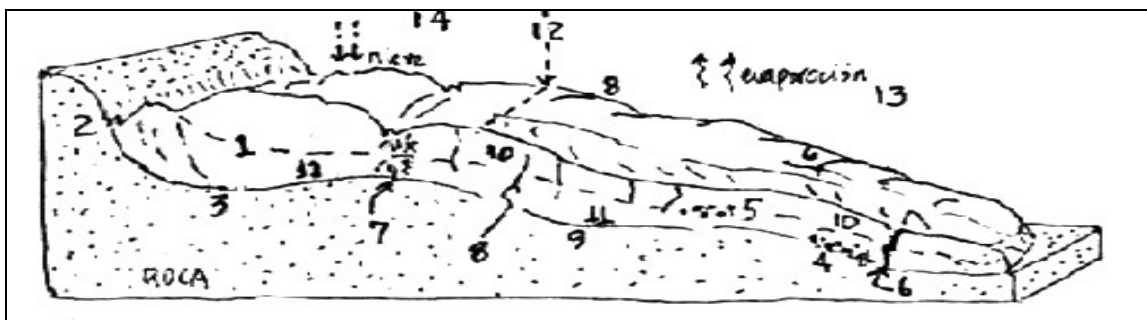


Figura 138. Estructura de un glaciar. 1. Hielo compacto, 2. Rimaya (grieta maestra), 3. Circo, 4. Morrena de fondo, 5. Morrena interna (material que remonta la masa), 6. Pozo de drenaje, 7. Cascada de hielo, 8. Grieta transversal, 9. Cuenca de depresión, 10. Zona de fracturamiento, 11. Zona de flujo plástico, 12. Límite de nieve., 13. Zonas de pérdidas por evaporación (ablación), 14. Zona de acumulación. Adaptado de Longwell -Flint y de Leet-Judson, Geología Física.

19.1.1 Grietas. El hielo es un sólido cristalino, pero sometido a una presión permanente, puede deformarse y fluir. En los glaciares éste movimiento se produce por un deslizamiento de cristales de hielo, lubricados en sus bordes por una delgada película de agua líquida, fundida a causa de la presión. El movimiento hacia abajo del glaciar se puede observar en sus inicios, donde queda separado de la zona de nieves perpetuas por una profunda grieta llamada rimaya. El movimiento del hielo es diferencial, avanza más rápidamente en el centro del glaciar que en sus bordes laterales donde lo frena la fricción. En un perfil vertical la velocidad es mayor en la zona superficial que se comporta como rígida y se rompe formando grietas, y disminuye hacia el fondo.

Las grietas longitudinales se explican por el aumento de la velocidad hacia el eje de la lengua del glaciar y también por el ensanchamiento de éste, mientras las grietas transversales se forman donde la pendiente bruscamente se empina. En las zonas de intersección de grietas longitudinales y transversales la topografía es espectacular

por la formación de bloques o pináculos de hielo llamados séracs.

19.1.2 Velocidad del glaciar. La tasa de movimiento de un glaciar varía considerablemente y el movimiento diario puede variar entre los centímetros y las decenas de metros. Esto depende de la pendiente, espesor, área de la sección transversal, perímetro mojado, rugosidad del fondo y temperatura. En un glaciar puede distinguirse un curso alto donde la temperatura impide la fusión y se forma más hielo y un curso bajo donde la temperatura es mayor y se pierde hielo por fusión.

La longitud del glaciar se mantiene estacionaria cuando las caídas de nieve igualan a la ablación y en éstas condiciones del frente del glaciar no se desplaza.

19.1.3 Nieve, neviza, hielo. La nieve es una masa ligera y esponjosa con cristales hexagonales individuales siendo cada uno de forma caprichosa; no es lluvia congelada sino condensación del vapor de agua por debajo del punto de congelación. La neviza es una masa de estructura granular fruto de la desublimación de la nieve (paso de vapor a sólido), ella se forma a partir del vapor de agua que escapa de los bordes de las partículas de nieve, para unirse al centro del copo de nieve y aumentar el tamaño de los granos de ceniza. El hielo se produce del siguiente modo (a partir de la neviza), aumentando el espesor de la capa de neviza, la del fondo queda sometida a presión y lo obliga a su fusión obteniéndose agua, que luego se congela formando un sólido con cristales interconectados llamado hielo cuyo color gris, azul o verde se explica por polvo y aire contenido en la masa.

En consecuencia los copos de nieve son agregados de cristales de hielo de muy baja densidad (0,1 de la del agua). La presión causada por el peso de nuevos aportes hace que a expensas de los primitivos cristales se origine la neviza con mayor tamaño, menos espacios huecos y mayor

densidad (0,5 la del agua). El aumento de la presión hace que por debajo de la neviza se forme hielo blanco menos poroso y más denso, y más abajo donde los espesores superan los 60 metros, se forma el hielo glaciario de color azulado, comportamiento plástico y mayor densidad (0,92 la del agua).

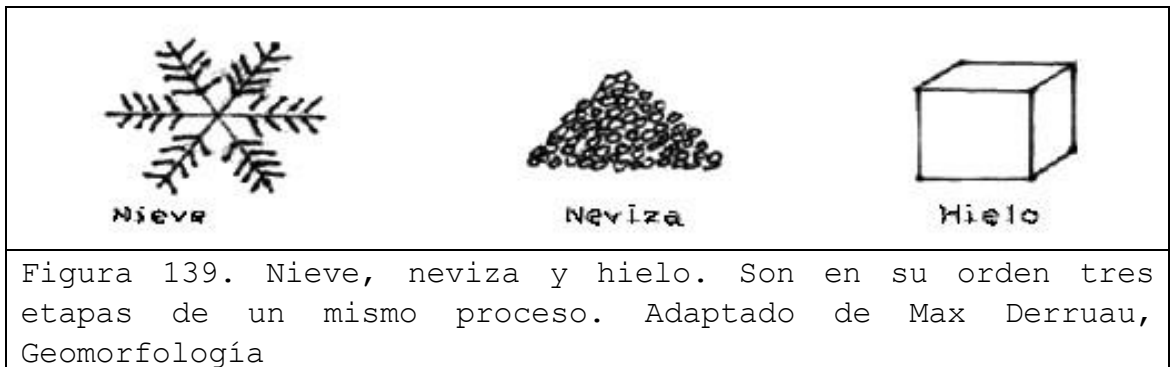


Figura 139. Nieve, neviza y hielo. Son en su orden tres etapas de un mismo proceso. Adaptado de Max Derruau, Geomorfología

Si el agua se congela aumenta de volumen, por lo tanto si el hielo se presiona se convierte en agua para poder reducir su volumen.

19.1.4 Tipos de glaciares. Hay 4 tipos principales de glaciares:

- **Casquete Helado.** Como el Vatna (Islandia) con una longitud de 150 km. y un espesor de 230 m...
- **Polar.** Típico del Polo Norte donde no hay continente, allí el sustrato es agua, el espesor es de 2 a 4 m., su papel es proteger el fondo marino. El agua fósil congelada es fundamentalmente de origen marino.
- **Continental.** Típico del Polo Sur y Groenlandia, allí el sustrato es tierra (la Antártida y Groenlandia) por lo que el espesor máximo llega a 4 1/2 y 3 km. respectivamente; las aguas son combinadas y de los témpanos desprendidos y en deriva primero se fusiona el agua dulce, quedando registrados en el hielo de agua salada paleoambientes de playa.

