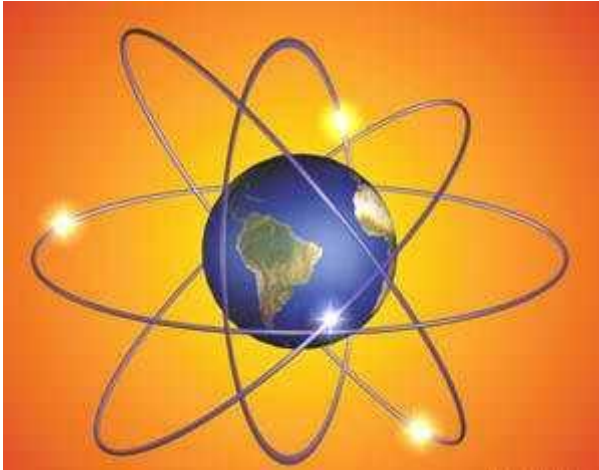


Hacia el mundo nanotecnológico

Por [Carmelo Ruiz Marrero](#) *

Imagínese robots diminutos, navegando por su flujo sanguíneo, matando microbios dañinos y células cancerosas; imagínese los ahora fuera de su cuerpo fabricando, átomo por átomo, productos más versátiles, resistentes y duraderos que cualquier cosa conocida hoy día; imagine que la tecnología en que se basan estos robots revoluciona de manera drástica y sin precedentes los campos de la manufactura. Bienvenidos al mundo 58 de la nanotecnología.



Imagínese robots diminutos, demasiado pequeños aún para ser vistos en un microscopio, navegando por su flujo sanguíneo, matando microbios dañinos y células cancerosas; imagínese los ahora fuera de su cuerpo fabricando, átomo por átomo, productos más versátiles, resistentes y duraderos que cualquier cosa conocida hoy día; imagine que la tecnología en que se basan estos robots revoluciona de manera drástica y sin precedentes los campos de la manufactura, la inteligencia artificial, la producción y procesamiento de alimentos, y hasta el viaje en el espacio. Imagine ahora estas maquinillas fabricando copias de sí mismas, las cuales crean más copias de sí mismas, y así... ¿indefinidamente? Bienvenidos al mundo de la nanotecnología.

Algunos dirán que el escenario anteriormente descrito es ciencia ficción y que no pasará de ser un sueño de futuroides ineptos. Pero un número creciente de científicos, empresas y gobiernos están apostando al futuro nanotecnológico.

La nanotecnología promete (o amenaza) cambiar la economía mundial y la vida humana más radicalmente que la revolución industrial. Sus proponentes proclaman que ayudará a combatir la contaminación ambiental, eliminar las enfermedades y alimentar los hambrientos del mundo, entre innumerables otros beneficios. Pero los críticos y escépticos de esta nueva tecnología temen que podría desatar inimaginables riesgos al ambiente y la salud humana.

La nanotecnología es la manipulación de la materia en la escala del nanómetro. Para darle un sentido de proporción:

- * Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro.
- * Diez átomos de hidrógeno en fila india hacen un nanómetro.
- * La doble hélice de la molécula de ADN tiene 2.5 nanómetros de ancho.
- * Una célula roja de la sangre humana tiene un diámetro de 5 mil nanómetros.

Dieciseis de ellas en fila india (80 mil nanómetros) equivalen al espesor de un pelo humano.

* Algunos componentes individuales de los transistores que hace la compañía Intel miden 130 nanómetros, por eso caben 42 millones de transistores en cada chip Pentium 4.

Todavía no existen nanorrobots autorreplicantes- y algunos expertos opinan que nunca los habrá. Pero la nanotecnología ya es una realidad y una actividad económica en continuo crecimiento. Más de cien firmas fabrican nanopartículas, pedazos de sustancias o elementos, como oro o carbono, rebanados en fragmentos de tamaño nanométrico (900 millones de éstas caben en la cabeza de un alfiler). Las nanopartículas se pueden obtener en forma de polvo o en solución líquida, y ya se están usando en cientos de productos, incluyendo lubricantes industriales, jabones, bolas de golf, ceras de carro, neumáticos, pantallas de televisión, chips electrónicos, teléfonos celulares, cosméticos, crema para el sol, gafas, ropa (las prendas Nanotex de Eddie Bauer) y hasta anticonceptivos.

