Contenidos

- Condiciones para la formación de un glaciar. El balance de un glaciar.
- Sistemas de clasificación de los glaciares. Glaciación de montaña o alpina. Características. Estructuras y dinámicas de un glaciar de valle. Morfologías típicas.
- Glaciares continentales. Características. Descripción de las morfologías típicas.
- El dominio periglacial. Morfología periglacial. Mecanismo del hielo en los suelos y en las rocas. Zonas de congelamiento. Congelamiento estacional y permanente. El permafrost y la capa activa. Procesos criogénicos y formas asociadas.

¿Qué es un glaciar?

- En las zonas donde existen nieves perpetuas, estas pueden adquirir un espesor considerable y transformarse en hielo.
- Cuando este hielo se desplaza por la superficie del terreno hacia zonas más bajas por acción de la gravedad constituye un **glaciar**.

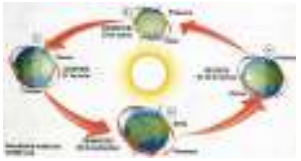
" Glaciar es una masa de hielo y firn formada por recristalización de nieve y agua de fusión la cual yace enteramente, o en su mayor parte, sobre la tierra y muestra evidencias de su movimiento actual o pasado" (Flint, 1957)

El clima de las zonas más altas de las principales cordilleras del planeta se asemejan mucho al polar, pudiéndose dar en las cumbres del Himalaya, de los Andes o de las montañas de Alaska

El **clima polar** está caracterizado por tener casi permanentemente temperaturas por debajo de 0 ºC

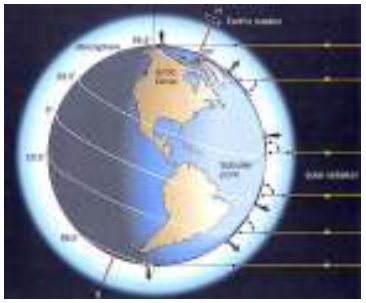
Clima E - Polar y de alta montaña [editar]
Se caracteriza porque la temperatura media del mes más cálido es inferior a 10°C. Es un clima excesivamente frío por lo que las estaciones desaparecen.
ET - Tundra [editar]
La temperatura media del mes más cálido está entre 0°C y 10°C. La vegetación es únicamente de hierbas en estos meses donde se superan los 0°C.
Ciudades donde se da: Nuuk, Upernavik, Ushuaia.
EF - Hielo [editar]
La temperatura media del mes más cálido es inferior a 0°C. No existe ningún tipo de vegetación.
Ciudades donde se da: Eismitte, Base Vostok.
EH - Alta montaña [editar]
Son climas condicionados por la altura, superior a 1.500 msnm y que pueden encuadrarse en las clasificaciones anteriores ya que suponen la modificación del clima local originada por la altitud.

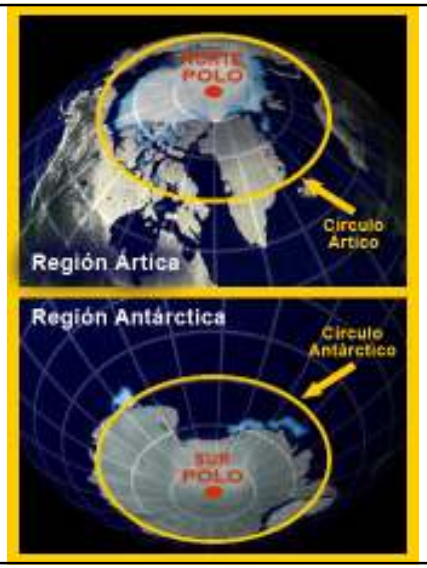
¿Porque tenemos climas polares?



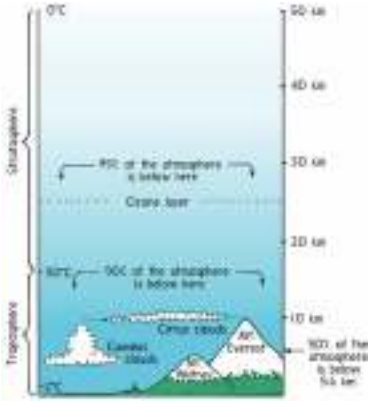
Angulo de incidencia radiación Solar sobre la superficie terrestre

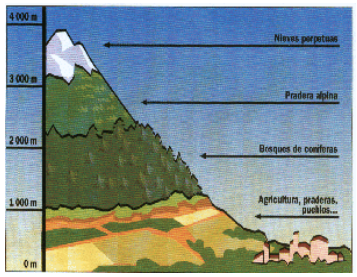
Los rayos solares caen sobre la Tierra de forma más vertical y concentrada en las zonas ecuatoriales y tropicales y cada vez más oblicuos y dispersos conforme nos acercamos a los polos.





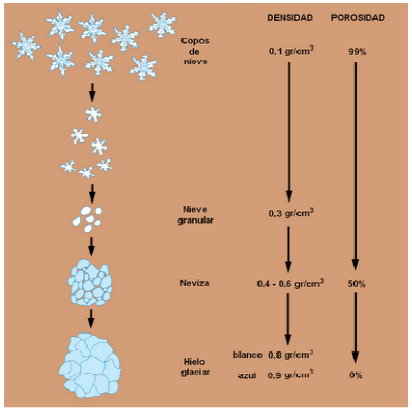
Climas de Alta Montaña: Aumento de la temperatura atmosférica con la altura

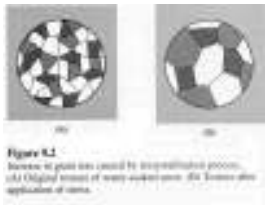




A medida que se avanza hacia el Ecuador, la línea de nieve asciende, alcanzando sus mayores alturas sobre las montañas de las regiones tropicales, ubicándose entre 3.000 y 5.000 metros de altitud.