- **Glaciares de montaña.** Los tres primeros son el 96% de los glaciares, éste tipo de glaciar es sólo el 4%. Los de montaña aparecen en latitudes bajas sobre altas montañas, se subdividen en glaciar de valle (como un río), glaciar de pie de monte (como la unión de dos ríos) y manto de hielo (estructura radial). El VN del Ruiz, es un manto de hielo de 11 km.² de superficie, 9 km.² menos que en la década de 1970s. El espesor medio es del orden de los 50 m. y los máximos espesores, hasta tres veces mayores, se localizan en los circos de los glaciares de salida.



19.2 EROSION GLACIAR

19.2.1 Formas de erosión glaciar. Las formas de erosión pueden ser:

- **Arranque.** Cuando la masa de hielo en movimiento saca bloques del sustrato fracturado.

- **Desgaste interno.** Cuando el material de arrastre que remonta la masa de hielo sufre el efecto de molino, sufriendo una trituración en la zona plástica del glaciar; así el material se convierte en harina de roca.

- **Abrasión.** Es el efecto de lija del glaciar; no es el hielo el que pule el lecho y las paredes del sustrato rocoso sino el material rocoso más duro embebido dentro de la masa de hielo; estos fragmentos pétreos, cuando tienen dureza

suficiente dejan estrías sobre las rocas de las paredes y del fondo advirtiéndolo el sentido y la dirección del movimiento del glaciar.

19.2.2 Movimiento de partículas dentro de la masa de hielo. Los glaciares pueden acarrear enormes cargas de cantos o morrenas y las que se despeñan por las laderas del glaciar forman morrenas laterales. Las morrenas centrales surgen donde convergen dos glaciares aunando sus morrenas laterales de los costados internos. Algunos cantos caen en las grietas formando morrenas internas, las que pueden seguir descendiendo hasta el fondo para sumarse a las rocas arrancadas y constituir las morrenas de fondo.

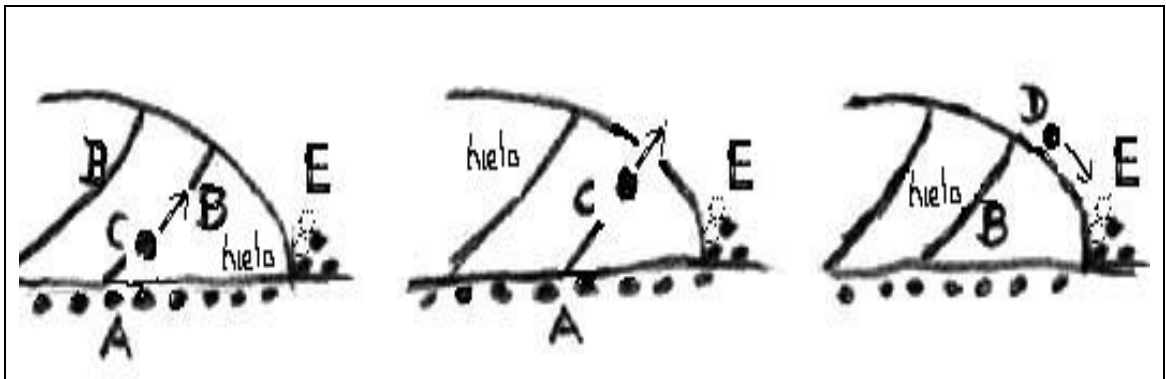


Figura 141. Movimiento de partículas en el glaciar A. Material de arrastre, B. Plano de deslizamiento, C. Partículas en movimiento, D. Fase de deposición, E. Morrena frontal. Adaptado de Leet y Judson, Geología Física.

Los derrubios del glaciar pueden depositarse en su frente formando una morrena frontal, constituida por material de todos los tamaños, desde arcilla a bloques enormes. Si el glaciar retrocede, la morrena frontal abandonada, suele formar un dique que retiene un lago, mientras otros lagos aparecen más arriba en las depresiones de roca resistente excavadas por el glaciar. Los glaciares que retroceden aprisa van dejando su carga amontonada y las rocas mayores quedan como indicio de su extensión primitiva. Estos depósitos frontales aportan información valiosa sobre glaciaciones anteriores.

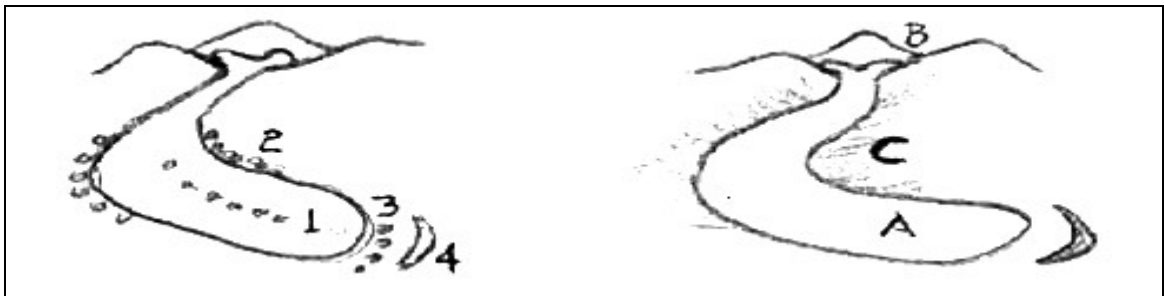
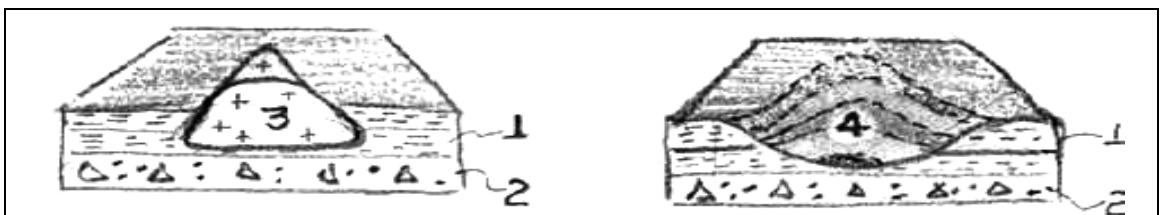


Figura 142. Morfología glaciar. En el glaciar de valle se tiene: 1. Morrena central, 2. Morrena lateral, 3. Morrena frontal, 4. Lago en media luna, A. Lengua del glaciar, B. Circos de erosión glaciar, C. Valle en U. Adaptado de Longwell y Flint, Geología Física.

19.2.3 Depósitos de glaciación. Pueden ser estratificados y no estratificados; los primeros se llaman depósitos fluvioglaciares y se explican porque es el agua de fusión de hielo quien toma, transporta y clasifica los materiales de depósito dejándolos en capas o estratos, los no estratificados se explican por el efecto de "aplanadora" de los glaciares y pueden ser Till si no están consolidados y Tillitas cuando están consolidados.

Las morrenas son camellones de tillita ordenados por el glaciar.

Las marmitas son depresiones en depósitos fluvioglaciares producidas cuando se funde el hielo que antes había quedado atrapado por el depósito.



