

# Estudio de la anisotropía sísmica del hielo parcialmente fundido en zonas de basales de los casquetes polares

## *Insights into seismic anisotropy of temperate ice in basal ice-sheet conditions*

Maria-Gema Llorens<sup>1</sup>, Albert Grieria<sup>2</sup>, Enrique Gomez-Rivas<sup>3</sup>, Paul D. Bons<sup>4</sup>, Ilka Weikusat<sup>4,5</sup> y Ricardo Lebenhson<sup>6</sup>

1 Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera (CSIC), Lluís Solé i Sabarís, s/n, 08028 Barcelona. mglllorens@ictja.csic.es

2 Dept de Geologia, UAB, 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona. albert.grieria@uab.cat

3 Dept de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada, UB. C/ Martí i Franquès s/n 08028 Barcelona. e.gomez-rivas@ub.edu

4 Dept of Geosciences, Eberhard Karls Uni Tübingen, Wilhelmstrasse. 56, 72074 Tübingen, paul.bons@uni-tuebingen.de

5 AWI Helmholtz Centre for Polar and Marine Research. Am Handelshafen 12, 2757 Bremerhaven. Ilka.Weikusat@awi.de

6 Theoretical Division. Los Alamos National Laboratory. Los Alamos, NM, 87545, USA. lebenso@lanl.gov

**Palabras clave:** hielo parcialmente fundido, Groenlandia, Antártida, anisotropía sísmica

### Resumen

Los datos sísmicos registrados en las zonas basales de la Antártida y Groenlandia muestran un fuerte descenso de las velocidades de ondas S ( $V_s$ ) mientras que las ondas P ( $V_p$ ) mantienen una velocidad similar en todo el perfil del casquete polar. Una explicación propuesta a este descenso es la presencia de agua. En esta contribución investigamos la evolución de las velocidades sísmicas en el hielo polar parcialmente fundido. Éste se simula como un agregado de policristales de hielo con agua. La deformación se realiza con un método full-field de deformación viscoplastica con recristalización. Las velocidades sísmicas son calculadas a partir de las orientaciones cristalinas. Independientemente del porcentaje de fundido, todas las simulaciones evolucionan a una orientación preferente de cristales (CPO), aproximadamente perpendicular al plano de cizalla. Cuando no hay agua, la  $V_p$  máxima se alinea rápidamente con la CPO, y aumenta a la vez que aumenta la intensidad de ésta CPO. Cuando una fase fundida está presente, la CPO desarrollada es menos intensa, siendo la  $V_p$  y la  $V_s$  menor. A alta proporción de agua la  $V_p$  no se alinea con la CPO. Sin embargo, si se considera el módulo de compresibilidad del hielo para el agua, encontramos un descenso fuerte de las  $V_s$ . Este resultado sugiere que el descenso de la  $V_s$  observado en la base podría ser explicado por la presencia de agua sobrepresionada, y por tanto aislada en conjunciones triples de granos, sin formar bandas de agua que favorecerían el deslizamiento.

### Abstract

*Observations of P-wave ( $V_p$ ) and S-wave ( $V_s$ ) velocities in ice-sheets show a strong decrease of  $V_s$  in basal parts, while  $V_p$  remains constant. The presence of water has been proposed as the cause of this decrease. We investigate the evolution of seismic velocities during deformation of temperate ice by means of numerical modelling. Temperate ice is simulated as a non-linear viscous aggregate constituted by ice polycrystals and a water phase. The viscoplastic full-field numerical approach is coupled with dynamic recrystallisation processes. The seismic velocities are calculated from measurements of crystal preferred orientations (CPO). Regardless the melt percentage, all simulations evolve to a CPO approximately perpendicular to the shear plane. For a purely solid aggregate, the highest  $V_p$  quickly aligns with the CPO, which evolves into a strong single maximum, while  $V_p$  increases. When water is present the developed CPO is less intense, being both the  $V_p$  and  $V_s$  lower than in the purely solid case. At high percentage of water,  $V_p$  is not aligned with the CPO. However, if the bulk modulus of ice, instead of water, is assumed for the water phase, we found a remarkable decrease in the  $V_s$ . These results suggest that the decrease in the  $V_s$  observed in the base of the ice-sheets could be explained by the presence of overpressured melt, that would be unconnected at triple grain junctions and would not favour sliding between ice grains.*