¿Y qué tienen de especial las nanopartículas? Su tamaño y nada más. Cuando los materiales son fragmentados hasta la nanoescala sus propiedades físicas cambian radicalmente. Debajo de la escala de 50 nanómetros dejan de tener aplicabilidad las leyes de la física clásica que asociamos con los macro-objetos que vemos y tocamos en nuestro diario vivir, y son reemplazadas por las de la física cuántica. Características como color, dureza, reactividad química y conductividad eléctrica pueden variar entre objetos de nanoescala y objetos de mayor tamaño, aunque ambos estén hechos de la misma sustancia. Una sustancia que es amarilla puede tornarse roja al ser rebanada en pedazos de sólo unos cuantos nanómetros de espesor, como pasa con el oro. También, una sustancia que es relativamente inerte química y eléctricamente se puede hacer altamente reactiva químicamente y conductora eléctrica a nivel nano.

Un ejemplo de esto es el dióxido de titanio, que es el ingrediente activo de la crema para el sol, pues impide el paso de rayos ultravioleta. Esta sustancia es blanca pero cuando sus partículas son de nanoescala se torna transparente, pero manteniendo aún su capacidad para bloquear la luz ultravioleta. Ya hay en el mercado crema para el sol transparente hecha con nanopartículas de dióxido de titanio.

Por otra parte, el carbono muestra propiedades muy interesantes a nivel nano. Hay científicos decididos a desarrollar aplicaciones prácticas para los nanotubos, que son moléculas de carbono en forma cilíndrica. Los nanotubos son cien veces más fuertes que el acero y seis veces más livianos, y además conducen corrientes eléctricas mejor que el cobre. Las aplicaciones potenciales de este novedoso material para la medicina, la manufactura y las computadoras podrían ser prácticamente ilimitadas.

El gobierno de Estados Unidos actualmente gasta mil millones de dólares anuales en el desarrollo de la nanotecnología, tal cantidad de fondos públicos no se emplea en un emprendimiento científico desde el programa espacial Apolo. Y desde su fundación en el 2000, la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (www.nano.gov/) supervisa el financiamiento federal de todo lo que tenga el prefijo "nano". Los gobiernos estatales, por su parte, invierten alrededor de \$400 millones al año, compitiendo por convertirse en el "valle del silicón" de la nanotecnología. En el lado privado, prácticamente todas las empresas en la lista Fortune 500 tienen inversiones en nanotecnología, incluyendo IBM, Exxon Mobil, Dow Chemical, Xerox, Eli Lilly, Dupont, y 3M.

Los competidores de Estados Unidos no están dormidos. Las compañías japonesas Sony, Toyota, Mitsubishi y Toshiba, y las europeas Philips, L'Oreal y Nestlé, entre

muchas otras, ya están metidas de lleno en la carrera nanotecnológica. Por lo menos 35 países tienen inversiones estatales en este campo, incluyendo México, Argentina y China.

La grandeza de lo pequeño

La nanotecnología se discute en círculos científicos por lo menos desde 1959, cuando el físico Richard Feynman (Premio Nobel, 1965) propuso la manipulación de átomos individuales en una lectura titulada "There's Plenty of Room at the Bottom". En 1986 el científico Eric Drexler publicó *The Engines of Creation*, todavía hoy considerado la biblia de los nanotecnólogos.

Los nanotecnólogos ya están mirando horizontes más allá de la producción en masa de nanopartículas y contemplando aplicaciones aún más ambiciosas. Algunos de ellos se disponen a fabricar robots a nano escala (nanobots) que realizarán una infinidad de faenas, incluyendo auto-replicación.