Durante la glaciación

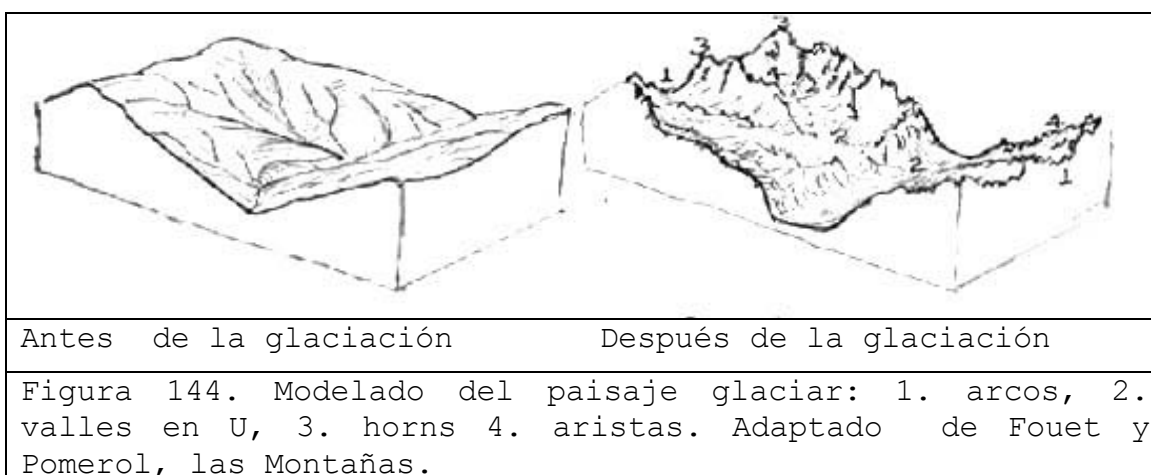
Después de la glaciación

Figura 143. Formación de una marmita: 1. Depósito fluvioglaciar, 2. Tillita, 3. Masa de hielo (antes de la fusión), 4. Marmita (después de la fusión del hielo). Según Leet y Judson, Geología Física.

19.2.4 Evolución del paisaje glaciar. Un glaciar es uno de los más potentes agentes de erosión. Su hielo erosiona el fondo por abrasión y arrancándole rocas. Los bloques embebidos en el hielo son arrastrados por el fondo y marcan estrías en las rocas, que pueden quedar pulimentadas formando rocas aborregadas.

La zona de origen es ensanchada en forma de un anfiteatro llamado circo, que si se junta con otro lo hace a través de una arista o umbral de paredes cortadas a pico. Si los glaciares moldean aristas y horns o picos, también esculpen valles profundos de paredes abruptas.

Los glaciares de montaña excavan sus profundos valles en forma de U siendo más profundos los de los glaciares mayores que los de sus afluentes menores, los que aparecen en forma de valles colgados. Así los valles en U tributarios al quedar colgados drenan a menudo por una cascada.



Los fiordos con características de las costas que han sufrido glaciación reciente, como las del oeste de Escocia, las de Noruega, las del sur de Chile, Columbia Británica, sur de Nueva Zelanda y Groenlandia. Son bahías largas y estrechas como rías de abruptas laderas y gran profundidad. Su profundidad se explica porque los glaciares llegaban

hasta el mar, cuando entonces su nivel era mucho más bajo que ahora.

19.3 TEORIA DE LA GLACIACION MULTIPLE

Los casquetes polares Antártico y groenlandés son los últimos restos de una glaciación que en latitudes medias terminó hace unos 12 mil años, y en Colombia hace más. Durante los últimos 2,5 millones de años han sido cinco los avances y retrocesos del hielo, el último de los cuales es el período actual, el Holoceno.

Durante la glaciación del Pleistoceno el macizo volcánico Ruiz-Tolima estuvo cubierto por 800 Km.² de hielo, contra 30 Km.² que se tenían en 1970. Los actuales arenales del Ruiz se explican por los hielos de la Neoglaciación que terminó en Colombia hace 1500 años.

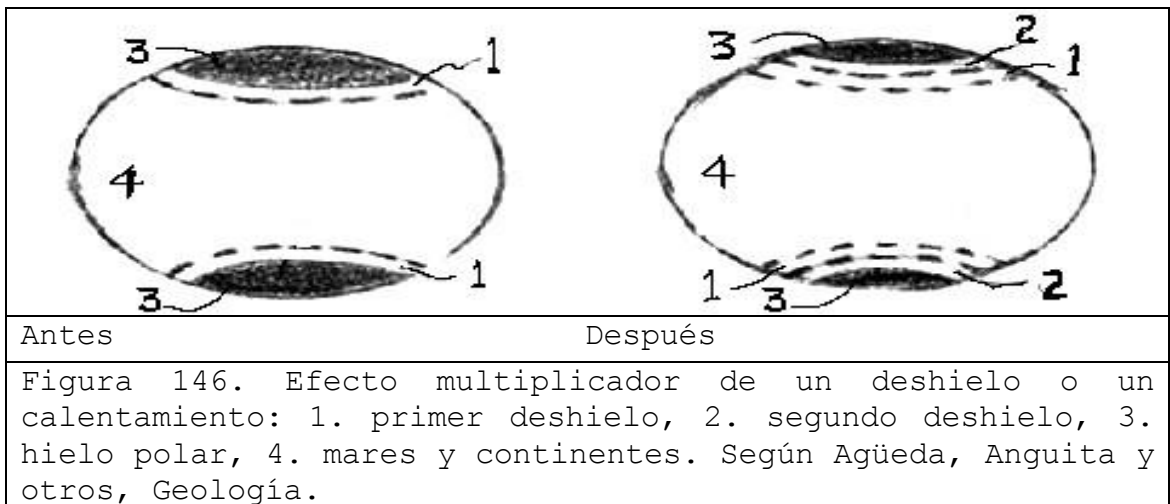
Los más antiguos indicios del avance de los glaciares fueron encontrados en Europa en sedimentos de hace 2,5 millones de años. A estos le siguen los cuatro períodos del Pleistoceno Günz, Mindel, Riss y los cuatro estadios glaciares del Würm. Sus equivalentes americanos en orden son Nebraskiano, Kansasio, Illinoisiano y Winconsiniano. Respecto a las cuatro del Pleistoceno todas se han reconocido en Norteamérica; en Europa hay evidencias de tres en Alemania y de una en el Elba.



Figura 145. Glaciaciones del Pleistoceno: 1. Günz: Nebraskiano, 2. Mindel: Kansasio, 3. Riss: Illinoisiano, 4. Würm: Wisconsiniano. (Abscisa Tiempo en millones de años y ordenada variación de la temperatura con relación a la actual).

Depósitos glaciares y rocas pulimentadas por el hielo se han identificado también en formaciones geológicas más antiguas, lo que ha permitido deducir la existencia de anteriores glaciaciones. Se conocen tres del final del Precámbrico (hace 940, 770 y 615 millones de años), una del Devónico (hace 400 millones de años) y una del Permo-Carbonífero (hace 295 millones de años).

19.3.1 Causas de las glaciaciones. Para que se dispare el mecanismo de una fase glacial, o su contraria, la megatérmica, es suficiente un pequeño retroceso de los hielos pues él sólo puede provocar un efecto multiplicador.



