

CONTRIBUCIÓN DE LOS TESTIGOS DE HIELO POLARES AL CONOCIMIENTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Barrientos M. Alejandro

1 Introducción

Los testigos de hielo, se definen como una muestra cilíndrica de hielo, obtenida mediante la perforación de un glaciar (Green Facts, 2001) . Estos registros históricos, permiten analizar los cambios climáticos y concentraciones de elementos atmosféricos en determinadas épocas.

Desde finales de los 90', equipos multidisciplinarios de científicos están recuperando testigos de hielo desde regiones polares y de glaciares de clima templado, en un esfuerzo para comprender en base al pasado, qué puede ofrecer el futuro y como el cambio climático nos va a afectar.

2 Trabajos Realizados en la Antártica y el Ártico

Las primeras investigaciones en los polos para develar información en los testigos de hielo, aconteció ya hace 50 años aproximadamente (Vega, 2013). Estos testigos, han sido fundamentales para la reconstrucción climática del planeta, generando un conocimiento paleoclimático cercano a los 800.000 años con la exploración del “Domo C” en la Antártica y de 130.000 años en el “NEEM” Groenlandia (Fig.1).

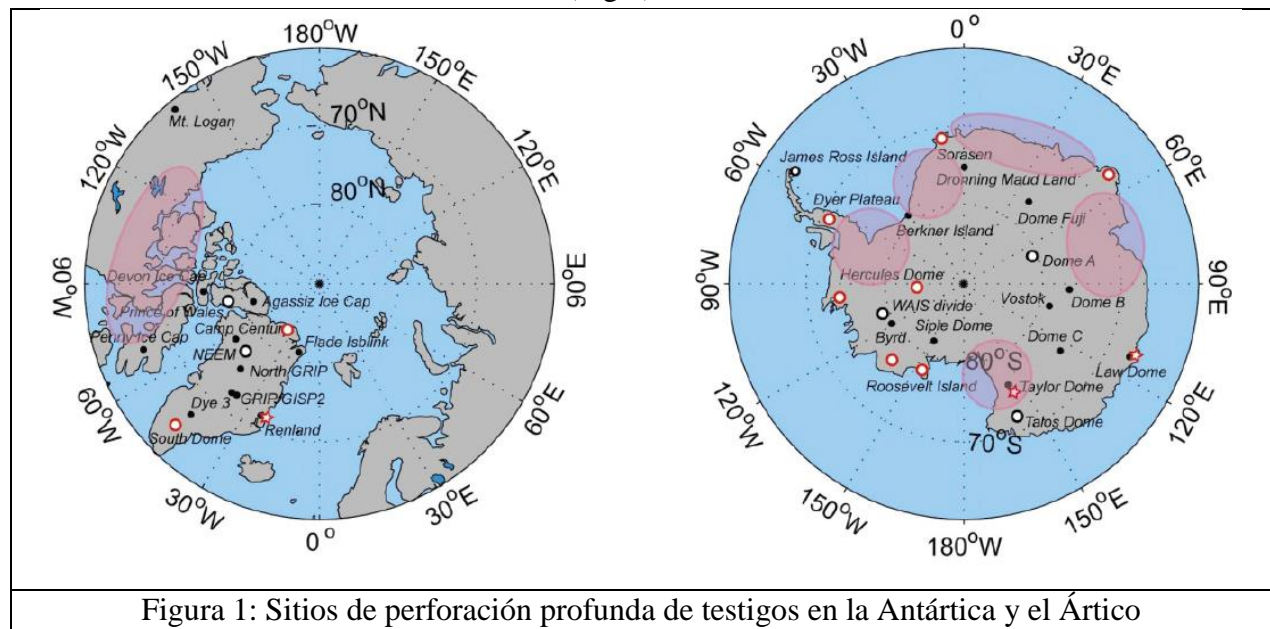


Figura 1: Sitios de perforación profunda de testigos en la Antártica y el Ártico

Fuente: (Jouzel, 2013)

2.1 Proyectos realizados en la Antártica, en la extracción de Testigos de Hielo

Se han realizado diversos proyectos de recuperación de testigos en diferentes puntos geográficos del continente antártico (I+DT info, 2004), de las estaciones científicas de Estados Unidos, Rusia, Japón, etc. Sin embargo, los testigos más antiguos que se hayan extraído, son de un esfuerzo en conjunto del programa EPICA (Proyecto Europeo de Núcleos Helados en la Antártida), situado en la Antártica Oriental (Fig. 2).