La formación del hielo

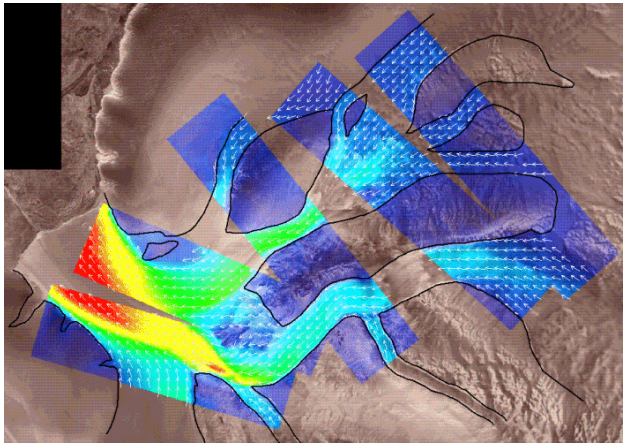




Formación del hielo (glaciar Perito Moreno)

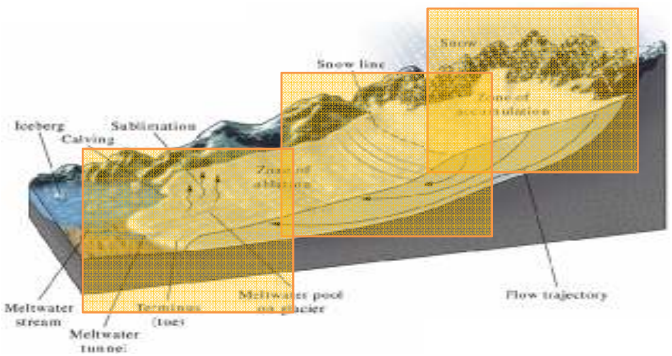
Movimiento del hielo

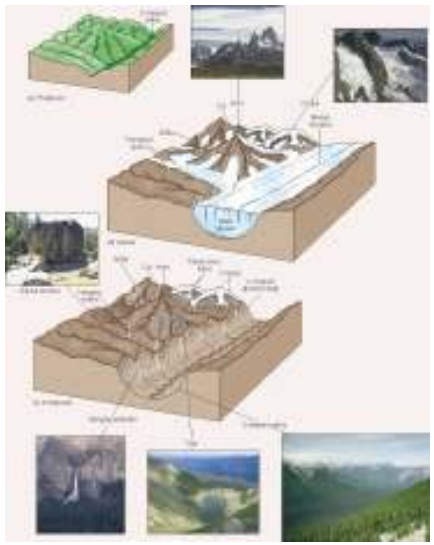
Movimiento del hielo



El RADARSAT mostró corrientes de hielo en movimiento en la Antártida. Glaciares que alimentan la Plataforma de Hielo de Filchner. El azul indica velocidades de menos de 10 m/año; el rojo indica velocidades mayores de 1 km/año.

Esquema general de un glaciar





Acción Geomorfológica de un glaciar:
- Erosión
- Transporte
- Depositación

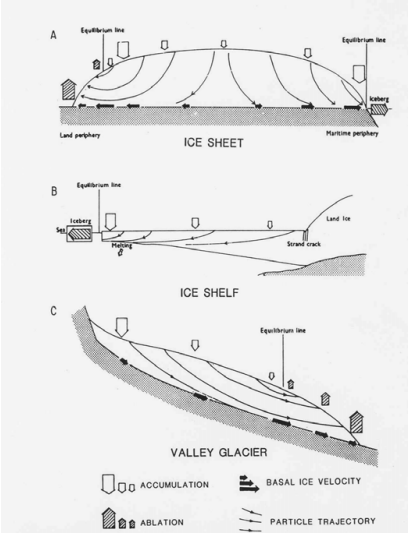
TIPOS DE GLACIARES: Clasificación según condiciones físicas del hielo y carácter térmico

(Ahlman,1948; Lagally, 1939)

- **FRIOS**
  - **T° <<< punto de fusión del hielo**
  - **Alimentación escasa**
  - **Sin apenas agua líquida**
  - **Fuertemente adheridos al substrato**
  - **Lentos**
  - **Grandes masas de hielo polar remanentes del Pleistoceno**
- **TEMPLADOS O CALIENTES**
  - **T° próxima al punto de fusión del hielo**
  - **Abundante agua líquida**
  - **Desplazamiento rápido**
  - **El caso más común es el glaciar de montaña en latitudes bajas y medias**
- **INTERMEDIOS**
  - **Durante el invierno se comportan en forma similar a los fríos y en verano funcionan como glaciares templados o calientes**
  - **La mayoría son glaciares subpolares de casquete, aunque pueden aparecer en montañas de latitudes media-altas**

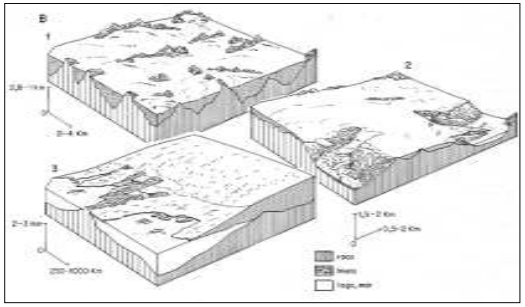
TIPOS DE GLACIARES: Clasificación morfológica (Ahlman,1948)

- **<u>GLACIARES DE CASQUETE</u>: constituyen grandes masas de hielo continental continuas, con escaso o nulo control topográficos, y que se mueven en todas las direcciones. Según su control topográfico y dimensiones se pueden diferenciar: casquetes polares, domos, campos de hielo y de plataforma.**
- **<u>DE MESETA (Ice cap)</u>: similares a los de casquete pero de menores dimensiones. Frecuentemente clasificados como un subtipo de los de casquete.**
- **<u>DE MONTAÑA</u>: acumulaciones de nieve confinadas al relieve de mucha menor dimensión que las anteriores. Se originan en la cuenca de la montaña y fluyen hacia el valle en forma de lenguas. Se distinguen monteras de hielo, glaciares de piedemonte, glaciares de valle, glaciares de ladera y de circo.**



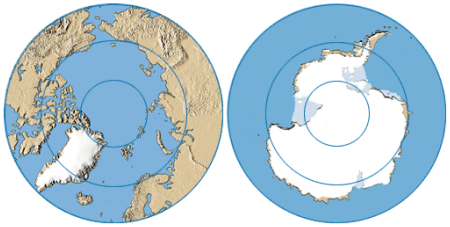
GLACIARES DE CASQUETE y MESETA

1. **Domos y Campos de Hielo**
2. **Glaciares de Meseta**
3. **Coberteras de hielo, Inlandsis o Casquetes Polares y Glaciares de Plataforma**



Coberteras de hielo, inlandsis o casquetes polares (Ice Sheet)

