

BIOMÍMESIS, UNA NUEVA MIRADA

Toca repensar el mundo

6

Esta empresa, de nombre Tierra, ha invertido todos sus recursos en I+D desde hace 4.000 millones de años; cada recurso de cada ser vivo ha sido utilizado para mejorar su relación con el medio, desarrollando un sistema de eficiencia perfecta en permanente adaptación. Pero una de las especies que la habitan, la humana, ideó un mundo a expensas de la lógica biológica, en su complacencia de saberse dotada, sin lugar a dudas, de grandes cualidades frente a otras especies de su entorno. En él, el mundo ideado, el hombre lo era todo para el hombre –con permiso de Hobbes–, y en ese arrogante proceso de desapego y desprendimiento de la natura, decidimos extraer, diseñar, fabricar, consumir y desechar en base a un modelo que hoy se revela errado para el que debiera ser su objeto: preservar la vida a largo plazo. Nuevas aportaciones se abren paso ante la urgencia de rediseñar en su conjunto el sistema de generación y distribución del sustento humano, y en definitiva de la gestión global de los recursos, entre ellas la biomímesis o biomimética, una disciplina supuestamente disruptiva que no hace más que mirar hacia algo que siempre estuvo ahí: la naturaleza. Su objeto es resolver problemas actuales que la naturaleza ya ha resuelto, averiguando e imitando cómo lo hace. Si queremos virar hacia una economía circular, (que, como la biomimética, contempla ciclos productivos y económicos en los que la mayor parte de los desechos vuelve a convertirse en recurso), si el objetivo es pasar del residuo inmortal al residuo cero y de la sobreexplotación de los recursos a su optimización, cada sector deberá acometer su particular andadura desde la linealidad hacia sistemas cerrados, tránsito que introducirá una variable imprescindible: la cooperación. Luego, cosidas las piezas, habrá que esperar que el nuevo paradigma engrane como lo hizo en su momento el sistema capitalista, que ha contribuido a la prosperidad de una parte importante de las sociedades, y cuyas imperfecciones, algunas inadmisibles, ha llegado el momento de superar, con la mirada puesta en un nuevo capitalismo, consciente, colaborativo y circular.

Mónica Daluz



Alarma, por tierra, mar y aire

Al principio, la vida era anaeróbica. Más tarde, un grupo de cianobacterias, en el medio marino, realizó su primera fotosíntesis –las algas adoptarían después este mecanismo– generando un desecho en forma gaseosa que lo cambiaría todo: el oxígeno. Entretanto, la colaboración entre organismos unió una mitocondria, –una auténtica fábrica de energía que por entonces vivía de forma independiente en los ‘recién’ formados océanos, deambulando sumergida en la ‘sopa primigenia’–, con una célula, que la alojó (en realidad la engulló sin digerirla, la fagocitó) y donde se aposentó para dedicarse, ahora sí, al 100% a su función: generar energía. En su relación simbiótica, con la que ambas redujeron su inversión en recursos para ser más eficientes, el orgánulo hospedado obtenía nutrientes y un medio protector, y la célula, por su parte, contaría para siempre con una inagotable fuente de energía con la que acometer sus funciones, entre ellas la división celular, sobre la que se asienta la evolución.

Y la reacción del nuevo gas, el oxígeno, con otros liberados a la atmósfera durante una fase de violentas erupciones volcánicas dieron origen a la formación de otro gas, el ozono, que se acumuló en la capa más externa del planeta y que constituye una barrera que hace posible la vida tal y como la conocemos. Así que sin ozono, se acabó.

