

NIEVE, HIELO Y GLACIARES (II)

Hugo Delgado Granados*

En 1948, H.W. Ahlman sugirió varios métodos para la clasificación de las masas de hielo. Dio una clasificación morfológica basada en el tamaño y forma del hielo, una clasificación dinámica basada en tres grados de actividad del hielo y finalmente una clasificación térmica. Estos tres tipos de clasificación toman en cuenta la actividad geomorfológica del hielo en movimiento sobre el relieve.

1) Clasificación térmica. La temperatura de una masa de hielo juega un papel importante en la actividad morfológica.

a) Glaciares templados: Están a una presión correspondiente al punto de fusión del hielo a través de todo su espesor, excepto en invierno, cuando la temperatura en sus capas más expuestas es temporalmente más fría. La característica más importante de este tipo de masas de hielo es que el agua de fusión puede estar presente en todas partes. El carácter templado del hielo puede ser identificado con frecuencia, aunque no se puedan hacer mediciones de temperatura, por el hecho de que el agua de fusión surge por debajo de los bordes del glaciar. Este tipo de glaciares, debido a que el agua de fusión puede existir encima de ellos, fluye con facilidad, porque el hielo se puede deslizar mejor sobre el fondo rocoso mojado, por ello se pueden mover más rápido que el otro tipo y la erosión activa del hielo es probablemente mayor. Otra característica de los glaciares templados y que se puede aplicar más estrictamente a los glaciares intertropicales, se mencionó en la nota precedente (Delgado, 1985): una congestificación más rápida. En estos glaciares la fusión en la época de ablación se da tanto en la zona de acumulación como en la de ablación. Los glaciares mexicanos actuales, se pueden considerar de este último tipo.

b) Glaciares fríos o polares: Ahlmann sub-

dividió a éstos en dos tipos: el subpolar y el polar alto o verdadero. La diferencia entre los dos radica fundamentalmente en las características de la congesta. En el tipo subpolar el material consiste de congesta cristalina a una profundidad de 10 a 20 m. En verano la superficie puede fundirse y el agua puede estar presente. En el tipo polar verdadero la temperatura de la congesta permanece muy por debajo del punto de congelación y aun durante el verano no hay fusión sobre la superficie de la zona de acumulación. En este tipo la congestificación es un proceso muy lento que tiene lugar a una profundidad de 75 m. Lorenzo (1964) clasificó a los glaciares mexicanos en esta categoría en base a la clasificación de Köppen (1948) para la parte superior de las montañas mexicanas y no se tomó en cuenta la actividad del glaciar ni sus temperaturas. Desde el punto de vista geomorfológico, una de las características más importantes de una capa de hielo es la ausencia de agua de fusión a profundidad en el hielo. Puede haber corrientes de agua fluyendo sobre una superficie de hielo que incluso pueden alcanzar grandes dimensiones durante la corta temporada de ablación. Además, en la base del glaciar, el hielo está muy por debajo del punto de fusión y está congelado, adherido al fondo rocoso sobre el cual descanza. Esto naturalmente afecta la trayectoria sobre la que se mueve, pareciendo probable que la masa de hielo en estas condiciones no pueda realizar una erosión tan grande como la de los templados.

2) Clasificación dinámica. La actividad de los glaciares está influenciada hasta cierto punto por características térmicas: un glaciar con base fría requiere un esfuerzo cortante mayor que un glaciar templado para inducir al movimiento. Por ello la actividad dinámica de un glaciar también está íntimamente asociada con su balance hídrico. La clasificación contempla tres tipos:

a) Activos: están normalmente alimentados

* Departamento de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, UNAM

por un aporte continuo de hielo desde una zona de acumulación que bien puede ser un circo o una plataforma. Algunos pueden ser alimentados por avalanchas por lo que se les puede llamar regenerados.

- b) Glaciares inactivos o pasivos: Se localizan donde el aporte de nieve que alimenta al glaciar es pequeño o las pendientes son suaves.
- c) Glaciares muertos: Lo cual significa inmóviles; Ahlmann sugiere que el hielo muerto es aquel que no recibe un aporte muy grande desde la zona de acumulación. Su movimiento ocurre la mayoría de las veces en zonas bajas donde el flujo inducido por factores de pendiente es muy pequeño. En México existen glaciares que representan los tres tipos de actividad.

3. Clasificación morfológica de glaciares y masas de hielo. Se base en el tamaño de las masas de hielo y las características de su ambiente. La latitud es un factor importante en la clasificación en relación con la distribución del área.