Según el inventor Ray Kurzweil (www.kurzweiltech.com/), "Comida, ropa, anillos de diamante y edificios, todos podrían autoensamblarse molécula por molécula. Cualquier tipo de producto podría ser instantáneamente creado cuando y donde lo necesitemos. De hecho, el mundo podría autoreensamblarse para atender nuestras cambiantes necesidades, deseos y fantasías. Para fines del siglo XXI, la nanotecnología permitiría a objetos, como muebles, edificios, ropa, hasta gente, cambiar su apariencia y otras características- esencialmente cambiar a otra cosa- en una fracción de segundo."

Aplicaciones presentes y futuras

Medicina y salud

Según la Fundación Nacional de las Ciencias de Estados Unidos, para el año 2015 la mitad de la producción farmacéutica dependerá de la nanotecnología.

Aplicaciones médicas para la nanotecnología actualmente en desarrollo incluyen: caracterización más precisa del perfil genético de un paciente, nuevos métodos de suministrar medicamentos directamente a órganos y tejidos específicos, acceso quirúrgico a partes del cuerpo antes inaccesibles, tejidos y órganos artificiales que no sean rechazados por el cuerpo, biomateriales "inteligentes" para extremidades artificiales, y biosensores para detección temprana de enfermedades, entre muchas otras aplicaciones.

Algunos proponentes de la nanotecnología, como el inventor Ray Kurzweil, sostienen que antes de terminar la primera mitad de este siglo: "Nanobots introducidos a nuestro flujo sanguíneo podrían complementar nuestro sistema inmunológico, y buscar y destruir patógenos, células cancerosas y otros agentes causantes de enfermedades". Añade Kurzweil que "Podremos reconstruir cualquiera o todos nuestros órganos y sistemas, y hacerlo a nivel celular."

Agua

Sistemas biológicos, lo mismo nuestros riñones que bosques de mangle, filtran agua y la purifican. El geólogo Stephen Gillett, de la Universidad de Nevada, sostiene que la nanotecnología se puede usar para purificar agua imitando sistemas biológicos, y amplificando de esa manera la eficacia de tecnologías de membrana como la osmosis inversa y el electrodiálisis.

KX Industries ofrece filtros con membranas nanotecnológicas antivirales y antibacteriales. La idea es que los poros de estas membranas son tan diminutos que pueden filtrar hasta los más pequeños microbios. La empresa Argonide fabrica nanofibras de aluminio, cuya carga eléctrica positiva atrae a los gérmenes cargados negativamente. También hay materiales fotocatalíticos que someten el agua filtrada a rayos ultravioletas, que podrían destruir solventes industriales, plaguicidas y bacterias.

Zvi Yaniv, presidente de Applied Nanotechnology, dice que se pueden crear nuevos materiales con polímeros que se autoensamblen en membranas. Su firma colabora con un socio japonés haciendo columnas nanométricas de óxido de titanio, que servirían como potentes fotocatalizadores. Otra tecnología de su compañía se basa en sensores constituidos por nanotubos de carbono recubiertos por enzimas que reaccionan en la presencia de contaminantes.

La guerra

El grueso de la inversión del gobierno estadounidense en nanotecnología está dirigido a las fuerzas armadas. En 2002 el Ejército y el Massachusetts Institute of Technology fundaron el Institute for Soldier Nanotechnologies (<http://web.mit.edu/isn/>). La meta máxima de este proyecto es crear un uniforme liviano, confortable y a prueba de balas, que además multiplicaría las capacidades de combate del soldado. Hoy día el soldado de infantería típicamente carga con 100 a 140 libras de equipo, pero con avances en nano-miniaturización el uniforme podría combinar protección de balas, monitoreo médico y comunicaciones en un sistema integrado. El poncho a prueba de lluvia podría ser reemplazado por una nano-capa que haría todo el equipo del soldado impermeable.

Otros nano-avances de tipo militar actualmente siendo desarrollados incluyen: nano-camouflage para hacer a los combatientes invisibles en el campo de batalla; sensores miniaturizados para la detección de armas químicas o biológicas; un "exoesqueleto" que daría capacidades sobrehumanas al soldado; municiones y misiles hechos de nanotubos de carbono; y mucho más.

