



Agosto 2007
<http://www.eumed.net/ce/index.htm>

NANOTECNOLOGÍA: REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN PROGRESO

Carlos Andrés Vasco Correa

Universidad de Antioquia
carlosvasco@gmail.com

Resumen: La nanotecnología, como revolución tecnológica que se encuentra y proceso, y que promete cambiar la concepción en que los hombres conciben su entorno, similiar a los procesos sociales, culturales y económicos que surgieron luego de la revolución industrial en el siglo XIX. Luego de dar un vistazo al estado de cosas de la tecnología, las bases de su expansión como nueva revolución tecnológica, en este artículo pretendo hacer una reflexión de las implicaciones económicas y efectos en las relaciones sociales que tendrá el desarrollo de la nanotecnología.

Palabras Clave: Distribución del Ingreso, Desempleo, Industrialización, Productividad.

Clasificación JEL: J24, J64, O14, O15

Nanotecnología: revolución tecnológica en progreso

Introducción

¿Qué pasaría si alguien le ofrece un catálogo de productos novedosos y poco comunes como: calzado térmico, colchones que repelen el sudor y el polvo, cosméticos personales ajustados a la edad, raza, sexo, tipo de piel y actividad física, vestidos que evitan las infecciones en heridas y quemados, desinfectantes y limpiadores que repelen la suciedad? Su primera reacción sería que son productos del futuro y que no es posible que en verdad funcionen o que son muy costosos.

Esta reacción sería muy similar a la que tuvieron muchas personas en el siglo XIX cuando les ofrecieron un sinnúmero de productos innovadores durante la revolución industrial; buques de vapor que no necesitan del viento para moverse, locomotoras que no utilizaban caballos, son, por ejemplo, algunos de ellos, que si no fuese por el descubrimiento del vapor, como sustituto de la energía humana necesaria para realizar actividades, no hubiesen sido posibles.

Se observaron cambios profundos en la cultura y en la industria, ello trajo consigo la inserción del hombre como agente económico en una nueva dimensión, se le creó la posibilidad de controlar la materia que le proporcionaba la naturaleza a una escala superior y de manera más eficiente.

Luego de esta primera revolución industrial se produjo una segunda entre 1860 y la Primera Guerra Mundial; el petróleo sustituyó el carbón mientras la electricidad fue utilizada por primera vez creando una nueva fuente de energía para hacer funcionar motores, encender las luces de las ciudades y proporcionar comunicación instantánea entre las personas. Una tercera revolución industrial apareció inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, robots

controlados numéricamente y ordenadores con su avanzado software invaden las diferentes etapas de la vida económica al coordinar el flujo de producción, desde la propia extracción de materias primas hasta el marketing y la distribución de servicios y productos acabados.

La nanotecnología es una tecnología de plataforma en el sentido de que cuenta con el potencial para alterar o transformar por completo el estado mas actual de la técnica en todos los grandes sectores industriales, por lo que se considera que la nanotecnología es la revolución tecnológica en curso, y así como la revolución industrial iniciada en Inglaterra en el siglo XIX, la medicina, la alimentación y la agricultura sufrieron un revolcón entonces, tal como lo haría ahora en la informática, los materiales y la fabricación. Ésta traerá también consigo cambios en la forma en la que el hombre concibe su entorno, efectos tanto sociales como culturales no se harán esperar.

Existen indicios de posibles efectos a corto plazo en el ámbito de la salud tales como tratamientos más efectivos para el cáncer; el medio ambiente también se verá beneficiado por esta tecnología debido a avances en las tecnologías de descontaminación. Consecuencias económicas para los países en vía de desarrollo puesto que en su gran mayoría aún no se suman en la carrera de investigación y desarrollo de esta tecnología, y así como en la primera revolución, industrial quedarán rezagados en el desarrollo de sus economías

Luego de dar un vistazo al estado de cosas de la tecnología, las bases de su expansión como nueva revolución tecnológica, como se consigue su financiación el desarrollo de dicha tecnología, en este artículo se pretende hacer una reflexión de las implicaciones económicas y posteriores efectos en las relaciones sociales que tendrá el desarrollo de la nanotecnología como producto del desempleo que surge cuando una nueva tecnología desplaza trabajo humano por trabajo

automatizado o que requiere menos mano de obra y los posteriores incrementos en los índices de criminalidad. Para tal fin, el artículo se ha dividido en cuatro secciones. En la primera se busca que el lector se sumerja en estado de cosas de la tecnología, su avance actual y posibles alcances desde el punto de vista científico; en la segunda parte el como se obtienen recursos para su desarrollo, permitirá posteriormente deducir que su implementación es inminente; la tercera parte comenta el como se ha venido y se realizará la investigación y desarrollo y por último un análisis de las consecuencias de su implementación.

