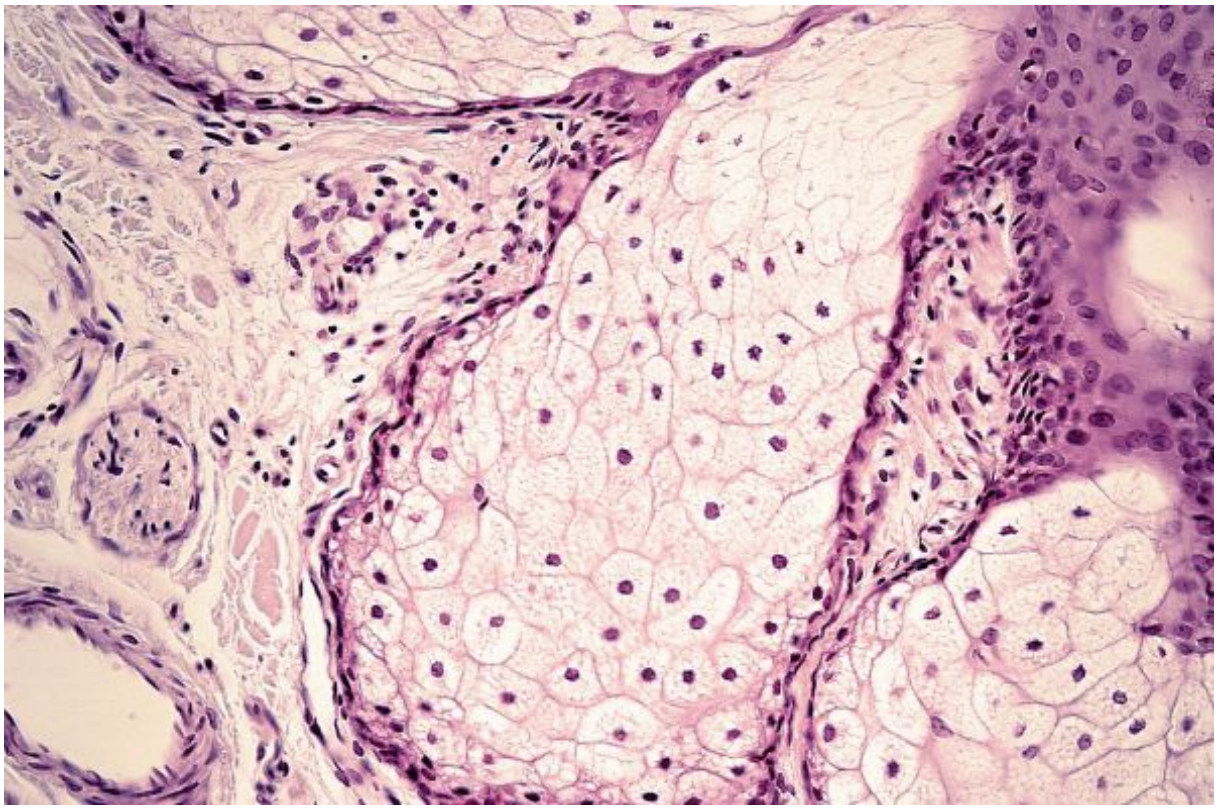


Una competicion global pone a prueba herramientas para analizar el movimiento de moleculas individuales

Dentro de las celulas vivas, las moleculas estan en constante movimiento: uniendose, difundiendo, interactuando. Comprender estos procesos es esencial para entender en profundidad el comportamiento de las celulas. Una competicion internacional en la que el ICFO ha participado activamente ha proporcionado una comparacion sistematica de metodos analiticos para el analisis del movimiento de moleculas individuales, destacando tanto las fortalezas actuales como los desafios urgentes en este campo en rapida expansion. Los resultados se han publicado recientmente en Nature Communications.

July 28, 2025

En el intrincado mundo dentro de las celulas vivas, el movimiento molecular revela pistas cruciales sobre como las celulas funcionan, se comunican y, a veces, fallan. Pero extraer

informacion significativa de estas trayectorias moleculares complejas es un desafio formidable, que ha impulsado una carrera global por el desarrollo y la mejora de herramientas analiticas.
Ahora, un equipo internacional de cientificos liderado por el Dr. Gorka Munoz de la Universidad de Innsbruck, el Prof. Dr. Giovanni Volpe la Universidad de Gotemburgo y el Prof. Dr. Carlo Manzano de la Universidad de Vic, con la colaboracion de los investigadores del ICFO **Gabriel Fernandez-Fernandez**, el **Dr. Borja Requena** y el **Prof. ICREA Maciej Lewenstein**, ha organizado una competencia para evaluar sistematicamente estas herramientas. Sus hallazgos, recien publicados en Nature Communications, ofrecen una evaluacion sin precedentes de las fortalezas y debilidades de los enfoques existentes.

