

El diseño de nuevos materiales y máquinas moleculares

Al imitar a la naturaleza, los científicos están diseñando modalidades moleculares totalmente nuevas, que pueden servir de modelo para nuevos materiales y máquinas moleculares avanzadas. (...) Los nanobiotecnólogos han comenzado a aprovechar el autoensamblaje de ciertas moléculas para elaborar nuevas nanobioestructuras como los nanotubos para la fundición de metales, las nanovesículas para encapsular medicamentos y los armazones de nanofibras para el cultivo de tejidos nuevos. Han construido también un fotosistema en nanoescala, de densidad extremadamente alta, y máquinas moleculares ultralivianas para capturar la energía solar. Con mejores conocimientos de estos fenómenos, aparentemente inabordables, la humanidad podrá usar algún día nanodispositivos para reparar órganos del cuerpo o rejuvenecer la piel, mejorar las capacidades humanas, aprovechar la ilimitada energía solar y lograr otras proezas que hoy parecen imposibles.

La biotecnología, conocida por sus aplicaciones en la medicina y la agricultura, se centra cada vez más en la elaboración de nuevos materiales y máquinas biológicas con diversas estructuras, funciones y usos. El advenimiento de la nanotecnología ha acelerado esta tendencia. La biotecnología moderna ha producido una amplia gama de productos útiles, como la insulina humana y las nuevas vacunas. Pero lo que queda por delante puede ser aún más revolucionario. Por ese motivo, los gobiernos, tanto grandes como pequeños, y las industrias, tanto locales como mundiales, procuran cada vez más atraer talento e inversión al campo de la biotecnología.

Imitación de la naturaleza

La propia naturaleza es la maestra experta en lo que se refiere a elaborar extraordinarios materiales y máquinas moleculares. Las conchas, las perlas, el coral, los huesos, los dientes, la madera, la seda, el cuerno, el colágeno, las fibras musculares y las matrices extracelulares son apenas unos pocos ejemplos de materiales naturales. Los conjuntos macromoleculares multifuncionales, como la hemoglobina, las enzimas polimerasas y los canales de la membrana celular son esencialmente máquinas moleculares de exquisito diseño.

A través de miles de millones de años de selección y evolución moleculares, la naturaleza ha producido un conjunto básico de elementos básicos moleculares que incluye veinte aminoácidos, unos cuantos nucleótidos –unidades estructurales de ácidos nucleicos–, una docena aproximada de moléculas lipídicas y dos docenas de azúcares. A partir de estos elementos básicos aparentemente simples, los procesos naturales son capaces de dar forma a una gama enormemente variada de unidades que pueden a su vez organizarse en estructuras, materiales y máquinas moleculares avanzadas que no solo presentan una alta precisión, flexibilidad y capacidad de autocorrección, sino que son también autosustentables y pueden evolucionar.

(...)

A principios de la década de 1990, los biotecnólogos comenzaron a aprender a manipular los elementos básicos naturales que tenían por lo menos una dimensión de entre un nanómetro (la milmillonésima parte de un metro) y 100 nanómetros, para fabricar estructuras moleculares nuevas, lo que introdujo la ciencia y la tecnología en la era del diseño de materiales moleculares.

Los péptidos elaborados a partir de aminoácidos son unidades arquitectónicas moleculares que han resultado ser muy útiles para desarrollar nuevos materiales nanobiológicos. En el agua y en los fluidos corporales, estos péptidos forman armazones bien ordenados de nanofibras, útiles para el crecimiento de tejido tridimensional y para la medicina regenerativa. Por ejemplo, mediante el uso de armazones biológicos y células, los científicos han fabricado cartílago y huesos artificiales para reemplazar tejidos dañados. Aún más, han demostrado también que las nanofibras peptídicas de autoensamblaje de diseño pueden detener de inmediato las hemorragias, característica esencial en las intervenciones quirúrgicas. Los nuevos péptidos han resultado sorprendentemente útiles en la administración de medicamentos, proteínas y genes, porque pueden encapsular ciertos fármacos insolubles y llevarlos hasta células diana y otras zonas del cuerpo.

Autoensamblaje molecular

Todas las moléculas biológicas se relacionan entre sí y se autoorganizan naturalmente para formar estructuras bien definidas con funciones concretas. Mediante la observación de los procesos a partir de los que se ensamblan estas estructuras en la naturaleza, los nanobiotecnólogos han comenzado a explotar el autoensamblaje en la naturaleza para elaborar nuevas nanobioestructuras, como nanotubos para la fundición de metales, nanovesículas para el encapsulado de medicamentos y armazones de nanofibras para cultivar tejidos nuevos.

(...)

En su condición de elementos básicos moleculares, los péptidos diseñados se parecen a las piezas de Lego en las que tanto las clavijas como los agujeros han sido dispuestos de una manera determinada y pueden ensamblarse en estructuras bien formadas. Llamados a menudo «péptidos Lego», estos nuevos ladrillos moleculares se ensamblan espontáneamente en nanoestructuras bien formadas en determinadas condiciones ambientales.

En el agua, las moléculas de péptidos Lego se unen para formar nanofibras bien ordenadas que se siguen asociando posteriormente para formar armazones. Un material de armazón de nanofibras que ha sido creado comercialmente es el PuraMatrix, denominado de esta forma debido a su pureza como armazón biológico de diseño biotecnológico. Los investigadores biomédicos lo usan actualmente en todo el mundo para estudiar el cáncer y las células pluripotenciales, así como para reparar tejido óseo.