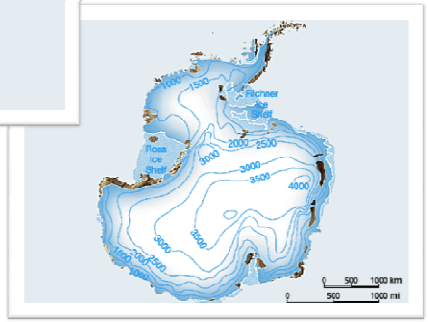
- ✓ **Extensiones superiores a los 50.000 km2**
- ✓ **No confinados**



Greenland **Antarctica**

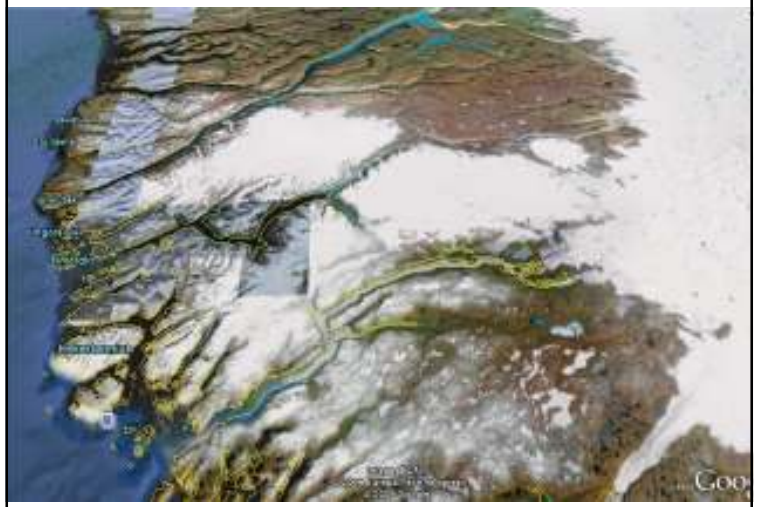
Groenlandia

Antártida



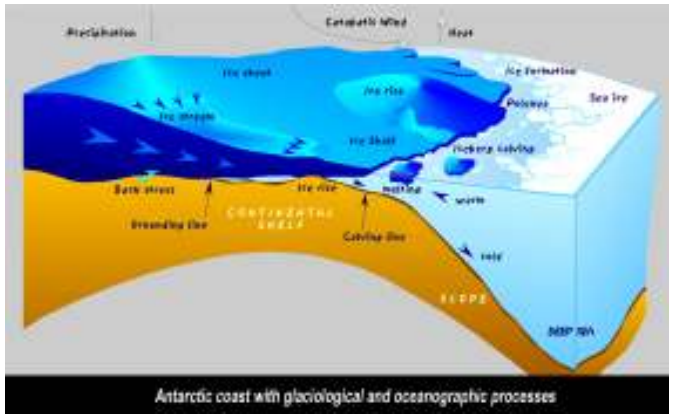
Campos de hielo (Ice Field)

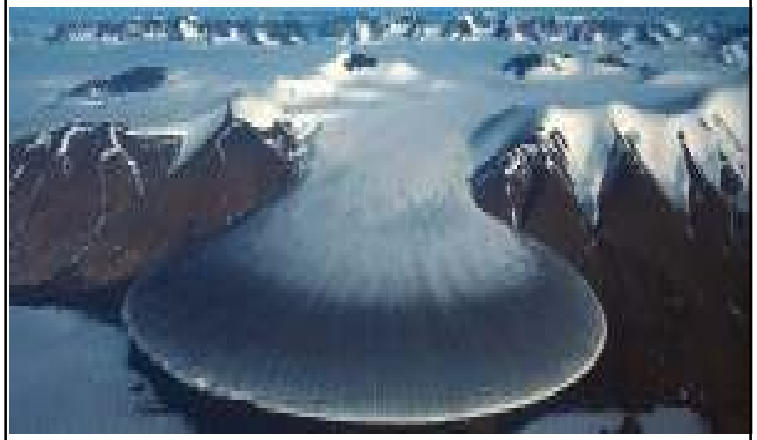
Domos de hielo (Ice dome)



De los casquetes se "derraman" **Glaciares de Outlet** (un tipo de glaciares de valle de salida o escape)

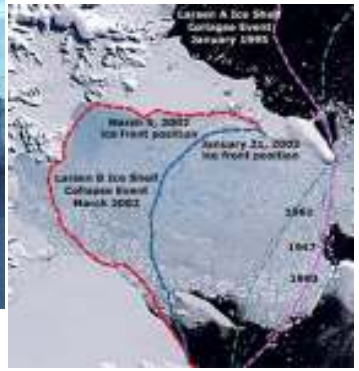
Glaciares de plataforma (Ice Shelf)

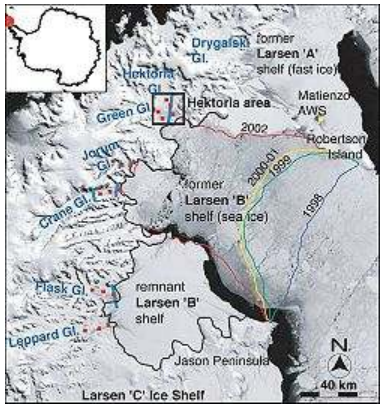


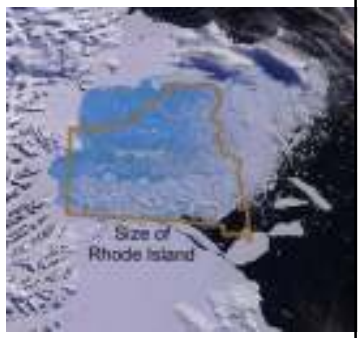


Glaciar de plataforma

Glaciares de plataforma







Glaciar de meseta (Ice Cap)

Subtipo del de Casquete, dimensiones muy inferiores a los 50.000 km2, fisonomía cupuliforme

Glaciar de meseta

Vatnajokull (Islandia)

El Casquete de Hielo (Glaciar de meseta) del Vatnajökull con algunos de sus glaciares outlet (Fjallsjökull y Breiðamerkurjökull).

Un Nunatak emerge del glaciar Breiðamerkurjökull.

