

SIMULACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DEL TAMAÑO DE GRANO A LO LARGO DE LA PROFUNDIDAD DE UN GLACIAR, USANDO EL MÉTODO MONTECARLO EN TRES DIMENSIONES

Carlos L. Di Prinzio^{1,2}, Esteban Druetta² y Olga B. Nasello²

¹CONICET (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología)

²FAMAF (Facultad de Matemática Astronomía y Física. Universidad Nacional de Córdoba)
Medina Allende y Haya de la Torre. Ciudad Universitaria (5000); carlosdiprinzio@gmail.com

Cuando se observa cómo varía la estructura cristalina de un glaciar con la profundidad, se observan cambios que normalmente son explicados con procesos de crecimiento de grano normal (CGN), crecimiento de grano frenado por impurezas (CGI), burbujas, recristalización y poligonización. Por ejemplo, en el núcleo del centro de Groenlandia (GRIP), los tamaños de grano de hielo aumentan como una función de la profundidad. Entre la superficie y una profundidad de 700 m se atribuye la variación a un crecimiento de grano normal y sinterización (proceso de creación de granos a partir de cristales de hielo) (Thorsteinsson *et al.* 1997). Por debajo de los 700 m, el tamaño de grano se mantiene constante debido a la recristalización dinámica (De la Chappelle *et al.* 1998). Después del límite Wisconsin – Holoceno, en la estratigrafía del hielo (1625 m), los granos se mantienen pequeños, debido a que en sus bordes se depositan micropartículas de silicato (Barnes *et al.* 2002, Weiss *et al.* 2002, Durand *et al.* 2006), las cuales frenan el crecimiento de grano. En la parte inferior del glaciar (los últimos 100 metros) el tamaño de grano aumenta debido a que el hielo ha sido calentado a su punto de fusión, y se ha mezclado con sedimentos de las rocas (Tison *et al.* 1994).

Sin embargo, cuando uno investiga detalladamente el conocimiento que se tiene actualmente de cada uno de estos procesos (como CGN y CGI), encuentra que aún hay grandes discrepancias sobre cuáles son las leyes que los rigen. Por ejemplo, en el crecimiento normal de grano, se encuentran leyes del tipo $R(t) \sim t^n$ donde R es tamaño medio de los granos, t es el tiempo de almacenamiento de la muestra y n es una constante que puede variar entre 0,3 y 1. Además, en una profundidad dada, pueden actuar muchos mecanismos y el resultado puede no ser necesariamente lineal.

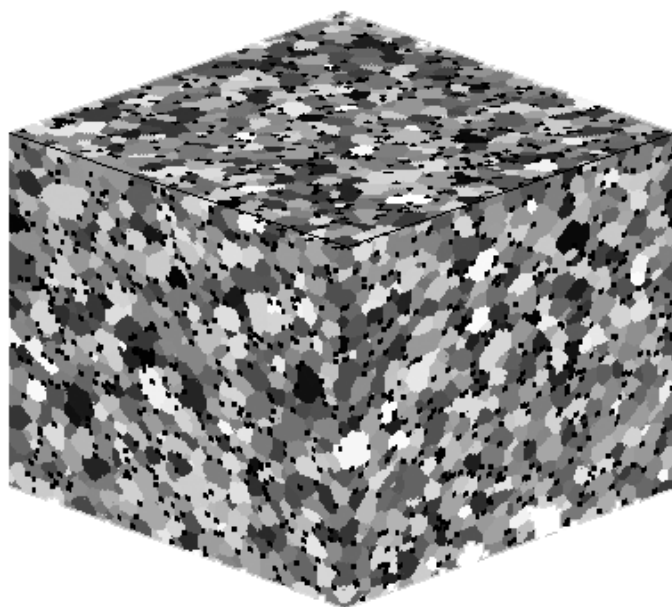


Figura: Muestra policristalina de 200x200x200 con un concentración volumétrica de 25% y un radio de partículas de 3.

Interpretar correctamente los procesos que ocurren a cada profundidad del glaciar o de un cuerpo de hielo es de suma importancia, pues de allí se obtienen parámetros físicos necesarios para predecir el comportamiento de los glaciares con el paso del tiempo. Por esta razón, nuestro grupo de trabajo desarrolló un modelo de simulación de



crecimiento de grano por el método de Monte Carlo para encontrar las leyes que rigen cada fenómeno en particular, para luego estudiarlos en forma combinada, (Di Prinzio *et al.* 2013).

En particular, en este trabajo se presenta el modelo implementado, el cual es un modelo de simulación de crecimiento de grano en tres dimensiones usando el método Montecarlo. Se presentan además los resultados obtenidos en crecimiento normal de grano en muestras con cristales deformados por la presión del glaciar, con partículas que frenan el movimiento y considerando la anisotropía existente en la energía entre la superficie de los distintos granos.

Con el modelo implementado podemos ver por primera vez en forma conjunta como el crecimiento de grano se ve frenado por la presencia de partículas y por la presencia de bordes de grano con diferente energía superficial. Los resultados computacionales son aplicados a los resultados experimentales obtenidos en GISP2 (Wilén 2003, Di Prinzio *et al.* 2005).

- Thorsteinsson, T., Kipfstuhl, J. y Miller, H. 1997. Textures and fabrics in GRIP ice core. *Geophys. Res.* 102: 26583-26599.
- De La Chapelle, S., Castelnau, O., Lipenkov, V. y Duval, P. 1998. Dynamic recrystallization and texture development in ice as revealed by the study of deep ice cores in Antarctica and Greenland. *J. Geophys. Res.* 103: 5091-5105.
- Barnes, P.R.F., Mulvaney, R., Robinson, K. y Wolff, E.W. 2002. Observations of polar ice from the Holocene and glacial period using the scanning electron microscope. *Ann. Glaciol.* 35: 559-566.
- Weiss, J., Vidot, J., Gay, M., Arnaud, L., Duval, P. y Petit, J.R. 2002. Dome Concordia ice microstructure: Impurities effect on grain growth. *Ann. Glaciol.* 35: 552-558.
- Durand, G., Persson, A., Samyn, D. y Svensson, A. 2008. Relation between neighbouring grains in the upper part of the NorthGRIP ice core, Implications for rotation recrystallization. *Earth Planet. Sci. Lett.* 265: 666 -671.
- Tison, J. L., Thorsteinsson, T., Lorrain, R.D. y Kipfstuhl, J. 1994. Origin and development of textures and fabrics in basal ice at Summit, Central Greenland. *Earth and Planetary Science Letters*, 125 : 421-437.
- Di Prinzio, C.L., Druetta E. y Nasello O. B. 2013 .More about Zener drag studies with Monte Carlo simulations. *Modelling Simul. Mater. Sci. Eng.* 21 02500 7.
- Wilén, L.A., Di Prinzio, C.L., R.B. Alley y Azuma, N. 2003. Development, principles and application of automated ice fabric analysers. *Microscopy Research e Technique*, 62, 2, 18 p.
- Di Prinzio, C.L., Wilén, L.A., Alley, R.B., Fitzpatrick J.J. y Spencer, M.K. 2005. Fabric and Texture at Siple Dome”, *Journal of Glaciology*, 51, 173: 1-10.