

# La nanotecnología del grafeno aplicada a la odontología, nuevos materiales bioinspirados en la naturaleza

Graphenano Dental Company – Cátedra de Formación e I+D en Odontología Clínica y Cátedra en Odontología Estética Adhesiva UCAM.

*La nanotecnología experimenta multitud de posibilidades y aplicaciones; la odontología, naturalmente, no es una excepción. En concreto, la aparición del grafeno en el mundo dental es un evento considerablemente significativo, que brinda un potencial sin precedentes para crear, controlar, moldear y diseñar nuevos materiales, así como obtener un resultado deseado. Pero para poder aprovechar las ventajas de la nanotecnología, se debe efectuar una adecuada implementación que permita a estas novedosas tecnologías acoplarse a las necesidades reales de la odontología actual y crear la sinergia entre clínicos, investigadores, protésicos y nuestros pacientes. Por ello, la Cátedra de Formación e I+D en Odontología Clínica de la UCAM y Graphenano dental llevaron a cabo en octubre de 2019 una labor conjunta de investigación con la que se pretende fomentar la aplicación de la nanotecnología en la odontología actual, ayudando a los clínicos a estar al día y alentando a las nuevas generaciones de dentistas a descubrir el fascinante mundo de la nanotecnología y enseñarles a ver cómo se puede mejorar de manera significativa la vida de las personas, de las sociedades y, en definitiva, del mundo.*

◆ Contacto  
karlamora@graphenano.com

◆ Corrección literaria  
Isabel López Vic

## Resumen

Desde el inicio de la revolución industrial, la humanidad ha sido testigo de un crecimiento exponencial tanto tecnológico como científico; podemos decir que hemos dado pasos de gigante, que han tenido una influencia incuestionable en la vida de las personas como individuos y de las sociedades como colectivo. Los científicos, eruditos en su cometido, se ocuparon de la investigación, el estudio y la implantación de precisas teorías sobre la materia con el fin de crear los materiales más inteligentes, persiguiendo sin demora aquellos que pudieran imitar de la manera más exacta posible a la naturaleza, siendo así, disruptivos y marcando un antes y un después en la evolución de los mismos.

Sin embargo, no fue hasta inicios del siglo XX, cuando el científico Richard Feymann ostentó la teoría de la manipulación de átomos y moléculas individuales, empleando las herramientas de precisión que le permitieron construir, a su vez, otro conjunto de herra-

mientas de menor proporción con el fin de alcanzar la escala atómica y dar así, en primicia, con el origen de una ingeniería eminente de sistemas moleculares que hoy conocemos con el nombre de *nanotecnología*. La nanotecnología experimenta multitud de posibilidades y aplicaciones, quizá la más destacable sea la posibilidad que nos ofrece de trabajar a nivel molecular los materiales, cambiando sus propiedades físicas y químicas respecto al mismo material pero de mayor tamaño, esto no significa otra cosa que gracias a la nanotecnología podemos mejorar enormemente el rendimiento de los materiales en condiciones extremas; por consiguiente, estos garantizarán un desempeño determinadamente superior en sus diferentes áreas de utilización, como son la construcción, la medicina, la electrónica, la computación, etc. La odontología, naturalmente, no es una excepción, y no se escapa de esta revolución y está a punto de dar un salto profundo en nuestra época contemporánea.

Vivimos tiempos en los que los clínicos a menudo nos sentimos azorados por un universo fabricado a partir de materiales cuya naturaleza es metálica, polimérica, cerámica y todas sus posibles combinaciones. Estos materiales sustentan los tratamientos que soportan el ansiado bienestar de nuestros pacientes, sin embargo, aún no somos conscientes de la gran revolución que se está presentando ante nuestros ojos. Al comienzo del siglo XXI se inicia además, una nueva etapa, marcada por el devenir de los nuevos materiales nanotecnológicos bioinspirados, aplicados a la ciencia de la vida.

Por lo tanto, no parece complicado imaginar el impacto que la investigación de los materiales nanotecnológicos tendrá en el sector odontológico en un futuro no muy lejano, en especial el grafeno.

