

de dicho material [4]. Se trata de un proceso en el que un gas caliente de átomos de boro se condensa en una superficie fría de plata pura. El boro por sí solo es un semiconductor y variando condiciones como la temperatura o la presión se vuelve aislante o conductor. La maravilla de este material es que posee extrema dureza y alta flexibilidad superando al grafeno que, a su vez es superior en dureza al diamante.

Agricultura: En este tipo de agricultura moderna también llamada *nanoaquitectura*, se están realizando grandes esfuerzos para desarrollar nuevas herramientas que mejoren la capacidad de los cultivos para absorber nutrientes, resistir cambios climáticos drásticos, controlar plagas e incluso incrementar la producción. Esto se hace mediante penetración de nanopartículas derivadas del carbono por dos vías: 1) Las aspersiones (sistema de riego que reproduce las condiciones de la lluvia) donde las nanopartículas se introducen a través de los estomas de la planta, que son los poros o aberturas regulables del tejido vegetal; y 2) La aplicación en la raíz o mezclada con el suelo, donde se pueden introducir directamente y posteriormente se distribuye por toda la planta. Esta tecnología se ha aplicado en los nanopesticidas con partículas nanométricas y nanofertilizantes a base de fósforo encapsulado con biopolímeros para liberar directamente y de manera controlada la sustancia activa, lo que requerirá menos producto y reduce costos. Cabe mencionar que se siguen evaluando y mejorando estos productos debido a la posible fitotoxicidad (es el grado de efecto tóxico producido por una mezcla de aspersión o compuesto determinado que causa desórdenes fisiológicos en las plantas) por la presencia de algunas nanopartículas.

Alimentos: Se está desarrollando el uso de *nanoringredientes* para la preparación de comida y así mejorar el sabor, la textura, la consistencia, incrementar la vida útil y reducir la cantidad de desperdicios. Por ejemplo, se han desarrollado granos nanométricos de sal para reducir su consumo, logrando así que una cantidad más pequeña de sal pueda ofrecer el mismo sabor salado. Otro beneficio es el aporte de vitaminas o minerales a través de la encapsulación. También la nanotecnología ha sido aplicable en los empaques para mejorar sus propiedades mecánicas y resistencia al calor. Un ejemplo clásico es el uso de nanoarcilla que ayudan a mejorar las propiedades mecánicas y de barrera en los envases de plástico.

Biomedicina: Una de las condiciones que ha afligido al ser humano probablemente desde sus inicios es el cáncer, ya que a la fecha no existe una cura y el tratamiento que se ofrece resulta invasivo y difícil de tomar para la gran mayoría de los pacientes. Sin embargo, son diversos los esfuerzos que se han hecho, por ejemplo, se tiene conocimiento del desarrollo de *nanoesferas metálicas* que son introducidas en el paciente y localizan el cáncer de manera más puntual y una vez ya localizado estas nanoesferas podrían eliminar solamente el tejido afectado por completo sin dañar los tejidos que se encuentran alrededor. Cabe mencionar que esta investigación aún se encuentra en sus etapas iniciales de desarrollo, pero con el rápido avance de la tecnología, este tratamiento podría ser un método muy confiable para tratar otras enfermedades aún no curables.

Ropa: En la industria textil, la nanotecnología está siendo utilizada para crear "*telas inteligentes*" que son capaces de repeler el 100% de las manchas haciéndolas hidrofóbicas, y no se arrugan! También se utiliza para mejorar la seguridad haciendo chalecos antibalas cada vez más resistentes o delgados, y en el caso de las motocicletas, se están creando cascos muy duros e inteligentes para reconocer cuando existe un movimiento extremo. El *Kevlar*®, es un material extremadamente resistente y al mismo tiempo liviano y duradero. Este material fue obtenido por la química Stephanie Kwolek, que trabajaba para la firma DuPont en 1965. La resistencia del *Kevlar*®, se debe a que lo forman muchos enlaces por puentes de hidrógeno entre las cadenas del polímero. Estas cadenas moleculares se orientan en dirección al eje de la fibra. Fue así como se desarrolló un material que es usado en la actualidad en cosas como los chalecos antibalas, telas resistentes a fuego y materiales para las llantas de los automóviles o fuselajes de aviones.