Hoy la alteración de los ecosistemas, con una preocupante situación de desoxigenación de los océanos y de erosión y pérdida de fertilidad del suelo, hace peligrar el abastecimiento de alimentos. Los desequilibrios se suceden y sus consecuencias en cadena ponen de manifiesto la necesidad de una intervención urgente (ya en 2011 el científico Spencer Weart sugirió que “el sistema climático es sensible a los cambios pequeños y puede cambiar fácilmente de un estado estable a uno distinto”). Este apremio es el que lleva a buscar el camino más corto hacia un cambio de modelo de gestión de los recursos que consume el ser humano, desde el alimento, las medicinas o la energía, hasta la ropa, los envases o las actividades de ocio. La prioridad es, llegados a este punto, librarnos de este excedente imparable de desechos no valorizables: que no servirán para nada nunca más y que ocuparán un espacio en el planeta para siempre. La solución pasa por integrar el flujo de desechos en el circuito; si nos fijamos en la naturaleza vemos que nada desecha, que no produce nada inservible: que no consume más recursos que los estrictamente necesarios. En los ecosistemas naturales los residuos de un organismo son los nutrientes de otra forma de vida, de modo que todo circula sin fin... La biomímesis se inspira en la naturaleza para crear tecnologías innovadoras y propone respuestas a la insostenibilidad que nos acucia, sugiriendo una economía que, como la naturaleza, cierre círculos con el objeto de minimizar la extracción de materias primas y la generación de residuos.



La prioridad es, llegados a este punto, librarnos de este excedente imparable de desechos no valorizables: que no servirán para nada nunca más y que ocuparán un espacio en el planeta para siempre



Corriente sin fricción. En la naturaleza encontramos con frecuencia un patrón de refrigeración en forma de espiral logarítmica. Un diseño con aplicaciones en el desarrollo de dispositivos rotatorios que refrigeren, utilizando una cantidad de energía mínima.

Esa nueva mirada en el abordaje de los retos de nuestra era, una mirada dirigida hacia el laboratorio más antiguo de la historia, trata de resolver problemas de distinta índole (ingeniería, medicina, ciencia de los materiales o electrónica, entre otras muchas) replicando sintéticamente diseños de la naturaleza; “en ella –como argumentan desde el Instituto de Ciencias Biomiméticas (BSI)– se han testado, evolucionado y desarrollado todo tipo de estructuras, nano-modelos, estrategias y configuraciones con un nivel de eficacia imbatible, fruto de un exigente e implacable proceso de selección”.

La naturaleza, donde la forma es función, inspiró a Da Vinci y a Gaudí, y a tantos otros desde los primeros tiempos hasta nuestros días, como al ingeniero suizo George De Mestral, que ideó el velcro tras un paseo campestre en el que acabó con decenas de semillas de bardana adheridas a su ropa. Otro de los ejemplos más conocidos de aplicación biomimética –aunque en ese momento no se le había dado nombre– son los trajes de baño que la marca Speedo fabricó imitando la piel del tiburón –que está cubierta por pequeñas escamas dentadas que reducen la fricción al paso del agua–, y que fueron utilizados por los nadadores del Campeonato Mundial de Natación en los años 2008 y 2009, rompiendo más de 130 marcas. En 2010 se prohibió su uso en competición por ser considerados ‘doping tecnológico’, pero ese diseño se está aplicando en los cascos de barco ya que su estructura, además,

dificulta que se adhieran algas y moluscos. Otros ejemplos son menos conocidos, como las turbinas eólicas con aspas provistas de nódulos que permiten generar más energía que las aspas convencionales con menor velocidad de viento, y están inspiradas en los nódulos del cachalote, que le permiten generar fuerza y velocidad cuando hace giros cerrados.

Hoy ya existen múltiples soluciones que replican formas y funciones naturales de los organismos, pero las posibilidades son todavía mayores. Un importante reto lo constituye poder replicar el modo en que las plantas realizan la fotosíntesis, para avanzar en la definición de un nuevo modelo energético; es la llamada fotosíntesis artificial. En el CIC biomaGUNE de Guipúzcoa consiguieron el año pasado replicar la primera fase del proceso de fotosíntesis que realizan las plantas. La industria de la automoción viene mostrando interés por esta línea de innovación: Hyundai presentó, ya en 2015, su concepto de automóvil del futuro inspirado en el proceso de fotosíntesis, proponiendo un vehículo con toda su cubierta exterior revestida con celdas solares. Luz solar y agua, a través del proceso de electrólisis del agua, serían suficientes para generar el combustible: hidrógeno.