I. Nanotecnología en perspectiva

La nanotecnología tiene su origen en 1982 cuando se desarrolla el "microscopio de efecto túnel", el cual permite visualizar átomos como entidades independientes; este desarrollo tecnológico permitió una base real para el desarrollo posterior de la manipulación de materia a escala muy pequeña, y cuando se refiere a pequeña se habla de una escala de entre 1 y 100 nanómetros (entre 10^{-6} m y 10^{-9} m). El premio Nóbel de física, Feynman (1959), mencionaba: *"a medida que el ser humano tiene control de la disposición de moléculas y átomos, se pueden crear nuevos materiales con propiedades inimaginables"*¹.

El lector se podría estar imaginando una escena en un laboratorio donde se combinan moléculas para crear robots microscópicos, pero hasta el momento el desarrollo de la nanotecnología sólo permite la creación de nanoproduitos que tienen un uso especial y más eficiente. El surgimiento de la nanotecnología marca un hito histórico en el desarrollo tecnológico, ya que antes de esta tecnología el hombre construyó herramientas y objetos, modificando porciones de materiales

¹ ALZATE SERNA, Rafael; LOPEZ ORTIZ, Olga, 2001, "Desarrollo y principales aplicaciones de la nanotecnología", Revista Noos, No. 12, Enero 2001, p. 127-134.

que contienen miles de millones de átomos, pero ahora sería posible modificar átomos que en escala más grande se traducirían en la modificación de la materia en sí misma.

Se podría pensar entonces que dicha tecnología no tiene uso a niveles aplicables, dado que son cosas tan pequeñas, pero este pensamiento cambió desde la década pasada cuando se logró concretar lo teórico y se dio paso a la práctica. Richard W. Siegel, ingeniero doctorado en materiales, desarrolló la "síntesis física de vapor", y con ella permitió la creación de materiales nanoestructurados en cantidades de uso industrial.

Para dar una idea de como comparar 2 pedazos de material, uno común y el otro nanoestructurado, pasemos a realizar el siguiente ejemplo, los granos nanoestructurados son entre 1000 y 100.000 veces más pequeños que los del material común y dentro de un mismo volumen poseen 0,001% de los átomos que un pedazo de material normal, lo que significa un ahorro increíble de materia, como consecuencia de esto, se obtiene una reducción en el peso, el cual puede llegar a ser 1.000 veces menor, imagine usted las implicaciones para un sector como la construcción, una tecnología fundamental para el ingeniero que busca mejor resistencia con menor peso.

Un ejemplo para la aplicación de la nanotecnología como clave para la preservación del medio ambiente es KX Industries, en Connecticut, quien desarrolla filtros basados en membranas cuyos poros son tan minúsculos que no dejan pasar microorganismos ni bacterias. Otro claro avance en esta materia es el que desarrolla la empresa Argonide, en Standford, quien hace nanofibras de aluminio, cuya carga eléctrica positiva atrae microbios cargados negativamente. Todo lo anterior, enfocado en la purificación y desalinización del aire y el agua,

permitiría la eliminación de factores contaminantes del medio ambiente y así enfrentar amenazas como el calentamiento global, producto de la contaminación generada por la revolución industrial y el uso de los hidrocarburos como fuente principal de energía.

