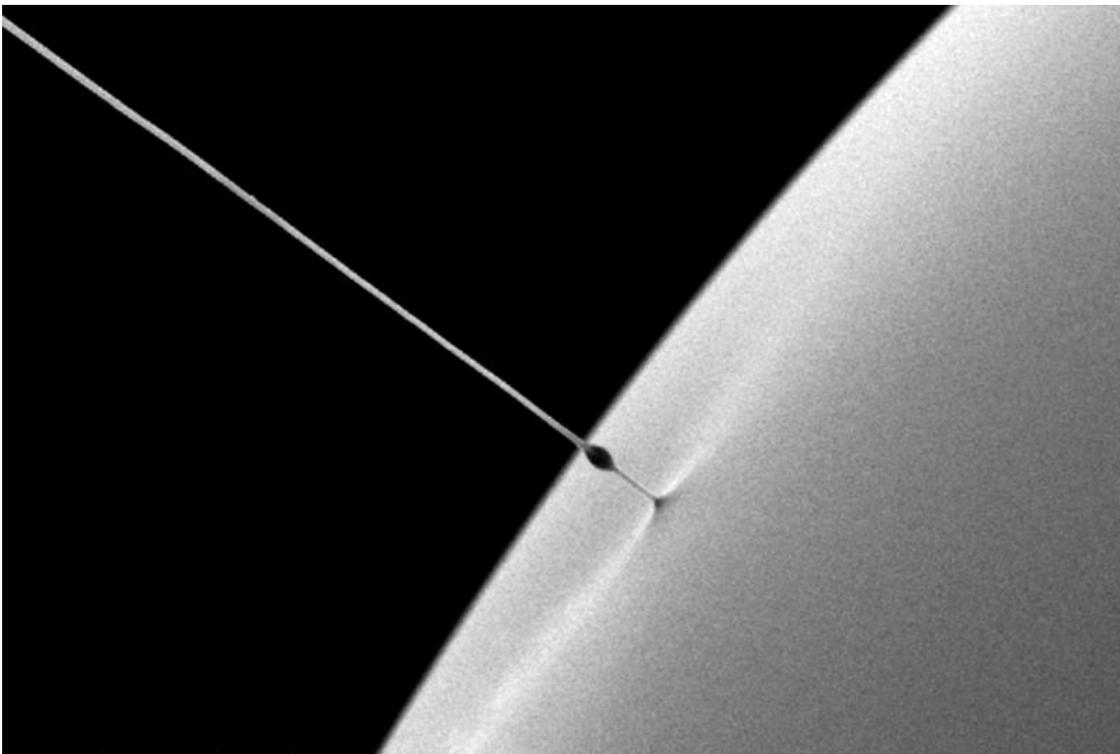




Madrid, jueves 16 de noviembre de 2023

## Una tecnología del CSIC logra regular el transporte de líquidos a escala nanométrica con gran precisión

- Esta investigación del IMN-CNM-CSIC puede tener aplicaciones en ámbitos como la nanoimpresión o la bioanalítica
- Los científicos han conseguido controlar un caudal equivalente a una gota de 10 nanómetros por segundo midiendo las vibraciones de los canales nanofluídicos usados



Transporte de un líquido iónico sobre la superficie de una nanoaguja de 200 nanómetros de diámetro observado mediante microscopía electrónica de barrido. / Juan Molina / IMN-CNM-CSIC

Un equipo del Grupo de Bionanomecánica del Instituto de Micro y Nanotecnología ([IMN-CNM-CSIC](#)), centro del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha conseguido controlar el transporte de cantidades minúsculas de líquidos, del orden de zeptolitros ( $1 \text{ zL} = 10^{-21} \text{ L}$ ), cuando estos circulan por canales nanofluídicos resonantes. Dichos canales consisten en nanoagujas sobre cuya superficie externa fluyen los líquidos en respuesta a un estímulo eléctrico. El avance crítico para controlar el caudal ha consistido en obtener una medida muy precisa de la pequeñísima masa de líquido transportado, aprovechando su efecto en las vibraciones de las nanoagujas. Esta tecnología, patentada por los autores y cuyos resultados acaban de ser publicados en la revista [ACS Nano](#), puede tener aplicaciones en diversos ámbitos, desde la nanoimpresión a la bioanalítica.