GLACIARES DE MONTAÑA

1. De Valle o alpino 2. De Circo 3. De Ladera 4. De Piedemonte 5. Montera

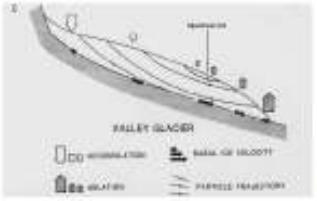
Glaciar de valle o Alpino

Glaciar de piedemonte

Glaciar de circo

Glaciar de ladera

Balance glaciar: **desplazamientos de la línea de equilibrio acumulación vs. fusión**



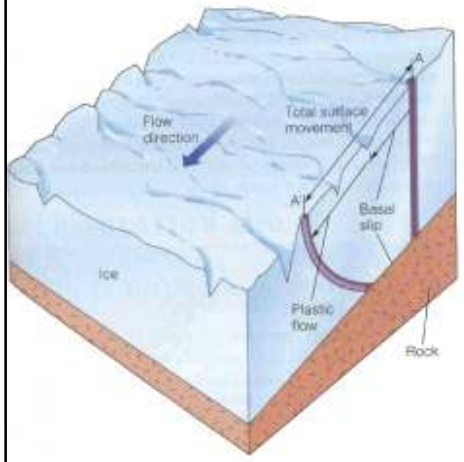
Posición de la línea de equilibrio / del frente del glaciar

Vel. de desplaz. = tasa de ablación	→	Estable
Vel. de desplaz. > tasa de ablación	→	L.E. desciende en cota / frente avanza
Vel. de desplaz. < tasa de ablación	→	L.E. asciende en cota / frente retrocede

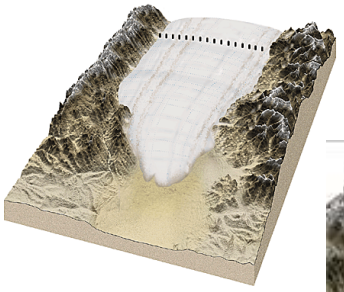
Balance glaciar **desplazamientos de la línea de equilibrio acumulación vs. fusión**

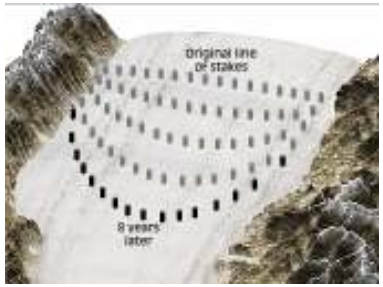
La línea de nieve permanente o límite de nieves perpetuas (snow line)

Movimiento del glaciar

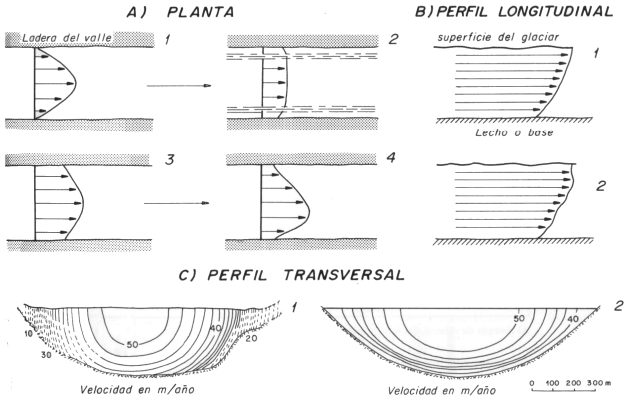


Parte de un glaciar mostrando movimiento por combinación de flujo plástico y deslizamiento basal.
El flujo plástico involucra deformación en el hielo, mientras que en el deslizamiento basal se "desliza" sobre la superficie subyacente.

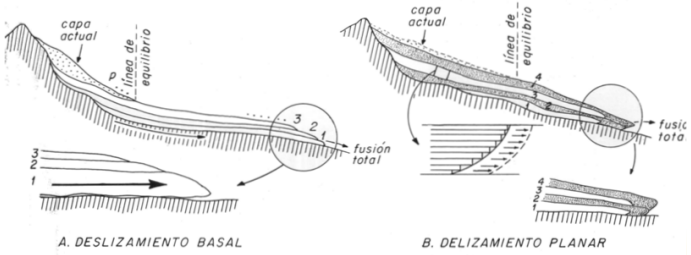




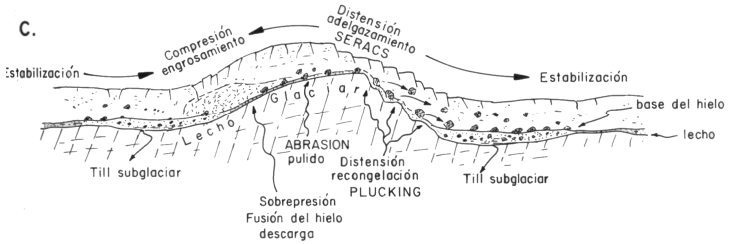
Movimiento del glaciar



Movimiento del glaciar



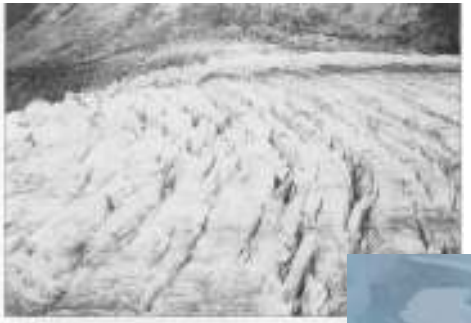
Movimiento del glaciar

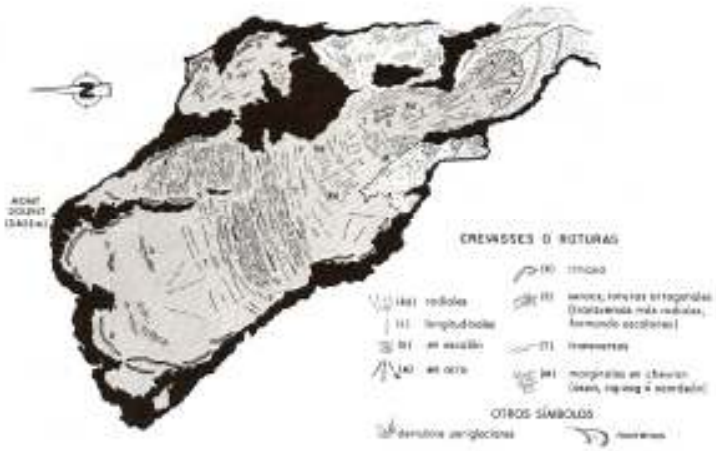


Crevasses

Figure 9.3
The La Perouse Glacier in Alaska. A very active glacier that spreads onto Icelandic when it emerges from a narrow valley. Crevasses are distinct, and annual dark bands (ogives) are clearly visible.