Cosméticos: Debido a la importancia del cuidado de la piel y el constante deseo de verse bien, la industria far-

macéutica y cosmética han sumado esfuerzos para desarrollar mejores cosméticos con la adición de nanopartículas. No solo se trata de verse bien, sino de sentirse bien. Por ejemplo, con la adición de nanopartículas de ZnO y TiO₂, se puede filtrar la radiación ultravioleta (UV) sin dar un aspecto blanquecino característico de los bloqueadores solares comunes, lo cual los hace más atractivos en el mercado. Otra aplicación de importancia es el uso de *liposomas* (es una vesícula esférica -pequeña burbuja- con una membrana compuesta de una doble capa que consta de partes hidrosolubles y liposolubles) y *niosomas* (son vehículos prometedores de una liberación controlada de un fármaco) utilizados como vehículos para liberar sustancias regeneradoras para la piel como vitaminas A, E y algunos antioxidantes para potenciar el desarrollo de productos con acciones de antienviejimiento, despigmentantes, antiestrías, anticelulíticos y otros beneficios más. Los niosomas también presentan buenas propiedades físicas de estabilidad, presentan coste menor que los liposomas, y son relativamente sencillos para la producción tanto de rutina como a gran escala. Sin embargo, la investigación se sigue perfeccionando para lograr que estos productos tengan un impacto positivo en el mercado y evitar cualquier daño secundario como daños irreversibles en la piel como toxicidad, irritación o enrojecimiento.

Construcción: Uno de los materiales más utilizados por la industria de la construcción es el hormigón, por lo que se ha optado por manipular este material para mejorar diversas propiedades o atacar problemas como la humedad, desgaste, fuego, corrosión, etc. Con esto surge el desarrollo de nuevos aditivos como superplastificantes, nanopartículas o nanoreforzadores para adquirir propiedades hidrofóbicas (repele el agua), hidrofílicas (afinidad al agua), descontaminantes, auto limpiantes y anticorrosivos. Entre los principales materiales se encuentran las nanopartículas de: 1) sílice (SiO₂) que aumentan la resistencia y la durabilidad; 2) dióxido de titanio (TiO₂) éstas añaden la propiedad de ser descontaminantes para la degradación de varios compuestos como monóxido de carbono (CO₂), gases procedentes de vehículos e industrias por fotocatalisis, antibacterianos, antiviricos, anti fúngicos, desodorizantes, anti fuego, anticorrosivos, anti *grafiti* e ideal para recubrimientos fotovoltaicos; 3) óxido de hierro (Fe₂O₃) éstas mejoran la resistencia a la compresión y flexión, además pueden comportarse como auto detectables lo cual podría implicar un futuro en las estructuras inteligentes; 4) alúmina (Al₂O₃) ayudan a aumentar la elasticidad aunque se reduce un poco la resistencia a la compresión; 5) óxido de zinc (ZnO) mejoran la resistencia a la radiación UV y a la corrosión; y 6) partículas de nanoar-

cilla, nanotubos y nanofibras, estas son ideales como materiales refuerzo en esta área.

Purificación de agua: Uno de los grandes problemas a escala mundial es la falta de agua potable. Para solucionar este problema se ha implementado la nanotecnología de múltiples maneras, una de ellas ha sido planteada por el ingeniero Michael Pritchard quien creó un filtrador de agua con bombeo manual y portátil, *Lifesaver*®. Filtra hasta 6,000 litros de agua y posteriormente el sistema se cierra para evitar consumir agua contaminada. Este dispositivo y otros ya creados, actúan como barrera física ante los organismos contaminantes a través de la filtración. Otras tecnologías implementadas son el uso de nanoóxidos para remover metales pesados o el carbono en forma de "popotes" diminutos limpiando el agua a medida que se bebe, así como también existen filtros de pesticidas a base de nanoplasta.

Automóviles: Uno de los sectores que se beneficia más del avance de la nanotecnología es el de los automóviles, básicamente todos los elementos que los componen pueden obtener ventajas muy grandes tales como: el uso de nanotubos de carbono para lograr un peso menor de la carrocería y así obtener un consumo más eficiente de gasolina, incrementar la vida útil en las baterías, utilizan recubrimientos en vidrios para actuar de forma hidrofóbica y no acumular polvo, uso de nanopartículas de óxido de silicio (SiO₂) en las pinturas como recubrimiento anticorrosivo, otros es el uso nanocompuestos poliméricos ligeros de arcilla con polipropileno, poliimida y policarbonatos para una mayor resistencia térmica, nanopartículas de cobre (Cu), óxido de irio (Y₂O₃) o alúmina (Al₂O₃) embebidas en aleaciones con magnesio para mayor resistencia y menor ductilidad, llantas más ligeras con las mismas características de frenado y mejor resistencia, entre otros beneficios más.