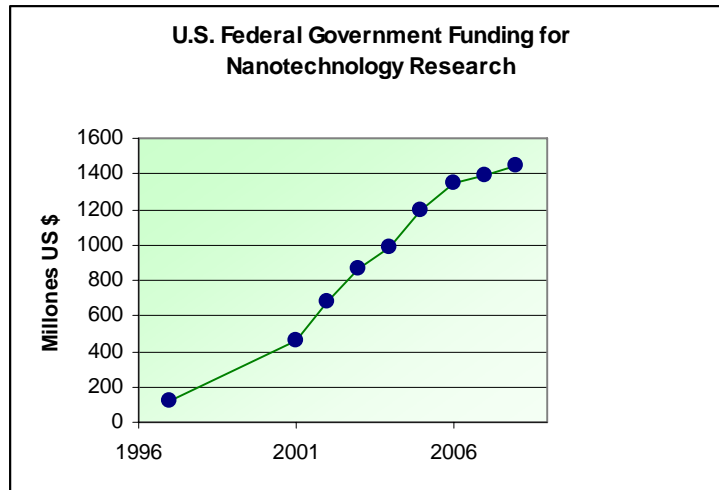
Pero, ¿qué es lo que hace de la nanotecnología un proceso novedoso? En primer lugar, se trata de construir de lo más pequeño a lo más grande, proceso que es denominado por los ingenieros químicos como proceso *bottom up*, en lugar de iniciar por la materia física tal como viene dada en la naturaleza, y reducirla al tamaño de los objetos de producción, tal como se hace ahora, proceso denominado *top down*—. En procesos químicos esto no es una novedad, lo ingenioso es que con esta tecnología se pueden manipular de manera directa átomos y moléculas para construir diversos productos. El cambio de perspectiva es completo, basta pensar que un producto construido mediante la suma de átomos y moléculas no genera ningún desperdicio de materia, es decir, no produce desechos industriales.

En segundo lugar, a este nivel de escala, no hay diferencia entre la materia biótica y la abiótica, lo que en teoría permitiría la creación de vida artificial para desempeñar funciones específicas, como reparación de tejidos dañados o tejidos cancerosos un aplicación a la medicina por ejemplo, no como se hace hoy día (proceso *top down*) donde se interviene directamente al paciente. En tercer lugar, los elementos químicos manipulados a nivel nano, despliegan propiedades físicas divergentes de las que producirían a escala mayor, como por ejemplo puede que haya más conductividad eléctrica, mayor resistencia, cambio de color, entre otras. Muchos de los productos ya desarrollados hoy con fines comerciales aprovechan estas cualidades, un ejemplo son los nanotubos de carbono, los cuales poseen una dureza relativa 100 veces más que la del acero.

El desarrollo de dicha tecnología trae consigo múltiples beneficios, por explorar algunos, en el área de la salud, permitiría el aumento de la esperanza y la calidad de vida; nanosensores que viajan por la sangre harían las veces de vacuna inteligente, permitiendo detectar y combatir enfermedades antes de que se expandan en el organismo. Los medicamentos entonces dejarían de ser genéricos, y pasarían a ser "personalizados" de acuerdo a las condiciones particulares de sexo, edad, tipo de alimentación, raza etc. La esperanza de vida se prolongaría entonces más allá de los 100 años, con todas las repercusiones demográficas que esto traería en un planeta ya de por sí sobre poblado.

II. Financiación

Pero, ¿de dónde vienen los dineros que hacen posible el desarrollo de estas tecnologías? El proceso se da primero con la inversión del sector público; muchos países desarrollaron programas específicos con cuantiosos presupuestos públicos para la investigación (anexo en la gráfica se muestra el rápido crecimiento de las inversiones públicas en nanotecnología dentro de los Estados Unidos). El proceso es atípico, puesto que lo normal es que se dé un proceso denominado *market pull* (donde la necesidad de tecnología se da desde el mercado), pero este proceso de innovación tecnológica se está dando desde el empuje científico, denominado *science push*. (necesidad de tecnología desde la ciencia).



Fuente: Plunkett Research 2007

Pero esta tendencia, de que el sector público sea quien tenga la iniciativa en cuanto a cantidad de recursos invertidos, está por revertirse, y pese a que obtener estadísticas de cuánto invierten las compañías en la investigación y desarrollo de una tecnología específica, se puede ver en las cantidades de patentes en nanotecnología que están produciendo algunas de las compañías más grandes del planeta, algunas de ellas como NEC con 105 patentes, L' Oreal 80, y compañías como Hitachi, IBM e ICI con 90, 69 y 22 patentes, respectivamente². Esta carrera de inversiones, comparada con la iniciativa de inversión en ir a la luna en 1961, valorada en \$1 billón de dólares, provenientes tanto del sector público como del sector privado, invertidos en investigación y desarrollo de nanotecnología está proporcionando las bases para el despegue de su uso industrial en los diferentes países³.