La necesidad de hallar nuevos materiales y nuevas moléculas ha suscitado un interés creciente por la biomimética, que tiene distintos niveles de abordaje y complejidad. Así lo explica el Dr. Francesco Sottile, responsable científico del BSI: “En su nivel más

Se hace necesario hallar nuevos materiales y funciones que nos ayuden en la implementación del pretendido modelo circular

básico, la biomimética se limitaría a imitar las formas naturales en su aspecto externo; a un nivel más profundo, se estudiarían procesos naturales complejos para transferirlos a la solución de retos técnicos; y finalmente, en su expresión más profunda se desarrollarían procesos de diseño integrales, 100% 'biocompatibles' desde su inicio". Las razones por las que la investigación se está focalizando en el estudio y desarrollo de materiales de origen biológico o inspirados en la biología se explican por el mayor conocimiento que hoy se tiene de los mecanismos biológicos y por la aparición de tecnologías que permiten la observación y manipulación de las estructuras atómicas y moleculares a escala nanométrica.

Biomimética y nanotecnología: descubriendo un nuevo mundo

La irrupción, en los años 80, de tecnologías que permitieron observar y manipular las estructuras de la materia a nivel nanométrico desveló las posibilidades que abría, en numerosos campos, la capacidad de replicar principios y estructuras que ya existen en animales, plantas, bacterias u hongos. Las nanoestructuras tienen la particularidad de presentar unas propiedades físicas y químicas muy distintas a las que mostrarían los mismos materiales a otras escalas. Este control sobre el tamaño, la morfología y la distribución de sus componentes permite modificar o incorporar propiedades y establecer relaciones sinérgicas entre ellas en función del objeto de aplicación.

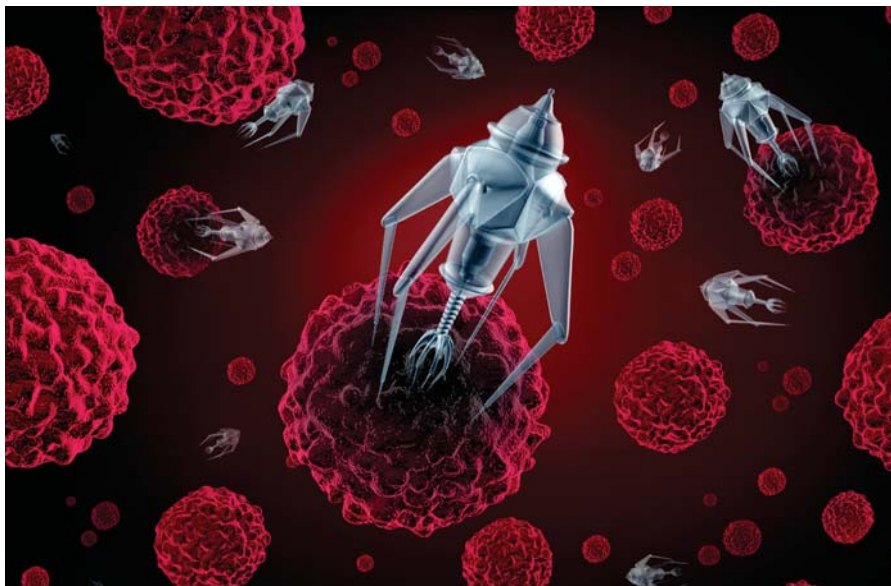
Las aplicaciones de las nanopartículas que imitan o mimetizan componentes biológicos están permitiendo avanzar hacia la medicina personalizada