Con un pequeño avance de hielo la radiación llegará a la Tierra regresa de nuevo al espacio en mayor cuantía y ello ocasiona disminución de la temperatura por lo cual los hielos avanzarán de nuevo, se reflejará más radiación y caerá por segunda vez la temperatura repitiéndose de nuevo el proceso; si el hielo retrocede, de la radiación que recibe la Tierra poco se refleja, se calienta el clima, viene un segundo deshielo, disminuye la reflexión, se da un segundo calentamiento y el efecto multiplicador continuará.

Es suficiente que caiga, entre 8 y 12 C° la temperatura del planeta para que los hielos avancen como en el Pleistoceno.

Algunos argumentan causas externas (astronómicas) y otros, causas internas (terrestres) que puedan modificar el clima. Es claro que no se explica el fenómeno en estudio como debido a enfriamiento interno del planeta y además que se trata de un efecto global y no local.

19.3.1.1. Causas externas. Entre las causas externas o astronómicas tenemos:

- **Cambios en la constante de radiación solar.** Se ha demostrado que la constante solar no es tan constante; las variaciones están asociadas a los ciclos de manchas solares de largo período.

- **Cambios en el sistema Tierra-Sol-Luna.** Son fenómenos de carácter periódico, como la modificación en la excentricidad de la órbita terrestre, la variación en la inclinación del eje terrestre respecto a la eclíptica y la precesión de los equinoccios.

- **Paso del sistema solar a través de nubes de polvo.** Se trata de polvo interestelar de algunos de los dos brazos espirales de la Galaxia que invade el espacio de radiación solar. Cada 250 millones de años el Sol revoluciona la galaxia y el paso por un brazo dura pocos millones de años.

19.3.1.2 Causas internas. Entre las causas internas o terrestres tenemos:

- **La deriva continental.** Los continentes se desplazan a lo largo de las eras geológicas. Cuando los continentes están más cercanos a los polos la Tierra recibe más radiación solar sobre el océano que está dominando el Ecuador. Como el océano tiene más capacidad reflectora que los continentes el planeta se enfría.

- **El Vulcanismo.** El aporte de ceniza a la atmósfera aumenta las pérdidas de radiación solar de la Tierra por reflexión y por ello sobreviene el enfriamiento; debe tenerse en cuenta

como efecto contrario que el CO₂ volcánico produce efecto de invernadero (contrario), de tal manera que es el balance de uno y otro el que define hacia donde se dirige el clima.

- **Cambios en las corrientes oceánicas.** Por la deriva continental se condiciona la dirección de las corrientes oceánicas y en consecuencia la dirección de los vientos productores de lluvia; pues hay corrientes oceánicas frías y calientes, sobre las cuales se generan zonas de alta y baja presión atmosférica. El viento se desplaza de las primeras a las segundas, y es en las segundas en donde sobrevienen las lluvias.

19.3.2 Efectos. Si se derriten los hielos actuales, el nivel medio del mar sube entre 21 y 61 metros. Antes de 1920 subía 9 cm por siglo, después 60 cm por siglo. Es evidente que un actual aumento del nivel del mar traería problemas severos en las ciudades portuarias, incremento de las fronteras de los desiertos y desplazamiento de las áreas agrícolas.

- **Épocas glaciares.** En épocas de glaciación hay intensos períodos fluviales; hay menos evaporación, menos desiertos, más vegetación, más lagos; los vientos productores de lluvia prefieren el Ecuador, el área cubierta por hielos se duplica o cuadruplica, el nivel del mar baja entre 30 y 130 m., se despeja la plataforma continental, hay movimientos eustáticos en el fondo oceánico (ascenso y descenso) predominio de la pradera, del mamífero pequeño de parto múltiple.

- **Épocas megatérmicas.** En las megatérmicas todo lo contrario, el océano invade las costas por el aumento del nivel del mar, se derriten los hielos, es la época de árboles y grandes mamíferos de un solo parto, las plantas tropicales invaden latitudes altas, se extienden los desiertos y en donde existía hielo sobre el continente por la zona de playa quedan como evidencia los "fiordos".

19.4. EL VIENTO

Es el aire en movimiento. A gran escala, los movimientos horizontales y verticales, son importantes en la configuración del tiempo y del clima. Las principales fuerzas que afectan al movimiento horizontal del aire son los gradientes de presión, el efecto de Coriolis y la fricción.

Los gradientes de presión los provoca el desigual calentamiento de la atmósfera por el sol y el efecto Coriolis es debido a la rotación terrestre. Los movimientos horizontales del aire son importantes alrededor de los sistemas ciclónicos (baja presión) y anticiclónicos (alta presión).

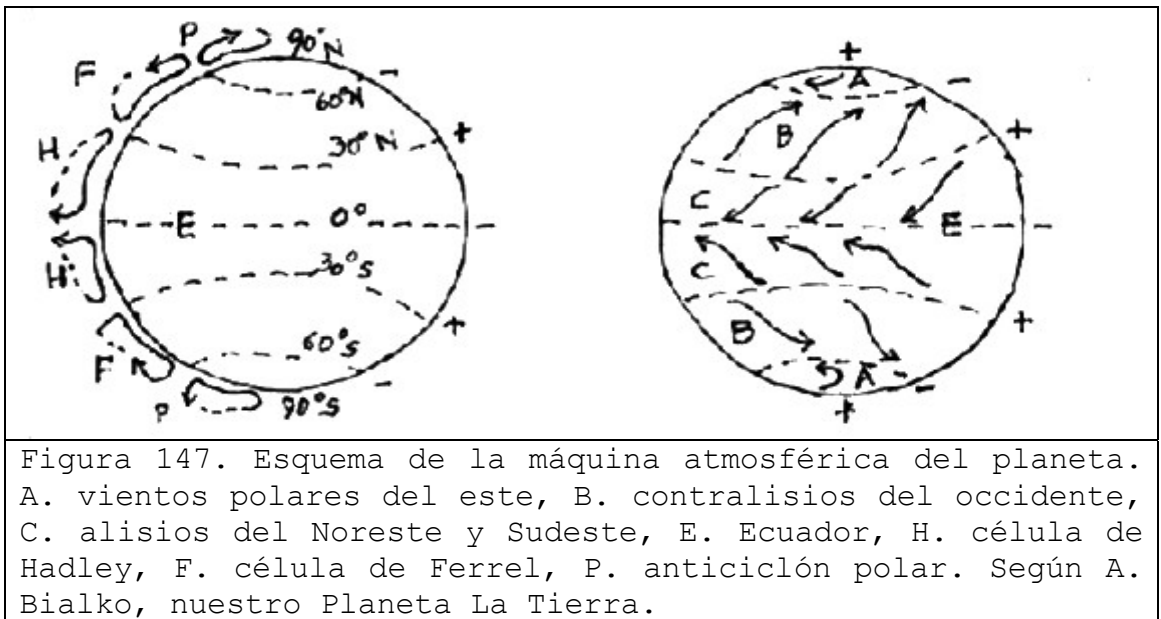


Figura 147. Esquema de la máquina atmosférica del planeta. A. vientos polares del este, B. contralisios del occidente, C. alisios del Noreste y Sudeste, E. Ecuador, H. célula de Hadley, F. célula de Ferrel, P. anticiclón polar. Según A. Bialko, nuestro Planeta La Tierra.