**Palabras claves:** nanotecnología, materiales bioinspirados, grafeno, pmma, odontología.

## Introducción

### *Historia y evolución de los materiales*

Al comienzo del siglo XXI, los investigadores más importantes de las distintas disciplinas científicas se aliaron con un fin común: realizar creaciones imitando a la naturaleza. Trabajaron sin pausa, con sublime perspicacia para ofrecer soluciones contrastadas, capaces de crear un sinfín de materiales con propiedades realmente extraordinarias, tejidos autorreparables, tejidos superhidrofóbicos, etc. Los materiales inspirados en la naturaleza (bioinspirados) nos ofrecen soluciones totalmente fiables y probadas para los retos que el entorno impone a los organismos que los asimilan. Los científicos e ingenieros se inspiran en compuestos surgidos de años de evolución para crear nuevos materiales y superficies con propiedades asombrosas.

Debido al espectacular desarrollo de las técnicas específicas que nos permiten conocer y trabajar la materia a escala nanométrica, los científicos, por primera vez, pueden acceder y descubrir los secretos mejor guardados de la naturaleza, y alumbrar con ello, materiales novedosos con funcionalidades nunca previstas hasta nuestros días.

De esta forma, la ciencia evolutiva del ser humano demuestra que la forma anatómica de nuestro cuerpo corresponde con exactitud matemática a las funciones que se realizan; dicho de otra forma, cada una de las partes de nuestro cuerpo, como si de un perfecto engranaje se tratara, está diseñada en forma y densidad para permitir una función biomecánica.



**Dra. Karla Mora**  
Development Manager.  
Graphenano Dental.  
Valencia - España  
Universidad de los Andes  
Odontología  
Facultad de Odontología  
(2005 - 2010)  
Mérida – Estado Mérida.  
Maestría en Ingeniería  
Ciencia de los Materiales  
Universidad Carlos III de  
Madrid. España. 2013 –  
2015.  
Doctoranda de Ciencias  
de la Salud. Universidad  
Alcala de Henares. Madrid -  
España. 2020 - 2022.  
Asesora de IPFA  
Internacional. Centro de  
formación de Odontología.  
Maracay - Venezuela.  
Semifinalista Mejor  
innovación tecnológica en  
el campo del desarrollo  
de los nuevos materiales.  
ChemPlast Awards 2019.  
Patente Mundial.  
Composición de resina  
curable por radiación y  
procedimiento para su  
obtención en impresión  
en 3D. Número y entidad  
emisora de la patente, PCT/  
ES2018/000039



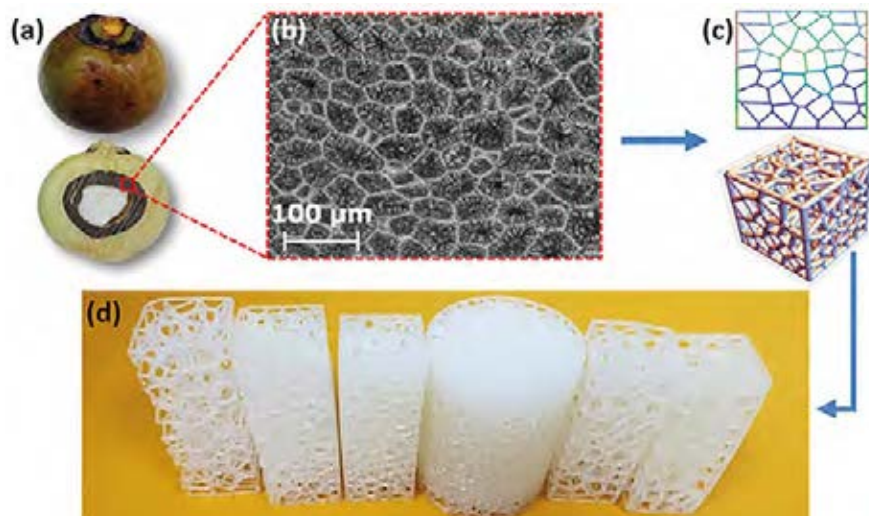
**Dra. Ana Boquete**  
Coordinadora de la Cátedra  
de Formación e I+D en  
Odontología Clínica, UCAM.  
Coordinadora de Trabajos  
Fin de Máster de Posgrado  
en Odontología, UCAM.  
Profesora colaboradora de  
Posgrado en Odontología,  
UCAM, en el área de  
Metodología de la  
Investigación.  
Máster en Bioética  
asistencial, calidad y  
seguridad en el ámbito  
sanitario, UV.  
Revisora del International  
Journal of Clinical Oral and  
maxillofacial surgery (marzo  
2018-actualmente).  
Miembro de la Sociedad  
Española de Medicina  
Dental del Sueño.  
Miembro de la Sociedad  
Española de Odontología  
Basada en la Evidencia.  
Especialista Universitario en  
Estética Peribucal, UCAM.  
Especialista Composites, UAL.  
Especialista Universitario  
en Rehabilitación Oral y  
Odontología Estética, UAL.  
Máster en Implantología  
Avanzada y Biomateriales,  
UMU.  
Doctor por la UGR.  
Máster en Investigación  
Odontológica, UGR.  
Diploma cirugía bucal, UCM  
Práctica privada en cirugía  
bucal e implantología.  
Licenciada en Odontología,  
UGR.