- a) Glaciar de nicho, flanqueado por paredo acantilado.
- b) Glaciar de circo.
- c) Glaciar de valle tipo alpino.
- d) Glaciar de valle tipo desembocadura.
- e) Glaciares transfluentes.
- f) Glaciar de piedemonte.
- g) Lenguas de glaciar flotantes y bancos de hielo.
- h) Capas de hielo de montaña.
- i) Capa Glaciar o capa de hielo.
- j) Capa de hielo continental.

a) Los glaciares de acantilado consisten de cuñas triangulares de hielo, frecuentemente con una superficie ligeramente convexa, que se encuentran en una oquedad somera con forma de embudo en la parte superior de la ladera de una montaña. Se desarrollan en pendientes de más de 42° y se oroginan como parches de nieve que

descansan entre la fuerte pendiente rocosa y el talud inferior.

b) El glaciar de circo es aquel que se encuentra en una verdadera cuenca rocosa, la cual es una característica de un circo

c) El glaciar de valle tipo alpino se forma cuando la línea de las nieves baja en elevación, entonces el hielo del circo puede moverse fuera de su cuenca valle abajo. Consiste de glaciares que tienen gran parte de su área a niveles bajos, siendo mayormente alimentados por avalanchas desde campos de nieve más altos.

d) Glaciar de valle tipo desembocadura. Es similar al anterior pero su alimentación proviene de zonas más altas que alcanzan a capas de hielo y no de circos individuales o series de cuencas de circo

e) Los glaciares transfluentes son aquellos que ocupan gran parte de un grupo de montaña desde donde los glaciares fluyen en diversas direcciones dentro de un sistema de valles radiales. En este caso los glaciares llenan casi totalmente un sistema de valles, fluyendo de las divisiones de los mismos formando brechas de transfluencia glacial y collados opuestos.

f) Los glaciares de piedemonte se forman cuando un glaciar de valle avanza para salir de las paredes de la montaña que los contiene hasta zonas más bajas topográficamente.

g) Las lenguas de hielo flotante están restringidas en el presente a las altas latitudes donde los glaciares pueden alcanzar el nivel del mar. La forma que adquiere la parte flotante del glaciar depende del relieve costero.

h) Las capas de hielo de montaña son áreas de acumulación desde donde los glaciares de desembocadura fluyen hacia niveles más bajos y generalmente descansan sobre la superficie de mesetas altas.

i) Los términos de capas glaciares o capas de hielo de tierras bajas se usan para describir las pequeñas masas de hielo que se desarrollan en niveles muy bajos sobre planicies en el ártico.

j) De las capas de hielo continental sólo existen en la actualidad dos ejemplos, la capa de hielo de Groenlandia y la del

Antártico. El tamaño de ésta es tal que altera todo el clima y la vida del hemisferio sur y representa el 87% del hielo del mundo y en la actualidad Groenlandia posee un 10% del total del área glaciada mundial.

Por las formas del relieve que se pueden observar en varias montañas mexicanas con altitud superior a los 3600 m.s.n.m., es posible inferir la existencia de glaciares, con algunas de las características mencionadas. Se conocen grandes valles glaciares al pie del Popocatepetl, el Iztaccíhuatl y el Pico de Orizaba, donde aún se ven glaciares, aunque más pequeños que aquellos que les precedieron y labraron los valles de Nexpayantla, Alcalican y otros en esas regiones (White, 1962). También se reconocen vestigios de glaciación correspondientes a glaciares de circo, de valle tipo alpino, transfluentes y capas de hielo de montaña en el Nevado de Toluca, el Ajusco y el Nevado de Colima y existe la posibilidad de que varias altas montañas del norte de México hayan sido afectadas por glaciares hace algunos miles de años.

El problema con estas clasificaciones es que los glaciares tropicales, como es el caso de los mexicanos, no encajan en ninguna de las categorías descritas en la clasificación morfológica anterior, por lo que su ubicación en este marco no es posible.

Vale la pena mencionar que juntos los hielos pertenecientes a la Antártica y a Groenlandia representan el 97% del volumen de hielo que existe en el globo actualmente, correspondiendo el por ciento restante a las masas de hielo clasificadas en los otros nueve puntos, los cuales se encuentran distribuidos en el resto del mundo en los Alpes, los Himalaya, El Cáucaso, los Andes, las Rocallosas, etc. Un porcentaje muy reducido pertenece a los glaciares tropicales, que son escasos, siendo ésta una razón muy importante para la realización de estudios sobre sus características.

