



Impacto estratégico de la nanotecnología en la sociedad presente y futura

Dr. D'Andrea, Alberto¹

Universidad CAECE. Buenos Aires, Argentina.

<https://orcid.org/0000-0002-1941-492X>

adandrea@caece.edu.ar

Resumen

Vivimos en una época en la cual la colisión entre el crecimiento exponencial de la población y la economía globalizada llevan a una crisis no solo económica y ambiental, también de comprensión en la complejidad. Un cambio de paradigma a fin del siglo XX nos conduce a una sociedad multidireccional en la cual irrumpe la economía de las nuevas tecnologías. La nanotecnología, en la vanguardia de las NBIC (Nano, Bio, Info y Cognotecnologías) con su capacidad para innovar haciendo construcciones con átomos y moléculas puede dar hoy soluciones a muchas de las problemáticas actuales vinculadas con las nueve necesidades humanas primarias. A futuro nos promete cambios y soluciones más impactantes, desde cerebros artificiales, software-mente y comunicación “wifi” cerebro-máquina hasta, si las condiciones ambientales hicieran imposible la vida celular en la tierra, la aparición de un robot humanizado inmortal. Un viajero atemporal en el universo: el Homo nanus.

Palabras clave: Homo nanus; Nanotecnología; NBIC

Strategic impact of nanotechnology on present and future society

Abstract

We live in a time in which the collision between the exponential growth of the population and the globalized economy leads to a crisis not only economic and environmental, but also of understanding in the complexity. A paradigm shift at the

¹ Director de Nanotecnología y Nuevas Tecnologías de la Universidad CAECE. Buenos Aires. Argentina.



end of the 20th century leads us to a multidirectional society in which the economy of new technologies breaks out. Nanotechnology, at the forefront of NBICs (Nano, Bio, Info and Cognotechnologies) with its ability to innovate by making constructions with atoms and molecules can today provide solutions to many of the current problems related to the nine primary human needs. In the future it promises us more impressive changes and solutions, since artificial brains, software-mind and "wifi" brain-machine communication up to, if environmental conditions make cellular life impossible on earth, the arrival of an immortal humanized robot. A timeless traveler in the universe: Homo nanus

Keywords: Homo nanus; Nanotechnology; NBIC

Crisis económica y ambiental

En el año 1950 la población del planeta era de 2.500 millones de habitantes, en el 2021 cercana a los 7.800 millones, un aumento en 5.300 millones en 71 años, más del doble. El crecimiento exponencial experimentado produjo un fuerte incremento en la demanda de energía, alimentos, servicios de salud y aumento de la contaminación en general producto de la mayor cantidad de habitantes y de la actividad humana. También originó el declive constante de la diversidad biológica ante la apropiación de más espacios físicos por el hombre y la concentración de los recursos en pocos habitantes haciendo que muchos no puedan satisfacer sus necesidades básicas mientras otros quedan marginados de una vida confortable. En el contexto señalado, tanto la economía como el ambiente en el planeta se encuentran sin rumbo, a la deriva, con un riesgo creciente de subsistencia debido al aumento de la población, la contaminación, el cambio climático, la desertización, el aumento de pandemias e incendios forestales en intensidad y frecuencia, etc. Las respuestas a las necesidades humanas primarias debido al incremento exponencial de la población se comienzan a concretar a partir de los años setenta de la mano de las nuevas tecnologías.

