launion.com.mx @uniondemorelos

CIENCIA

launion.com.mx

@uniondemorelos

Materiales que piensan: el mundo de los materiales inteligentes

NANCY ISAMAR ORTEGA MOJICA, ATALIA GOMEZ CORTEZ Y JONATAN RODRÍGUEZ REA

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

La Dra. Ortega Mojica obtuvo la Maestría en Sustentabilidad Energética y el Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Es Investigadora por México (SECIHTI, Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación), adscrita al Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP)-UAEMor y docente a nivel licenciatura. Su trabajo se centra en la optimización de sistemas térmicos por absorción y la eficiencia energética en procesos de purificación de agua, con enfoque en sostenibilidad.

La Dra. Gómez Cortez obtuvo el Doctorado en Ingeniería y Ciencias Aplicadas por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Es Investigadora por México (SECIHTI) adscrita al Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM. Su trabajo se centra en la síntesis y caracterización de materiales poliméricos y de carbono con aplicaciones en almacenamiento y eficiencia energética. También participa en la formación de estudiantes de licenciatura en el área de ciencia de materiales.

El Dr. Rodríguez Rea es profesor e investigador de estancias posdoctorales SECIHTI en el CIICAP-UAEMor en el área de procesos ambientales. Sus líneas de investigación incluyen el diseño, síntesis y caracterización de polímeros para aplicaciones sustentables. Ha sido director académico de un programa multicultural (contenido académico en inglés) y ha participado activamente como catedrático a nivel preparatoria y licenciatura.

Hoy en día se habla de edificios que "respiran", carreteras que se reparan solas y camisetas que cambian de color con solo un aplauso. Aunque pueda parecer ciencia ficción, estas innovaciones ya son posibles gracias a los materiales inteligentes o *smart materials*. Estos materiales se han incorporado a campos tan diversos como la medicina, la ingeniería, el diseño y la moda.

Pero sabes… ¿Qué son los materiales inteligentes?

Para entenderlos bien, pensemos en un material que no solo "está ahí", sino que *modifica su comportamiento cuando cambia su entorno.* Básicamente pueden cambiar sus propiedades (sean físicas como la forma, color, textura, etc.) de manera predeterminada y reversible, en respuesta a un estímulo externo específico. No se trata de modificaciones aleatorias: el cambio es reversible y ocurre de manera controlada ante estímulos del entorno. Estos estímulos pueden ser de naturaleza *física* (como la temperatura o la presión) o *química* (como el pH o la humedad). Esta relación entre el material y su entorno se divide en dos direcciones, el entorno actúa sobre el material mediante un estímulo, y el material responde modificando algunas de sus propiedades. Según Kamila (2013), este principio es la base de su funcionamiento tecnológico, ya que permite que los objetos no solo utilicen, sino que respondan a su ambiente.

Los estímulos que activan estos materiales suelen clasificarse en físicos y químicos, los cuales, a su vez, se subdividen en distintas categorías. La Figura 2 muestra algunas de las clases principales de estímulos físicos y las respuestas que generan en los materiales inteligentes.

Lo que distingue a estos materiales de los tradicionales es su estructura a escala microscópica, diseñada para responder a estímulos específicos. Por ejemplo, algunos *metales con memoria* de forma presentan cambios en su estructura cristalina a determinadas temperaturas; *los materiales piezoeléctricos* poseen redes atómicas asimétricas que generan electricidad al deformarse; y *los hidrogeles* inteligentes contienen cadenas moleculares que se expanden o contraen según la acidez del entorno.