Crevasses





Seracs en el frente glaciar del fiordo de Qaleraliq (SW Groenlandia).

Cuando los sistemas de grietas (crevasses) se entrecruzan, la superficie del glaciar se convierte en una masa quebradiza de pináculos dentados denominados **Seracs**.

Rimaya

Es la grieta que separa el hielo de la roca en la parte superior de la cabecera del glaciar. El hielo se adhiere a la pared y el resto del glaciar avanza dando origen a estas rimayas. Se sitúan próximas a paredes muy escarpadas y se prolongan a veces cientos de metros. Con frecuencia, en vez de una única grieta se desarrolla un sistema de grietas.

GLACIAR	REGIÓN	VELOCIDAD (m/año)	COMENTARIOS
Lambert	Antártida Este	347	Forma parte del gran sistema de glaciares que drenan la Antártida (emisario)
Amery		1200	Glaciar de plataforma
Byrd		760	Glaciar de meseta, montañas Transantárticas (emisario)
Cobertera de hielo «Dronning Maud»		1 a 15	Masa de hielo no canalizada que forma parte de un gran *inlandsis*
Jakobshavn Isbrae	NO de Groenlandia	4700	Glaciar de *outlet*, el más rápido del mundo
White	Canadá (Isla Axel Heiberg)	40	Glaciar frío, de valle, con deslizamiento basal dominante
Aletsch (Grosser)	Alpes suizos	200	Parte más rápida del gran glaciar de valle Aletsch
Gries		40	Pequeño glaciar de valle
Saskatchewan	Montañas Rocosas (Canadá)	117	Glaciar de valle
Charles Rabots Bre	Okstindan (Noruega)	8	Pequeño glaciar de circo

A) Ejemplo de velocidades medias en la línea central de algunos glaciares.

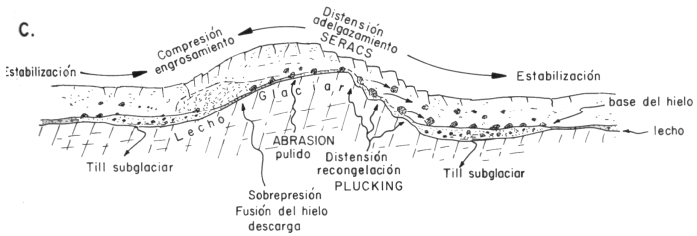
GLACIAR	REGIÓN	% DESLIZAMIENTO BASAL	ESPESOR DE HIELO en el punto medido (en metros)
Aletsch (Grosser)	Alpes suizos	50	137
Tuyuksu	F. Rusa	65	52
Salmon	Rocosas (Canadá)	45	495
Athabasca		75	322
Saskatchewan		20	555
Blue	Mtes. Olympic (EEUU)	90	26
Vesl Skautbreen	Noruega	9	50
Meserve	Victoria Land (Antártida)	0	80

B) Contribución del deslizamiento basal al desplazamiento total (medidas realizadas a través de túneles y mediante perforaciones).

Erosión glaciar

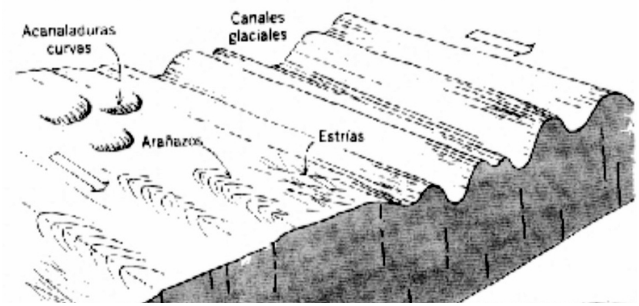
Acciones sobre el lecho rocoso

– Desgaste o abrasión
– El arranque



Formas de erosión glaciar

- Micro y mesoformas por abrasión



Pulidos

Formas erosionales

Diferentes escalas: Estrías y *surcos lineales: con longitud milimétrica a métrica, anchura centimétrica a decimétrica,* y profundidad centimétrica *(acanaladuras) o milimétrica (estrías de fricción).*

Fracturas crescénticas:

Huecos centimétricos limitados por una fractura de forma arqueada en planta.

Rocas aborregadas

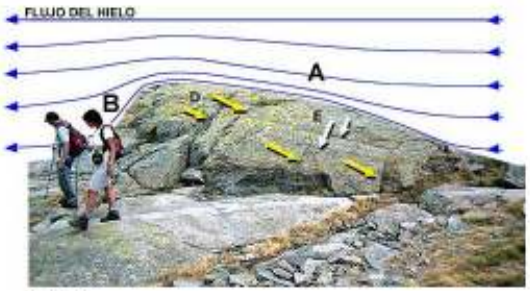
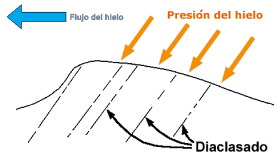
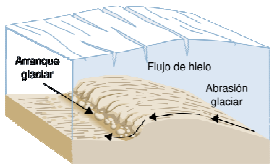


figura 1





Las **rocas aborregadas** suelen aparecer, generalmente en grupos, sobre sustratos de rocas cristalinas que estuvieron cubiertas por glaciares de casquete o en las zonas de los umbrales en glaciares de tipo alpino. El tamaño es muy variable, desde alrededor del metro hasta varios cientos.

Su génesis y forma asimétrica se explican como resultado de un mecanismo llamado *quarrying*:

- El empuje de la masa de hielo sobre la superficie de un resalte rocoso **(A)** provoca la fusión del hielo sometido a presión a la vez que la abrasión da lugar al pulido y las estrías en la dirección de flujo (**E**, señaladas con flechas blancas en la figura 1).
- El agua así formada migra a la zona **B**, donde el despegue de la lengua de hielo crea una zona de baja presión, y penetra en grietas y fisuras.
- Al decrecer la presión ese agua recristaliza y provoca la rotura de la roca por crioclastia en la zona **B** además de soldarla a la lengua de hielo, que tracciona arrancando fragmentos y dando así forma a esa superficie quebrada e irregular.