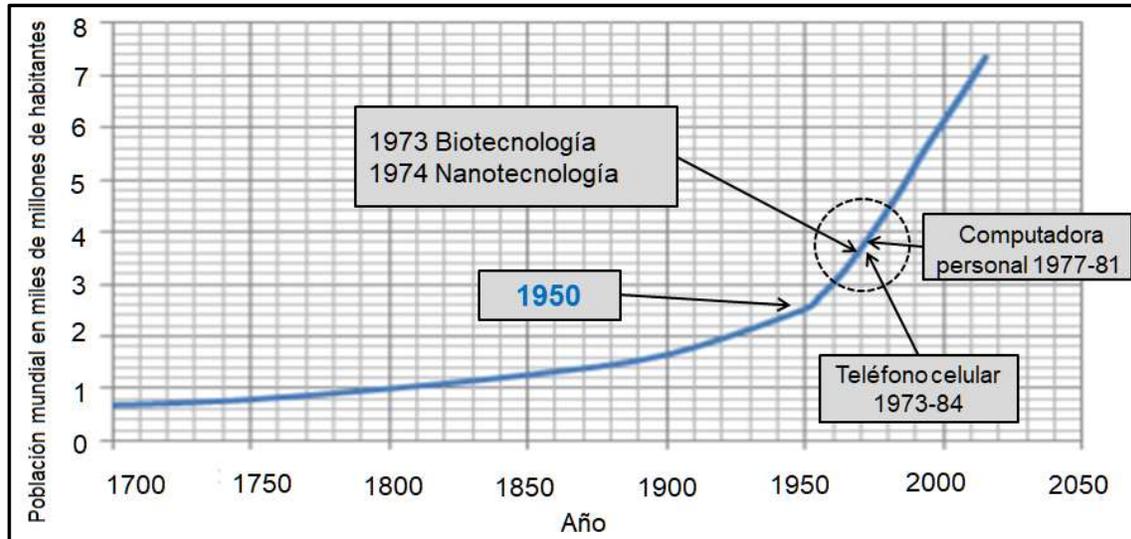


Figura 1. Respuestas al crecimiento de la población del planeta

Crisis de comprensión en la complejidad

Los avances exponenciales de las Tics, la biotecnología y la nanotecnología han ido más allá de nuestra capacidad para pronosticar con precisión su impacto en la sociedad, los negocios y la economía. Por lo que a la crisis económica y ambiental se le suma una crisis de comprensión en un planeta que se ve sacudido por la complejidad creciente de cambios tecnológicos espectaculares; surge entonces como dice el filósofo Edgar Morín, la necesidad de desarrollar un pensamiento complejo en un mundo complejo.

Mal podríamos comprender y resolver las problemáticas del siglo simplificando todo y sin conocer los cambios y las nuevas posibilidades provenientes de las tecnologías cuya interpretación y extrapolación hacia el futuro solo podrá realizarse si se dispone de las capacidades integradas para comprender la complejidad de una nueva sociedad. La falta de entendimiento de lo que ocurre se traduce en desasosiego social, explosión de las desigualdades, aparición de nuevas formas de pobreza y de exclusión, crisis del valor del



trabajo, malestar generalizado, huelgas masivas, progreso de lo irracional, proliferación de nacionalismos, integristas, xenofobia y simultáneamente en una demanda muy fuerte de moral y de preocupaciones éticas.

En el contexto indicado resulta importante hacer foco en dos cuestiones centrales:

Cambio de paradigma

La primera está relacionada con un cambio de paradigma que comienza a producirse a final del siglo XX. Ya no alcanza con las ciencias y tecnologías destinadas a conocer y comprender la naturaleza (saber), ahora hacen falta ciencias y tecnologías integradas, como la biotecnología y las nanotecnología, capaces de transformar la naturaleza para restituir las pautas perdidas y hacer posible la vida en la tierra (saber hacer). La biotecnología utilizando seres vivos o partes de seres vivos para dar las respuestas socioeconómicas necesarias mientras que la nanotecnología las da con su capacidad de innovar construyendo con átomos y moléculas. Si bien ambas se complementan en cuatro áreas, comunes: salud, alimentación, energía, y cuidado del medio ambiente, la nanotecnología es la única que puede dar respuesta a las nueve necesidades primarias: salud, alimentación, energía, cuidado del medio ambiente, vivienda, transporte, vestimenta, comunicación y defensa.

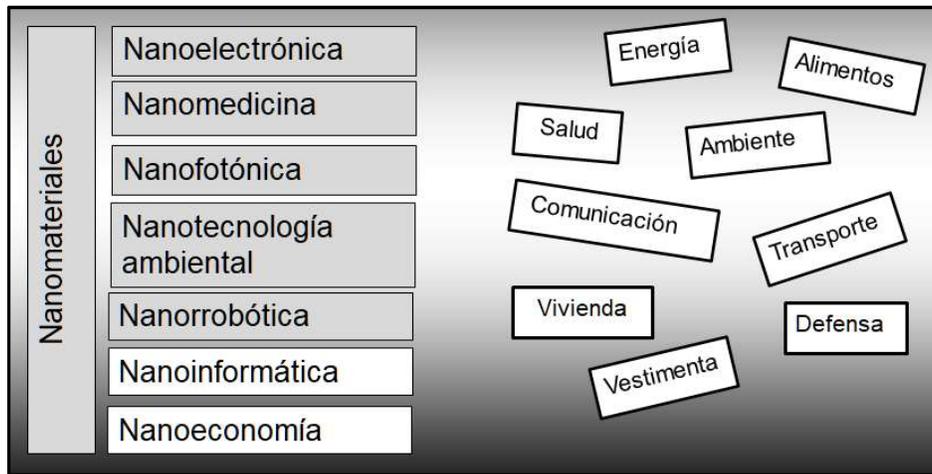


Figura 2. Las distintas ramas de la nanotecnología dan respuestas únicas a las nueve necesidades humanas primarias.

