

OTROS GLACIARES...

LOS GLACIARES DE ISLANDIA

Icelandic Glaciers

Miguel Angel de Pablo (*)

RESUMEN

En la actualidad, en Islandia se encuentran algunos casquetes y lenguas glaciares, entre los que se encuentra Vatnajökull, la masa de hielo continental más grande de Europa, pero en el pasado toda la isla estaba cubierta por los hielos. La evolución de los glaciares, la situación en la que se encuentra en la actualidad y su importancia son mostrados en este trabajo. Además se comentan algunos de los problemas a los que se enfrentan en la actualidad así como los trabajos que se llevan para el estudio, control, y predicción y prevención de los riesgos geológicos asociados.

ABSTRACT

Nowadays, there are ice caps and glaciers in Iceland like Vatnajökull, the biggest continental ice cap of Europe. Nevertheless, in the past all the surface of this island was covered by the ice. The evolution of the glaciers, their current situation, their different kinds of interest, the present problems and some of the works for the study, control, prediction and prevention of geological risks are showed in this work.

Palabras clave: *Glaciar, Islandia.*

Keywords: *Glacier, Iceland.*

INTRODUCCIÓN

Islandia es considerada uno de los paraísos de la vulcanología, no sólo por tratarse de una isla de origen volcánico, sino por ser la única parte emergida de la dorsal centro-atlántica por la que se separan las placas litosféricas de Eurasia y Norteamérica. Sin embargo, el interés geológico de Islandia no se encuentra únicamente en sus volcanes, sino que sus glaciares también atraen numerosos científicos (geólogos, glaciólogos, climatólogos,...) para estudiar sus características. La presencia de grandes masas de hielo ha sido muy frecuente en Islandia desde que las primeras coladas de lava emergieron hace unos 16 millones de años. Desde entonces, el descenso de las temperaturas debido a las glaciaciones ha permitido la formación de glaciares que llegaron a cubrir la totalidad de la isla dejando su huella en los relieves islandeses. En la actualidad aún se conservan glaciares en la superficie de ésta isla en forma de casquetes y lenguas glaciares. En este trabajo se muestra la evolución de los glaciares islandeses a lo largo de la historia geológica, su situación actual, la importancia de éstos glaciares, los problemas en los que se encuentran, y cuales son algunos de los trabajos científicos que se desarrollan para su estudio.

LOS GLACIARES EN EL PASADO

Aunque Islandia comenzó a crecer desde el fondo oceánico hace 25 millones de años, los materiales emergidos más antiguos datados tienen tan sólo 16 millones de años. Durante esta corta historia geológica, Islandia ha estado cubierta por grandes masas de hielo de forma repetida. Esto fue posible, no sólo a la latitud a la que se encuentra Islandia (entre 63°15'N y 66°33'N, justo bajo el Circulo Polar Ártico), sino también a las distintas glaciaciones por las que ha pasado la Tierra y que afectaron de forma muy importante a estas regiones.

Hasta hace 3,3 millones de años, Islandia tuvo algunos glaciares en su superficie pero éstos no eran muy extensos debidos al clima cálido de aquel momento. Fue entre hace 3,3 y 0,7 millones de años cuando la extensión de los glaciares fue mucho más importante debido a la existencia de una era glacial. Durante este periodo de tiempo, Islandia llegó a estar completamente cubierta por un gran espesor de hielo, que en algunos lugares alcanzó los 2.000 metros. La altura mínima de los glaciares en el pasado se estableció a partir de la altura de las mesetas formadas por erupciones volcánicas subglaciares.

Desde hace 0,7 millones de años a la actualidad, aunque el clima ha sido mucho más cálido, también

(*) Área de Geología. Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos. 28933 Móstoles, Madrid. España. E-MAIL: miguelangel.depablo@urjc.es

se sucedieron cortas eras glaciares en las que los hielos volvieron a cubrir Islandia, aunque de forma menos importante. Desde el final del último periodo de glaciación hace unos 10.000 años, en Islandia han permanecido algunas masas de hielo en forma de glaciares (Fig. 1).

LOS GLACIARES EN LA ACTUALIDAD

En Islandia existen cuatro grandes glaciares y otros seis de menor tamaño (Fig. 1) que cubren el 11 por ciento de la superficie de la isla, unos 100.000 km². La situación y extensión de los glaciares islandeses están directamente relacionadas con la topografía y distribución de temperaturas y precipitaciones (Fig. 2). En aquellos lugares con elevadas precipitaciones y donde la altitud permite la existencia de bajas temperaturas durante el año, son los lugares donde se encuentran situados las grandes masas glaciares de Islandia.