² Revista Chemical Bussines, diciembre de 2006, pag. 61

³ "How much for nano?" Earth e Sky, consultada el 4 de Junio de 2007 <<http://www.earthsky.org/article/how-much-for-nano>>

III. Investigación y Desarrollo

Luego de la revolución industrial, aquellos países que no tenían la nueva base tecnológica ni el capital con el cual conseguirla se sumieron en atraso económico y desventaja estratégica respecto de los demás, en parte porque los altos costos tanto de desarrollo como formación de personal calificado requeridos para su implementación, se convirtieron mas tarde en factores que hicieron de esta revolución un proceso insostenible. Algo muy similar ocurre esta vez, y las voces de alerta no se han hecho esperar, no se puede negar de que los resultados de las innovaciones tecnológicas han beneficiado de manera preferente a pequeñas minorías, por lo que no sería extraño que la nanotecnología pudiera hacer menos necesarias las materias primas, productos que son en su mayoría provenientes de los países en desarrollo.

Para evitar que se vuelva a repetir la historia, se podría plantear que cualquier país está en condiciones de sumarse a la carrera de investigar, teniendo en cuenta lo mencionado más arriba, puesto que esta tecnología no es que se desarrolle por las fuerzas del mercado sino que requiere de fondos públicos que creen las bases para establecer industrias de nanocomponentes específicos, de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la industria local. En Latinoamérica, México y Brasil llevan avances en el tema, invirtiendo en nanodispositivos sencillos. México posee 11 grupos de investigación que suman cerca de 90 investigadores, Brasil tiene entre 50 y 100 investigadores, lo que les está permitiendo no quedarse retrasados⁴.

⁴ Malsch, I. , 2005. "Nanotechnology in Mexico". <www.nanoTsunami.com> Noviembre 05, 2004. Consultado abril 03, 2007.

Esta idea sería viable si tenemos en cuenta que para los pasos o etapas iniciales, se requeriría de la compra de complejos microscopios que no requieren de mayores inversiones, puesto que el precio de un microscopio de tunelación (Scanning Tunneling Microscopy STM) oscila entre los US \$30.000 y US \$150.000. Las trabas a la investigación no terminarían aquí, demos por sentado que el gobierno toma la iniciativa, y se avanza en investigación y desarrollo, pero se requeriría de un entorno social que permita que la tecnología se incorpore a la economía, se habla de una alianza, una herramienta que como mecanismo de integración vertical desarrolle un convenio empresa – estado.

IV. Desigualdad y Competencia

Los productos nano entrarán a competir con los productos tradicionales cuando los costos relativos y diferencias de eficiencia sean más cercanos, cuando llegue ese momento competir será un detonante de la desigualdad a nivel global, en el sentido de que aquellas regiones que no posean la tecnología deberán con problemas de empleo y por distribución del ingreso. Muchas de las grandes corporaciones que conocemos hoy día serán reemplazadas por aquellas que desarrollan nanotecnología, tal como se revela en una publicación mensual de la revista Forbes, el "*Forbes/Wolfe nanotech report*", su editor Josh Wolfe comenta

*"Quite simply, the world is about to be rebuilt (and improved) from the atom up. That means tens of trillions of dollars to be spent on everything: clothing... food... cars... housing... medicine...the devices we use to communicate and recreate...the quality of the air we breathe...and the water we drink, are all about to undergo profound and fundamental change. And as a result, so will the socio and economic structure of the world. Nanotechnology will shake up just about every business on the planet."*⁵

⁵ TREDER, Mike, 2004, "Bridges to safety, and bridges to progress", Center for Responsible Nanotechnology, <www.crnano.org/Bridges.htm> consultado en junio 2007

Muchas regiones a nivel global, basan su éxito económico en productividad derivada de ventajas comparativas naturales, la nanotecnología tendrá impactos en términos de competencia. Con un ejemplo se tendrá una idea mejor, cuando la revolución microelectrónica, de la informática y los satélites se hizo presente, se suprimieron muchos costos derivados de las desventajas naturales de localización. El costo de una llamada telefónica anteriormente estaba en función de la distancias que tendría que recorrer, por lo que las llamadas internacionales tenían un costo muy elevado, con la presencia de los satélites, y antenas celulares en tierra, el costo de una llamada es independiente de la distancias. Con ello la riqueza que era apropiada por medio de la renta del suelo, utilizado para las comunicaciones es suprimida.