Un glaciar posee movimiento y el estudio de éste es altamente relevante para poder comprender el origen de muchas formas del relieve que resultan de la erosión y depósito glacial tales como valles escalonados, cuencas rocosas, circos y drumlins. El movimiento de los glaciares sufre variaciones de velocidad con respecto al

tiempo, las cuales pueden ser estacionales o variaciones de intervalo corto. Las primeras se dividen en algunos glaciares en los cuales el movimiento es más rápido en la zona de ablación en el verano que en el invierno y las segundas corresponden a variaciones de flujo en periodos de horas, días o semanas. La velocidad del interior de un glaciar se puede medir solamente haciendo túneles o pozos (o en casos excepcionales utilizando túneles de corrientes subglaciales). De estas mediciones sabe que el movimiento posee dos componentes: deformación interna y deslizamiento basal. El movimiento de un glaciar generalmente va asociado a algunos rasgos como los siguientes:

Grietas. Las cuales se pueden considerar de 4 tipos (Embleton y King, 1968):

- a) Grietas en chevron, que se forman en las zonas marginales las más viejas pueden girar como se muestra en la Fig. 1).

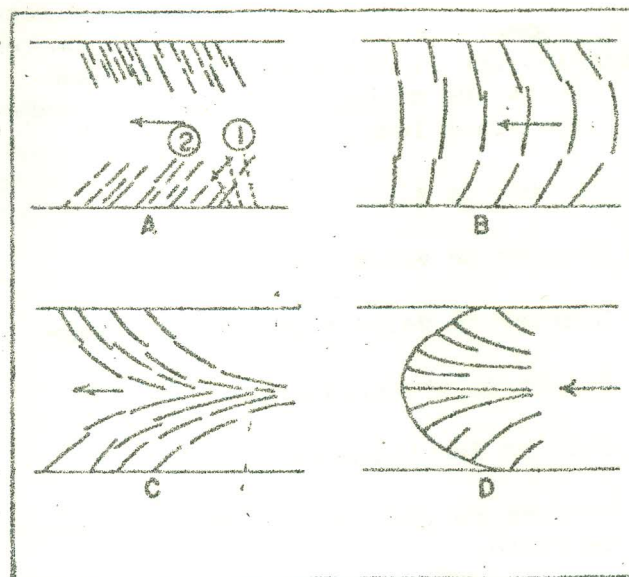


FIGURA 1. Ejemplos de algunos patrones comunes de grietas.

- a) marginal (1-grietas antiguas rotas, 2-grietas nuevas).
- b) Transversales.
- c) Divergentes.
- d) Radiales.

El hielo se mueve de derecha a izquierda (Sharp, 1960, en Embleton y King, 1968).

- b) Grietas transversales, en un glaciar convexo hacia arriba.
- c) Grietas divergentes. Comienzan longitudinalmente y cerca de los lados a 45°.
- d) Grietas radiales, características de la trompa de un glaciar.

Las grietas tienen un gran significado geológico, pues al viajar hacia la zona de ablación, incrementan ésta debido al aumento de área expuesta y promueve la separación de bloques en la zona terminal.

Foliación. Es el término usado generalmente para las capas secundarias de glaciares producidas por deformación, se distinguen de la estratificación primaria de origen sedimentario heredado de la congesta. Puede ser de uno a más metros de espesor y son identificados no por las inclusiones de material fino como en las capas sedimentarias sino que se diferencian por el tipo de hielo, especialmente entre hielo blanco con burbujas y hielo azul claro. La foliación es más intensa cerca de los afloramientos rocosos, debajo de las cascadas de hielo y donde fluyen diferentes corrientes de hielo, una cerca de la otra.

Ogivas. Estas bandas que cruzan el glaciar son de hielo blanco y oscuro alternados hacia abajo del glaciar debido al movimiento diferencial del hielo.

Existen algunas características comunes entre algunos tipos de glaciares. En el caso de glaciares de valle, cada uno posee una cabecera, márgenes laterales y una zona terminal; una capa de hielo glacial o continental tiene una área central en lugar de cabecera y una zona terminal o marginal; un glaciar de piedemonte tiene uno o varios tributarios y una zona terminal o marginal. Una característica común a todos ellos es la aparición de grietas en su superficie. Un tipo de grieta muy importante lo constituye, en el caso de los glaciares de valle, de circo y de acantilado, la rimaya o grieta maestra, la cual separa al glaciar de su cabecera.