Si a lo largo de la historia nuestro progreso colectivo ha ido ligado a los tipos de materiales que hemos utilizado, y que han definido largas eras como la de piedra, del bronce..., ahora en la del plástico, y del silicio, se hace necesario hallar nuevos materiales y funciones que nos ayuden en la implementación del pretendido modelo circular, dotando a la industria de un nuevo arsenal de materiales que utilizar en su travesía. Todavía existen materiales en el planeta cuyas propiedades desconocemos. Es el caso del grafeno, que no fue hasta 2018 cuando se observó que este material, conocido y muy abundante en la Tierra, adquiriría unas superpropiedades al disponerlo en dos capas rotadas en un ángulo determinado, de 1,1 grados -el 'ángulo mágico'-, y que valió a sus descubridores, que lo aislaron por primera vez en 2004 con un trozo de cinta adhesiva, el Nobel de Física en 2010.

El grupo de investigación de materiales funcionales nanoestructurados del Centro de Investigación en Nanociencia y Nanotecnología del CSIC, es uno de los centros de investigación que trabajan en esta aproximación. El investigador Daniel Ruiz-Molina lo explicaba así en declaraciones recientes: "Nuestro objetivo, haciendo materiales funcionales nanoestructurados a estas escalas, es conseguir nuevas propiedades y nuevas aplicaciones que no se pueden conseguir con los materiales tradicionales; y decimos que son funcionales porque todo este proceso de integración a través de la nanoescala ha de tener unos objetivos específicos, ha de tener una aplicación, sea nanomedicina, materiales inteligentes, etc". Otros proyectos del CSIC incluyen el diseño de materiales inteligentes que cambian sus propiedades ópticas en función del entorno: materiales fotocromáticos que cambian de color cuando les da la luz, por ejemplo, y que podrían implantarse en cerramientos en edificación, con ventanas inteligentes que regularían el paso de la luz, contribuyendo al ahorro energético.

En este viaje al centro del mundo nanométrico, donde nada es lo que parece, los científicos tratan de 'deconstruir' los mecanismos por los que, por ejemplo, "el revestimiento interior de la concha de una oreja de mar es el doble de duro que nuestras cerámicas de alta tecnología; la seda de araña es cinco veces más fuerte, gramo por gramo, que el acero; el adhesivo de los mejillones actúa bajo el agua y se pega a todo, incluso sin imprimación; y el cuerno de rinoceronte se autorepara, a pesar de no contener células vivas",





La naturaleza nada desecha, no produce nada inservible: no consume más recursos que los estrictamente necesarios

como cita la autora que divulgó el concepto de biomimesis Janine M Benyus, en su libro *Biomimesis*, cómo la ciencia innova inspirándose en la naturaleza.

Los ejemplos sobre aplicaciones son numerosos: materiales para amortiguar impactos que imitan el cartilago; el kevlar de los chalecos antibalas, que reproduce la estructura de una tela de araña; botellas que extraen agua de la humedad del aire, inspiradas en las estrategias del escarabajo de Namibia; tejidos y pinturas que imitan las estructuras de la hoja de loto, que repele el agua y se autolimpia mediante sus microestructuras y nanoestructuras, que por el ángulo de su contacto con el agua hace que ésta ruede sobre su superficie –este mecanismo, llamado ‘efecto loto’, se descubrió en 1982 y una de sus aplicaciones comerciales es la pintura biomimética de Lotusan–; ventiladores que mejoran su eficiencia replicando las espirales logarítmicas de la naturaleza; robots industriales que realizan un trabajo cooperativo a semejanza de las hormigas, –como las Bionic Ants, de Festo–; edificios que emulan los montículos de arena de las termitas para regular la temperatura –el Eastgate Centre Zimbabwe, del arquitecto Mick Pearce, es un ejemplo–; plásticos que se autorreparan imitando la cicatrización de la piel de los mamíferos; adhesivos para medios húmedos con moléculas como las de las proteínas con las que los mejillones se adhieren a las rocas; ropa transpirable que copia el movimiento de las escamas de la piña en presencia de humedad; sistemas de alerta oceánica basados en ultrasonidos como los que emiten los delfines; o el guante de silicona creado por científicos de la Universidad de Stanford capaz de permitir a una persona ascender por una pared de vidrio, a base de un material inspirado en una lagartija, el gecko tokay, que se desplaza fácilmente por superficies verticales pla-

nas –el guante utiliza las mismas fuerzas de atracción y repulsión entre las moléculas (fuerzas de Van der Waals) que utilizan estos individuos–, y podría tener aplicaciones, por ejemplo, en la industria aeroespacial para utilizar en situaciones de ingravidez. Y esto es sólo la punta del iceberg.