La aplicación de la nanotecnología tendría efectos similares, en la medida que el producto final sería mucho más adaptable a su entorno, y las barreras de la naturaleza que producen costos pueden igualmente ser suprimidas. Por ejemplo, los avances en fertilidad de las semillas permiten sortear suelos poco fértiles y condiciones de clima adversos a ciertos cultivos, nanosensores agrícolas podrán ayudar a sortear áreas con poca humedad y fertilidad limitadas.

Efectos sobre la demanda industrial de materias primas no se harían esperar, la nanotecnología disminuiría la renta diferencial que muchos países en desarrollo obtienen de las exportaciones de materias primas como minerales, hidrocarburos, frutas, carnes, madera, fibras textiles, como también en productos manufacturados en países con gran capital de trabajo humano, que serían reemplazados por maquinas nano más eficientes.

Como mencionaba en la parte inicial, se han desarrollado nanotubos de carbono, que son mucho más resistentes que el acero. Brasil por ejemplo exportó en 2006

cerca de 13 millones de toneladas de acero, lo que representó cerca del 18% de sus exportaciones totales⁶. Las empresas a nivel global sustituirían el acero por los nanotubos, teniendo en cuenta su mayor resistencia, por lo que se afectarían enormemente las finanzas de países emergentes.

Teniendo en cuenta, que hace rato entramos en una era en la que cada vez que es necesaria menos mano de obra para producir bienes y servicios, en mayor parte gracias a los desarrollos tecnológicos. ¿serán capaces los mercados de absorber el ritmo de crecimiento de la productividad? el ingreso por trabajador no crecería o simplemente no existiría para absorber los incrementos en productividad que se producirían por la nanotecnología, tal como ocurrió en la crisis del 29, donde las empresas mediante la sustitución de mano de obra por maquinaria que incrementa la productividad, aumentaban su producción, pero a su vez creando desempleo y una posterior depresión económica.

Como factor consecuente se ha demostrado que el desempleo posee una fuerte correlación negativa respecto a fenómenos criminales como homicidios, crímenes violentos y crímenes contra la propiedad. A su vez la desigualdad salarial y el incremento en la actividad criminal están correlacionados igualmente, tal como revela un estudio de Merva y Fowles⁷. A modo de conclusión, unos niveles salariales reducidos, así como un creciente desempleo y mayor polarización entre ricos y pobres convierte en aquellas zonas afectadas por el desplazamiento tecnológico en territorio sin ley, el crimen como única forma de supervivencia.

⁶ IBS, 2007, Instituto Brasileño de Sirerugia, “Seccion Mercado”, <<http://www.ibs.org.br/mercado.asp>> consultado en mayo 2007

⁷ RIFKIN, Jeremy, 1997, *El fin del trabajo: nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*, Barcelona, ED Paidós.

Además de los factores anteriores, se adiciona uno más, la regulación en cuanto al uso y la investigación de esta tecnología. El tema de la paradoja de las patentes, es claro en la regulación, que no se pueden patentar elementos químicos, dado que son partículas elementales de la naturaleza, si bien es cierto no se puede patentar el elemento carbono (C) si el investigador le encuentra nuevos usos industriales, pero hay un factor adicional y es que la nanotecnología es precisamente eso, manipular las partes más elementales de la naturaleza, por lo que no podrían en teoría ser objeto de patentes. Como menciona la directora de relaciones gubernamentales y propiedad intelectual de la Organización Industrial de Biotecnología : "Es verdad que no se puede patentar un elemento encontrado en su forma natural; sin embargo, si se crea una forma purificada de ese elemento, que tenga usos industriales —por ejemplo el neón—, tenemos una patente segura"⁸.

Recordemos que las patentes son las que en cierto modo aseguran que el sector privado esté interesado en la investigación y desarrollo de las diferentes tecnologías, puesto que les permite monopolizar durante 20 años en promedio los productos de su innovación, pero esto a su vez va en contra de la velocidad con que se difunden los potenciales beneficios que traiga consigo, lo que va tras de sí con lo que mencionaba más arriba, que los desarrollos tecnológicos benefician a una minoría.

