

# DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE AUTO-DIFUSIÓN SUPERFICIAL DEL HIELO Ih

Carlos DI PRINZIO<sup>1,2</sup>, Damián STOLER<sup>1</sup>, Manuel LADO<sup>1</sup> & Richard PERDOMO ARCILA<sup>1</sup>  
[richard.perdomo@unc.edu.ar](mailto:richard.perdomo@unc.edu.ar)

<sup>1</sup>Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación  
Universidad Nacional de Córdoba (FaMAF-UNC), Grupo de Física de la Atmósfera  
<sup>2</sup>Instituto de Física Enrique Gaviola (IFEG-CONICET)

## RESUMEN

En este trabajo se midió el coeficiente de autodifusión superficial del hielo Ih a -5°C. Para ello se estudió la evolución del ancho de la cuña formada por la intersección del borde de grano (**BG**) en una muestra de hielo bicristalino con la superficie libre de la misma.

Se capturaron fotografías de la cuña cada 17 minutos durante 100 horas y con estas imágenes se determinó la evolución del ancho de la cuña. La muestra bicristalina fue sumergida en aceite de siliconas ultrapuro para que solo el proceso autodifusivo superficial (Mullins (1957)) este activo durante el experimento.

## ABSTRACT

In this work, the surface self-diffusion coefficient of ice Ih at -5°C was measured. For this, the evolution of the width of the groove formed by the intersection of the grain edge (**BG**) in a bicrystalline ice sample with the free surface was studied.

Photographs of the groove were captured every 17 minutes for 100 hours and the evolution of the groove width was determined. The bicrystalline sample was put into a ultrapure silicone oil bath so that only the superficial self-diffusion process (Mullins (1957)) was active during the experiment.

**Palabras clave:** Borde de grano, hielo Ih, autodifusión superficial.

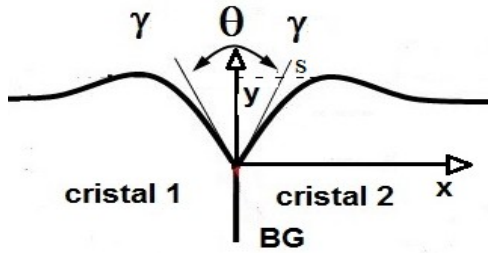
## 1) INTRODUCCIÓN

El estudio de las propiedades superficiales del hielo a temperaturas cercanas al punto de fusión aporta información relevante en procesos físicos que se desarrollan en algunas áreas como la física atmosférica y la glaciología, donde las temperaturas se encuentran en el intervalo entre -30 °C y 0 °C.

Una de las propiedades superficiales del hielo que son de interés es la autodifusión, la cual puede ser analizada a través de la evolución temporal de la forma de cuña del borde de grano (**BG**). La cuña del **BG** se puede formar por evaporación, condensación, difusión en el volumen o en la superficie [Mullins, 1957]. Si la energía de la superficie del hielo es considerada isotrópica y la energía del **BG** es aproximadamente independiente de la orientación y/o de la desorientación cristalográfica de los cristales adyacentes la forma de la cuña superficie bajo solo autodifusión superficial alcanza un forma característica (ver figura 1). La forma de la cuña a derecha e izquierda del **BG** son iguales y forman entre si un ángulo  $\theta$ . El semiancho  $S$  de la cuña satisface la siguiente relación:

$$S = 2.3 (Bt)^{1/4} \quad (1)$$

$B$  es un parámetro que se relaciona con el coeficiente de autodifusión superficial  $D_s$  (Ecuación 2).



$$D_s = \frac{BkT}{\gamma\Omega^2\nu} \quad (2)$$

Donde  $\Omega$  es el volumen atómico,  $\gamma$  es la energía superficial por unidad de área,  $\nu$  es el número de átomos por unidad de área,  $k$  es la constante de Boltzman y  $T$  es la temperatura.

**Figura 1: Forma de la cuña formada entre el BG y la superficie libre de la muestra de hielo.**

## 2) PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La muestra de hielo bicristalina fue elaborada siguiendo el método Nasello et al. (2011). La superficie de muestra bicristalina obtenida es pulida con un micrótopo e inmediatamente se sumerge en un baño de silicona para garantizar la evolución del surco por difusión superficial, después es introducida en una celda termostatzada y se estudió su evolución a una temperatura de  $-5\text{ }^\circ\text{C}$ , durante 100 horas.

Durante el periodo de estudio se tomaron fotografías de la cuña cada 17 minutos y con las imágenes procesadas se extrajo el perfil promedio de grises en una zona de tamaño constante, con el cual se midió el ancho  $2S$  de la cuña.

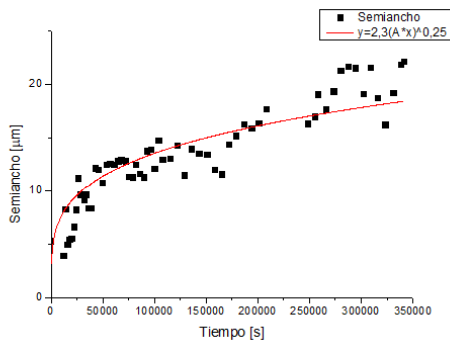
## 3) RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Se hizo la medición del ancho entre los dos picos de la cuña en función del tiempo y se ajustaron los mismos de acuerdo a la relación teórica propuesta por Mullins(1957) (ver figura 2a). Se pudo ver que los datos experimentales son muy bien representados por la ecuación teórica.

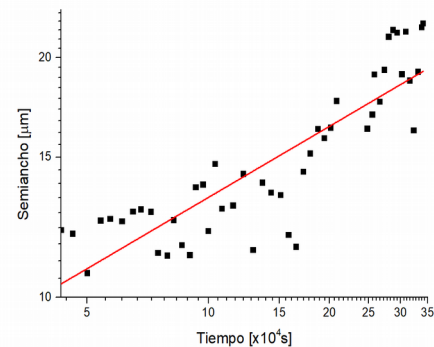
Para comprobar que el mejor exponente para ajustar los datos experimentales era  $1/4$  como plantea el análisis de Mullins (1957), se hizo un gráfico logarítmico (ver figura 2b).

De dicho gráfico se obtuvo que el exponente era  $(0,28\pm 0,03)$ , el cual es comparable al propuesto por la teoría. Con el valor de  $B$  obtenido en el ajuste de los datos experimentales se determinó el valor del coeficiente de difusión  $D_s = (2.27\pm 0,01) \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ . El valor de  $D_s$  obtenido es comparable al obtenido por Nasello O et al. (2011).

a)



b)



**Figura 3. a) Ajuste de los semianchos de la cuña con la aproximación de Mullins (1957), b) Ajuste logarítmico de los datos obtenidos**

## REFERENCIAS

**Olga B. Nasello, Carlos L. Di Prinzio, 2011:** Anomalous effects of hydrostatic pressure on ice surface self-diffusion, *Surface Science*, 605, 1103-1105.

**W.W. Mullins, 1957:** Theory of Thermal Grooving. *J Appl. Phys*, 28, 33.