Nuevos instrumentos para la medicina que viene

El ámbito sanitario es uno de los más prolíficos en investigación sobre aplicaciones procedentes de inspiraciones biomiméticas; los investigadores tienen entre manos prometedores estudios focalizados en el desarrollo de nuevos fármacos, así como en sistemas para su transporte y liberación en el interior del organismo, y de tejidos biomiméticos, entre otros. En este sentido, el Dr. Sottile destaca el trabajo del grupo de investigación del IBEC, Institute for Bioengineering of Catalonia, “que está desarrollando tejidos in vitro –detalla– con el objetivo de recapitular la funcionalidad celular in vivo; por ejemplo, un nuevo modelo de epitelio intestinal creado imitando el intestino real, bioimprimido en 3D, tendrá como objetivo avanzar en el modelado de enfermedades, la detección preclínica de toxicidad de medicamentos, la comprensión del desarrollo de órganos y las aplicaciones de medicina regenerativa”. En el campo farmacéutico, el presidente y fundador del BSI Dr. Pere Monràs nos habla del caso de Bionure, “una empresa de biotecnología que actualmente se encuentra en fase de ensayos clínicos, y que ha desarrollado un principio activo para combatir enfermedades neurodegenerativas, como la neuritis óptica. A diferencia de otras aproximaciones de investigación, enfocadas a limitar el alcance de la lesión a la capa de mielina que protege a la neurona, se ha incidido sobre la capacidad de regeneración de la propia neurona”.

Los tratamientos inmunoterápicos también se enmarcarían dentro de este enfoque que observa los procesos biológicos naturales para, a modo de copiloto, ir eliminando los obstáculos que entorpezcan dichos procesos cuando son causantes de enfermedad, y potenciar las destrezas del propio organismo. El médico ayuda al piloto, el sistema inmunológico, a encontrar las células cancerígenas escapistas frente a las que ha quedado 'ciego'. Inyectar un virus modificado en un tumor para llamar la atención de los leucocitos y guiarlos hasta él o inhibir determinadas proteínas que expresa la célula tumoral para hacerse invisible, son algunas de las estrategias de cooperación entre el científico y los mecanismos que utiliza la naturaleza, en este caso, nuestro sistema inmunológico. Los avances en epigenética, por su parte, igualmente evidencian que es posible curar enfermedades con fármacos basados en eliminar los 'residuos' acumulados en un determinado gen, que han hecho que éste se exprese o haya dejado de expresarse cuando no debe, causando la enfermedad; lo hacen 'limpiando' el gen de esos residuos procedentes de los procesos de metilación con la finalidad de que éste se exprese como tenía 'programado' originariamente en su fenotipo.

Las aplicaciones de las nanopartículas que imitan o mimetizan componentes biológicos están permitiendo avanzar hacia la medicina personalizada; ya se está trabajando sobre nanopartículas con fármacos en su interior que activan su toxicidad al llegar al núcleo de la célula cancerígena, -liberación controlada de fármacos-, o soluciones como las del Grupo de Materiales Funcionales Nanoestructurados del ICN2 (NanosFun), que investiga en recubrimientos inspirados en mejillones para las nanopartículas que transportan fármacos al cerebro, con el objetivo de proteger químicamente el fármaco transportado.