En muchos casos se ha podido constatar que también influye la fracturación previa de la roca, pues la orientación de los planos de diaclasas (**D**, señaladas con flechas amarillas en la figura 1) es paralelo a la cara abrupta de la roca aborregada y tienen la misma dirección que las fuerzas de empuje del hielo, como se esquematiza en la figura 2, facilitando la rotura según esos planos:

Las **rocas aborregadas** suelen aparecer, generalmente en grupos, sobre sustratos de rocas cristalinas que estuvieron cubiertas por glaciares de casquete o en las zonas de los umbrales en glaciares de tipo alpino. El tamaño es muy variable, desde alrededor del metro hasta varios cientos.
Su génesis y forma asimétrica se explican como resultado de un mecanismo llamado *quarrying*:
•El empuje de la masa de hielo sobre la superficie de un resalte rocoso **(A)** provoca la fusión del hielo sometido a presión a la vez que la abrasión da lugar al pulido y las estrías en la dirección de flujo (**E**, señaladas con flechas blancas en la figura 1).
•El agua así formada migra a la zona **B**, donde el despegue de la lengua de hielo crea una zona de baja presión, y penetra en grietas y fisuras.
•Al decrecer la presión ese agua recristaliza y provoca la rotura de la roca por crioclastia en la zona **B** además de soldarla a la lengua de hielo, que tracciona arrancando fragmentos y dando así forma a esa superficie quebrada e irregular.

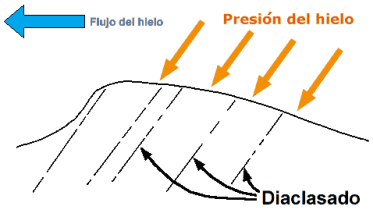


figura 1
En muchos casos se ha podido constatar que también influye la fracturación previa de la roca, pues la orientación de los planos de diaclasas (D, señaladas con flechas amarillas en la figura 1) es paralelo a la cara abrupta de la roca aborregada y tienen la misma dirección que las fuerzas de empuje del hielo, como se esquematiza en la figura 2, facilitando la rotura según esos planos:

figura 2

EROSION GLACIAR: FORMAS MAYORES

Circos,
Lagos Tarn
Lagos Pater Noster

Horns
Aristas

Valles en U
Valles colgantes
Fiordos

Circos glaciares

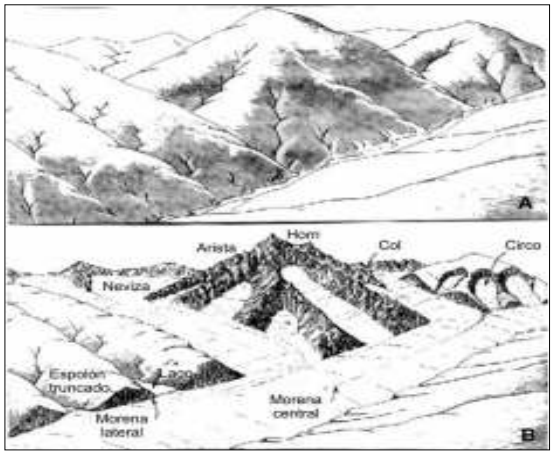
Circos glaciares

Lagos Tarn

Lagos Patter Noster

Corresponden a una serie de lagos glaciares conectados por una única corriente fluvial

Erosión



Arete o arista glaciaria

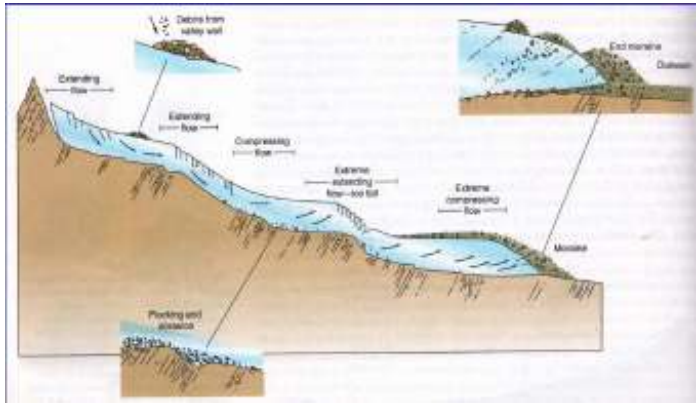
Horn

Matter Horn

Valles en U (U-shaped valley)

Fiordos (Fjords)

Transporte



Transporte detrítico

Transporte

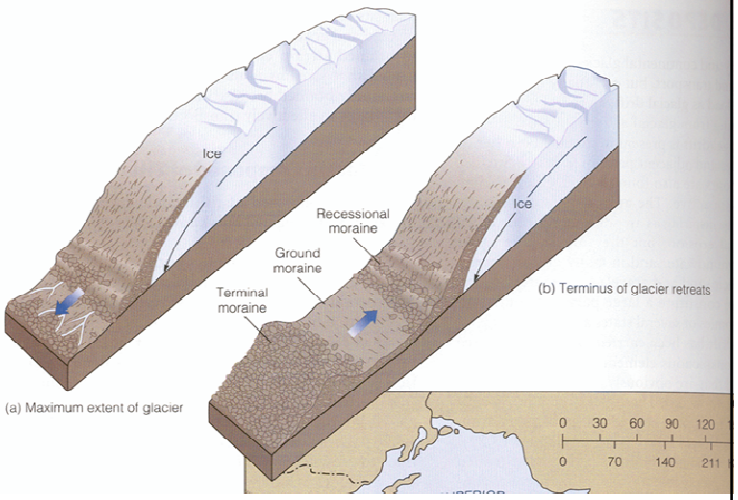
Sedimentación

En los derrubios transportados por un glaciar, la sedimentación es un abandono de la carga al fundir el hielo, al variar las tensiones de atrape, o cesar el empuje y arrastre (tracción). Tiene lugar según tres modalidades:

A. **Deformación:** estabilización de masas rocosas previamente arrancadas del sustrato al cesar aquellas tensiones de arrastre que producen su desplazamiento.

B. **Acreción:** acumulación de materiales que van cayendo al lecho desde la zona de transporte en suspensión; en estos casos, los depósitos muestran una estructuración incipiente, debida a sucesivas etapas de "apilamiento".