La combinación de movimientos horizontales y verticales crea un patrón de vientos predominantes. A lo largo del ecuador está la llamada región de las calmas ecuatoriales, donde el calor solar calienta el aire ascendente que se dispersa alejándose del ecuador para fluir hacia el norte y al sur y caer a las latitudes de 30° norte y sur para alimentar los vientos alisios que regresan hacia el ecuador y los vientos

ponentes que fluyen hacia las latitudes medias de la Tierra.

19.4.1 Efecto Coriolis. La circulación que se muestra en el planeta se explica porque en la Tierra es conveniente relacionar el sistema de referencia inercial que se considera en las leyes de Newton, con la superficie de nuestro planeta. Eso es precisamente el sistema de coordenadas geográficas. Dicho sistema no es inercial, por cuanto la Tierra gira. La segunda ley de Newton puede escribirse de una forma tal que sea válida en un sistema de referencia rotacional. Pero en este caso, a su segundo miembro es necesario añadirle una fuerza complementaria, la cual se denomina fuerza de Coriolis.

La fuerza de Coriolis (f) es perpendicular a la velocidad (v) del punto material y proporcional a la velocidad angular (ω). Además, esta fuerza depende de la latitud (ϕ) del lugar, en función de $\sin \phi$. La expresión general de la fuerza en un cuerpo de masa m , es:

$$f = 2 m \omega v \sin \phi$$

Por la fuerza de Coriolis, los ríos erosionan más la orilla derecha en el hemisferio norte y la izquierda en el hemisferio sur. También, en el hemisferio norte los remolinos son dextrógiros y en sur sinixtrógiros. De ahí que los ciclones o tifones en el Atlántico Norte giren en el sentido de las manecillas del reloj y en el Pacífico sur sean levógiros. Todo porque la fuerza centrífuga que en el Ecuador es mayor, decrece con la latitud hasta hacerse mínima (0) en los polos.

19.4.2 Circulación general de los vientos. Siempre los vientos van de las zonas de alta presión (+) a las de baja presión (-). Los polos, donde el aire se enfría y se asienta, son zonas de alta presión. También los son los paralelos vecinos a los trópicos de Cáncer y Capricornio.

La zona de interconfluencia tropical, ZICT, vecina al ecuador, como las latitudes templadas de los $\pm 60^\circ$, son las zonas de baja presión a donde convergen los vientos venidos de los paralelos de Cáncer y Capricornio (desiertos tropicales) y de los círculos polares de la Tierra.

Como sabemos la causa del transporte de las masas aéreas es la convección, o sea, el ascenso del aire caliente ligero y su sustitución, desde abajo, por el aire frío. Las zonas que se calientan al máximo durante el día son las tropicales, donde los rayos solares inciden sobre la Tierra casi verticalmente. El gradiente de temperatura y su reducción en función de la altura cerca de la superficie, se hace mayor que el adiabático de equilibrio, lo cual provoca, precisamente, el origen de un flujo de aire vertical. El aire asciende cerca del ecuador, en la ZICT, elevando el límite superior de la troposfera, al doble de su altura en los polos. Pero, ¿dónde debe meterse el aire? Es fácil comprender que a grandes alturas el aire fluye del ecuador, ya a las latitudes septentrionales como a las meridionales. Así marcha enfriándose parcialmente en la troposfera superior, para descender en las latitudes medias y dirigirse de regreso al ecuador.

19.4.3 Ciclones y anticiclones. A lo largo del frente polar del hemisferio norte el aire cálido de los ponientes (del oeste) choca con los levantes (del este) árticos. En éste mismo frente polar se desarrollan ondas, algunas de las cuales aumentan de tamaño rápidamente. El aire cálido fluye hacia ellas mientras que el frío fluye por detrás de ellas. El aire cálido liviano se eleva sobre el frío a lo largo del frente cálido. Por detrás el aire frío se abre camino bajo el cálido a lo largo del frente frío. Gradualmente el segundo frente alcanza al primero que es empujado, para formar una oclusión. En el frente cálido se forma un cordón de nubes que trae lluvias y a veces tormentas. En los anticiclones la circulación del aire es inversa a la de los ciclones.

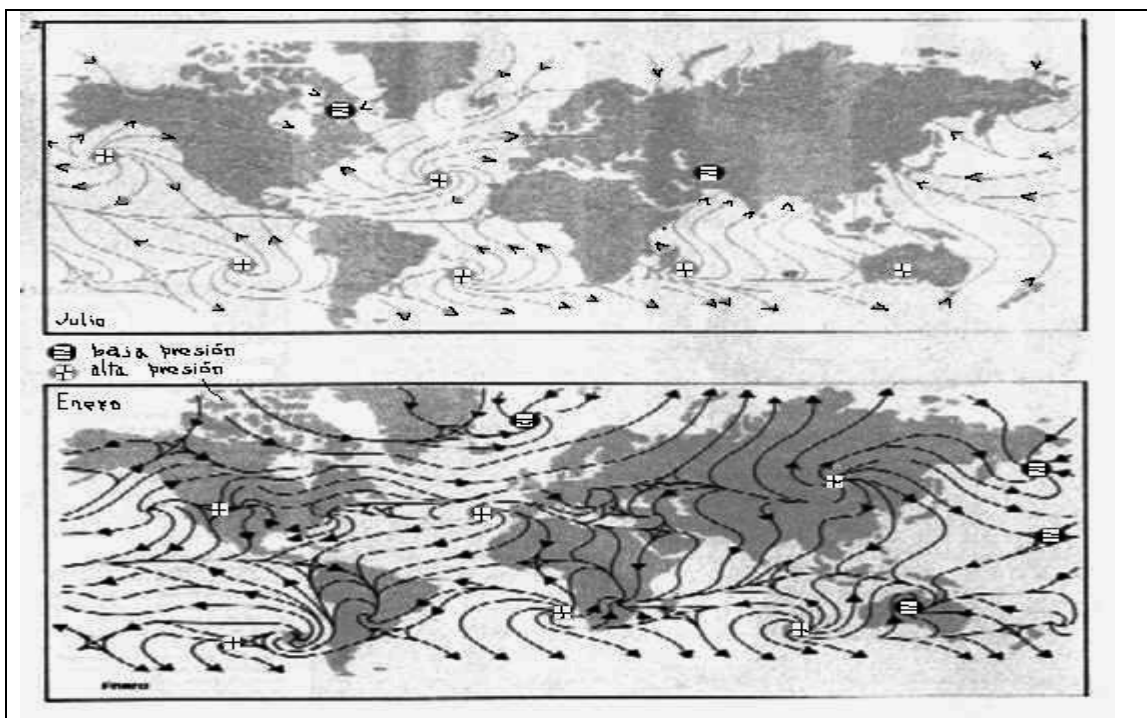


Figura 148. Circulación de los vientos en dos temporadas. Julio en la parte superior y enero, en la inferior. Las corrientes se establecen de las zonas de alta presión (círculos oscuros) a las de baja presión (círculos claros). Se muestra el flujo en julio y en enero, afectado por la aceleración de Coriolis, gracias a la rotación del planeta.

