

Observan a escala nanométrica cómo los vidrios se transforman en líquidos al incrementar la temperatura

Un equipo científico español ha desarrollado una metodología que permite por primera vez examinar lo que sucede cuando los vidrios se calientan y cambian a una fase líquida subenfriada. Conocer a fondo esta transición vítrea, podría contribuir a mejorar las técnicas de criopreservación de tejidos vivos y la producción de fármacos y nuevos materiales.

SINC

13/7/2023 17:00 CEST

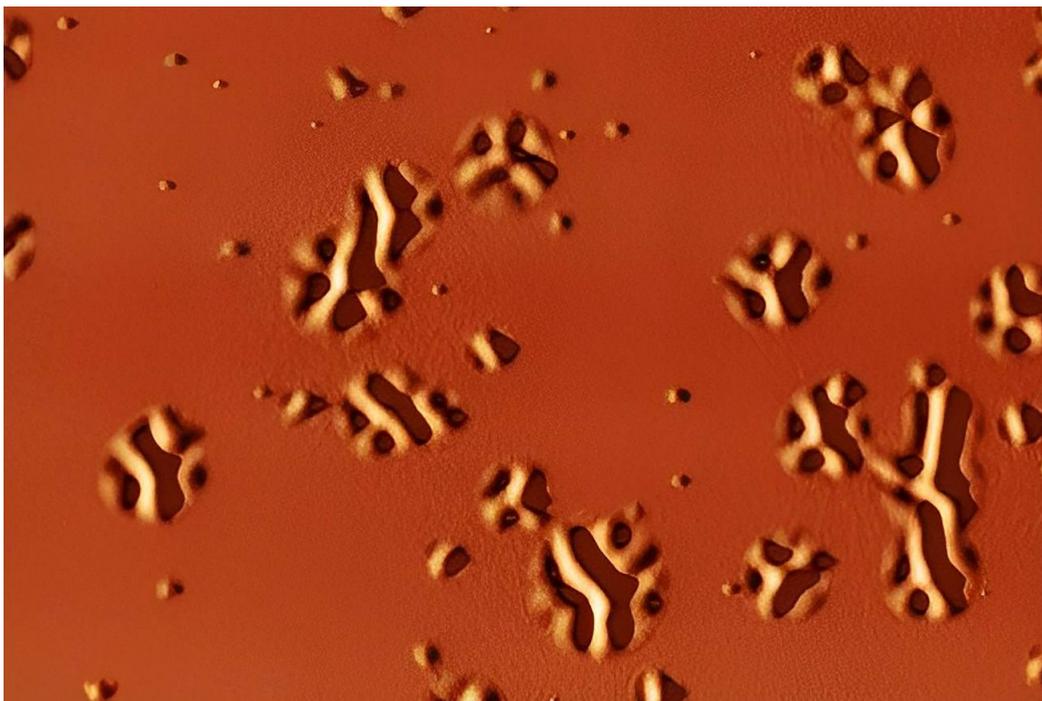


Imagen de la corrugación superficial provocada por el proceso de transición vítrea obtenida por primera vez mediante microscopía de fuerzas atómicas. / UAB

Investigadores de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) y del Instituto Catalán de Nanociencia y Nanotecnología (ICN2) han liderado un trabajo que ha permitido observar por primera vez, en el microscopio y en tiempo real, qué sucede cuando los vidrios se calientan y cambian a una fase líquida subenfriada, la llamada **transición vítrea**.

El estudio, publicado en *Nature Physics*, es de gran importancia para la

criopreservación de proteínas, células y tejidos vivos, para la fabricación de fármacos y dispositivos electrónicos o para la ingeniería de tejidos, donde esta transición entre vidrio y líquido tiene un papel clave.

Los vidrios son materiales sólidos con una estructura tan desordenada que podrían considerarse como líquidos de una viscosidad extraordinariamente elevada. Los encontramos en las ventanas, en las pantallas de televisión y en los dispositivos móviles, en la fibra óptica, en materiales industriales plásticos, y también en el estado que presentan proteínas, estructuras celulares y tejidos vivos cuando se congelan para criopreservarlos.

Aún no se sabe a ciencia cierta si la transición vítrea permite considerar el vidrio como un estado termodinámico diferente de los estados líquido y sólido

Pese a ser tan habituales, es muy difícil desarrollar teorías y modelos que puedan explicar su comportamiento en detalle. Los **mecanismos** por los que un **líquido se enfría** y se **transforma** en un **vidrio** y a la inversa — cómo un vidrio se transforma en líquido al calentarse, la llamada transición vítrea — todavía no acaban de entenderse.