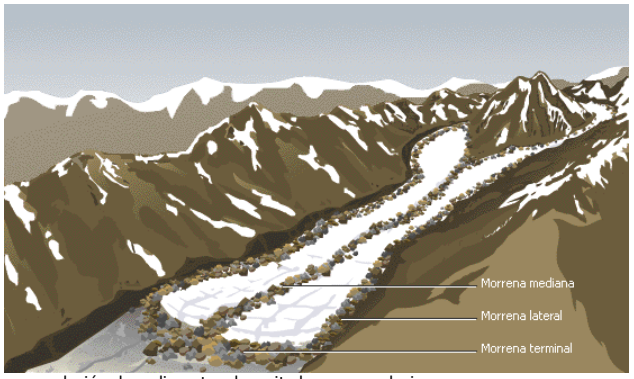
C. **Fusión:** Abandono masivo de los derrubios por un cambio de fase (fusión) en el hielo que los contenía. Este fenómeno puede implicar: o bien la desaparición del glaciar en esa zona (ablación), liberando toda la carga contenida (supra, en y subglaciar); o bien una pérdida parcial de hielo (fusión), coexistiendo hielo-agua de fusión y liberando únicamente los derrubios asimilados (básicamente suspendidos y a veces englobados).



Depósitos glaciares

- No estratificados: Diamicton, es decir, de pobre selección. Los principales son:
  - Morrenas.
  - Drumlin.
  - Bloques erráticos.
- Estratificados: En relación con el proceso de ablación de los hielos, donde el agua de fusión deja derrubios estratificados.
  - Depósitos Glaciofluviales: Sandur. Eskers.
  - Depósitos glaciolacustres: Lagos glaciares, Deltas, Varvas, Kames, Kettle

Morenas o Morrenas

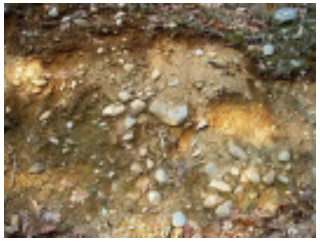


acumulación de sedimentos depositados por un glaciar

Morenas laterales y centrales

Morenas terminales, de retroceso y de fondo

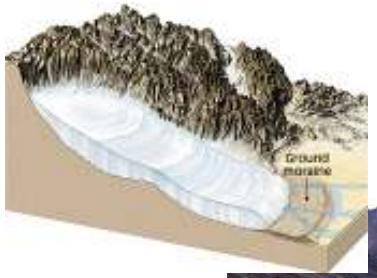
TILL: Material detrítico que constituye las morenas



Morenas terminales

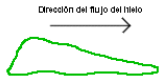
Morenas terminales

Morenas de fondo

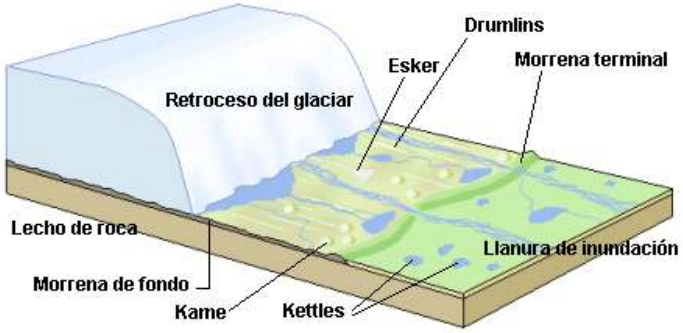


Drumlins

- Son colinas bajas, de forma dómica, alineadas con sus ejes mayores en forma paralela o subparalela, que se forman por debajo de hielo glacial en movimiento
- Compuestas principalmente por till.
- Su altura oscila entre 15 y 50 metros y pueden llegara medir hasta 1km de longitud.
- Tienen forma de cuchara invertida, alargada en la dirección del movimiento del hielo, con la pendiente más suave apuntando en la dirección hacia la cual el hielo se desplazaba.
- Están generalmente, asociados en grupos: "campos de drumlins".

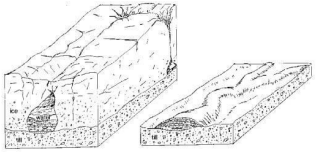


Procesos fluvioglaciares: acción de las aguas de fusión



Depósitos Estratificados Glacifluviales: *Esker*

Colinas alargadas por donde pasaron los ríos internos de un glaciar. Sinuosas crestas largas y estrechas compuestas fundamentalmente de arena y grava.



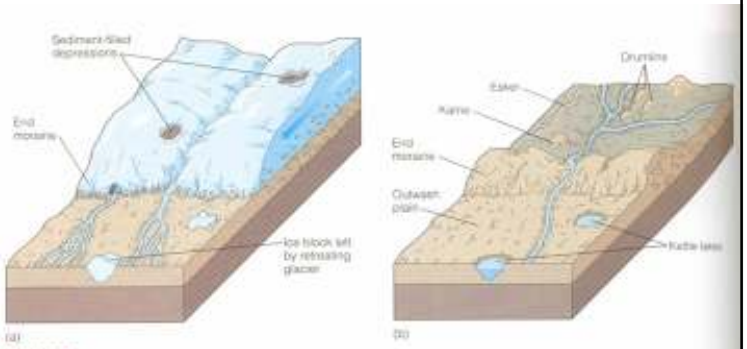
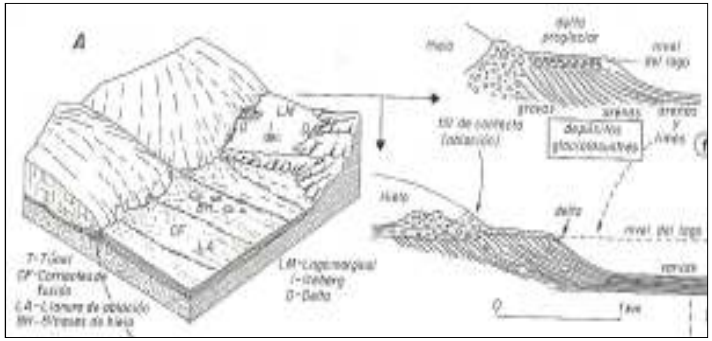


Figure 17.27
Two stages in the origin of kettles, kames, eskers, and outwash plains: (a) during glaciation and (b) after glaciation.