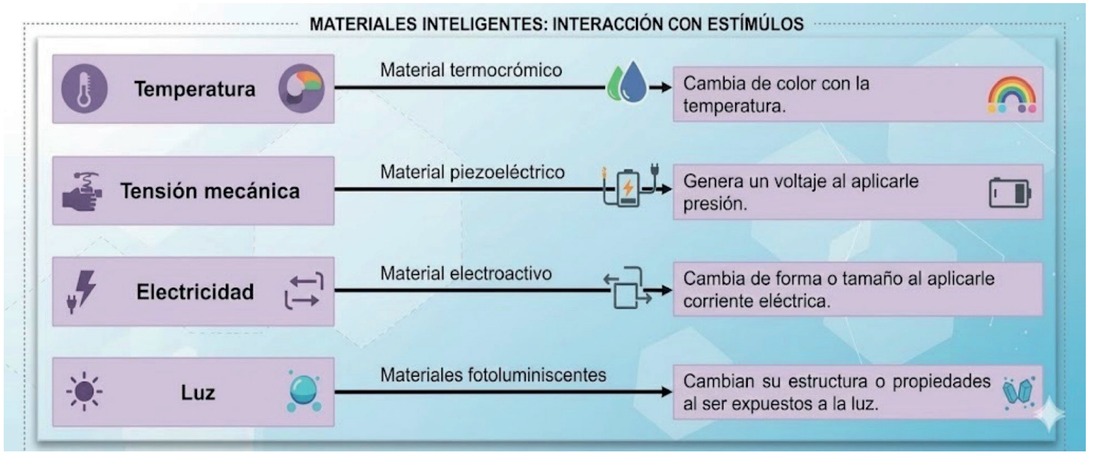

FIGURA 2. RELACIÓN de estímulos físicos y su respectiva respuesta. Diseño propio, creado en Canva.com

Los materiales inteligentes pueden responder de manera predeterminada a cambios en su entorno. En el contexto de los estímulos químicos, estos materiales exhiben una versatilidad notable, adaptándose a variaciones de *pH, humedad y la presencia de compuestos químicos* específicos. Por ejemplo, algunos polímeros cambian sus propiedades (conformación o solubilidad) en respuesta al pH del entorno. Estos materiales son utilizados para monitorear la calidad del agua y del suelo de acuerdo con su acidez. Pero hoy en día no solo modifican su conformación sino también pueden cambiar su tonalidad, fluorescencia, conductividad o tamaño.

También están los materiales *higroactivos* que responden a la humedad del entorno, a menudo cambiando su forma, volumen o propiedades mecánicas al absorber o liberar agua. O los materiales *hidrocrómicos*, los cuales al ser expuestos ante la humedad van cambiando su coloración haciéndolos ideales como sensores ambientales y en el sector textil. A diferencia de los materiales comunes, estos pueden cambiar su forma, color o tamaño cuando el entorno cambia.

La Figura 3 representa las diferentes respuestas que obtienen los materiales inteligentes cuando están expuestos a diversos estímulos químicos.

Una categoría más amplia de materiales inteligentes incluye aquellos que actúan como *materiales catalizadores* en presencia de compuestos químicos específicos. Estos materiales están diseñados para provocar o acelerar reacciones químicas. Esto se usa en purificación de agua, en liberación controlada de fármacos y en procesos industriales que requieren precisión.

Tecnología para un futuro más cómodo y sostenible

Aunque parezcan conceptos nuevos, varios de estos materiales ya forman parte de la vida cotidiana, facilitando nuestras tareas. Los *lentes fotocromáticos* son un ejemplo sencillo. Estos lentes se oscurecen automáticamente cuando son expuestos a la luz solar porque contienen compuestos sensibles a la radiación ultravioleta, de esta manera, ajustan la protección visual en tiempo real protegiendo nuestros ojos. Es un sistema simple pero muy eficaz que muestra cómo un material puede adaptarse al entorno sin la intervención humana.

Las *pinturas fotocatalíticas* son otro caso interesante. Contienen óxidos metálicos como el óxido de titanio (TiO_2), que al entrar en contacto con la radiación solar desencadenan reacciones de oxidación capaces de descomponer contaminantes del aire. Este tipo de recubrimientos se están usando en fachadas, techos y estructuras urbanas, donde además de mantenerse limpios, ayudan a reducir la contaminación en zonas con alto tráfico vehicular. De acuerdo con Kotzias (2022), esto no solo permite autolimpiarse con la lluvia al evitar la acumulación de la suciedad, sino que su función es mejorar la calidad del aire en nuestras ciudades, ya que actúa como pulmones artificiales, convirtiéndose en agentes de descontaminación y así contribuir a mejorar la calidad del ambiente.