**Jesús Martínez**  
Técnico superior en prótesis  
dental. Escuela Ramón y  
Cajal. Barcelona 1998.  
Experto en prótesis  
combinada e implantes.  
Universidad politécnica de  
Valencia 1999.  
Cursos de especialización  
en estética dental. Darryl  
Millwod, Carlos Saavedra,  
Manuel Oliver,  
Tanaka, Dr. Inaki  
Gamborena, Dr. Aduato de  
freitas, Bredent, etc.  
Dictante en cursos de  
prótesis sobre implantes.  
Euroteknica, Easy Implant,  
Imbiodent, COEC.  
Dictante de máster  
posgrado en Nuevas  
Tecnologías y CAD-CAM.  
Escuela Folguera Vicent.  
Miembro fundador de la  
Sociedad Implantológica  
Basal Iberoamericana.  
Formador en manejo de  
softwares de planificación  
quirúrgica. NemoTec.  
Director técnico del Centro  
Nemo de Valencia.  
Director técnico y gerente  
de Paiprotec Dental.  
CEO de Infinity Labs.  
Desarrollador de la  
aplicación del grafeno en  
odontología.  
General Manager de  
Graphenano Dental.  
Speaker internacional  
Graphenano.  
Profesor de Formación  
Permanente UPV.



Microlattice sobre un diente de león para mostrar su ligereza.



Biomimetismo: (a) Fruto del Cocoyol y (b) su estructura jerárquica. (c) Simulación computacional y diseño de una estructura bioinspirada y (d) su impresión en 3D. (Imágenes tomadas de Flores – Johnson et al).

Es así como la ciencia evolutiva del ser humano demuestra que la forma anatómica de nuestro cuerpo corresponde a las funciones que se realizan, es decir, que cada una de las partes de nuestro cuerpo está diseñada en forma y densidad que permita una función biomecánica. Para explicar este fenómeno, hablaremos de la *Ley de Wolff*; la cual propugna que la densidad ósea se transforma como respuesta al cambio de la fuerza funcional que actúa sobre el hueso. Wolff propuso que al cambio de la forma y función del hueso, o al cambio únicamente funcional, seguía el cambio de la estructura interna y de la forma del hueso, de acuerdo con la ley matemática. Por lo tanto, en el hueso maduro, en el que su forma general ya está establecida, el elemento óseo se sitúa y se desplaza por sí mismo y también aumenta o disminuye su masa como respuesta a la demanda mecánica impuesta. La teoría se apoya en la observación de que el hueso se atrofia cuando no soporta tensión mecánica y se hipertrofia cuando se somete a tensión. Nuestra labor como profesionales tanto clínicos como protésicos trata de reemplazar o sustituir las piezas dentales con prótesis que sean lo más parecidas a la naturaleza (bioinspiradas). Este majestuoso ensamblaje de la naturaleza comprende los de estética, peso, estructura molecular, resistencia, biocompatibilidad y biomecánica. Nuestros huesos, músculos y tejidos forman un sistema totalmente dinámico, diseñado para absorber cargas que son fruto de las actividades naturales. A lo largo de la historia se han utilizado diferentes materiales para fabricar prótesis estéticas y resistentes, desde huesos de animales, madera, cauchos, metales, cerámicas, zirconios, polímeros, etc. Cada uno de estos materiales son muy diferentes en