Los físicos todavía no saben a ciencia cierta si se trata de una transición de fase y se puede considerar el vidrio como un estado termodinámico diferente de los estados líquido y sólido, o si, por el contrario, el vidrio es simplemente un **líquido subenfriado** —enfriado por debajo de la temperatura de congelación pero manteniendo propiedades de líquido— cuyos átomos o moléculas tienen muy poca movilidad.

Estructuras casi indistinguibles

Una de las mayores dificultades para entender este proceso está en los desafíos que aparecen para poder visualizarlo a través del microscopio con suficiente resolución, ya que las estructuras del líquido subenfriado

y del vidrio son prácticamente indistinguibles.

El equipo, en el que han participado también investigadores de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y del Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM - CSIC), ha trabajado con vidrios orgánicos ultraestables, que se preparan mediante evaporación térmica. Son más densos y exhiben una mayor estabilidad cinética y termodinámica que los vidrios convencionales obtenidos directamente a partir de líquidos.

A diferencia de los vidrios convencionales que, tal y como se ha visto hasta ahora, se transforman hacia el estado líquido de forma global, sin distinciones claras entre diferentes regiones del material, estos vidrios ultraestables hacen la transición hacia un estado líquido subenfriado de modo similar a como lo hacen los sólidos cristalinos cuando pasan al estado líquido, con la formación de zonas en fase líquida que van creciendo progresivamente. Se trata de un proceso que ya se ha descrito de forma indirecta mediante medidas de nanocalorimetría y que se ha observado solo en modelos computacionales.

El trabajo permite seguir en tiempo real la
'desvitrificación' del vidrio

"Anteriormente ya se había inferido de estos modelos que las zonas en fase líquida que se van produciendo tienen una separación extraordinaria entre ellas cuando se trata de vidrios ultraestables, pero esto nunca había sido observado directamente", remarca **Cristian Rodríguez Tinoco**, investigador de la UAB y del ICN2.

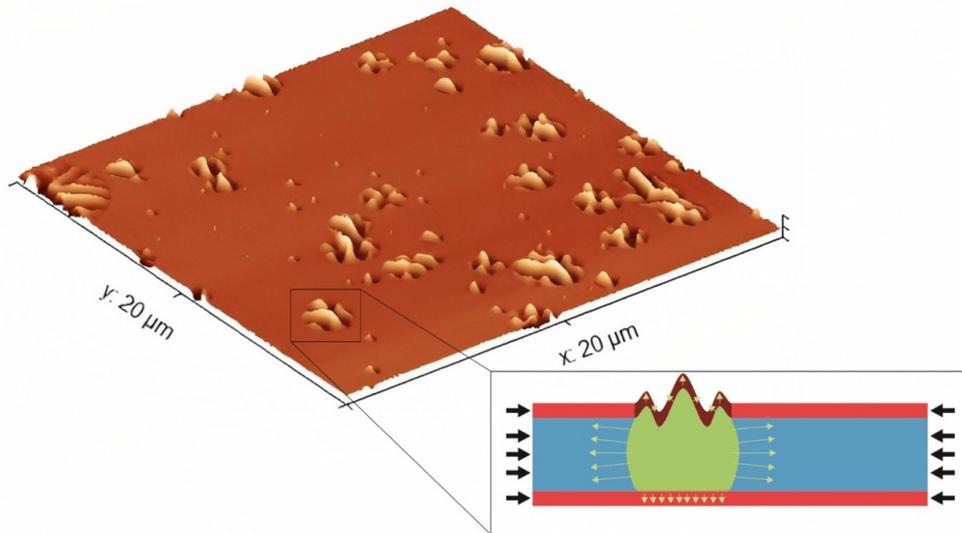


Imagen de la corrugación superficial y esquema de la evolución del líquido utilizando la metodología desarrollada en esta investigación. / UAB

El nuevo método desarrollado para poder observar esta transición consiste en insertar el vidrio ultraestable a modo de 'sandwich' entre dos capas de vidrio con una temperatura de transición más elevada. Cuando la capa de vidrio ultraestable se calienta por encima de su temperatura de transición, las inestabilidades que se producen en la superficie se trasladan a las capas exteriores del 'sandwich' y pueden ser observadas directamente mediante un microscopio de fuerzas atómicas.