El glaciar más importante de esta isla es Vatnajökull, que con 8.300 km² y unos 3.300 km³ es el mayor glaciar continental de Europa. El espesor del hielo sobrepasa los 600 metros de media, y alcanza más de 1.000 metros en algunos puntos. La línea de nieve (límite entre la zona de acumulación y de ablación del hielo) de éste glaciar se encuentra situada a una altitud de entre 1.000 y 1.100 metros en la zona sur, y de entre 1.300 y 1.400 metros en la zona norte. Estas diferencias se producen en función de las precipitaciones en las distintas zonas del glaciar (Fig. 2). Debido a que este glaciar se encuentra sobre la zona volcánicamente más activa de Islandia, ha sido el origen de numerosas inundaciones catastróficas (denominadas con el término islandés de jökulhlaup) ocurridas en la costa Sur y originadas por los deshielos provocados por la actividad geotérmica y volcánica.

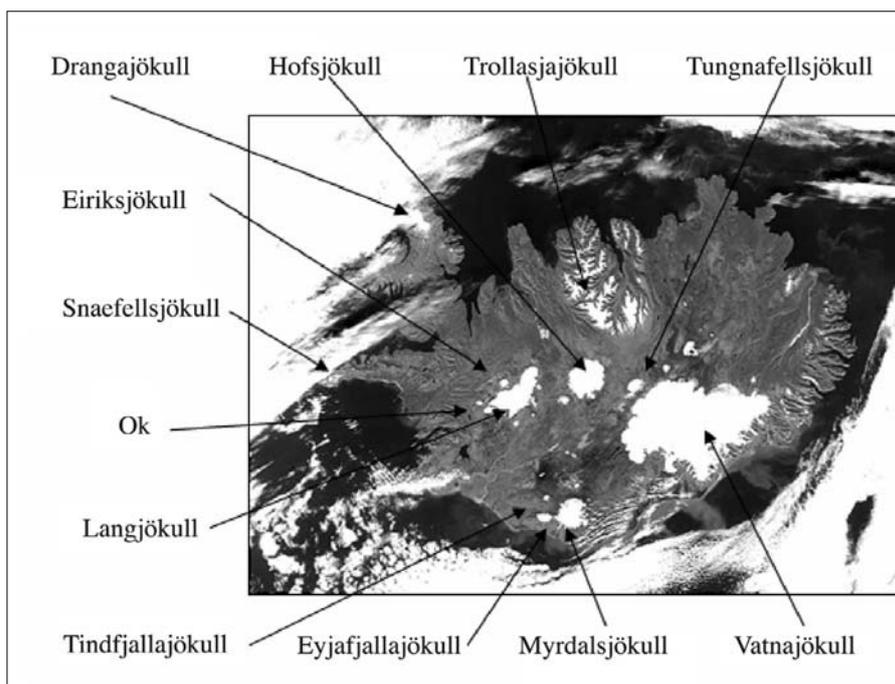
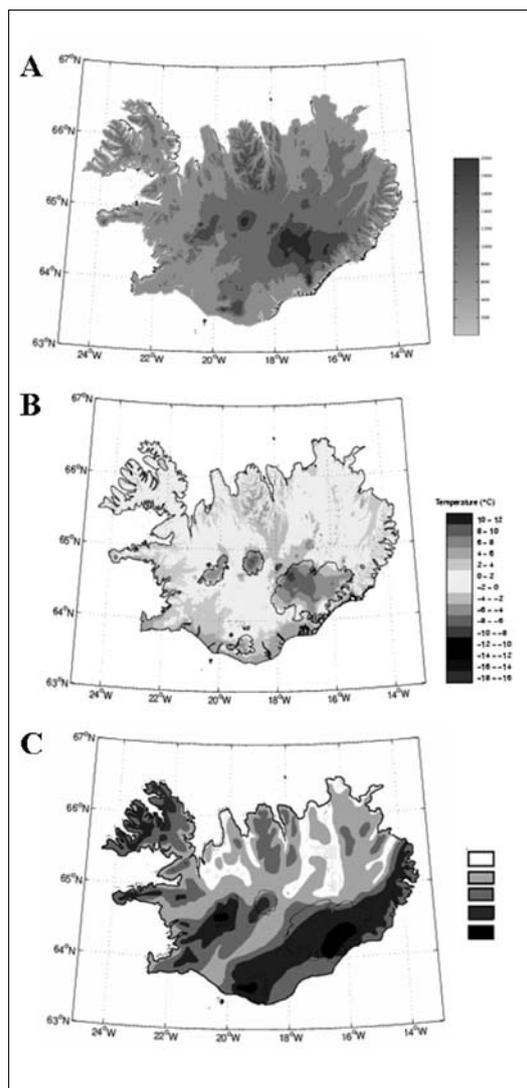