química y comportamiento. La elección del material tiene que partir del diagnóstico. Hay que evaluar los factores de carga y función. Parámetros como número de piezas, estado y distribución de pilares, extensiones, líneas y planos craneoencefálicos y oclusión.

Habitualmente recurrimos a materiales que son



Corona dental dopada con Grafeno (G CAM).

más duros, rígidos y pesados que las piezas naturales. La cerámica, el metal o el zirconio son materiales básicos en la historia de la odontología, pero su comportamiento compromete en muchos casos el equilibrio del sistema.

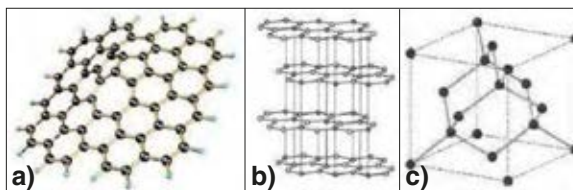
Además, hay que reconocer que los procesos para fabricar, adaptar y reparar las prótesis habituales son largos y tediosos, y que en su mayoría requieren reacciones térmicas para su confección. Los clínicos y protésicos no somos conscientes de la química, física y biología de los materiales que colocamos en boca, pensando que no tiene que ver con nuestro campo; somos los primeros responsables de la salud de cualquier persona cuando decidimos qué material elegir para un caso determinado.

Si trabajáramos nuestros casos pensando en materiales bioinspirados, conseguiríamos una prótesis ideal con un comportamiento biomecánico que se adaptaría al comportamiento del sistema con un peso, dureza, resistencia y estética al sistema natural; además, sus propiedades biológicas mejorarían

el estado del tratamiento de forma continuada. Si a esta solución le pudiéramos añadir facilidad y versatilidad en su manejo para hacer más rápido y eficiente nuestro trabajo diario, estaríamos hablando de un material definitivo.

La nanotecnología; como la ciencia “nano” ha sido “vital” para el desarrollo de los materiales biomiméticos. Esta herramienta nos permite emplear moléculas similares a las biomoléculas, para hacer materiales nanoestructurados utilizando los mismos mecanismos de montaje que los organismos biológicos.