Exploración espacial

La nanotecnología podría transformar la exploración espacial de manera fundamental. Ya se está hablando de usarla para hacer combustibles de propulsión, capas protectoras y materiales estructurales más livianos, eficientes y poderosos que cualquier cosa conocida hoy día. Según el visionario Eric Drexler, considerado el gurú de la nanotecnología, se podrían hacer trajes espaciales ultralivianos y cómodos con sólo uno o dos milímetros de espesor.

Las naves espaciales podrían estar cubiertas en su exterior de nanosensores y nanorobots que monitorearían su integridad estructural constantemente y- de ser necesario- realizarían reparaciones automáticamente sin requerir la atención de la tripulación.

Desde hace varias décadas se está hablando de establecer un elevador espacial en órbita sobre la tierra, el cual podría subir cargamentos de varias toneladas desde

algún punto en el Ecuador hasta el espacio exterior. De construirse y funcionar, esto podría facilitar y acelerar la colonización del espacio en este siglo. En junio de 2004 se celebró en Washington DC la tercera conferencia internacional para discutir esta propuesta (www.isr.us/Spaceelevatorconference/), y hay una empresa, The LiftPort Group (www.liftport.com/), dedicada a desarrollar las tecnologías necesarias para hacer el elevador. La investigación y desarrollo en nanotubos súper-resistentes podría hacer de este ascensor cósmico una realidad muchísimo más pronto de lo originalmente previsto.

Alimentación

"Un puñado de productos y complementos alimentarios que contienen aditivos de nano escala, sin especificarlo en la etiqueta, se encuentran ya en los anaqueles de los supermercados", anuncia el Grupo ETC (www.etcgroup.org/), organización sin fines de lucro que investiga los impactos de las nuevas tecnologías..

La mayoría de las más grandes empresas de alimentos y bebidas en el mundo - incluyendo Unilever, Nestlé y Kraft- están desarrollando tecnologías de nano escala para diseñar, procesar, empacar y suministrar los alimentos y los nutrientes. Kraft tiene un laboratorio de nanotecnología de alimentos y en 2000 fundó el consorcio NanoteK, mediante el cual colabora con 15 universidades y varios laboratorios federales. Este consorcio está desarrollando alimentos personalizados que reconocen el perfil nutricional y de salud del consumidor, al igual que envolturas y empaquetados que pueden detectar y alterar las deficiencias nutricionales del individuo.

También se disponen a inventar bebidas con sabores y colores encerrados en nanocápsulas que se abrirían solamente en respuesta a algún estímulo externo, como por ejemplo una frecuencia de microonda específica. Un consumidor sediento compraría una lata con un líquido incoloro y sin sabor, escogería su color y sabor favorito y los activaría con microondas en una frecuencia particular. Las nanocápsulas que contengan otros colores o sabores se mantendrían cerradas.

Otro proyecto es la creación de envolturas con nanosensores capaces de detectar sustancias en partes por trillón, que le permitirían al consumidor saber, por ejemplo, si un corte de carne está contaminado con bacterias.

El nuevo agro nanotecnológico

Compañías agroquímicas como Monsanto, Syngenta, BASF y Bayer Cropscience están desarrollando pesticidas nanoencapsulados. Tales nanocápsulas se podrían "programar" para que se abran en respuesta a un estímulo externo, que puede ser contacto con agua, un alza en la temperatura, un cambio en el Ph, contacto con alguna sustancia o proteína particular, exposición a un campo magnético, o al recibir un "comando" transmitido por ultrasonido. Se espera que estos adelantos mejoren la precisión en la aplicación de agroquímicos y reduzcan su impacto ambiental.