Figura 2: Principales proyectos de perforación glacial en la Antártica

Fuente: (I+DT info, 2004)

El proyecto EPICA, inicio actividades en 1995, con dos zonas de perforación. La estación Cúpula Concordia o Domo C (Fig. 3) que está situada a 123° Este $75^{\circ}06'$ Sur y la estación de Kohnen, ubicada en la Tierra de la Reina Maud, situada en $00^{\circ}04'$ Este y $75^{\circ}00'$ Sur.

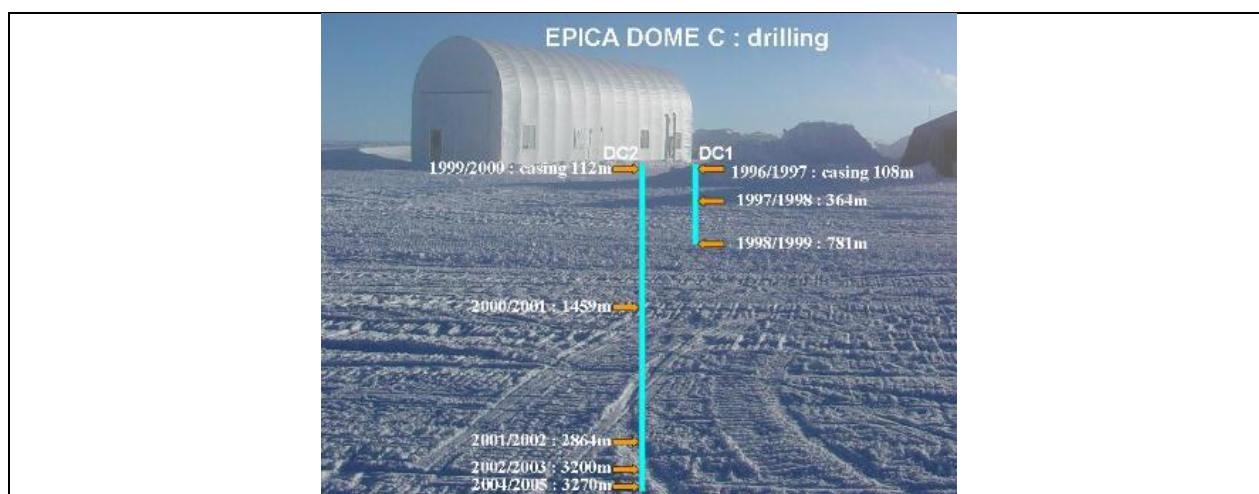


Figura 3: Domo C del proyecto EPICA

Fuente: (European Science Foundation)

2.2 Proyectos realizados en el Ártico, en la extracción de Testigos de Hielo

En el Ártico, Groenlandia es el principal lugar de interés para estudios de cambio climáticos a través de testigos de hielo. En donde, diversos científicos europeos desde 1989 trabajan en la cúspide del casquete glacial para poder capturar una mayor cantidad de datos en esta zona por su estabilidad respecto al desplazamiento hacia las costas.

En este contexto, el proyecto GRIP (Greenland Ice core Project) (Fig. 4) de origen Europeo, ha permitido a través de sucesivas operaciones, extraer testigos de hielo, logrando captar todo el espesor disponible del glaciar, con una profundidad de 3027 metros.