19.4.4 Los monzones. Son inversiones estacionales de la dirección del viento. Los más famosos ocurren en la India donde los vientos del norte propios del invierno son reemplazados por los del sur durante el verano. Los del sur están muy cargados de vapor de agua que se precipita en forma de lluvias torrenciales. Otra inversión de vientos a escala local, son las brisas terrestres y marinas.

19.4.5 Fenómeno de brisa. Cuando el Sol calienta en la costa, dado que el agua y la Tierra tienen diferente calor específico, el océano permanece frío y el continente caliente; la zona de alta presión estará sobre el mar y durante el día soplará a la costa. En la noche la brisa se invierte, irá al mar el cual por razones de calor específico, almacenará el poco calor que recibió mientras

que la Tierra que había almacenado más calor, ya se encuentra fría.

19.4.6 Tormentas, huracanes y tornados. Las tormentas más comunes son las tronadas que en regiones templadas y tropicales se producen a diario con el requisito de fuertes corrientes de aire ascendente que al elevarse se enfría liberando calor conforme se da la condensación del vapor de agua. La liberación de calor aporta energía para intensificar el ascenso del aire y el desarrollo de la tormenta. La condensación del aire produce cúmulo-nimbos que llegan a alcanzar una altura mayor de 5 Km. Estas lluvias traen lluvia y granizo y en ocasiones truenos y relámpagos.

Los huracanes también llamados tifones o ciclones tropicales se forman sobre océanos cálidos. Producen vientos espirales de hasta 250 a 350 Km./hora. El ojo contiene aire caliente descendente y ocupa 5 a 50 Km. de los 500 Km. de diámetro del huracán. Alrededor del ojo ascienden espirales de aire cálido y húmedo. La condensación crea cumulonimbos y libera calor latente que aumenta el ascenso en espiral del aire. Los huracanes son destructivos sobre todo en zonas costeras por el efecto de las olas, la lluvia torrencial y los vientos. Los tornados son torbellinos violentos, pero cubren un área mucho menor que los huracanes. Se forman cuando un cumulonimbo empieza a crecer hacia abajo y la prolongación de la nube en forma de cuello de embudo toca el suelo. Su ancho varía entre 50 y 200 m., el desplazamiento varía de 30 a 65 Km./hora y el fenómeno se desvanece después de 30 Km. de recorrido. Algunos han llegado a desplazarse hasta 500 Km.

19.4.7 Fenómeno del Niño. Todos los años en diciembre una corriente de agua cálida recorre el Pacífico sur desplazándose hacia la costa de Ecuador y el norte del Perú, por encima de la fría y profunda corriente de Humboldt, que fluye hacia el norte. Cada tres o cuatro años se produce un calentamiento más intenso y extendido en toda la zona ecuatorial central y el Pacífico oriental. Este

calentamiento que suele durar de 14 a 18 meses tiene efectos acusados en el clima mundial.

En diciembre, por lo general la presión atmosférica sobre el sudeste del Pacífico es bastante alta, lo cual indica que el aire desciende, mientras que sobre Indonesia es baja lo que indica que el aire se eleva.

Cuando se produce el Niño, es porque en la Navidad la situación se invierte; la presión atmosférica desciende en el sudeste del Pacífico y aumenta en Indonesia y Australia. Los vientos que antes soplaban desde América y con su fricción elevaban cerca de un metro el océano Pacífico en Indonesia, dejan de soplar para que el mar retorne con coletazos afectando nuestras costas. Además con el Niño se produce un movimiento de las aguas superficiales cálidas del Pacífico que se desplazan hacia el este.

Este fenómeno parece deberse aun cambio de dirección de los vientos ecuatoriales del este que también se invierte trayendo las aguas superficiales hacia América donde se acumulan las aguas cálidas y se impide el afloramiento de las profundas y frías aguas de la corriente de Humboldt ricas en nutrientes. La falta de estas aguas que traen el plancton de la Antártida tiene efectos catastróficos en la industria pesquera.

19.5 DESIERTOS

Los desiertos se forman en regiones en las que la tasa de pérdida de agua por evaporación es mayor que la de ganancia por precipitación. La temperatura, al igual que la lluvia, es importante; en latitudes frías crecen bosques aún con precipitaciones escasas que en los trópicos sólo explicarían montes bajos y condiciones semiáridas. Aproximadamente el 25% de la superficie terrestre se caracteriza por climas secos, y los desiertos propiamente dichos cubren gran parte de la tierra comprendida entre las latitudes de 10° y 35° norte y sur.

19.5.1 Clases de desiertos. Hay tres tipos de desiertos: los desiertos topográficos y tropicales en las latitudes bajas y medias, y los desiertos polares en las latitudes altas. Los dos primeros son cálidos y los terceros fríos. Todos se ubican en zonas de baja presión. Este aparte se centrará en los desiertos cálidos.

- **Desiertos topográficos.** Se explican por barreras naturales que detienen los vientos húmedos y provocan la sequedad; por ejemplo La Candelaria en Villa de Leiva y la Tatacoa en el Huila, explicados por unos microclimas particulares. También se incluye aquí la península de la Guajira afectada por una corriente caribe

- **Desiertos tropicales.** Son los que se ubican en las latitudes de 30° norte y sur, como el Sahara al norte y el desierto de Nueva Zelanda al sur; se explican por la circulación general de los vientos en la máquina atmosférica del planeta. Como los desiertos son zonas de alta presión y el ecuador está a baja presión, el viento inicia su recorrido en los 30° norte y sur en estado seco y frío; yendo al Ecuador se va calentando, se dilata, aumenta la relación de espacios vacíos, recoge en su trayectoria la humedad para almacenarla en forma de vapor. La masa de aire cargada de vapor llega al Ecuador, sube, se enfría, libera la humedad en forma de lluvia y regresa por lo alto, para descender nuevamente sobre las latitudes de 30° e iniciar de nuevo su recorrido en el cual roba la humedad de los desiertos.

- **Desiertos polares.** Son los que se ubican en los polos geográficos del planeta a latitudes de 90° norte y sur. El polo norte tiene por sustrato el océano Ártico y el polo sur tiene por sustrato el continente de la Antártida. Ambas se constituyen en desiertos por ser regiones de alta presión.

Otra trayectoria similar de circulación de vientos se sucede entre los polos y las latitudes de los 60° norte y sur. En

el polo el viento recoge la humedad de esta región y la lleva a latitudes de 60° donde se provocan las lluvias. En los polos el frío ocasiona el asentamiento del aire y por ello hay una zona de alta presión.

19.5.2 La lluvia. En el desierto va de 250 a 375 mm por año, no es predecible se concentra en cortos períodos, pueden darse 4 años de sequía. Debido al severo déficit de agua, la vegetación del desierto está limitada en su desarrollo y las tierras vegetales se caracterizan por horizontes de tierra; el contenido de arcilla y materia orgánica es bastante diferente del de las tierras húmedas. Estos dos factores vegetación y tierra vegetal combinados con la naturaleza limita y esporádica de las lluvias, se reflejan en los procesos geomorfológicos y por ello en diferentes paisajes.

19.5.3 Temperatura. Hay una gran fluctuación diaria así: en los tropicales, día 37°C y noche -1 °C a la sombra; lo anterior es lo mismo en invierno que en verano. En los topográficos el invierno es severo, con temperaturas que oscilan entre 17 y -27 °C.

