

# Estudio experimental de la retención de volátiles por hielo de CO<sub>2</sub>: relevancia astrofísica

Autor: José Cantó Doménech

(jocando@fis.upv.es)

Tesis doctoral dirigida por: Carlos Millán Verdú

Centro: Universitat Politècnica de València

Fecha de lectura: 27 de noviembre de 2009

En esta tesis experimental se estudia la capacidad que posee el hielo de CO<sub>2</sub> de retener sustancias volátiles por encima de la temperatura efectiva de sublimación de éstas cuando se encuentran en estado puro. Para ello se han realizado distintos experimentos en el Laboratorio de Astrofísica Experimental, localizado en el campus de Alcoi de la Universitat Politècnica de València (UPV), donde el grupo "Caracterizaciones de Interés Astrofísico" del Centro de Investigación de Tecnologías Físicas de la UPV, lleva a cabo sus investigaciones.

Se ha elegido el hielo de CO<sub>2</sub> porque es una sustancia que presenta interés astrofísico al haber sido detectada tanto en el medio interestelar (ISM) como en el Sistema Solar (SS):

- En el ISM su existencia fue confirmada por los datos obtenidos con ISO (Infrared Space Observatory) que corroboró que, por una parte, el hielo de CO<sub>2</sub> está presente en la línea de observación de distintas estrellas, y por otra, que su abundancia es alta en comparación con otras moléculas (CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>,...); siendo la segunda más abundante sólo superada por el hielo de H<sub>2</sub>O que es la molécula dominante.
- En el SS su presencia ha sido confirmada a partir de los espectros de reflexión IR que muestran que el hielo de CO<sub>2</sub> existe sobre las superficies sólidas de varios cuerpos, como por ejemplo: en los núcleos cometarios; en planetas (como en la superficie de Marte donde es el hielo más abundante); satélites (como Tritón, Ariel, Umbriel, Titania, Europa, Calisto y Ganimedes); etc.

Para estudiar la capacidad de retención de volátiles por hielo de CO<sub>2</sub>, se han realizado experimentos de desorción térmica de hielos depositados en condiciones de alto vacío ( $P \leq 10^{-7}$  mbar) y de baja temperatura ( $T \sim 10$  K) con hielos de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub> puros, y con las siguientes mezclas binarias: CO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>:CH<sub>4</sub>, depositadas en una proporción aproximada de 95:5. El objetivo de los experimentos con las sustancias puras era obtener la temperatura a la que sublima cada una de ellas en nuestras condiciones experimentales; mientras que en caso de mezclas,

se intentaba comprobar si el CO<sub>2</sub> (componente mayoritario) era capaz de retener a las moléculas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub> (componente minoritario) por encima de su temperatura de sublimación (obtenida en los experimentos con sustancias puras).

Los resultados experimentales obtenidos en esta tesis han permitido obtener las siguientes conclusiones:

1. El hielo de CO<sub>2</sub> retiene eficazmente sustancias hipervolátiles como el N<sub>2</sub> y el CH<sub>4</sub> a temperaturas más altas que las temperaturas característica de sublimación de estas moléculas en estado puro (~24 K y ~40 K respectivamente).
2. Parte del N<sub>2</sub> y del CH<sub>4</sub> permanecen retenidos hasta la sublimación del CO<sub>2</sub>, cuya temperatura de sublimación no está afectada por la presencia de estas moléculas (al menos en la proporción estudiada).
3. Cuando estos hipervolátiles quedan atrapados, desorben principalmente en tres intervalos de temperaturas en torno a 47, 70-75 y 90-110 K. La coincidencia de las temperaturas a las que se detecta la desorción del N<sub>2</sub> y del CH<sub>4</sub>, nos indica que los distintos procesos de emisión de éstos están relacionados con la evolución de la estructura del hielo de CO<sub>2</sub> para las mezclas estudiadas. Efectivamente, se ha comprobado experimentalmente que estas temperaturas corresponden, respectivamente con el inicio de la cristalización, la compactación final y la sublimación del hielo de CO<sub>2</sub>.
4. Los mecanismos de retención puede ayudar a explicar la presencia de ciertos compuestos hipervolátiles (como el N<sub>2</sub>, CO) en situaciones donde "a priori" no deberían existir. Por ejemplo, se han detectado hipervolátiles en el caso de impactos sobre superficies cometarias, cuando las condiciones de temperatura pre-impacto eran tales que éstos deberían de haber sublimado, ya que la temperatura superaba la temperatura de sublimación característica de estos hipervolátiles en estado puro.
5. A la luz de estos resultados, y en cuanto a su aplicabilidad astrofísica, en esta tesis se han estudiado la composición de los hielos en situaciones tipo catastrophic disruptions de cuerpos celestes como cometas u objetos transneptunianos. Más concretamente a partir de los resultados de la misión Deep Impact de la NASA, se han propuesto dos distribuciones distintas para el hielo existente en las capas externas del cometa 9P/Tempel 1.
6. El hecho de que se conserven moléculas volátiles atrapadas en la estructura del hielo de CO<sub>2</sub>, debe ser considerada a la hora de realizar los modelos de evolución química ya que, no se debería tomar la temperatura de sublimación en estado puro como el valor crítico para decidir si estos hipervolátiles están o no presentes en cierto ambiente, sino que se debería de tener en cuenta que la retención del hielo de CO<sub>2</sub> puede retrasar la temperatura a la que estas sustancias están presentes en el ambiente en cuestión.