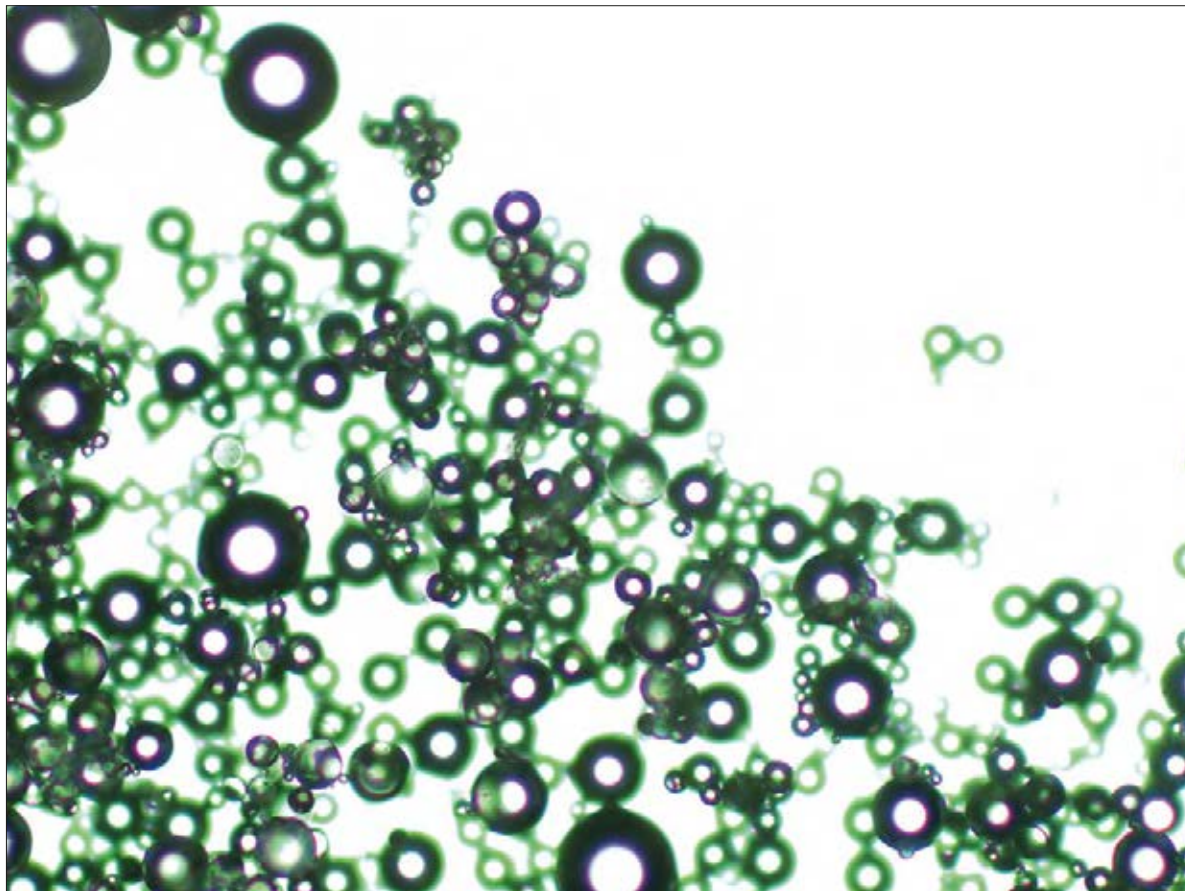
La odontología no se escapa de los avances tecnológicos, es así como la ciencia de las partículas aplicada a uno de los materiales más versátiles y utilizados de la historia odontológica, nos permite alcanzar los objetivos de las necesidades naturales. El material candidato para ser mejorado debe tener una matriz polimérica. Sin embargo, los materiales acrílicos comúnmente usados en rehabilitación oral se desgastan rápidamente, pierden sus propiedades mecánicas con el tiempo, se saturan cambiando de color y propician la adhesión de placa bacteriana debido a un alto coeficiente de absorción de agua, lo que hace que se encuentren realmente lejos de lo que sería el material ideal.



Diversas formas alotrópicas del carbono. (a) grafeno, (b) grafito y (c) diamante.

La tecnología de vanguardia nos ofrece uno de los materiales más innovadores y disruptivos de la historia: el grafeno. Se trata de un material nanométrico formado por átomos de carbono. El carbono es la base de la química orgánica; tiene la disposición ideal como para ser capaz de reaccionar químicamente con otros materiales, revolucionando sus propiedades mecánicas.

Su existencia es conocida desde los años treinta. Ya en 1949 Philip Russell calculó su estructura electrónica de bandas, pero han tenido que pasar varias décadas para que se volviera a hablar de este material debido a que era un material altamente inestable donde las fluctuaciones térmicas podrían destruir el orden del cristal dando lugar a su fusión. Concretamente, no fue hasta el año 2004, cuando los científicos Andréy Geim y Konstantín Novosiólov consiguieron aislar el grafeno a temperatura



Microscopía de dopaje de grafeno con resina acrílica (Imagen tomada de Graphenano Dental).

ambiente por el método de la cinta adhesiva, lo que les valió el premio Nobel de Física en 2010 y abrió las puertas a este nuevo material. Ni tan siquiera la palabra *grafeno* se adoptó desde el inicio, sino a partir de 1994, después de haber sido designada de diversas formas, como, por ejemplo, monocapa de grafito. A partir de esa fecha, el interés por el grafeno no hizo más que crecer.