Y en cuanto a materiales revolucionarios, *¿qué tal aquellos con la capacidad de regenerarse por sí mismos?* Estos son los llamados materiales *autorreparables*, que son materiales compuestos o polímeros inteligentes que pueden identificar daños como cortes, microgrietas y repararse a sí mismos de manera automática, ya sea de forma autónoma o mediante estímulos externos como la luz o el calor. Por restaurar su estructura y funcionalidad, así como extender la duración de los elementos en construcción, electrónica y automoción, emulan la capacidad biológica de cicatrización, volviendo a su forma original después de sufrir daños, prolongando su vida útil y reduciendo residuos. Los hidrogeles y aleaciones con *memoria de forma* pueden contraerse y relajarse como músculos humanos, lo que hace posible generar prótesis inteligentes o robots blandos que se mueven con una fluidez orgánica. Así mismo, Tetali (2023) comenta que, en el mundo de la medicina, los *stents* cardiovasculares son pequeños tubos de malla metálica utilizados para mantener abiertas las arterias y mejorar el flujo sanguíneo. Por su parte, en el mundo de la moda, la ropa inteligente ha pasado de ser un concepto de película a una realidad que está transformando la industria textil. De acuerdo con Futuro Eléctrico (https://futuroelectrico.com/ropa-inteligente/), la marca estadounidense *Under Amour* está creando en conjunto con la empresa de textiles *Celliant*, una colección de pants, shorts y sudaderas deportivas que contarán con sensores infrarrojos que sean capaces de desinflamar músculos después de un fuerte entrenamiento. Por su parte, existen diferentes marcas de ropa las cuales están integrando en su interior sensores, fibras conductoras y materiales que regulan la temperatura, permitiendo monitorear signos vitales, analizar ritmo cardiaco, calcular el porcentaje de grasa corporal, medir la frecuencia respiratoria o incluso cambiar de color a través de controles digitales.

Aunque todavía se enfrentan a grandes retos como la durabilidad y la privacidad, se espera que para la próxima década estas tecnologías sean cada vez más comunes y se busca ampliar así la colaboración entre la ciencia y la industria, no solo en el sector de la salud y el deporte sino en cualquier ámbito que pueda mejorar la calidad de vida de las personas.

¿Qué nos espera en el futuro?

Ya se están explorando *materiales programables* con ADN sintético, capas que imitan la piel de pulpo para un camuflaje dinámico y cerámicas capaces de resistir temperaturas extremas sin romperse. No solo hacen más fácil lo que hacemos día a día, también apoyan iniciativas para cuidar mejor el ambiente.

En resumen, la historia de los materiales inteligentes es una historia de respuesta e interacción. Estos avances tecnológicos no solo tienen como objetivo hacer nuestra vida más cómoda y práctica, sino también propiciar un futuro más sostenible mediante la creación de estructuras que se auto reparan y productos duraderos. La ciencia y tecnología siguen maravillándonos al desarrollar y producir materiales que antes pensábamos imposibles, lo cual nos invita a imaginar un mundo en el que todo lo que nos rodea responde y evoluciona.

Las perspectivas que ofrecen los materiales inteligentes son amplias y prometedoras, especialmente en el sector energético. Su capacidad para adaptarse a las condiciones del entorno permite optimizar el uso de la energía, impulsar prácticas de reutilización y reciclaje además de favorecer una economía circular. Gracias a ello, estos materiales contribuyen a disminuir el impacto ambiental y avanzan como una alternativa clave para fortalecer la sostenibilidad en los próximos años.

FIGURA 1. APLICACIONES de los materiales inteligentes. Diseño propio, creadas a partir de IA.

FIGURA 3. RELACIÓN de estímulos químicos y su respectiva respuesta. Diseño propio creado a partir de Canva. com

REFERENCIAS

Kamila, S. (2013). Introduction, classification and applications of smart materials: An Overview. *American Journal of Applied Sciences, 10*(8), 876-880. https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.876.880

Kotzias, D., Binas, V., & Kiriakidis, G. (2022). Smart Surfaces: Photocatalytic Degradation of Priority Pollutants on TiO_2-Based Coatings in Indoor and Outdoor Environments—Principles and Mechanisms. *Materials*, *15*(2), 402. https://doi.org/10.3390/ma15020402

Tetali, S.S.V., A.T.R. Fricker, Y.A. van Domburg, I. Roy (2023). Intelligent biomaterials for cardiovascular applications. *Current Opinion in Biomedical Engineering* 28, 100474. https://doi.org/10.1016/j.cobme.2023.100474

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.

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org

¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com