Energía: Desde época remotas hemos encontrado en la naturaleza la fuente de recursos para nuestra supervivencia. Sin embargo, debido a nuestras actividades energéticas hemos consumido más y más de estos recursos naturales provocando que exista un agotamiento de estos. Por lo que se creó el día de "*Sobrecapacidad de la Tierra*". Este día varía cada año y se calcula tras comparar la demanda anual de recursos naturales con la capacidad que realmente tiene la Tierra para regenerarlos. La problemática es tan grave que sólo si se lograra retrasar el *Día de la Sobrecapacidad de la Tierra* a 4.5 días cada año, se estima que para el 2050 se podría vivir dentro de los límites del planeta. Actualmente las energías renovables tratan de ayudar a minimizar el uso de energía de fuentes convencionales de fuentes fósiles. Un claro ejemplo es la energía solar fotovoltaica que cada vez es más utiliza-

da por sus grandes beneficios; el uso de paneles solares es una clara aplicación. El uso de la nanotecnología también se puede observar en los diodos emisores de luz (LED's) al lograr producir "*luz más agradable*" [5]. Otra aplicación es la fabricación de materiales nano estructurados de materiales para mejor conversión de energía, como las baterías de flujo, esto con la finalidad de poder reemplazar a las baterías convencionales. Así mismo el uso de catalizadores es tan fundamental para la producción de energía que han sido llamados nanoreactores—"los motores que energizan al mundo a escala del nanómetro". Por ejemplo, en la producción de biocombustibles (combustibles derivados de los tallos de maíz y la caña de azúcar) se requiere de nanotecnología para buscar nanocatalizadores que puedan degradar materiales vegetales de manera más barata y abundante. El uso de sistemas de calefacción y enfriamiento en edificios genera del 50-70% del consumo de energía en una familia. En la actualidad se utilizan *aerogeles* y espumas de tamaño nano que son de 2 a 8 veces más eficientes que las formas tradicionales de aislamiento térmico.

En conclusión, el enorme avance de la nanotecnología durante las últimas décadas ha permitido grandes desarrollos en muchos campos. Los conceptos de la nanotecnología se están aplicando en métodos de diagnóstico más sensibles, sistemas de terapia y de administración controlada de fármacos, agricultura, purificación de agua, así como en herramientas que permiten la regeneración de tejidos y órganos dañados, etc. Las aplicaciones descritas en este escrito son solamente ejemplos seleccionados de la abundante actividad que se está desarrollando en miles de laboratorios de todo el mundo para mejorar las condiciones de salud y la calidad de vida de toda la sociedad. La nanotecnología no es un concepto del futuro, sino que su uso es ya una realidad y de vital importancia en diferentes áreas científicas y tecnológicas.

Agradecimientos: A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por la beca postdoctoral otorgada a Araceli Hernández Granados. A la Dra. Estela Sarmiento-Bustos y la Dra. Manuela Calixto-Rodríguez por la ayuda brindada durante la estancia académica de AGO, JWJ y MFPC en el ICF-UNAM.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.



le <https://www.flaticon.com/> y Adaptado 00.11822/22264/Frontiers_2017_CH2_

ción," *Front. 2017–Inf. DEL PNUMA*, pp. 24–35, 2017. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22264/Frontiers_2017_CH2_SP.pdf?sequence=6&isAllowed=5
 ación y Ciencia." <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/pierde-energia-el-universo-511/electrónica-del-grafeno-8316> (Jun. 20, 2020).
 i, con potente procesador y diseño bisagra mejorado | Huawei." <https://www.subrayado.com.uy/nueva-tecnología-y-mas-innovacion-el-huawei-mate-xs-potente-procesador-y-diseño-bisagra>
 nar al grafeno | MIT Technology Review en español. | <https://www.technologyreview.es/s/11079/borofeno-el-nuevo-material-prodigioso-que-podría-destronar-al-grafeno> (Jun. 21, 2020).
 gy Coordination Office (NNI/NNCO), "Nanotecnología y Energía: Cosas Poderosas de un Mundo Diminuto," *Nanotecnología y Energía*, pp. 1–16, 2014. <https://www.nano.gov/sites/default/files/014.pdf>