Pero, ¿qué es lo que hace al grafeno un material tan especial? El grafeno es una estructura de carbono 2D, constituida por una sola capa de átomos de carbono  $sp^2$  en una red hexagonal, similar al grafito. De hecho, el carbono es uno de los elementos químicos más comunes y conocidos, de forma que los científicos se sorprendieron al encontrar que esta nueva forma de carbono tenía propiedades tan sorprendentes. El carbono presenta muchas formas cristalinas, llamadas *alótropos*, siendo los más conocidos *el diamante* y *el grafito*. Los alótropos son formas diferentes del mismo elemento, con enlaces entre átomos distintos, resultando estructuras que tienen propiedades químicas y físicas diferentes.

La forma en que se enlazan los átomos en materiales sólidos tiene un gran impacto en sus propiedades generales. Así, por ejemplo, un diamante y un trozo de grafito son tan diferentes que nunca se diría que ambos están compuestos del mismo elemento: el carbono. Un diamante es un compuesto duro y transparente que es extraído del interior de la tierra, donde está sometido a grandes presiones, mientras que el grafito es un material ligero y negro extraído del carbón. En el diamante, cada átomo de carbono está conectado a otros cuatro átomos de carbono, lo que le confiere una dureza y un brillo excepcionales. En cambio, en el grafito, cada átomo de carbono está enlazado con otros tres átomos en capas de formas hexagonales que se parecen a una colmena de abeja.

Es una de las formas alotrópicas del carbono más interesantes debido a su versatilidad y a sus propiedades electrónicas, mecánicas y químicas únicas. Además, se puede considerar como el bloque constructor, a partir del cual se forman todos los otros materiales grafiticos como los *fullerenos*, los *nanotubos* y el *grafito*.

### *Métodos de obtención*

Resulta curioso que una única lámina (grafeno) sea más dura y resistente que la superposición de muchas (grafito). Esto es debido a que, en el grafito, las láminas de carbono están unidas por las fuerzas de



Discos de biopolímero dopado con grafeno.

Van der Waals (fuerzas atractivas entre moléculas), que son fuerzas mucho más débiles que las uniones covalentes entre los átomos de carbono que forman una lámina de grafeno con hibridación  $sp^2$ . El grafeno se puede extraer del grafito por simple exfoliación, pero también puede conseguirse a partir de diversas fuentes basadas en el carbono. La producción del grafeno depende del método utilizado para sintetizarlo. Cuanto más puro se desee obtener el grafeno, es decir, de mayor calidad, el proceso será más complicado, la cantidad obtenida más pequeña y el coste más alto. Por eso la producción de grafeno siempre ha estado restringida a nivel de laboratorio. Las diferentes técnicas tradicionales de fabricación por orden ascendente de escalabilidad son:

- ▶ Exfoliación con cinta adhesiva: “Scotch Tape”.
- ▶ Deposición desde la fase vapor: “CVD (Chemical Vapor Deposition)”.
- ▶ Exfoliación con disolventes: “LiquidPhaseExfoliation”.

- ▶ Mediante descarga de arco eléctrico y generación de plasma.
- ▶ Exfoliación mediante oxidación del grafito y reducción del GO (óxido de grafeno obtenido).

Algunas de las propiedades más significativas del grafeno son: su ligereza (una lámina de un metro cuadrado pesa 0,77 miligramos), su alta conductividad eléctrica y térmica, mucho más eficiente que el cobre y no requiere mucha electricidad para transportar energía en comparación con el silicio, es capaz de generar energía eléctrica a partir de la luz solar. Además, tiene una enorme dureza, es aproximadamente 200 veces más duro que el acero y, por consiguiente, es mucho más resistente al desgaste, a la compresión y a la tensión (120 GPa antes de romperse). Por otra parte, es un material muy flexible, tiene un alto índice de elasticidad. Adicionalmente, tiene la capacidad de reaccionar químicamente con otras sustancias, lo cual se deriva en la posibilidad de desarrollar a futuro nuevos materiales. Otra característica del grafeno es que, al conducir electrones, genera menos efecto Joule que conductores comunes y, por lo tanto, no se calienta. También resiste la radiación ionizante, es decir, no permite que al verse afectado por este tipo de radiación le quite los electrones libres. Otra cualidad innovadora es que el grafeno logra enfriarse de ma-

nera autónoma. Y, además, cuando una lámina de grafeno sufre una fractura, consigue atraer átomos de carbono para reparar los huecos.