Poniendo a prueba los metodos

La toma de imagenes de moleculas individuales se ha convertido en una tecnica esencial en la biologia celular y la biofisica modernas. Al rastrear moleculas individuales en celulas vivas, los investigadores pueden estudiar procesos fundamentales como las interacciones proteicas, los mecanismos de transporte y el amontonamiento molecular. Sin embargo, analizar los datos resultantes -ya sea en forma de trayectorias de particulas o videos en bruto- requiere metodos computacionales sofisticados. La mayoria de estos enfoques se basa en algoritmos de aprendizaje automatico que se refinan continuamente para detectar patrones, clasificar tipos de movimiento y extraer parametros significativos de datos experimentales ruidosos.
Para abordar la falta de parametros de referencia objetivos, el equipo diseno una competicion, el 2º AnDi Challenge, utilizando una biblioteca de software que simula dato experimentales realistas. Estas simulaciones incorporaron modelos de difusion e interaccio ampliamente utilizados, bajo condiciones que imitan las de experimentos reales. Grupos d investigacion de todo el mundo aplicaron sus mejores herramientas para analizar el mism conjunto de datos. En base a sus resultados, los equipos participantes -y, por ende, lo metodos que desarrollaron- fueron clasificados

Fortalezas y desafios actuales

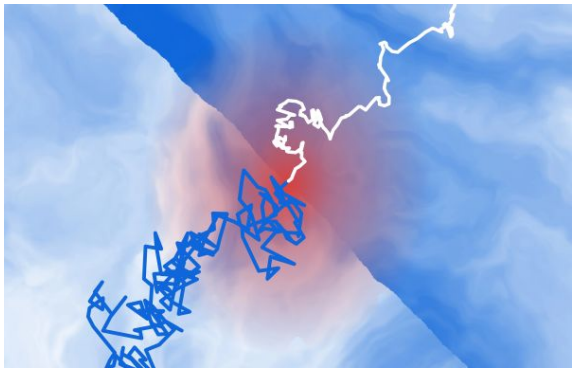
i¿½La competicion revelo un progreso claro en algunas areas, pero tambien desta o limitaciones significativas en otrasi¿½, resume el Dr. Gorka Munoz-Gil, investigador d la Universidad de Innsbruck y autor principal del articulo. i¿½Es importante tener una magen cuantitativa de que tan bien -o mal- funcionan los metodos actuales en una varie ad de escenarios realist
s.i¿½ Mas alla de clasificar herramientas existentes, la competencia busca impulsar la inn vacion. Al identificar donde fallan los metodos, los investigadores esperan fomentar el desar ollo de nuevos enfoques que puedan descifrar con mayor precision el ruidoso y heterogen o mundo del movimiento mo

Guia para la comunidad

Los resultados ofrecen una guia practica para los experimentadores que buscan las herramientas adecuadas para sus estudios. i¿½Queremos ayudar a los investigadores a orientarse en el creciente panorama de metodos analiticos y elegir los que mejor se adapt n a sus datosi¿½, dice el Prof. Dr. Carlo Manzo, autor senior del articulo de la Universida de
ic. Esta no es la primera vez que la comunidad acepta el desafio. La primera edicion del nDi Challenge, centrada en la difusion anomala, proporciono informacion critica que dio form al desarrollo del campo. La segunda edicion amplia este esfuerzo, centrandose ahora en los cambios de movimiento y en condiciones experimentales relevantes biologicame te. Con los rapidos avances en tecnologias de imagen y adquisicion de datos, la necesida de metodos de analisis fiables nunca ha sido mayor. Iniciativas como esta competi ion proporcionan una hoja de ruta esencial para investigadores, desarrolladores de softwa e y experimentadores por igual, ayudando a garantizar que las historias moleculares captur das bajo el microscopio se interpreten con precision y en su totalidad. El software de libre ac eso sienta las bases para futuros proyectos e invita a la comunidad a contribuir con nu vas innovacio

Referencia:

Munoz-Gil, G., Bachimanchi, H., Pineda, J. et al. Quantitative evaluation of methods to analyze motion changes in single-particle experiments. Nat Commun 16, 6749 (2025). DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-025-61949-x



Trajectoria d'una particula biologica que es desplaca a traves de dues regions diferents de l'espai, cadascuna amb propietats fisiques diferents que modifiquen la manera com es difon la particula. Credit: Gorka Munoz-Gil, Universitat d?Innsbruck.