El acceso al micromundo nanométrico hace observar la biología más allá del tradicional punto de vista de los procesos químicos, cobrando especial relevancia la aplicación de los conocimientos y herramientas procedentes de la física. La llamada 'física biológica' se centra en el papel de las fuerzas y la mecánica en biología. En este sentido, existe material quirúrgico y sanitario que, imitando la estructura en 'V' de las escamas de la piel del tiburón, inhibe el crecimiento de bacterias; dicha estructura requiere más energía por parte de las bacterias para permanecer adheridas, por lo que optarán por otras superficies. Su implantación en superficies críticas, podría ser una aliada para frenar la resistencia antibiótica.

Otro objeto de estudio en el ámbito del biomimetismo son las estrategias que utilizan los animales para garantizar su supervivencia a la hora de evitar o buscar, y en qué circunstancias, determinadas hojas; criba a partir de la cual tratar de descubrir nuevos fármacos. El reino animal nos brinda soluciones cada vez con más frecuencia: hace tan solo unas semanas, en el Instituto Hubrecht (KNAW, Países Bajos) creaban en laboratorio por primera vez, veneno de serpiente reproduciendo la estructura de sus proteínas. A partir de las toxinas de los venenos de serpiente, muchas de las cuales aún no han sido identificadas, los fármacos inspirados en ellas podrían incluir nuevos relajantes musculares, analgésicos o anticoagulantes, además de paliar el problema de la falta de antídotos. El mar, por su parte,

dada su gran diversidad biológica, viene siendo también una fuente de principios activos. En la actualidad los investigadores tratan de encontrar en el medio que originó la vida, organismos que produzcan moléculas distintas a las que conocemos. La observación de las interacciones de estos organismos, que han desarrollado potentes sistemas de defensa debido a sus exigentes condicionantes ambientales, ya ha dado origen al descubrimiento de nuevas moléculas. Hay varios fármacos de procedencia marina que se están usando para el tratamiento del cáncer; la biotecnológica PharmaMar es una de las compañías que los desarrollan.

Por otra parte, la tendencia hacia la integración de la tecnología en organismos vivos hace preciso hallar fuentes de energía biocompatibles. Ya en 1799 las anguilas eléctricas inspiraron el diseño de la primera batería; en 2018, investigadores de la Universidad de Michigan han replicado los conceptos básicos del proceso por el que las anguilas eléctricas generan las descargas con las que aturden a sus presas. Ello abre la puerta al desarrollo de órganos eléctricos artificiales, que se podrán aplicar en robots blandos y en la activación de implantes, como los marcapasos. Y lo último en integración son los robots biológicos, organismos vivos programables, bautizados 'xenobots'...

Para la humanidad ha llegado la hora de enfocar el futuro con una nueva mirada, antes de que todos nuestros momentos se pierdan en el tiempo...



La economía circular busca mantener las materias primas el máximo tiempo en uso, convirtiendo los flujos de residuos en cadenas de valor. Resulta fundamental, pues, ecodiseñar

De vuelta a la simbiosis

La vida es larga, y en su transcurrir, en nuestro hogar entran decenas de objetos que con el tiempo ocupan un espacio que no tenemos. Aunque siempre podemos deshacernos de ellos cuando la situación resulta insostenible, y en cajones y armarios ya no cabe, literalmente, nada más. Pero ¿y si no hubiera dónde ni modo de sacárnoslos de encima? No tendríamos más remedio que convivir con nuestros desechos; y eso es lo que hacemos cuando diseñamos, fabricamos y consumimos productos inmortales. Si la superpoblación del planeta supone un problema de espacio, la superpoblación de basura indestructible, a este ritmo, es matemáticamente insostenible en el tiempo.

El paradigma lineal de la 'era del clíxer' causa contaminación ambiental y desaprovecha recursos: "Reciclamos menos de la mitad de nuestros residuos –señalan los portavoces del BSI– y, puesto que el diseño del producto no ha contemplado el residuo en origen, no existen las infraestructuras necesarias para su reciclaje o reutilización. El reciclaje no debería ser el estadio final de un producto; el desecho en sí debería dejar de formar parte de la cadena de producción".

