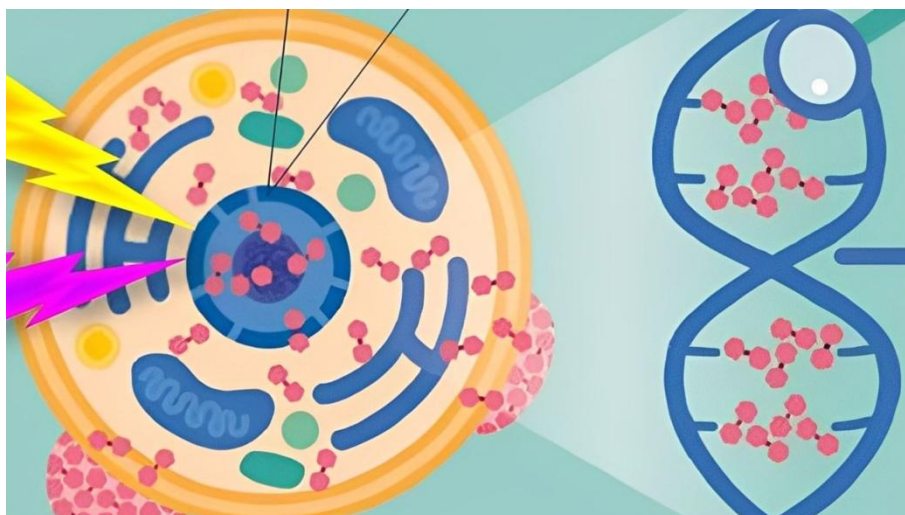


Un contraintuitivo comportamiento molecular abre nuevas posibilidades para la radioterapia del cáncer

Investigadores del ICMAB han descubierto cómo una molécula basada en boro puede insertarse dentro del ADN y ayudar a mejorar las técnicas de radioterapia existentes



Los metalocarboranos estables pueden convertirse en una alternativa a los tratamientos actuales del cáncer con menos efectos secundarios | UAB Divulga

BELLATERRA, 13 de abril 2026 – Dos nuevos estudios liderados por investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC) revelan por qué una molécula rica en boro, llamada o-FESAN, se comporta de una manera inusualmente favorable para combatir el cáncer: permanece intercalada dentro del ADN, a pesar de que teóricamente deberían repelerse.

El boro es un elemento clave para el futuro de la radioterapia, principalmente mediante dos técnicas: la Terapia de Captura de Neutrones por Boro (BNCT, por sus siglas en inglés) y la Terapia de Fusión Protón-Boro (PBFT). De forma simplificada, ambas consisten en llevar compuestos enriquecidos con boro al tumor y “bombardearlos” con partículas (neutrones o protones), provocando microexplosiones que destruyen selectivamente las células cancerosas. El gran reto consiste en dirigir estos compuestos al tumor y a ningún otro lugar. Es en este desafío donde trabaja el equipo dirigido por la investigadora del ICMAB, Clara Viñas.

“Hemos estudiado principalmente dos moléculas: o-COSAN y o-FESAN”, explica Viñas. “La primera contiene cobalto y la segunda, hierro.” Ambas tienen una estructura similar a la de un 8, formada por dos clústeres de boro y carbono rodeados de una capa de hidrógeno y unidos entre sí en el centro por hierro o cobalto. Estas estructuras tienen carga negativa, por lo que deberían repelerse. Sorprendentemente, se asocian entre sí.

El equipo investigó detalladamente la o-FESAN para entender por qué estas moléculas tienden a unirse. Descubrieron que las capas externas de hidrógeno forman muchos enlaces débiles, llamados enlaces dihidrógeno. Aunque débiles individualmente, su gran cantidad

compensa la repulsió elèctrica. Es un efecte similar al del velcro: moltes unions petites que, sumades, mantenen dos peces juntes a pesar de patir forces oposades.

Aquesta observació va portar a una pregunta clau per futures teràpies contra el càncer: si el ADN també té càrrega negativa... ¿podria o-FESAN unir-se a ell? "La intercalació amb el ADN és un mecanisme essencial en qualsevol fàrmac anticàncer", senyala Viñas. I, en efecte, van descobrir que o-FESAN s'intercala en el ADN: "aquest significa que el dany que pot provocar a la cèl·lula és molt elevat."

¿Cómo ayuda o-FESAN a combatir el cáncer?

o-FESAN s'intercala en les molècules de ADN com una cremallera, i ho fa sense provocar toxicitat immediata ni dany al àcid nucleic ni a les cèl·lules. Això significa que podria ser transportada fins als tumors sense fer res més abans d'activar aquests clústers mitjançant radioteràpia.

Quan l'equip de Viñas va començar aquesta línia d'investigació fa anys, l'objectiu era aplicar-la a la BNCT. No obstant això, "la BNCT depèn del boro-10, un isòtop que representa aproximadament el 20% del boro natural, mentre que el 80% restant és boro-11." En canvi, la PBFT utilitza l'altre isòtop. Per aquest motiu, l'equip treballa ara en combinar ambdós enfocaments per aprofitar tot el boro que arriba als tumors.

"Però això no és tot", destaca Clara Viñas: quan s'incorpora ferro-57 a o-FESAN, aquest isòtop pot activar-se mitjançant una radiació gamma molt específica, obrint la porta a un mecanisme terapèutic addicional basat en l'efecte Mössbauer. Aquest efecte excita l'àtom i expulsa electrons, produint un dany de molt curt abast.

Tal i com afirma Viñas, "aquest descobriment permet aconseguir el mateix efecte terapèutic amb dosis molt més petites de compost i radiació, reduint dràsticament els efectes secundaris i oferint als pacients un futur més segur, més saludable i més esperançador."

o-FESAN, una molécula prometedora y multimodal para la terapia del cáncer

Clara Viñas, sobre el potencial de o-FESAN en futures radioteràpies, declara:

"o-FESAN destaca com a candidat prometedor per a la teràpia multimodal del càncer. Atravessa ràpidament les membranes cel·lulars sense necessitat de cap transportador i s'acumula en el nucli, on s'intercala amb el ADN de doble cadena mitjançant enllaços d'hidrogen (C-H...O, C-H...N) i enllaços dihidrogen (H...H) entre les seves bases.

Sua composició química, que inclou ferro i quantitats significatives de ¹¹B i ¹⁰B, la fa activa sota irradiació amb tres modalitats diferents: BNCT, PBFT i irradiació Mössbauer. Tot i que hem investigat els efectes de cada irradiació per separat, si tot el material estigués disponible en una mateixa instal·lació, les cèl·lules podrien exposar-se successivament a cada font en un sol flux de treball."

Artículos de referencia

Compelling DNA intercalation through ‘anion–anion’ anti-coulombic interactions: boron cluster self-vehicles as promising anticancer agents

Gutiérrez-Gálvez, L., García-Mendiola, T., Lorenzo, E., Nuez-Martinez, M., Ocal, C., Yan, S., Teixidor, F., Pinheiro, T., Marques, F., & Viñas, C.

Journal Of Materials Chemistry B, 2024

DOI: [10.1039/d4tb01177e](https://doi.org/10.1039/d4tb01177e)

Stabilizing Anion–Anion Aggregates via Dihydrogen Bonds in Non-Classical Inorganic Molecules

Zaulet, A., Nuez-Martinez, M., Hirva, P., Sillanpää, R., Teixidor, F., & Viñas, C.

Aggregate, 2026

DOI: [10.1002/agt2.70228](https://doi.org/10.1002/agt2.70228)