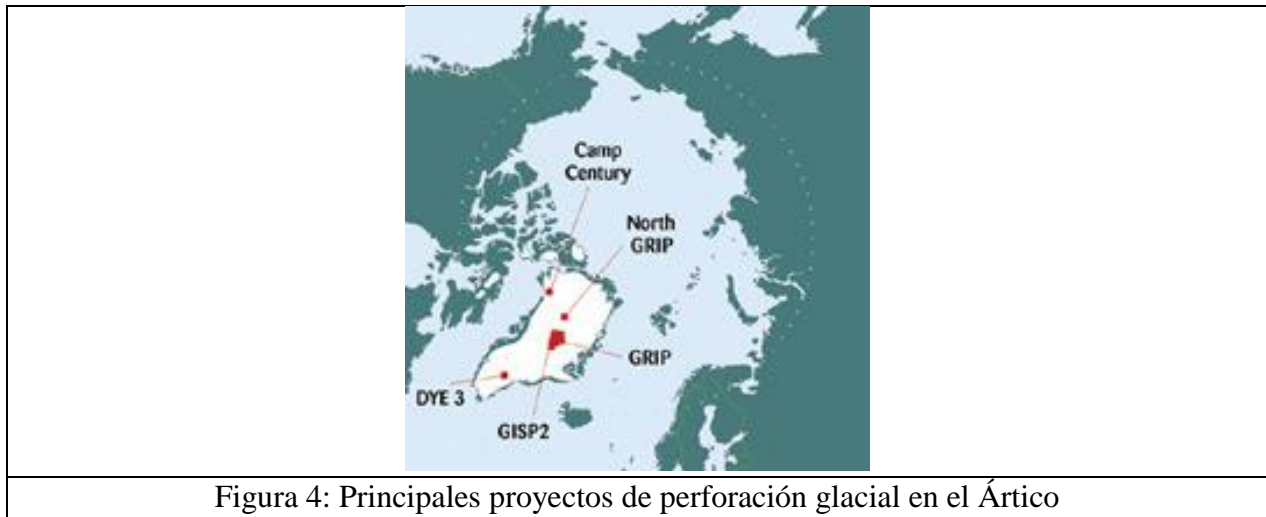


Figura 4: Principales proyectos de perforación glacial en el Ártico

Fuente: (I+DT info, 2004)

En el mismo año los científicos americanos, iniciaron una segunda perforación a 28 kilómetros al oeste de la estación Summit, utilizada por el proyecto europeo GRIP. El proyecto fue nombrado GISP2 (Greenland Ice Sheet Project Two). En donde las muestras de hielo obtenidas alcanzaron una profundidad de 3053 metros, los cuales fueron completados con la extracción de un testigo de sondeo de 1,55 metros de sustrato rocoso.

Pero la calidad de las muestras más profundas, y por ello también más antiguas, no era tan perfecta como esperaban los investigadores. Las perforaciones GRIP y GISP2 poseen una gran fiabilidad para el estudio del paleoclima con una resolución de 105.000 años.

Posterior a este proyecto, Dinamarca coordinada con los americanos y japoneses, el proyecto NGRIP (North Greenland Ice core Project). El Equipo de perforación se situó a 300 km al norte del GRIP y GISP2, comenzando sus actividades en julio del año 1996 y cerrando la estación el año 2004.

3 Información obtenida de los testigos

Los testigos de hielo son un registro histórico ambiental, con el cual se pueden determinar la composición de:

- Edad del Hielo - Capas
- Proporción de isótopos (por temperaturas)
- Las burbujas de aire (Contenido de gas en ATM)
- Contenido del Polvo (Viento)
- Contenido de sal (Viento)
- Contenido de Ácido Sulfúrico (Vulcanismo)

Las cuales son variables, que nos permite deducir y comprender los cambios climáticos que ha vivido el planeta tierra (Jouzel, 2013).

3.1 Análisis de los Testigos de Hielo

Cabe mencionar, que previo al análisis de los testigos y cortarlos en secciones, se deben almacenar durante 1 año en condiciones controladas, para que logre alcanzar el equilibrio en las nuevas condiciones de presión (Tabla 1) y los resultados puedan ser de una alta resolución (Alley, 2004).

El análisis propiamente tal de los testigos de hielo, puede ser realizada a través de los siguientes métodos:

- Observación de las Capas: Útil solamente para zonas superficiales.
- Cromatografía de Gases (GCIRMS): Técnica de extracción seca del aire atrapado en las burbujas del hielo.
- Espectroscopia de Masas de Plasma Inducida: Técnica para analizar presencia de metales pesados.
- Microscopios Electrónicos de barrido de baja temperatura (LTSEM): Técnica de análisis estructural de los cristales.
- Método de Conductividad Eléctrica (ECM): Analiza la estratigrafía que existió y responde a la acidez del hielo que varía dependiendo de la actividad volcánica de la época.