La economía circular, donde todo es recurso, se basa en el estudio de sistemas no lineales, como el clima o los ecosistemas (lo aborda la bioeconomía), con el objetivo de mantener las materias primas el máximo tiempo en uso, convirtiendo los flujos de residuos en cadenas de valor. Resulta fundamental, pues, ecodiseñar. Por lo que respecta a los componentes durables –a diferencia de los consumibles, que vuelven a la biosfera tras varios ciclos de uso– éstos no son biodegradables, por lo que, bajo este modelo, deberán ser diseñados para facilitar su reparación, actualización, reutilización o, en su momento, refabricación –ya que sus piezas estarían pensadas para volver a transformarse en materiales con los que fabricar nuevas piezas–.

El modelo circular reduce la extracción de materias primas, el coste de fabricación, la emisión de CO₂, el precio del producto, y el residuo. Pero el fabricante, que ahorraría en procesos y optimizaría los ciclos de reutilización y refabricación, tendría que asegurarse de recuperar los componentes de los productos expresamente desarrollados para tener nuevos ciclos de uso. La opción que se baraja –para productos como coches, móviles, electrodomésticos...– es que el fabricante mantuviera la propiedad del producto, lo que conllevará el paso de un modelo de consumidores a otro de usuarios. Al nuevo consumidor/usuario, que también podrá ser productor, se le requiere la toma de conciencia para un cambio de hábitos y valores, en la línea del uso compartido de bienes y servicios, la autoproducción de energía y alimentos, o el consumo y la movilidad responsables, entre otras cuestiones.

Desde que en 2015 la Comisión Europea adoptara un paquete de medidas destinadas a impulsar la transición hacia la economía circular, los avances se suceden en los sectores clave, como el energético o el agrícola y ganadero, y cada vez son más los ejemplos de simbiosis industrial. Este nuevo modelo económico en su natural dinámica genera alianzas locales, nuevas sinergias y nuevos modelos de negocio, también nuevas filosofías empresariales y nuevos estilos en las relaciones laborales, propios del llamado capitalismo consciente. Y como la innovación en biología, ciencia de los materiales, nanotecnología, robótica, etc. hay que colocarla, y lo antes posible, en el circuito de producción y consumo, la innovación en ciencias económicas y empresariales ha de ser también protagonista del tránsito hacia el nuevo paradigma. Estas disciplinas deberán buscar otros puntos de vista con los que hallar nuevas oportunidades que aún no habíamos visto, no porque no estuviéramos ahí sino porque no habíamos mirado.

Todo el funcionamiento de nuestra economía está llamado a cambiar. Esta transformación a todos los niveles va a requerir talento, innovación –ergo inversión– y compromiso. ¿Disciplinas implicadas? Innumerables: desde la ética o la economía, hasta la biología o la robótica y, claro, la biomimética. ¿Cómo produciremos?, ¿cómo generaremos –y distribuiremos– energía?, ¿cómo consumiremos?, o ¿cómo serán nuestras ciudades, nuestros hogares, nuestras empresas, y nuestras escuelas y universidades?, ¿cómo viviremos nuestra salud y nuestra enfermedad?, ¿cómo nos comunicaremos? o ¿cómo moriremos? La respuesta a estas y otras muchas preguntas será aquella que entre todos decidamos dar. En cualquier caso, independizarnos de la naturaleza no parece haber sido una buena idea. Roto el equilibrio perfecto, las perspectivas apuntan hacia la insostenibilidad de nuestra forma de vida, e insostenible es algo que, antes o después, desaparecerá. Para la humanidad ha llegado la hora de enfocar el futuro con una nueva mirada, antes de que todos nuestros momentos se pierdan en el tiempo...

Por lo que respecta a ella, la Tierra, ahí seguirá, seguramente distinta, ocupando su lugar en el Universo. Aunque nosotros ya no estemos. •