Tomemos, a modo de ejemplo, la contribución de la biotecnología y la nanotecnología a la generación de energía. La biotecnología lo hace a través de los biocombustibles como el bioetanol y el biodiésel, el gas obtenido en biodigestores y de biomasa en general. La nanotecnología optimiza la producción de paneles solares, produce paneles de puntos cuánticos capaces de generar corriente eléctrica de noche con la radiación infrarroja que incide en la tierra y otros paneles que funcionan solo con la humedad ambiente. Diseña nanocatalizadores que permiten utilizar el dióxido de carbono ambiental como materia prima para producir metano (gas domiciliario) y otros hidrocarburos. También optimiza la producción de baterías para la producción de vehículos eléctricos.

Sociedad Multidireccional

La segunda cuestión central es que la sociedad informática no puede dar todas las respuestas por lo que estamos avanzando a una más compleja: la sociedad multidireccional:

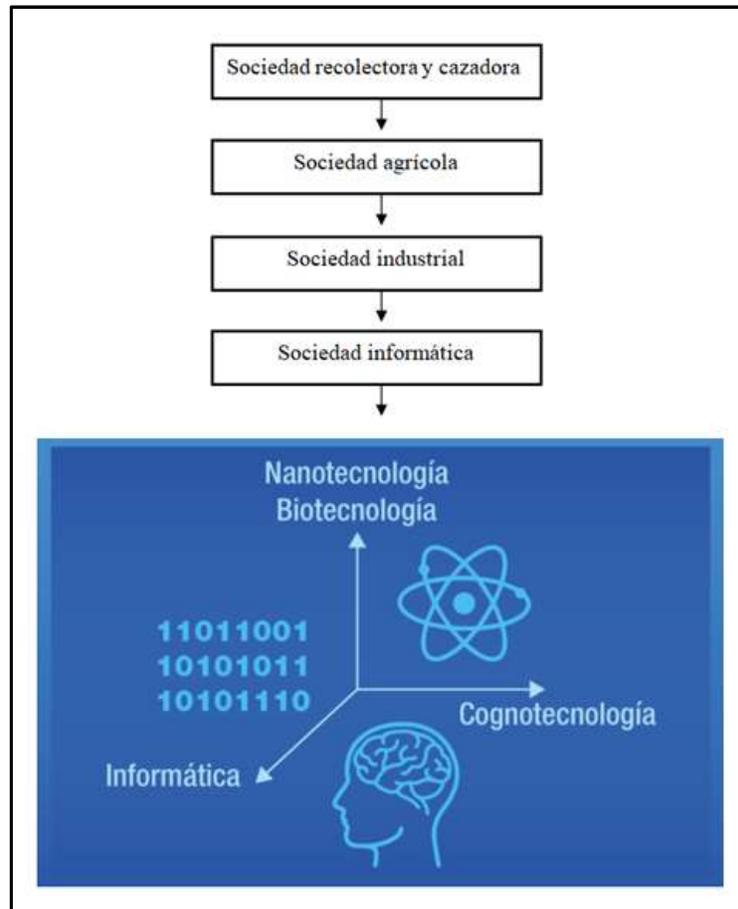


Figura 3 Evolución hacia la sociedad multidireccional.