Los principales parámetros que se analizan para una reconstrucción paleoclimática, son:

Parámetro	Análisis
Paleotemperaturas	
Verano	Capas
Días de nevada anuales (?)	δD , $\delta^{18}O$
Humedad	Exceso de deuterio
Paleo-acumulación (neta)	Signos estacionales, ^{10}Be
Actividad volcánica	Conductividad, sales no marinas de SO_4^{2-}
Turbidez troposférica	Medida de la electroconductividad, contenido en micropartículas, elementos traza
Velocidad del viento	Tamaño de las partículas, concentración
Composición atmosférica: cambios naturales y antrópicos	Contenido en CO_2 , CH_4 , N_2O , glacioquímica
Circulación atmosférica	Glacioquímica (iones principales)
Actividad solar	^{10}Be

Tabla 1: Parámetros de análisis para reconstrucción paleoclimática

Fuente: (Bradley, 1999)

3.2 Proporciones de Isotopos en los Hielos

En la década de 1950, el científico Dansgaard realizó un descubrimiento que hoy permite descifrar la información de las condiciones climáticas gracias a las fluctuaciones de las relaciones de los isótopos estables del oxígeno, tales como la relación $^{18}O/^{16}O$ de los núcleos de hielo, la cual se probó de manera exitosa en el camp Century (Gavira, 2012).

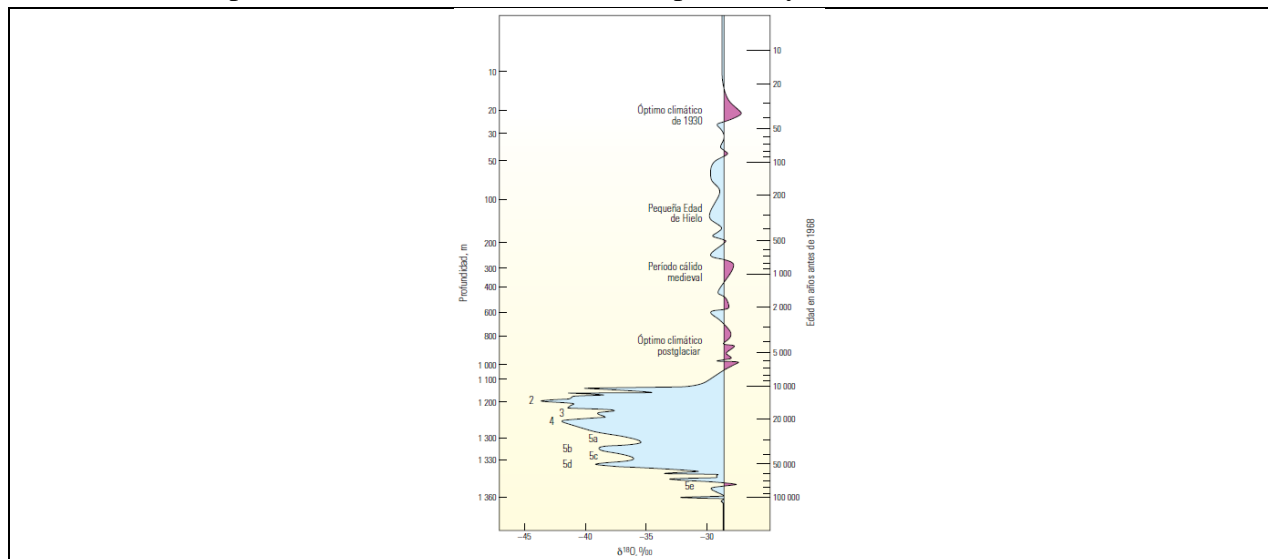


Gráfico 1: Análisis del Testigo de Hielo del Camp Century en 1966

Fuente: (Albert, 2014)

3.3 Contribución de los testigos polares en el estudio de los cambios climáticos en el Planeta

Los cambios antropogénicos han quedado demostrado en los últimos años debido al sostenido aumento de los gases invernaderos, dióxido de carbono y metano registrado en los testigos de hielo. En este contexto, de acuerdo al estudio realizado en el sector Vostok de la EAIS (Gráfico 2), muestra claramente la relación de la concentración de polvo, dióxido de carbono y temperatura en el alza o baja de temperatura a través del tiempo estimado de 400.000 años.