Las primeras investigaciones consideraban que las fuertes variaciones diarias de la temperatura en la superficie desértica, de hasta 74 °C provocaban suficiente dilatación y contracción de la masa de roca como para causar desintegración por insolación. Los experimentos de laboratorio sugieren que éste proceso es relativamente imposible

19.5.4 Intemperismo. Predomina el mecánico por la sequedad; el agua aunque escasa es el principal agente modelador del paisaje, le sigue el viento; el cambio de temperatura ocasiona vientos fuertes con arenas.

El agua subterránea aparece a cientos de metros, es poca y de poca confianza para abastecimientos; en desiertos semiáridos la extracción para recarga de pozos debe ser

cuidadosa; un oasis es un acuífero que funciona como pozo artesiano, tiene poca agua y puede ser salada.

19.5.5 El viento. La velocidad aumenta con la altura sobre el suelo, el viento oscila de izquierda a derecha, hacia arriba y hacia abajo pero su tendencia general es el ascenso, al $1/30$ del diámetro de las partículas por encima del suelo no se mueve el aire, construyéndose así una barrera que impide la erosión, hay dos tipos de tormentas: de arena y de polvo.

Las de arena tienen un metro de altura, casi toda la cargan en los primeros 45 cm, los granos van en saltación y rodamiento. En las tormentas de polvo, el polvo viaja en suspensión porque el aire es turbulento; el tamaño de las partículas depende de las velocidades terminales de los granos levantados.

19.6 EROSIÓN EN EL DESIERTO

En los climas áridos predominan dos procesos, abrasión (corración) y deflación. La energía del viento determina el tamaño máximo de las partículas a transportar; de esta manera se realiza una selección y un transporte de materiales denominado deflación, mientras que las partículas que viajan en suspensión al chocar contra masas rocosas realizan una labor erosiva que se denomina corración. La corración o abrasión origina superficies pulidas, corredores, rocas en forma de hongo y cantiles a contraplomada. Además remarca las diferencias de litología, cementación, etc. existentes en las rocas.

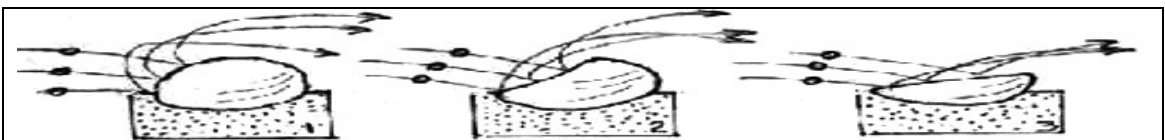


Figura 149. Formación de un ventifacto. Los ventifactos son bloques labrados, con brillos, facetas y formas caprichosas, por los granos que arrastra el viento. Adaptado de Longwell-Flint y Leet-Judson, Geología Física.

19.6.1 Abrasión (corrasió). Es el fenómeno de lija, para las tormentas de arena esa lija tiene 45 cm de espesor, los principales productos de ese proceso son los yardang y ventifactos; los yardang son minúsculos valles en U (ver figura 155) a modo de surcos pulidos en la roca al piso.

19.6.2 Deflació. Es la acción erosiva en la cual el viento transporta y clasifica depósitos no consolidados; los productos del proceso son dos: las cuencas de deflació y los pedestales. Estos últimos se explican por la acción combinada del viento y la lluvia (ver figuras 151 y 155).

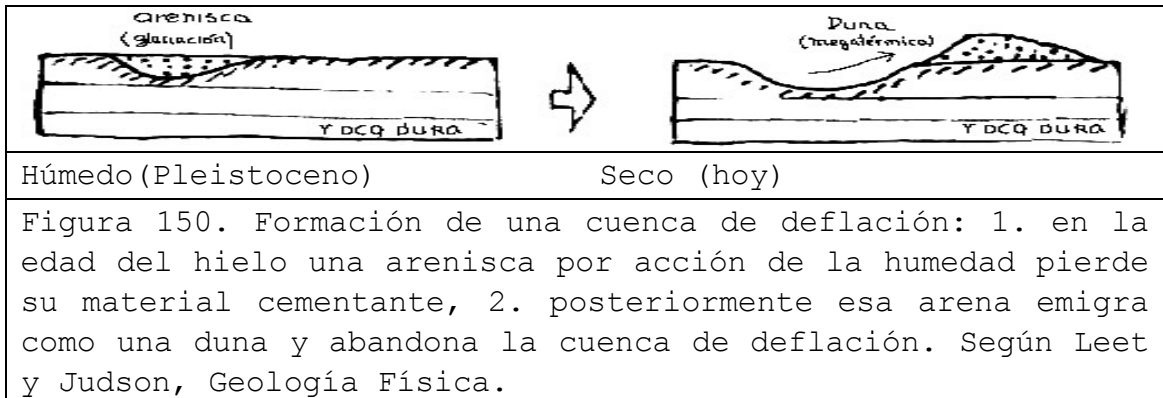


Figura 151. Pedestales: son pilares en forma de hongo, resultado de la erosión diferencial de la lluvia y el viento en paisajes áridos. Tomado de La Tierra Planeta Vivo, Salvat.

19.6.3 Depósitos de viento. Son de dos tipos: loess y Dunas.

- **Loess.** Son depósitos no consolidados de limos que no emigran, cuyos espesores van desde los centímetros hasta los 10 metros. Originalmente las partículas se formaron en antiguos pantanos cuando las condiciones climáticas del lugar fueron afectadas por procesos de glaciación. Posteriormente quedaron ubicadas en zonas desérticas y de éstas fueron sacadas por el viento. El polvo más fino de los desiertos, puede ser elevado miles de metros de altura y transportado centenares de km., de tal manera que si éste sale del desierto puede formar un loess, suelo agrícola muy fértil por no haber estado sometido a un deslavado de bases.

- **Dunas.** Son depósitos de arena móviles que al emigrar sepultan objetos, y cuya altura varía entre los 30 y 200 metros mientras su base es 5 veces mayor. El avance de la duna se da en la dirección del viento y los métodos para fijarla son: a) colocación de empalizadas en la cresta de la duna con lo que se detiene el aporte de partículas procedentes de barlovento hacia el frente de la duna; b) instalación de plantas arbustivas cuyas raíces traban las partículas; c) incrementar la humedad de la zona con la finalidad de aumentar la cohesión entre las partículas

19.6.4 Clases de dunas. Las dunas pueden ser de cuatro clases, así:

- **Barjanes.** Depósitos en forma de luna creciente, cuyos cuernos en la dirección del viento anuncian suelo duro y plano. Los barjanes suelen encontrarse en el borde del desierto donde hay una menor cantidad de arena y algo de vegetación.

- **Longitudinales.** Camellones en la dirección del viento; anuncian viento fuerte o poca arena. Estas dunas cubren una extensión mucho mayor y los largos cordones de arena están

separados por bandas de roca o piedras libres de arena por la acción de los remolinos del viento.

- **Transversales.** Semejan olas transversales al viento; anuncian viento suave pero oscilante ya sea por irregularidades en el suelo o variaciones dinámicas en la masa del aire. Un tipo particular es la duna de playa donde los camellones son paralelos a la playa y transversales a la dirección del viento.

- **En U.** Dunas dispuestas al contrario de los barjanes y que anuncian obstáculos longitudinales. Se diferencian de aquellos por tener la cara de deslizamiento en la parte convexa.