"Todas las corporaciones que dominan el negocio mundial de los transgénicos están invirtiendo en nanotecnología", dijo Silvia Ribeiro, del Grupo ETC, en un artículo publicado en el diario mexicano *La Jornada* en 2004. "Monsanto tiene un acuerdo con la empresa nanotecnológica Flamel para desarrollar su herbicida Roundup en una nueva formulación en nanocápsulas... Pharmacia (ahora parte de Pfizer), tiene patentes para fabricar nanocápsulas de liberación lenta usadas en 'agentes biológicos como fármacos, insecticidas, fungicidas, plaguicidas, herbicidas y fertilizantes'. Syngenta patentó la tecnología Zeon, microcápsulas de 250

nanómetros que liberan los plaguicidas que contienen al contacto con las hojas. Ya están a la venta con el insecticida Karate, para uso en arroz, pimientos, tomates y maíz. Syngenta también tiene una patente sobre una nanocápsula que libera su contenido al contacto con el estómago de ciertos insectos."

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos está desarrollando un "Smart Field System" con nanosensores inalámbricos que se usarían en fincas para recopilar datos sobre factores como temperatura, humedad, acidez en los suelos o la presencia de plagas o patógenos, y transmitírselos al agricultor. Por otra parte, la firma Intel está diseñando sistemas de "computación proactiva" para uso agrícola, que le permitiría a los nanosensores anticipar las necesidades del agricultor y actuar "por cuenta propia".

Según el Grupo ETC, existe "un amplio espectro de actividades de investigación y desarrollo, que van desde las semillas atómicamente modificadas, nano sensores para agricultura de precisión, plantas diseñadas para producir nano partículas metálicas, nano vacunas para los criaderos de peces, nano códigos de barras para monitorear y controlar los productos comestibles y mucho más."

¿Y los riesgos?

Nanotoxicidad

¿Pueden las nanopartículas afectar la salud humana? Tan temprano como 2001 científicos del Centro de Nanotecnología Biológica y Ambiental de la Universidad de Rice en Estados Unidos advirtieron que las nanopartículas se acumulan en los hígados de animales de laboratorio. Esto significa que estas partículas pueden recorrer la cadena alimenticia y acumularse de esa manera en los tejidos de animales y humanos. Dos años después, un estudio publicado en la revista científica Nature demostraba que las nanopartículas pueden ser absorbidas por las lombrices y otros organismos del suelo.



Investigaciones realizadas por la inmunóloga francesa Silvana Fiorito demuestran que las células reaccionan a la entrada de partículas foráneas si son de escala micrométrica (un micrómetro es mil nanómetros o una milésima de milímetro) pero no reaccionan a partículas nanométricas aunque sean de la misma sustancia. "La capacidad de evadir el sistema inmunológico puede ser deseable para suministrar

medicamentos, pero ¿qué pasa cuando tocan a la puerta nanopartículas no invitadas?", advierte el Grupo ETC. ¿Serán las nanopartículas el asbesto del siglo XXI?

En el año 2005 salieron a luz varias informaciones preocupantes sobre los impactos de las nanopartículas:

* El National Institute of Occupational Safety and Health de Estados Unidos anunció que encontraron daños significativos en el ADN del corazón y arterias de ratas que fueron expuestas a nanotubos de carbono.

* En el mes de marzo el Consejo Asesor del Presidente Bush sobre Ciencia y Tecnología publicó un extenso informe sobre la nanotecnología que presenta serias interrogantes. El documento advierte que los consumidores ya están expuestos a nanopartículas en productos como crema para el sol y loción para bebés, pero que prácticamente no se está haciendo investigación alguna para averiguar lo seguras que son, y que la nano-industria está prácticamente al garete y sin reglamentación alguna.

* Un estudio de la NASA determinó que la inyección de nanotubos de carbono provocaron daños significativos en pulmones de ratones. Los investigadores dijeron que la dosis inyectada era equivalente a 17 días de exposición de un trabajador en una nanofábrica.

* Científicos de la Universidad de Rochester reportaron que conejos que inhalaban nanoesferas de carbono mostraron un aumento en la susceptibilidad a formar coágulos sanguíneos.

* En la reunión de la Asociación Química de Estados Unidos se presentó un informe que muestra que las nanopartículas de carbono se disuelven en agua, en contradicción con lo que se creía, y que aún en concentraciones muy pequeñas son tóxicos para las bacterias del suelo.