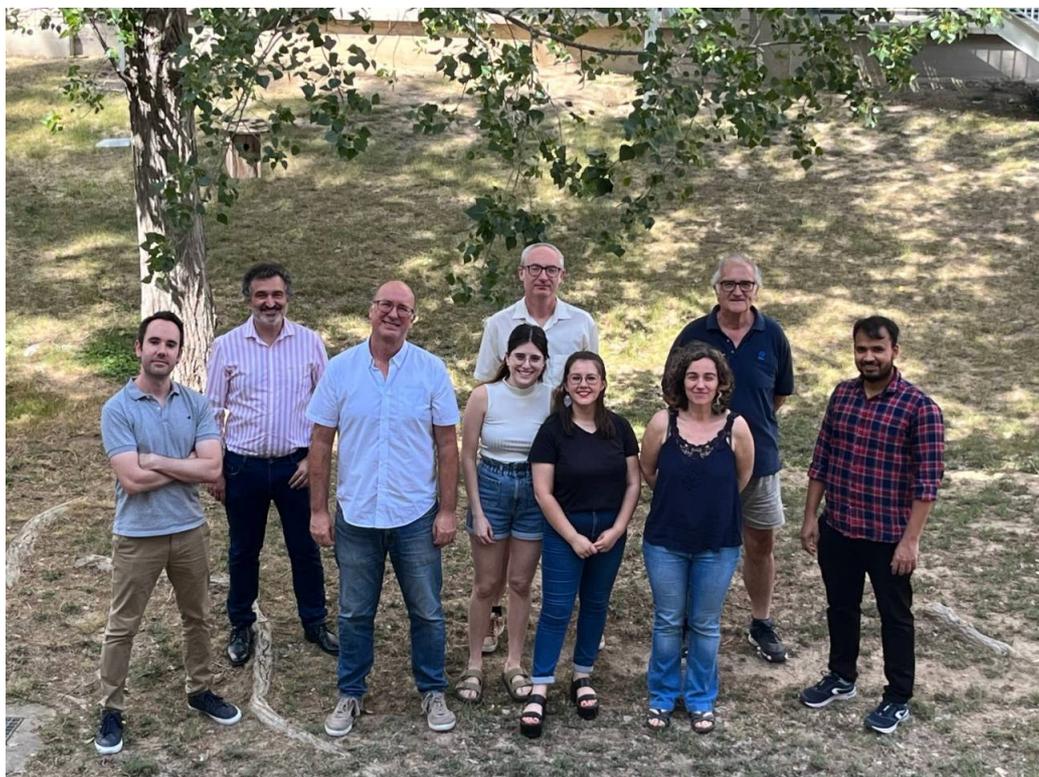
Temperatura de transición

“Se trata de movimientos y compresiones muy pequeños, del orden de unos pocos nanómetros cuando comienza la transformación, pero lo suficientemente grandes como para poder ser medidos de forma precisa con un microscopio de este tipo, que monitoriza *in situ* las **deformaciones de la superficie** que aparecen por encima de la temperatura de transición”, explica la doctoranda **Marta Ruiz Ruiz**.

El trabajo permite seguir en tiempo real la 'desvitrificación' del vidrio. Permite cuantificar la **dinámica del proceso de relajación** en los cristales ultraestables hacia un líquido subenfriado mediante la medida directa de las distancias existentes entre los dominios líquidos que van apareciendo, mientras se observa la deformación de la superficie y su evolución a lo largo del tiempo. De esta forma se ha podido confirmar cómo estas distancias entre zonas líquidas son extraordinariamente

grandes en este tipo de vidrio, y la correlación de estas distancias con las escalas de tiempo del material, tal y como habían predicho los modelos computacionales.

"La descripción mediante microscopio que hemos conseguido ha hecho posible por primera vez una comparación directa entre los modelos computacionales y la realidad física. Pensamos que esta técnica también será de gran utilidad para explorar la transición vítrea a escalas de tiempo y espacio más pequeñas, lo que permitirá una mejor comprensión de la transición en cristales menos estables producidos a partir de líquidos enfriados", concluye **Javier Rodríguez Viejo**, autor principal, experto de la UAB y del ICN2.



Los integrantes del grupo de investigación de UAB/ICN2, UPC e IMB-CNM (CSIC). / UAB

Referencia:

Rodríguez-Viejo, J. *et al.* "Real-time microscopy of the relaxation of a glass". *Nature Physics* (2023)

TAGS

TRANSICIÓN VÍTREA | FÍSICA | VIDRIO |

Creative Commons 4.0

Puedes copiar, difundir y transformar los contenidos de SINC. [Lee las condiciones de nuestra licencia](#)