Fig. 2: La localización de los glaciares de Islandia es función de la altimetría (A) la temperatura media anual (B) y las precipitaciones medias anuales (C). Los colores oscuros indican mayor altitud, menor temperatura y mayores precipitaciones, respectivamente (Fuente: Vedurstofa Íslands).

Fig. 1: Imagen MODIS (JPL/NASA) de Islandia donde se observan algunos de sus glaciares.

Vatnajökull también se caracteriza por haber tenido numerosas oleadas glaciares. Estos procesos consisten en el avance de las lenguas glaciares de forma rápida debida a episodios esporádicos de mayor acumulación de nieve durante el invierno. Tal vez la mayor de las oleadas conocidas de Islandia tuvo lugar durante el invierno de 1963, cuando una lengua glaciar del Vatnajökull avanzó 8 kilómetros con una velocidad de desplazamiento de hasta 25 metros al día, cuando su velocidad media era de un metro al día. Muchas otras oleadas glaciares se han producido en algunas de las lenguas de hielo que descienden desde el Vatnajökull (Fig. 3).

Langjökull es el segundo glaciar en extensión de Islandia con 953 km², y cuya cima se encuentra a 1.360 metros de altitud. Situado en el centro oeste de Islandia, se encuentra cubriendo una extensa región volcánica cuya última erupción tuvo lugar en el año 928.

Hofsjökull está situado en el centro de Islandia. Con 925 km² de extensión, 200 km³ de volumen, y morfología redondeada se encuentra cubriendo un volcán, en cuya caldera se encuentra el mayor espesor de hielo de este glaciar: 800 metros. Los nunataks (cimas montañosas que asoman entre los hielos de los casquetes glaciares) que se observan en él se corresponden con los bordes de la caldera volcánica. Aunque el glaciar es de tipo casquete, al sur de él se encuentran numerosos glaciares clasificados como glaciares de piedemonte (Fig. 4).

Myrdalsjökull tiene 596 km² de extensión, hasta 400 metros de espesor y un volumen aproximado de 380 km³, constituyéndose así como el cuarto glaciar más grande de Islandia. Se encuentra cubriendo un volcán de 1.450 metros de altitud coronado por una gran caldera de explosión. Este volcán es el segundo

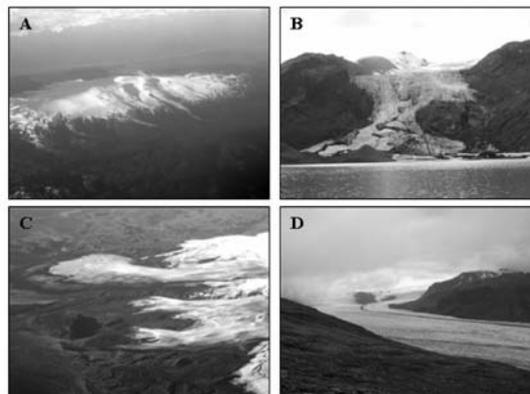


Fig. 4: Ejemplos de algunos tipos de glaciares de Islandia: casquete glaciar (A), glaciar de cascada (B), glaciar de piedemonte (C), y lengua glaciar (D).

más activo de Islandia y del que se conocen más de 20 erupciones históricas, generalmente acompañadas de caudalosos lahares, flujos de barro y jökulhlaups.