Según el Grupo ETC, "en años venideros, científicos crearán nuevos elementos y quizás reestructurarán y combinarán elementos en modos que no podemos imaginar hoy. Son imposibles de calcular las posibles implicaciones socioeconómicas y ambientales de nuevas formas de materia- materiales nunca antes vistos en la tierra."

"Los gobiernos y la industria han permitido que nano-productos entren al mercado en la ausencia de debate y supervisión por parte de autoridades reglamentadoras", dijo Hope Shand, del Grupo ETC, en entrevista con el diario puertorriqueño El Nuevo Día. "Sobre 475 productos con partículas de nanoescala, invisibles, sin reglamentación ni etiquetado, ya están disponibles comercialmente- pero ningún gobierno ha desarrollado un régimen regulatorio para atender el asunto de la nanoescala."

Shand agregó que "sólo existe un puñado de estudios toxicológicos sobre nanopartículas artificiales, pero parece que las nanopartículas como tal son más tóxicas de versiones más grandes del mismo compuesto debido a su movilidad y su reactividad aumentada."

Por otra parte, el Instituto Foresight (www.foresight.org/), que favorece la nanotecnología, no comparte los temores del Grupo ETC y otros sectores. Christine Peterson, su vicepresidenta, sostiene que las nanopartículas no han sido adecuadamente definidas y que por lo tanto es prematuro imponer regulaciones y

protocolos de seguridad. "¿Qué es exactamente una nanopartícula? Depende de cómo usted la defina", dijo Peterson en entrevista con El Nuevo Día. "Muchas sustancias naturales, al igual que sustancias químicas y aditivos en nuestro alimentos que se usan desde hace mucho tiempo tienen partículas de tamaño nano."

Según ella, si las nanopartículas no son definidas de manera apropiada, cualquier reglamentación será problemática. Señaló que hay varias instituciones en Estados Unidos y a nivel internacional atendiendo el asunto, incluyendo la American National Standards Institute, la International Standards Organization y el International Accreditation Forum.

Nano-invasión

¿Qué tal si nanobots autorreplicantes se reproducen fuera de control? Enfrentaríamos en ese caso peligros y formas de contaminación ambiental imposibles de imaginar hoy. Ya en 1991 el autor Jerry Mander, un favorito de los lectores ecologistas y oponentes de la globalización neoliberal, advirtió sobre los riesgos de la nanotecnología en su libro *In the Absence of the Sacred*. Bill Joy, científico principal de la corporación Sun Microsystems, expresó preocupación sobre los peligros potenciales de esta tecnología en un ensayo que lleva el título tétrico de "Why the Future Doesn't Need Us", publicado en la revista tecnófila *Wired* en el 2000.

Según Joy, "Las tecnologías del siglo XXI- genética, nanotecnología y robótica (GNR)- son tan poderosas que pueden dar lugar a nuevos tipos de abusos y accidentes". En su ensayo, sostiene que todavía no hemos caído en cuenta de que estas tres tecnologías "representan una amenaza distinta de otras tecnologías que han venido antes", ya que los nanobots y los organismos transgénicos pueden autorreplicarse. "Una bomba sólo puede estallar una vez. Pero un bot se puede convertir en muchos, y rápidamente salirse de control."

Mooney plantea que "En un mundo biónico donde se funden la nanotecnología y la biotecnología, veremos biocomputadoras a nanoescala y biosensores capaces de monitorear todo, desde reguladores del crecimiento en las plantas hasta asambleas políticas... ¿Qué pasa si no se puede detener a los nanobots? ¿Qué implicaciones tiene esto para los planes militares y el terrorismo, especialmente el terrorismo de estado? El propio poder de la nanotecnología de hacer todas las cosas físicas, visibles e invisibles, en forma barata e inagotable, es también la mayor amenaza que conlleva."