Gracias a esta variedad de propiedades, el grafeno se puede considerar un material versátil, ideal para ser utilizado en innumerables aplicaciones. Entre las más destacadas se encuentra el uso de este material en circuitos integrados, ya que está dotado de alta movilidad de portadores, tiene la capacidad de funcionar a velocidades del orden de los terahertz y con bajo nivel de ruido. Por lo cual, es eficiente para la fabricación de cables de alta velocidad.

A partir del grafeno se desarrolló el aerogel de grafeno, el cual es el material más ligero y eficiente como aislante térmico, es óptimo para la industria de la construcción. Otra aplicación muy útil es la fabricación de paneles solares fotovoltaicos con células realizadas de este aerogel, dado su elevado rendimiento al absorber toda la luz solar. También se ha demostrado la efectividad de láminas de grafeno con poros de tamaño controlado en la purificación de agua, al igual que el uso de estas láminas para la obtención de alcohol absoluto y fuerte. En las ciencias biomédicas, el grafeno puede ser utilizado para realizar secuenciación de cadenas de ADN, usarlo a manera de membrana modificada con la presencia de un nanoporo que resulta extremadamente sensible al paso de distintas secuencias de nucleótidos

Grafeno.



Estructura hecha de PMMA dopada de grafeno.



en una hebra de ADN. También puede ser utilizado como un agente antibacterial, ya que al tener propiedades de inhibición de crecimiento de bacterias puede ser una alternativa de bajo costo para aplicaciones clínicas.

Es así como desde Graphenano Dental decidimos llevar el grafeno a aplicaciones dentales, como discos de biopolímero dopado, se trata de un biopolímero nanorreforzado con grafeno, dotando al material resultante de una mejora en la flexión y dureza superficial. Además, evita la absorción de líquidos manteniendo sus propiedades intactas con el paso del tiempo y mejora la periferia biológica de nuestros tratamientos gracias a la capacidad bacteriostática y antifúngica del grafeno.

El disco de polímero de grafeno G-CAM, indicado especialmente para estructuras dentales permanentes, está disponible en distintas capas cromáticas que aportan un aspecto estético extremadamente natural, además de resolver todas las carencias mecánicas, físico-químicas y biológicas del resto de materiales empleados en el sector.

Las resinas autopolimerizables en base a polimetilmetacrilato (PMMA) son los materiales más utilizados en el laboratorio dental. Sin embargo, pre-

sentan una baja resistencia al impacto y una baja resistencia transversal y de flexión, derivada de la formación y propagación de grietas cuando se someten a esfuerzos mecánicos.

Después de muchos años de investigación, introducimos el grafeno en uno de los materiales más conocidos en la historia de la odontología como el polimetilmetacrilato.

La incorporación del grafeno en las resinas acrílicas constituye una estrategia novedosa para mejorar sus propiedades mecánicas, aumentando simultáneamente tanto el módulo elástico como la tenacidad, reduciendo la aparición de grietas y/o la propagación de las mismas, así como disminuyendo el grado de contracción durante la polimerización.

El grafeno es el candidato ideal para mejorar las prestaciones de las resinas acrílicas autopolimerizables para uso dental, no solo por su elevada resistencia a la tracción, bajo coeficiente de expansión térmica, su gran capacidad de absorción y de lubricación, su flexibilidad y su elevada superficie específica, sino también por su gran relación resistencia-peso.

### Conclusiones

La *nanotecnología* es una concepción incomprensible, pero de gran relevancia en nuestra vida diaria, que para la mayoría de la población pasa desapercibida, pero su efecto, en nuestros días, es una realidad.