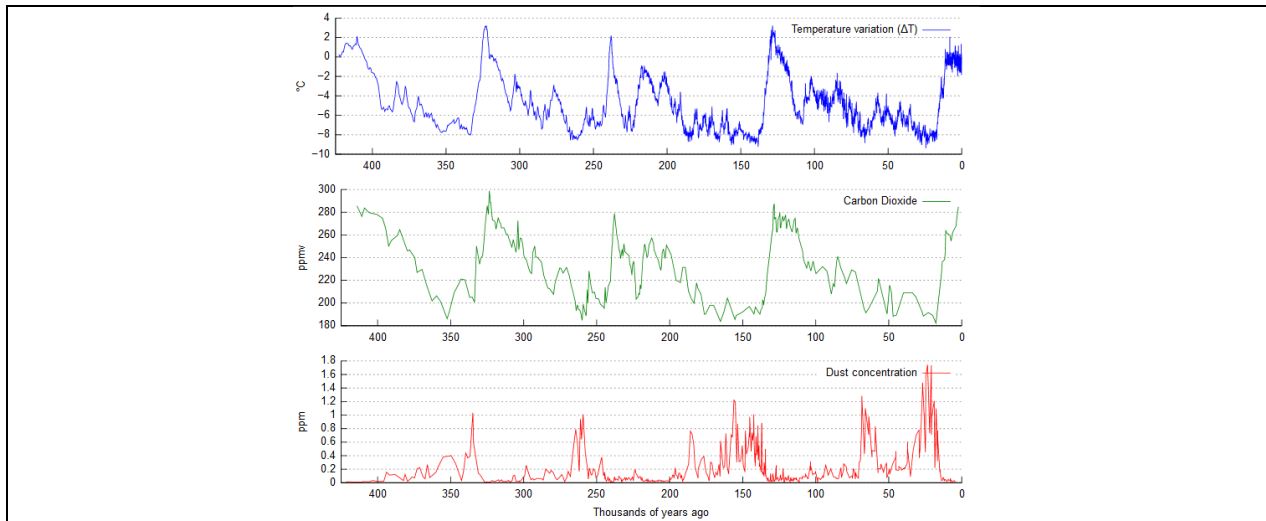


Gráfico 2: Gráfico de la temperatura reconstruida (azul), CO2 (verde), y el polvo (rojo) desde el núcleo de hielo de la base Vostok durante los últimos 420.000 años

Fuente: (Hondoh, 2000) & (NOAA, 2016)