De entre los glaciares de menor extensión cabe destacar el glaciar Snæfellsjökull, el glaciar más occidental de Islandia, que cubre un estratovolcán inactivo que tuvo erupciones durante más de 700.000 años. La cima de este volcán, una caldera de unos 3 kilómetros de diámetro a 1.446 metros de altitud, es el lugar en el que Julio Verne hace comenzar su Viaje al Centro de la Tierra. El glaciar Eyjafjallajökull se encuentra cubriendo áreas volcánicas actualmente inactivas. En los márgenes de este glaciar existen varias lenguas glaciares de tipo cascada, que también pueden verse en otros glaciares como el Vatnajökull. Otras pequeñas masas glaciares de Islandia son Tindsjallajökull, Tungnafelljökull, Ok, Eiríksjökull, Drangajökull o Trollasjökull (Fig. 1).

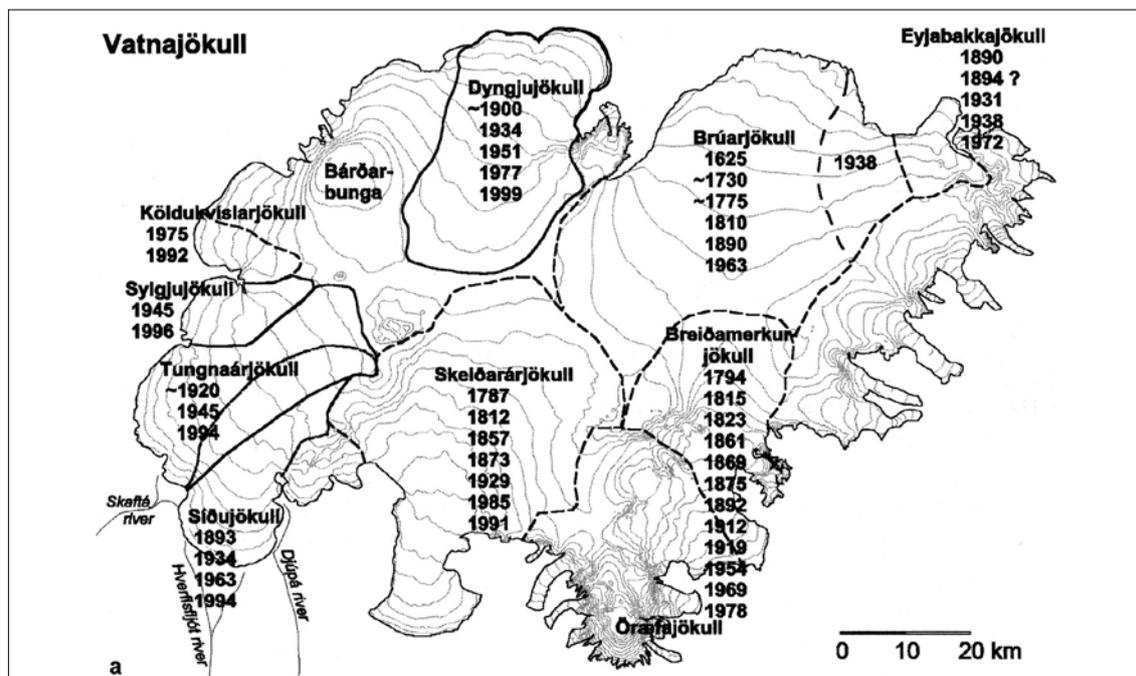


Fig. 3: Mapa topográfico del glaciar Vatnajökull en el que se muestran las fechas en las que se produjeron oleadas glaciares en las distintas áreas de esta masa de hielo (Björnsson et al., 2003).

LA IMPORTANCIA DE LOS GLACIARES

El estudio de los glaciares tiene una gran importancia en aspectos tan dispares como la economía, el clima o la biología. Científicamente, los glaciares islandeses son el objetivo de numerosos proyectos científicos. Las áreas circundantes a los glaciares son zonas con ecosistemas muy particulares que están siendo estudiados por equipos de biólogos. Los climatólogos realizan perforaciones en los hielos de los glaciares ya que éstos constituyen un registro de la historia climática de la isla y además son indicadores del posible cambio climático global en el que podría estar inmerso el planeta. Los glaciólogos estudian su dinámica debido a la accesibilidad de la mayoría de estos glaciares, y los geólogos estudian las interacciones entre los glaciares y los volcanes que se encuentran bajo ellos con el objetivo de prevenir y predecir algunos riesgos geológicos.

Por otra parte, los glaciares propiamente dichos son el almacén de grandes volúmenes de agua dulce que, podrían ser empleados para el consumo humano en caso de necesidad. El agua procedente de los glaciares se explota para la comercialización de agua embotellada y la generación de electricidad. Otro de los intereses económicos de estos glaciares son los relacionados con el turismo (para visitar la superficie del glaciar, los lagos situados en los frentes, o simplemente el entorno).