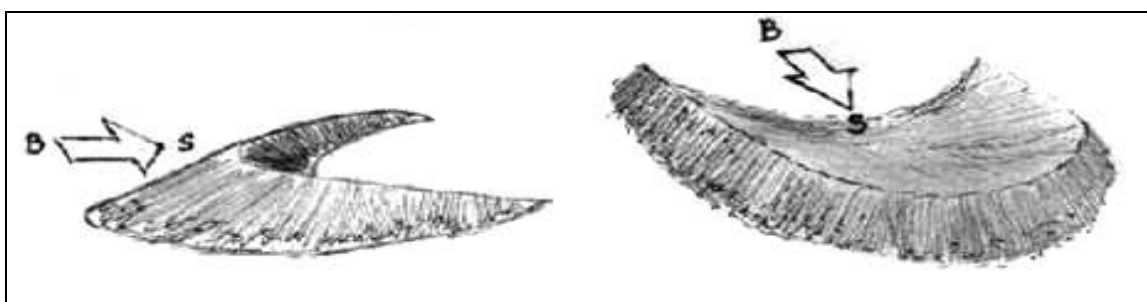


Figura 152. Barján y duna en U. La dirección del viento en una duna cualquiera la da su cara de deslizamiento. En el dibujo se ilustra un barján (derecha) y una duna en U (izquierda), ambas con la cara de deslizamiento en sotavento (S) y no en barlovento (B). Adaptado de Leet - Judson y Longwell- Flint, Geología Física.

19.6.5 Dinámica de las dunas. La fig. 153 A muestra el efecto de un obstáculo que explica la acumulación del depósito en la sombra del viento, las partículas pierden energía y se genera la turbulencia detrás del obstáculo. La fig. 153 B muestra la dinámica en el desarrollo de la duna, por la forma como evolucionan las pérdidas de energía y turbulencias señaladas. La fig. 153 C ilustra en su conjunto, como se forma la cara de deslizamiento de una duna, la que siempre aparece en sotavento, sin lo cual no podríamos diferenciar el barján de la duna en U.

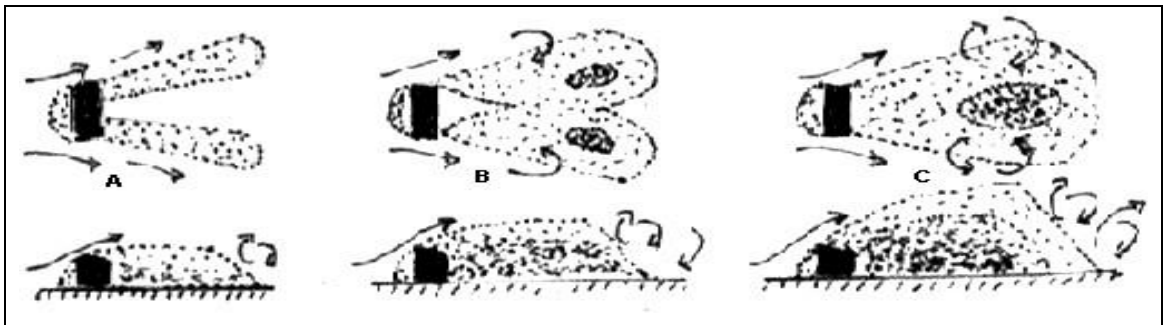


Figura 153. Dinámica de las dunas. De izquierda a derechas se muestra la secuencia temporal en el proceso de formación de una duna, a partir de un obstáculo. Arriba plantas y abajo perfiles, con líneas que muestran la trayectoria en viento y zonas de turbulencia; además de áreas oscuras en zonas de mayor concentración de material. Adaptado de Leet y Judson, Geología Física.

19.6.6 Evolución del paisaje. El paisaje árido evoluciona diferente al húmedo; en el primero se obtienen ríos escasos en meandros, una tendencia al drenaje enrejado; en el húmedo se tienen peniplanos, es decir, valles de poca inclinación, por lo tanto de ríos con meandros y con un drenaje que se inicia como dendrítico.

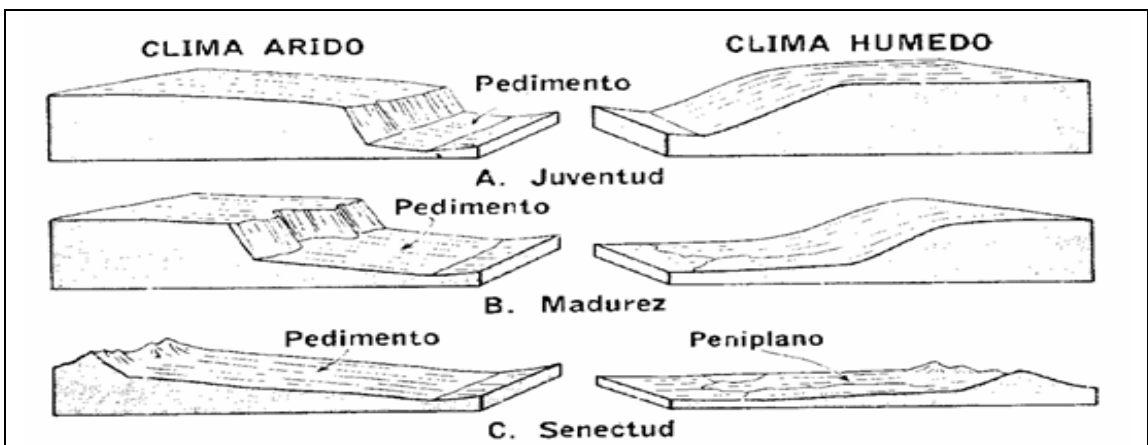


Figura 154. Evolución del paisaje húmedo y seco. A la izquierda la forma como evoluciona un paisaje árido formando un pedimento y desarrollando un drenaje paralelo; a la derecha la evolución de un paisaje formando un pedimento y desarrollando un drenaje dendrítico. Tomado de Leet y Judson, Geología Física.

19.7 DESIERTOS EN AMERICA

En América llueve todo el año en la cuenca amazónica y en las Guayanas y el Chocó. No llueve nunca en Atacama y en los desiertos de Arizona y Nevada de los Estados Unidos y Norte de México. Por supuesto tampoco llueve en los polos.

En la región NW de Sur América, Colombia y Venezuela, además de los climas derivados de la latitud y la altitud, hay en la región clima tropical húmedo y tropical seco. El primero es el resultado de las influencias marinas del Atlántico, en la parte oriental y del Pacífico en la parte occidental.

La corriente ecuatorial del Atlántico empuja hacia las costas orientales de Venezuela y cuenca del Orinoco, vientos cálidos cargados de vapor de agua, los que al tomar altura sobre el continente condensan toda la humedad produciendo alta pluviosidad.

La corriente ecuatorial del Pacífico entra de frente a las costas colombianas en donde se encuentra con los aires fríos de la corriente de Humboldt, de lo cual resulta la gran pluviosidad de ésta zona.

Las zonas de clima tropical seco como es la costa norte y los llanos Orientales y de Apure, son el resultado de los vientos alisios que soplan durante medio año produciendo una estación lluviosa y otra seca. Los extremos del norte de la región, la Guajira y Coro, no alcanzan a recibir lluvias y son desérticos.