Conclusiones

La historia nos muestra que las innovaciones tecnológicas traen tras de sí cambios rápidos e impredecibles en la forma en como la sociedad transforma la naturaleza para su beneficio. La revolución industrial tuvo una de estas innovaciones

⁸ Lila Fíese, citada por ETC group ->ETC group, *Communiqué*, Nro 85, 2004 <www.etcgroup.com>

tecnológicas que transformaron el mundo, el vapor como reemplazo de la energía humana y animal, permitió que la producción de alimentos y demás productos necesarios para el consumo humano, fuesen producidos con menor cantidad mano de obra de la necesaria en etapas anteriores. La nanotecnología se perfila como una de estas revoluciones tecnológicas multidisciplinarias que permitirán a la sociedad reducir todavía aún más la mano de obra necesaria para producir lo que se consume, puesto que se reduce drásticamente la cantidad de materias primas requeridas y la mano de obra para producir una amplia gama de productos y servicios.

Hoy tanto el sector público y privado están invirtiendo gran cantidad de recursos en investigación y desarrollo lo que avizora que en un futuro no muy lejano la gente del común perciba en los productos que consumen el avance de dicha tecnología. La investigación un principio debe de estar impulsada desde la ciencia, mas no desde el mercado, como es del común, sino que requiere impulso del gobierno para su iniciación, tal como ocurre en los países se desarrollan esta tecnología. Inicio que no requiere de grandes recursos comparados con el capital inicial necesario para desarrollar otras tecnologías.

Las potenciales repercusiones negativas de la tecnología en las economías en desarrollo, sobre todo en aquellas que basan sus exportaciones de productos básicos recibirán el mayor golpe, puesto que la nanotecnología permitirá que los materiales tradicionales sean reemplazados por materiales más baratos, con mayor variedad de aplicaciones y más resistentes, convirtiendo a los recursos naturales de estos países en recursos superfluos y sin valor. No es un secreto que las nuevas tecnologías permiten la fabricación de productos de una forma más eficiente y con mejor calidad, un aumento de productividad, pero las personas deben de tener ingresos con que comprarlos, y el desempleo generado por

nuevas tecnologías no permite obtenerlos, desempleo que genera problemas sociales como incrementos en la criminalidad, sobre todo índices de criminalidad en asaltos a propiedad privada, como medida desesperada del individuo o comunidad para hacerse con los medios de supervivencia.

La nanotecnología es entonces un factor a tener en cuenta en un futuro no muy lejano, como una revolución tecnológica en curso, que terminará por transformar la forma en que vemos al mundo, cambio muy similar que ocurrió en el siglo XIX con la introducción del vapor como sustituto de energía o mas recientemente la implementación de las computadoras en el desempeño diario del ser humano en sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- 📁 ALZATE SERNA, Rafael; LOPEZ ORTIZ, Olga, 2001, "Desarrollo y principales aplicaciones de la nanotecnología", Revista Noos, No. 12, Enero 2001, p. 127-134.
- 📁 CHEMICAL BUSINESS, 2006, "Nanotech Funding has gone substantially" Revista Chemical Business, diciembre de 2006, pag. 61
- 📁 ETC group, 2005, "Potenciales repercusiones de las nanotecnologías en los mercados de productos básicos: consecuencias para los países en desarrollo", *Agenda Realacionada con el Comercio para el desarrollo y la Equidad T.R.A.D.E*
- 📁 IBS, 2007, Instituto Brasileño de Sierurgia, "Seccion Mercado", <<http://www.ibs.org.br/mercado.asp>> consultado en mayo 2007
- 📁 MALSCH, I., 2005. Nanotechnology in Mexico. <www.nanoTsunami.com> Noviembre 05, 2004. Consultado abril 03, 2007.
- 📁 PLUNKETT RESEARCH, 2007, "Nanotechnology & MEMs Industry Overview", <<http://www.plunkettresearch.com/NanotechnologyMEMs/NanotechnologyMEMsStatistics/tabid/219/Default.aspx>> consultado en mayo 2007.
- 📁 RIFKIN, Jeremy, 1997, *El fin del trabajo, nuevas tecnologías contra puestos de trabajo: el nacimiento de una nueva era*, Barcelona, ED Paidós.

- 📁 "How much for nano?" Earth e Sky, consultada el 4 de Junio de 2007
<<http://www.earthsky.org/article/how-much-for-nano>>
- 📁 TREDER, Mike, 2004, "Bridges to safety, adn bridges to progress", Center for Responsible Nanotechnology, <www.crnano.org/Bridges.htm> consultado en junio 2007