La nanofluídica, disciplina centrada en el transporte de líquidos a escala nanométrica, es un área particularmente emergente en el ámbito de la nanotecnología. Recientes avances en fabricación y análisis de sistemas nanofluídicos, especialmente los basados en nanotubos y nanomembranas, han permitido descubrir propiedades insólitas de los líquidos cuando éstos son confinados en dimensiones extremadamente reducidas. Estas propiedades resultan además muy prometedoras para diversas aplicaciones, como la producción de energía osmótica o la desalinización de agua.

## Nanocanales en los que los líquidos circulan por fuera

Los investigadores del IMN-CNM-CSIC se centran en una clase singular de sistemas nanofluídicos en los que los líquidos, en lugar de circular por el interior de conductos, lo hacen por la superficie exterior de nanocanales abiertos. El transporte de líquidos en estos sistemas puede producirse de manera espontánea si se introducen ciertas propiedades geométricas, inspiradas en las espinas de cactus o en las telas de araña. Los líquidos también pueden dirigirse mediante señales eléctricas, aplicando una tensión entre los extremos de los nanocanales. Estos sistemas abiertos simplifican la fabricación, evitan los *atascos*, facilitan el tratamiento de sus superficies y ofrecen acceso directo para el muestreo de los propios líquidos o de analitos transportados por ellos.

“Lo que hemos logrado es medir con precisión cuánto líquido pasa por la superficie de nanoagujas que tienen unas 50 micras de largo y unos 200 nanómetros de diámetro en respuesta a una tensión de unos pocos voltios», explica **Álvaro San Paulo**, investigador del IMN-CNM-CSIC y uno de los responsables del trabajo. La medición consiste en hacer vibrar las nanoagujas y registrar su frecuencia de resonancia antes y después de la transferencia de líquido, cuya masa reduce dicha frecuencia. “Estas nanoagujas, compuestas de un cristal de silicio, presentan una frecuencia de resonancia muy estable, lo que se traduce en una altísima resolución en masa”, explica el científico.

## Líquidos que no se evaporan

Otro aspecto peculiar del trabajo es el tipo de líquido empleado en la investigación. “Los líquidos iónicos son fluidos compuestos mayoritariamente de iones, en lugar de moléculas neutras, como es el caso de los líquidos convencionales. Es decir, son sales líquidas a temperatura ambiente”, destaca **Javier Escobar**, que realiza su tesis doctoral

en el IMN-CNM-CSIC. “Estos líquidos tienen propiedades únicas, como una presión de vapor casi nula incluso en vacío, lo que evita las pérdidas por evaporación. Parte de los experimentos se realizó en vacío porque esto favorece la estabilidad en frecuencia de las nanoagujas, lo que ha permitido exprimir los límites de detección de la técnica”, señala Escobar.

“La cantidad más pequeña de líquido que podemos medir es de 1 zeptolitro, lo que equivale a una gota de unos 10 nanómetros de diámetro. Llenar una jarra de 1 litro con gotas de este tamaño sería equivalente a llenar todos los océanos de la tierra con dicha jarra”, apunta **Juan Molina**, otro de los autores principales del trabajo. “Además, con los caudales obtenidos, del orden de 1 zeptolitro por segundo, tardaríamos tanto en llenar la jarra como en llenar todos los océanos con una manguera de jardín, unos 32 billones de años, más de 2000 veces la edad del universo”, añade.

### Una aproximación diferente para la detección de virus

Esta tecnología puede tener aplicaciones en diversos ámbitos, desde la nanoimpresión a la bioanalítica. Pero el equipo se centra en una en particular: “Las mediciones pueden ser tan sensibles que se podría detectar la masa de una nanopartícula transportada por el líquido, y estamos intentando aplicar esta idea a la detección de virus», indica **Montserrat Calleja**, científica en el IMN-CNM-CSIC y responsable de la investigación. “Los virus son entidades con masas muy concretas y bien definidas, por lo que una medida suficientemente precisa de esta magnitud podría bastar para su identificación de manera mucho más simple y rápida que los métodos usados actualmente”, concluye Calleja.

Javier E. Escobar, Juan Molina, Eduardo Gil-Santos, José J. Ruz, Óscar Malvar, Priscila M. Kosaka, Javier Tamayo, Álvaro San Paulo\*, and Montserrat Calleja. **Nanomechanical Sensing for Mass Flow Control in Nanowire-Based Open Nanofluidic Systems**. *ACS Nano*. DOI: [10.1021/acsnano.3c04020](https://doi.org/10.1021/acsnano.3c04020)

IMN-CNM-CSIC Comunicación

[comunicacion@csic.es](mailto:comunicacion@csic.es)