Depósitos Estratificados **Glacilacustres**



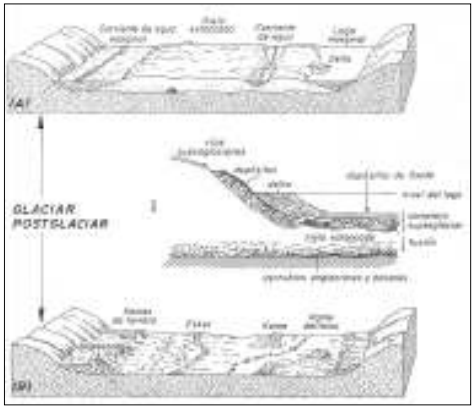
VI. Depositional Landforms

Depósitos Estratificados Glacilacustres: **Lagos glaciares**

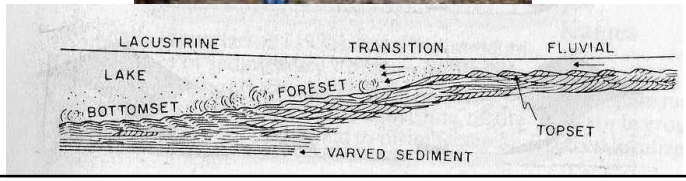
Lagos formados durante el retroceso de los glaciares debido a la fusión del hielo.
Permiten el desarrollo de deltas y varvas

Lago de obturación

Terrazas costeras del lago proglacial del Breiðamerkurjökull.



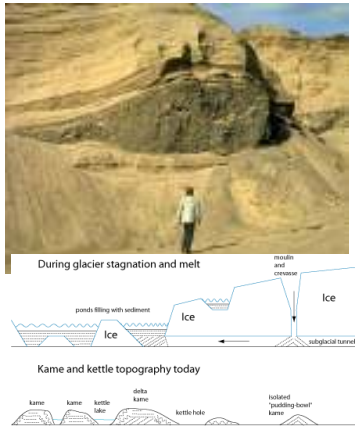
Depósitos Estratificados Glacilacustres: **Lagos glaciares**



Depósitos Estratificados Glacilacustres: **Varves**

Estratos muy f inos que se componen por una zona clara-gris que refleja típicamente el verano (depositación de sedimentos terrígenos) y una sección oscura (depositación de sedimentos orgánicos)-negra que representa típicamente el invierno.

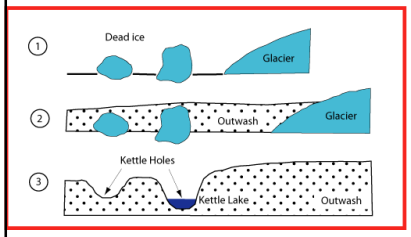
Depósitos Estratificados Glacilacustres: **Kames**



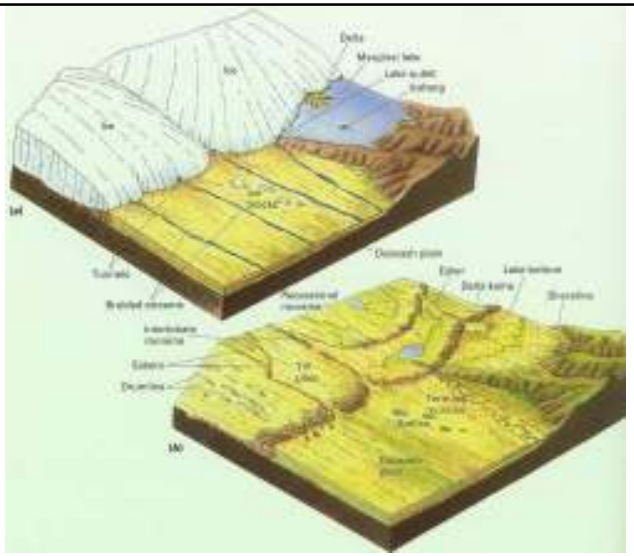
Colinas de laderas empinadas o montículos formados por grava y arena con estratificación moderada.
Estratificación cruzada y horizontal, pero varía mucho reflejando las variaciones en los regímenes de caudales.
Gradación lateral del grano hacia facies finas Parte externa sin estratificación ni selección

Depósitos Estratificados Glacilacustres: **Kettle**

Cuando los bloques de hielo que se derriten, dejan hoyos o depresiones que se llenan de agua para convertirse en tetera agujero lagos.
Pueden estar cubiertos pro sedimentos como till y turba

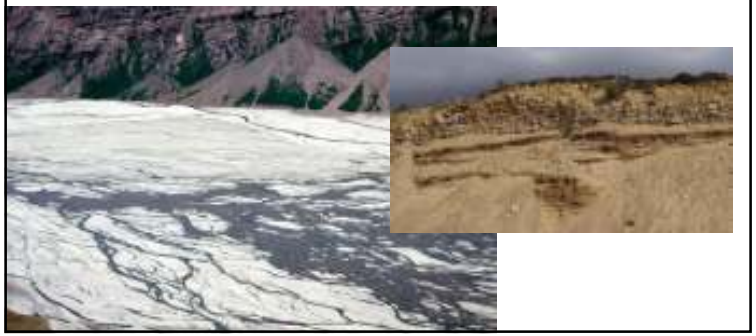


"Kettle lakes" en el sandur del glaciar Skaftafellsjökull.



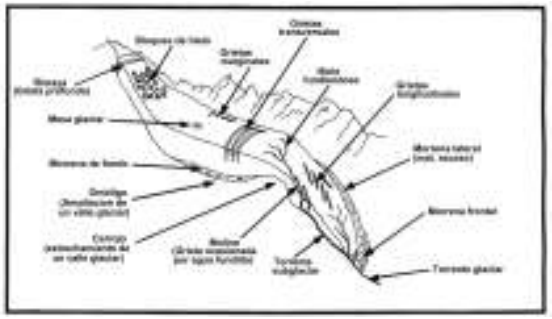
Depósitos Estratificados Glaciofluviales.

- Sandur: planicie formada por sedimentos fluviales finos provenientes de la fusión de glaciares en la porción superior
  - Mejor selección a glaciares y peor respecto a ríos
  - Disminución del tamaño de grano y aumento del redondeamiento a medida que se aleja la fuente
  - Distribución no es homogénea.
  - Estratificación horizontal alternada con cruzada



Depósitos No Estratificados

- Bloques erráticos: Grandes bloques aislados, que fueron trasportados por el hielo e indican alcances de los glaciares



FIN