Pero los glaciares de Islandia también son importantes debidos a los riesgos geológicos derivados. El más importante de ellos es la formación de riadas glaciares (jökulhlaups) generados por la fusión de los hielos debido a la intensa actividad geotérmica y volcánica de la isla. Otros riesgos asociados con estas masas de hielo son las oleadas glaciares y las avalanchas. Aunque las primeras no implican grandes problemas, los jökulhlaups y avalanchas han generado en Islandia importantes pérdidas económicas y de vidas humanas. Como los glaciares islandeses no alcanzan la costa, no suponen un riesgo para la navegación debido a la generación de icebergs, aunque durante los meses cálidos se pueden encontrar muchos de ellos en los lagos situados en los frentes de algunas lenguas.

EL RETROCESO DE LOS GLACIARES

El principal problema al que se enfrentan los glaciares islandeses es al retroceso de los hielos debidos el ascenso de las temperaturas medias locales. Se ha establecido que un incremento de 1° C en la temperatura de la zona puede suponer un ascenso de hasta 200 metros en la altitud de la línea de nieve. Todo esto implica que la cantidad de nieve acumulada es aproximadamente constante, pero el volumen de hielo que se funde cada año es mayor, reduciéndose el volumen de los hielos y el área cubierta por estos (Tabla 1).

En diversos puntos de Islandia es posible observar este retroceso a través de las morrenas frontales de algunos glaciares (Fig. 5). Al Oeste del Vatnajökull, se han observado distancias de hasta 300 metros entre las morrenas actuales y las dejadas por el glaciar hace unos años (Fig. 5). Por otra parte, en algunas lenguas de hielo que descienden desde el glaciar Myrdalsjökull se ha observado un retroceso del frente de 100 metros al año. De continuar a éste ritmo, estas lenguas glaciares pueden llegar a desaparecer en un par de décadas, y todos los glaciares islandeses en unos 500 años.

El retroceso de los glaciares implica una enorme pérdida de hielo. De hecho, esta pérdida es tan importante en el conjunto del glaciar Vatnajökull, que ya se han llegado a detectar levantamientos topográficos de varios decímetros. La pérdida de masa de hielo supone una reducción de peso sobre el terreno que, al verse liberado de esa presión, asciende. A su vez, la pérdida de masa tiene otras implicaciones, como la reducción de presión sobre las cámaras magmáticas situadas bajo los volcanes subglaciares. Esto puede suponer un incremento de la actividad volcánica en la zona y, por tanto la fusión de más hielo del glaciar, acelerándose así el proceso de fusión y pérdida de hielo de los glaciares islandeses. Si esto se produjese, se podría producir el ascenso del nivel del mar a escala global.

CONTROL Y SEGUIMIENTO

Con el fin de conocer la situación de los glaciares de forma anual y su posible evolución, se realizan expediciones a los glaciares para la toma de distintos tipos de datos. Un ejemplo de estas expedicio-

Glaciar	Área en 1958 (km ²)	Área en 2000 (km ²)	Diferencia (km ²)
Vatnajökull	8,538	8,160	-378
Langjökull	1,022	950	-72
Hofsjökull	966	925	-16
Mýrdalsjökull	701	590	-111
Drangajökull	199	160	-39
Eyjafjallajökull	107	77	-30
Tungnafellsjökull	50	48	-2
Pórisjökull	33	32	-1
Prándarjökull	27	22	-5
Tindfjallajökull	27	19	-8

Tabla 1: La diferencia de superficie cubierta por los glaciares en la segunda mitad del siglo XX muestra el importante retroceso de los glaciares de Islandia.

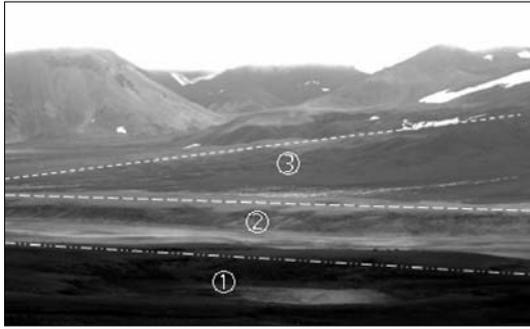


Fig. 5: Morrenas frontales de las lenguas glaciares que descenden desde Langjökull. La morrena más antigua (1) se encuentra a cientos de metros de la morrena más moderna (3), reflejando el retroceso de éste glaciar islandés.

nes es la denominada "Expedición Científica Grimsvötn 2005", realizada en Junio de ese año al glaciar Vatnajökull, y organizada por el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Islandia.