La aparición de la nanotecnología como es el grafeno, en escena del mundo dental, es un evento considerablemente significativo, que nos brinda un potencial sin precedentes para crear, controlar, moldear y diseñar nuevos materiales, así como obtener un resultado deseado. La nanotecnología llegó para quedarse, desafiando la estructura del mundo actual como la llave que abre las puertas a un nuevo universo, en el que convergen elementos vitales de todos los campos del saber, generando espacios que interrelacionen tecnologías, buscando incidir, afectar y beneficiar los procesos vitales de los seres humanos, otorgando beneficios sin precedentes a una odontología más humana y más sostenible.

Para poder aprovechar las ventajas de la nanotecnología, se debe efectuar una adecuada implementación que permita a estas novedosas tecnologías acoplarse a las necesidades reales de la odontología actual y crear la sinergia entre clínicos, investigadores, protésicos y nuestros pacientes, partiendo de las necesidades existentes de la odontología actual,



Estructura dental diseñada y fresada con biopolímero dopada de grafeno.

para articular la tecnología de tal manera que ayude a resolver estas necesidades y no genere aspectos desfavorables.

Por ello, la Cátedra de Formación e I+D en Odontología Clínica de la UCAM y Graphenano Dental en el mes octubre de 2019 llevamos a cabo una labor conjunta de investigación, mediante el desarrollo de estudios *in vitro*, que analizan el envejecimiento de grafeno en boca y su resistencia a los ciclos de masticación a largo plazo, entre otros. Esta colaboración entre PgO-UCAM y Graphenano pretende fomentar la aplicación de la nanotecnología en la odontología actual, ayudando a los clínicos a estar al día y alentando a las nuevas generaciones de dentistas a descubrir el fascinante mundo de la nanotecnología y enseñarles a ver cómo podemos mejorar de manera significativa la vida de las personas, de las sociedades y, en definitiva, del mundo.

Gracias a la colaboración de la Dra. Ana Boquete, de la UCAM, a Jesús Martínez, director general de Graphenano Dental, y a mi persona, Karla Mora, científica de Graphenano Dental, seguiremos persiguiendo la excelencia académica a favor de la divulgación científica, motivando a los más jóvenes a valorar la importancia que tiene la ciencia y la investigación en nuestras vidas, tanto a nivel personal, colectivo y profesional, para así trascender en la historia.

*Tras la muerte de Richard Feynman en 1988 encontraron en su pizarra una frase que había escrito poco antes: "What I cannot create, I do not understand" (No puedo entender aquello que no soy capaz de crear), una especie de resumen de su legado científico que bien podría servir de declaración de intenciones para aquellos científicos que dedican sus esfuerzos a imitar materiales creados por la naturaleza: recrear la naturaleza o la vida misma es, tal vez, el mejor modo de llegar a entenderlas.*

*Richard Feynman.*

## Bibliografía

- T A Schaedler et al, Science, 2011, 334,962.DOI:10.1126/science.1211649
- Flores-Johnson et al., Numerical investigation of the impact behaviour of bioinspired nacre-like aluminium composite plates, Composites Science and Technology96: 13-22 (2014).
- Wegst et al., Bioinspired structural materials. Nature Materials 14, 23-36 (2015)
- Guazzo, R.; Gardin, C.; Bellin, G.; Sbricoli, L.; Ferroni, L.; Ludovichetti, F.S.; Piattelli, A.; Antoniac, I.; Bressan, E.; Zavan, B. Graphene-Based Nanomaterials for Tissue Engineering in the Dental Field. Nanomaterials 2018, 8, 349.
- Han Xiea Tong Caoa, Francisco Javier Rodríguez-Lozano, Emma Kim Luong-Vanc, Vinicius Rosaac. Review Graphene for the development of the next-generation of biocomposites for dental and medical applications. Dental Materials. Volume 33, Issue 7, July 2017, Pages 765-774.
- Codruta Sarosi, Alexandru Radu Biris, Aurora Antoniac, Stanca Boboia, Camelia Alb, Iulian Antoniac, Marioara Moldovan (2016) The nanofiller effect on properties of experimental graphene dental nanocomposites, Journal of Adhesion Science and Technology, 30:16, 1779-1794, DOI: 10.1080/01694243.2016.1161969
- Feynman, R. 1998. En.wikiquote.org: On his blackboard at time of death in 1988; as quoted in The Universe in a Nutshell by Stephen Hawking.