Dado que contienen poros de entre 5 y 200 nanómetros y tienen un contenido de agua extremadamente alto, son de utilidad potencial en la preparación de células tridimensionales y el crecimiento de tejidos, así como en medicina regenerativa. Además, el tamaño pequeño de los poros de estos armazones podría permitir que los medicamentos se liberaran lentamente, de modo que las personas no tendrían que tomarse sus medicamentos varias veces por día, sino una vez en un período más largo. Un dispositivo nanoarmazón de liberación lenta puede implantarse en la piel con suficiente dosis del medicamento para que dure meses o años.

(...)

El aprovechamiento de la energía solar

El estudio detallado de la función de las proteínas de membrana es apenas un ejercicio para comprender el fenómeno. Al profundizar nuestro conocimiento acerca de la comunicación de las células con su entorno, averiguamos la manera en la que los sistemas vi-

vos responden a sus entornos. Con este conocimiento práctico, los nanobiólogos han comenzado a elaborar máquinas moleculares avanzadas, capaces de desarrollar sensores extremadamente sensibles con fines de detección médica, o para aprovechar la energía biosolar. Por ejemplo, los antiguos médicos chinos olían a un paciente para diagnosticar un problema médico, porque creían que una enfermedad puede cambiar el olor corporal o las secreciones del paciente. En la medicina moderna, se utilizan diversos instrumentos para hacer un diagnóstico preciso. En el futuro, un sensor de olor tan refinado como la nariz de un perro podría ayudar a diferenciar entre las personas con problemas médicos y las personas sanas.

Nadie discutiría que la energía asequible, sostenible y ambientalmente sana es un requisito del bienestar de la civilización moderna. Aún más, la naturaleza cada vez más móvil de la informática y las comunicaciones, y la nanonización de materiales y máquinas moleculares exigen que se desarrollen fuentes de energía más pequeñas, livianas y autosostenibles. Una fuente obvia de energía infinita es el Sol. La naturaleza ha creado un sistema eficaz (la fotosíntesis) para convertir fotones directamente en electrones y luego en energía química. Las plantas verdes y otros organismos biológicos han venido usando este sistema durante miles de millones de años, el más eficiente sistema de recolección de energía. Si se pudiera aprovechar la energía producida por los fotosistemas naturales, contaríamos con una fuente de energía limpia y casi inagotable.

Los nanobiotecnólogos, tomando prestado el fotosistema de cianobacterias y plantas, han demostrado que los fotones pueden convertirse directamente en electrones mediante las recientemente diseñadas máquinas moleculares biosolares. Por medio de una combinación de ingeniería de precisión e ingeniería biológica del fotosistema, han construido un fotosistema en nanoescala de alta densidad extremada y máquinas moleculares ultra livianas de recolección de energía solar.

Para fabricar una máquina molecular de recolección de energía biosolar se requieren dos componentes clave: un sistema de producción de energía biosolar (fotosistema) de hojas de plantas verdes y unos detergentes peptídicos diseñados. Para la producción de energía solar se usó un fotosistema más simple. Originalmente, los científicos purificaron el sistema de fotosíntesis de la espinaca, y recientemente han informado que purificaron con éxito sistemas fotosintéticos de arces, pinos y robles y de hojas de bambú. Todo el complejo del fotosistema, de solo veinte nanómetros de altura, fue fijado en una superficie de oro con una orientación vertical.

Continúa la experimentación para idear maneras de aumentar la cantidad y la duración de la energía producida por esta nueva y emocionante máquina de recolección de energía molecular.

¿Qué nos depara el futuro?

El desarrollo constante de materiales de nanobiotecnología y máquinas moleculares ahondará nuestro conocimiento de fenómenos aparentemente incomprensibles. La ingeniería en nanoescala mediante el diseño molecular de péptidos autoensamblados es una tecnología facilitadora que desempeñará, probablemente, un papel cada vez más importante en el futuro de la biotecnología y que cambiará nuestras vidas en las décadas futuras. Por ejemplo, los tejidos envejecidos y dañados podrán ser reemplazados por los armazones que estimularán a las células a reparar órganos del cuerpo o a rejuvenecer la piel. Puede que en el futuro seamos capaces también de nadar y bucear como delfines, o escalar montañas con un aparato pulmonar de nanoarmazón que pueda transportar oxígeno. Es posible prever que pintemos automóviles y casas con máquinas moleculares

de fotosíntesis que puedan aprovechar, para todas las poblaciones del planeta y no solo para unos pocos acaudalados, la energía solar ilimitada.

Apenas hemos dado comienzo a un gran viaje, y haremos muchos descubrimientos inesperados. Los péptidos biotécnicos autoensamblados se pueden ser considerados los elementos básicos para la elaboración de materiales nuevos y de futuras máquinas moleculares construidas por el hombre. Estos péptidos pueden diseñarse también conjuntamente para incorporar otros elementos básicos, como los azúcares, los lípidos, los ácidos nucleicos y un gran número de cristales de metales. La naturaleza nos ha inspirado y ha abierto la puerta de sus secretos. Corre por cuenta de nuestra imaginación expandir sus materiales y máquinas moleculares.

Extractado de *El diseño de nuevos materiales y máquinas moleculares*,
de Shuguang Zhang, director adjunto del Centro
de Ingeniería Biomédica del Massachusetts Institute of Technology.