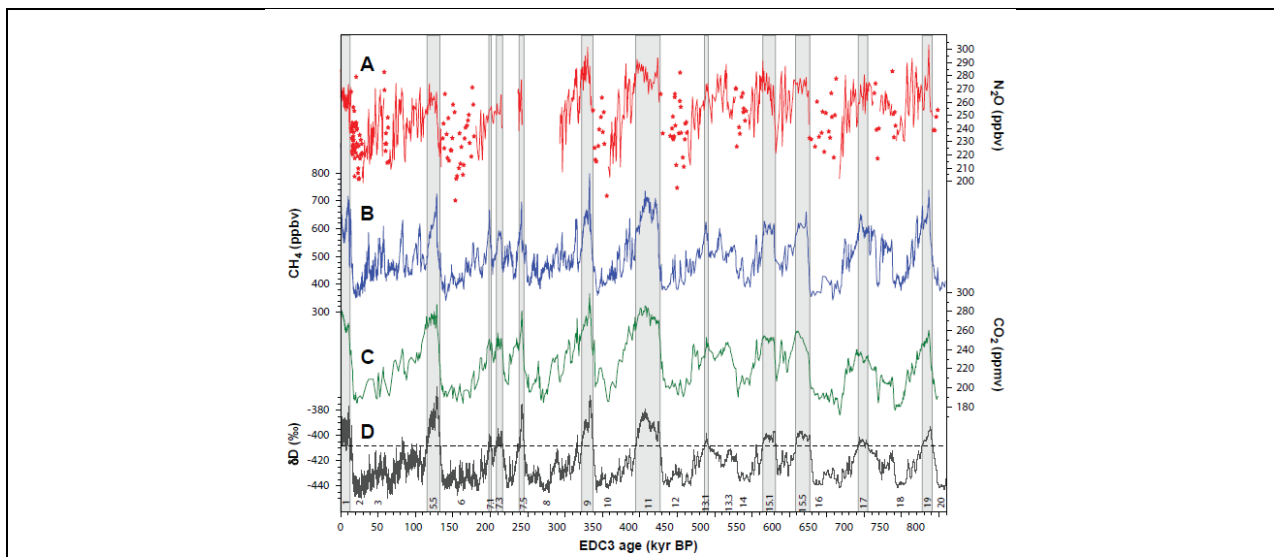


Gráfico 3: Gráfico de variaciones en concentraciones durante los últimos 800.000 años

Fuente: (Jouzel, 2013)

Los variaciones de los últimos 800.000 años, indican variaciones de la temperatura local que concuerda con el alza en las concentraciones de CO₂ y CH₄ y N₂O, los cuales presentan un secuencia cíclica, que se aprecia en 8 periodos.

4 Conclusiones

Los testigos de hielo polar son registros históricos, que permiten analizar los cambios climáticos, y las concentraciones de elementos atmosféricos de épocas pasadas.

Hasta el momento se conocen 800.000 años paleoclimáticos de nuestro planeta, en donde se ha podido confirmar que se han vivido 8 ciclos climáticos con alternancia de periodos glaciales y periodos más cálidos, denominados interglaciares, con un cambio drástico de dichos ciclos hace 420.000 años (Hondoh, 2000).

De acuerdo a la información recolectada de los testigos, el cambio climático está directamente relacionado principalmente con la concentración de Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Temperatura Promedio, polvo y gases invernaderos.

La correcta interpretación de esta información puede permitir modelar el clima del futuro del planeta.

5 Referencias

1. Albert, M. R. (2014). El pasado a través del hielo. *Oilfield Review*, 6-19.
2. Alley, R. B. (2004). Abrupt Climate Change. *Scientific American*, 64-69.
3. Antarctic Glaciers. (s.f.). *Antarctic ice core drill sites with depth and record duration, From the US ITASE project*. Recuperado el 2 de Mayo de 2016, de Antarctic Glaciers: <http://cdn.antarcticglaciers.org/wp-content/uploads/2013/10/fig6.jpg>
4. Bradley, R. (1999). *Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary*. Academic Press.
5. Davies, B. (9 de Enero de 2015). *Antarctic Glaciers*. Recuperado el 1 de Mayo de 2016, de Antarctic Glaciers: <http://www.antarcticglaciers.org/glaciers-and-climate/ice-cores/ice-core-basics/>
6. European Science Foundation. (s.f.). *European Science Foundation*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de European Science Foundation: <http://www.esf.org/index.php?id=855>
7. Gavira, J. M. (17 de Febrero de 2012). *Trip Enlace*. Recuperado el 1 de Mayo de 2016, de Trip Enlace: <http://triplenlace.com/2012/02/17/muestreo-y-analisis-quimico-de-hielo/>
8. Green Facts. (2001). *Green Facts*. Recuperado el 29 de Abril de 2016, de Green Facts: <http://www.greenfacts.org/es/glosario/tuv/testigo-de-hielo.htm>
9. Hondoh, T. (2000). *Physics of Ice Core Records*. Hokkaido: Hokkaido University Press.
10. I+DT info. (2004). *Revista de la Investigación Europea*. Recuperado el 30 de Abril de 2016, de https://ec.europa.eu/research/rtdinfo/special_pol/03/print_article_2597_es.html
11. Jouzel, J. (2013). *A brief History of Ice Core Science over the last 50 year*. Cedex: Climate of the Past.
12. NOAA. (2016). *Wikipedia*. Recuperado el 30 de 4 de 2016, de NOAA derivative work: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10684392>
13. Vega, C. (2013). Testigos de Hielo, reconstruyendo las condiciones atmosféricas y climáticas del pasado con miras al futuro: El caso de Svalbard. *Testigos de Hielo, reconstruyendo las condiciones atmosféricas y climáticas del pasado con miras al futuro: El caso de Svalbard*. Uppsala.