El proceso de glaciación se refiere a la alteración producida sobre la superficie de la tierra por el hielo del glaciar que pasa sobre ella, siendo la desglaciación el proceso de descubrimiento de cualquier área debido a la decadencia de un glaciar o capa de hielo.

Las evidencias de la glaciación las constituyen:

1. Montículos de rocas con surcos, rasguños y pulidas.
2. Peñascos y otros fragmentos de roca extraños a la localidad de ocurrencia.
3. Depósitos que consisten de fragmentos de roca de todos tamaños desde el tamaño de peñasco hasta partículas de arcilla sin clasificación ni estratificación.

El estudio de los glaciares puede hacerse desde varios puntos de vista, incluidos básicamente en dos campos: la geología glacial y la glaciología. En la primera se estudian los rasgos que resultan de la erosión glacial y la depositación. En la segunda se estudia la física, la forma y los regímenes de los glaciares.

En nuestro país ambos campos se encuentran en total abandono debido a la aparente falta de interés económico que representa su estudio. No obstante, es importante volver la vista hacia los glaciares que aún existen en nuestras montañas y que se resisten a morir. Su relación con el clima y la ecología en áreas tan importantes como los valles de México y de Puebla reviste un interés bastante grande ya que en la época de estiaje los manantiales son alimentados en una proporción aún desconocida por el agua producto de la fusión del hielo. El impacto producido por las grandes urbes (ciudades de México y Puebla) sobre su precaria estabilidad, aunque no bien entendida, puede derivar en un desastre ecológico (en 20 años, se estima una pérdida de hielo de aproximadamente el 17%). Se puede uno preguntar ¿Cómo sería el clima, en el valle de México, sin los glaciares? ¿Se tornaría más árido y caliente? ¿Realmente son importantes para el equilibrio ecológico? ¿Como serían dañados los bosques vecinos (pulmones de la ciudad)?.

Tratando de mirar hacia el pasado, hurgando entre los vestigios de glaciación (morenas, valles glaciales, etc.) es posible conocer más acerca del fenómeno. El factor fundamenteal para el desarrollo de los glaciares en México es la altitud, por lo que aparentemente el campo de estudio promete ser vasto. Como la glaciación en el centro del país ocurre en una región

volcánica y en forma sincrónica al volcanismo, la reconstrucción de la historia pleistocénica de esta región se vuelve compleja e interesante. Por ello, el estudio de la geología glacial y la glaciología en México requiere del esfuerzo conjunto de varios especialistas (geofísicos, geólogos, geomorfólogos, climatólogos, etc.) que quieran descifrar los acertijos que plantea el clima frío en latitudes cálidas.

BIBLIOGRAFIA

AHLMANN, H.W., 1948. Glaciological Research on the North Atlantic Coasts, Royal Geog. Soc. Research Series, No. 5, Royal Geog. Soc. London 83 pp.

EMBLETON, C. y KING, C., 1968. Glacial and Periglacial Geomorphology, Edward Arnold (Publishers) Ltd. Great Britain, 608 p.

DELGADO-GRANADOS, H., 1985. Nieve, Hielo y Glaciares (I) GEOS Boletín época II, No. 1, pp.3-15.

KOEPPEN, W. VON, 1948. Climatología, Fondo de Cultura Económica, México, 478 pp.

LORENZO, J.L., 1964. los Glaciares de México, Monografías del Instituto de Geofísica, UNAM, No. 1, 2a. edición. 123pp.

WHITE, S.E., 1962. El Iztaccíhuatl: acontecimientos volcánicos y geomorfológicos en el lado oeste durante el Pleistoceno Superior, Investigaciones, No.6 INAH, México, 227 pp.

** ** *



GEOCAPSULA

ACTIVIDAD VOLCANICA Y CLIMA

M. Rampino y S. Self, vulcanólogos estadounidenses, publicaron recientemente en Science (Vol. 206) un reporte en el cual hacen notar la relación entre el incremento de erupciones volcánicas y los descensos en la temperatura promedio de la superficie terrestre. Si bien es cierto que no se acepta una correlación entre estos dos fenómenos por toda la comunidad, es interesante recordar que un naturalista mexicano, José María Arreola, presentó un trabajo en un congreso de meteorología del año de 1700 en el cual hace notar la relación entre variaciones de presión y temperatura atmosférica, y la actividad eruptiva del volcán de Colima. El informe, publicado en 1902, destaca la construcción de un modelo de laboratorio con objeto de analizar la relación entre estos fenómenos.