Durante dicha campaña se establecieron diversas estaciones GPS (Sistema de Posicionamiento Global), tanto fijas como temporales, para la medición de la altitud en distintos puntos de la superficie del glaciar (Fig. 6). Por otra parte se realizaron diversos, perfiles topográficos a lo largo del glaciar mediante sistemas GPS montados sobre motos de nieve. Estos perfiles serán comparados con los de campañas precedentes con el fin de conocer la evolución de la superficie del glaciar. Con este mismo fin, y con el de conocer la velocidad de flujo del glaciar, su dinámica y la evolución de la línea de nieve, se realizaron, también mediante GPS, mediciones de las coordenadas de marcadores situados en diversos puntos del glaciar en campañas anteriores. De esta forma se puede conocer la distancia recorrida por el marcador de un año a otro, y la dirección del desplazamiento.

Durante esta campaña también se recogieron los datos digitales de las estaciones meteorológicas situadas en el glaciar. Estas estaciones recogen distintos tipos de datos como temperatura, precipitación y dirección y velocidad del viento, o insolación y reflectividad, con el fin de conocer las condiciones ambientales en las que se encontró el glaciar durante el año. Esto facilita la elaboración de modelos predictivos de la evolución del glaciar.

Finalmente, se tomaron datos de georadar para establecer el espesor de los hielos y la profundidad del techo de la superficie rocosa bajo el glaciar con el fin de conocer la evolución de esta masa de hielo.

CONCLUSIONES

A lo largo de su corta historia geológica, Islandia ha estado cubierta por grandes extensiones de hielo. En la actualidad los hielos ocupan unos 100.000 km² dispuestos en distintos casquetes y lenguas glaciares de diversos tipos, cuyo interés científico, didáctico, y económico es elevado, aunque también son foco de diversos tipos de riesgos geológicos como avalanchas y riadas catastróficas. Los estudios



Fig. 6: Algunas de tareas de control del glaciar incluyen el establecimiento de bases GPS en el glaciar (A), la obtención de la topografía del glaciar mediante perfiles topográficos GPS (B), la obtención de datos de georadar (C), y la perforación de la capa superficial del hielo (D). (Fotografía A y B cortesía de Alexander H. Jarosch)

relacionados con la geomorfología glaciar, la evolución del clima (tanto local como global) y la prevención de riesgos geológicos son algunos de los más frecuentes realizados en estos glaciares, cuyo interés científico, didáctico y turístico está favorecido por su accesibilidad.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del *Department of Geophysics (Earth Sciences Institute, University of Iceland)* por las facilidades para la realización de una estancia de tres meses en Islandia durante la cual se estudiaron distintos aspectos relacionados con los glaciares de Islandia.

Este trabajo ha sido soportado por una beca para formación de Personal Investigador de la Comunidad de Madrid (España), así como por una beca para la realización de estancias breves en centros de investigación extranjeros del mismo organismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Benn D.I. and Evans, D.J.A. (1998). *Glaciers and Glaciation*, Arnold. London 734.
- Björnsson, H. (1992). *Jökulhlaups in Iceland: prediction, characteristics and simulation*. *Annals of Glaciology*, 16. 95-106.
- Björnsson, H. (2003). *Surges of glaciers in Iceland*. *Annals of Glaciology*, 36. 82-89.
- Einarsson, Th. (1994). *Geology of Iceland: Rocks and landscape*. Mál og Menning, Reykjavik. 309 p.
- Gudmundsson, M. T., Sigmundsson, F., and Björnsson, H. (1997). *Ice-volcano interaction of the 1996 Gjalp subglacial eruption, Vatnajökull, Iceland*. *Nature*, 389. 954-957.
- Hambrey, M. and Alean, J. (2004). *Glaciers*. Cambridge University Press, England. 376 p.
- Sigurdsson, O. (1998). *Glacier variations in Iceland 1930-1995*. *Jökull*, 45. 3-25.
- Thordarson, T. and Hoskuldsson, A. (2002). *Iceland (Classic Geology in Europe, 3)*. Terra Publishing, England. 200 p. ■