Nanopatentes

Y encima de esto, hay riesgos que son de naturaleza social y política. La nanotecnología está encaminada por la misma ruta que la biotecnología en lo que se refiere a la patentación de materiales de la naturaleza. Dice Mark Lemley, de la Universidad de Stanford, que "las patentes arrojarán una sombra mucho mayor sobre la nanotecnología que la que tienen sobre cualquier otra ciencia en un estadio de desarrollo similar". Tan temprano como 1964 Glenn Seaborg, Premio Nobel de Física, estableció un precedente preocupante al patentar dos elementos de la tabla periódica: el Americio (95) y el Curio (96). La carrera por las nanopatentes ya anda a todo furor: entre 2000 y 2003, el aumento de patentes nanotecnológicas otorgadas por la Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos aumentó 50 por ciento, llegando en 2003 a 8,630.

Ribeiro (La Jornada, 30/9/05) recopiló los siguientes ejemplos de nanopatentes:

* En China, el investigador Yang Mengjun, consiguió 900 patentes sobre hierbas usadas en la medicina tradicional china, alegando formulaciones nanotecnológicas.

* Charles Lieber, de la Universidad de Harvard, obtuvo una patente (la cual licenció en forma exclusiva a Nanosys Inc.) sobre nanobarras de óxidos compuestos con metales. La cobertura de la patente abarca óxidos no solamente de un metal, sino de 33 elementos de la tabla periódica (aproximadamente un tercio del total), que cubren 11 de los 18 grupos de elementos existentes. Estas barras tienen usos en múltiples industrias, incluyendo la biomédica, y ha sido identificada por varios abogados de patentes como una de las 10 patentes claves que condicionarán el desarrollo de la industria nanotecnológica.

* La Universidad de Kansas obtuvo una patente de otros procesos nanotecnológicos que le otorga la exclusividad de su uso en las industrias farmacéutica, alimentaria, química, electrónica, de catalizadores, polímeros, plaguicidas, explosivos y recubrimientos.

"Nunca antes habíamos presenciado un uso tan vasto de un instrumento de apropiación monopólica como las patentes nanotecnológicas", observa Ribeiro. "Quienes creen que la nanotecnología puede tener usos benéficos, como hipotéticos ahorros de energía y de recursos, o aplicaciones médicas, o aún más, ilusorio, que 'beneficiará a los pobres', deberían repensarlo frente a este panorama. Baste ver cómo las transnacionales farmacéuticas se comportan con las necesidades de salud pública, sobre todo en el tercer mundo, controlando patentes que no cubren ni una nanofracción del alcance de éstas."

Mirando hacia adelante

Ninguna campaña activista detendrá la nanotecnología, ya es demasiado tarde para eso. Se usará para bien o para mal y va a revolucionar todos los aspectos de la economía mundial y la vida humana, nos guste o no.

¿Qué pueden hacer entonces aquellos ciudadanos responsables preocupados por los impactos adversos que pueda tener esta tecnología para la salud humana y el ambiente? "La sociedad civil y los movimientos sociales deben emprender un debate amplio acerca de la nanotecnología y sus múltiples implicaciones económicas, ambientales y de salud", aconsejó Shand. "Los gobiernos y la industria no deberían cometer el error de confinar las discusiones a reuniones de 'expertos'- o limitar el debate estrictamente a los aspectos de salud y seguridad de la nanotecnología- también se deben abordar los aspectos sociales y económicos."

Pero la historia no termina aquí, pues se nos acerca la convergencia de las tecnologías. Los gobiernos y empresas que están desarrollando tecnologías de punta se disponen a combinar la nanotecnología con la biotecnología, la inteligencia artificial y la robótica, y llevarnos a un futuro cibernético que hoy ni nos podemos imaginar. Pero ese sería tema para otro artículo. www.EcoPortal.net

* Ruiz Marrero dirige el proyecto de bioseguridad de Puerto Rico (<http://bioseguridad.blogspot.com/>) y es autor del libro "balada transgénica: biotecnología, globalización y el choque de paradigmas". Es creador también de la página web haciendo punto en otro blog (<http://carmeloruiz.blogspot.com/>)