Tal como observamos en la Figura 3, pasamos de la sociedad recolectora y cazadora a la agrícola, luego a la industrial y, finalmente, llegamos a la sociedad informática, con su tendencia a afianzar valores como la igualdad y la libertad. Tanto la informática como las



D'Andrea, A.
Impacto estratégico de la nanotecnología en la sociedad presente y futura.

tecnologías de la información y de la comunicación, en general, realizan una contribución inigualable al mundo globalizado y fundamentalmente a la economía de pensamiento único centrada en el libre mercado. No obstante, el impresionante incremento de la población mundial conduce a la necesidad, entre otras, de producir más energía y alimentos, optimizar los recursos en salud y cuidar el medio ambiente. La solución a los problemas citados requiere una segunda dirección o eje orientado a aquellas ciencias-tecnologías integradas como la biotecnología y la nanotecnología, capaces de transformar la naturaleza. La interacción dinámica entre la nanotecnología, la biotecnología y la informática permiten potenciar el incremento del conocimiento universal para el avance hacia una tecnología neurocognitiva. La integración armónica de ellas llevará tanto a una comprensión profunda del ser humano como a una nueva y trascendente evolución. El crecimiento de la nanotecnología, la biotecnología y la infotecnología permiten avanzar hacia una cognociencia y cognotecnología que sin lugar a dudas será la gran revolución tecnológica a partir de la segunda mitad del siglo XXI. De alguna forma la sociedad multidireccional está entrelazada e identificada con las siglas NBIC (Nano, Bio, Info y Cognotecnologías)

La economía de las nuevas tecnologías.

A la economía de pensamiento único en la cual lo económico predomina sobre lo político y el mercado soluciona todos los problemas del sistema en concurrencia con la competitividad y el libre intercambio, no puede dar en la actualidad respuestas a las demandas de una sociedad planetaria de 7.800 millones de habitantes.

El intento histórico más reciente de romper con la inconveniencia actual de la economía partió de Nicholas Georgescu-Roegen, uno de los pensadores más notables y profundos de la economía moderna; él lanzó dos torpedos críticos a la economía vigente en sus libros *Analytical Economics* (1966) y *The Entropy Law and Economic Process* (1971), en los



cuales centra las problemáticas económicas actuales en el divorcio entre las teorías económicas y el cumplimiento de las leyes de la naturaleza (Economía Biofísica).

Para los economistas de pensamiento único todo es un ciclo de producción y consumo, pero para la naturaleza esto no constituye un ciclo, es sólo un gasto unidireccional de energía y recursos naturales no renovables en el tiempo que se consumen. En definitiva, él previó un mundo globalizado en el cual tanto la economía como el medio ambiente andarían a la deriva y que solo con la aparición de tecnologías capaces de transformar la naturaleza como la biotecnología y la nanotecnología podrían avanzar hacia el logro de algún tipo de equilibrio. Con el surgimiento de la biotecnología moderna en 1973 y de la nanotecnología en 1974 se comenzó a hablar, en forma a veces confusa, de bioeconomía y nanoeconomía.

Hoy podemos definir la bioeconomía real como una economía basada en la biotecnología, capaz de generar en tiempo y forma los recursos naturales renovables, con su acervo de 65 millones de genes y la ingeniería genética, para dar respuestas a necesidades socioeconómicas, tales como la demanda de energía, alimentos, disminución de los gastos en salud y cuidado del medio ambiente, generando a su vez trabajo e ingresos en forma sustentable.

La lógica de la palabra economía parece indicar una sucesión, luego de la macro y microeconomía, hacia una nanoeconomía; es decir, al estudio de la economía a partir del eslabón más pequeño, de lo cotidianamente pequeño, una economía centrada en el individuo y en las necesidades del acontecer económico diario. Resumiendo, podemos presentar la nanoeconomía como una economía construida a partir de las necesidades del quehacer diario de los 7.800 millones de personas habitantes del mundo, en vez del resultado del accionar de resoluciones de países o empresas. Nada tan heterogéneo como dar respuestas a la economía diaria de 7.800 millones de personas, aunque nada más complejo que la cantidad de combinaciones posibles de los átomos y moléculas existentes. Tal como lo hace la bioeconomía, capaz de subordinar la economía a leyes de la naturaleza;



la nanoeconomía subordina la construcción del mundo económico a las necesidades de cada uno de los individuos del planeta. Una construcción difícil, más aún cuando nunca se intentó “visualizar a todos” desde la economía de pensamiento único, pero posible y no más dificultosa que las construcciones nanotecnológicas hoy factibles y en continuo desarrollo.

La bioeconomía y la nanoeconomía a partir de su capacidad productiva dan origen a la economía de las nuevas tecnologías; desde el átomo y el gen hacia una economía condicionada sólo por la naturaleza y las necesidades de los seres vivos. Esto conduce a hacer viable lo inviable y a que cada zona del planeta pueda desarrollarse y vivir armónicamente sin necesidad, muchas veces, de contar con grandes recursos naturales.

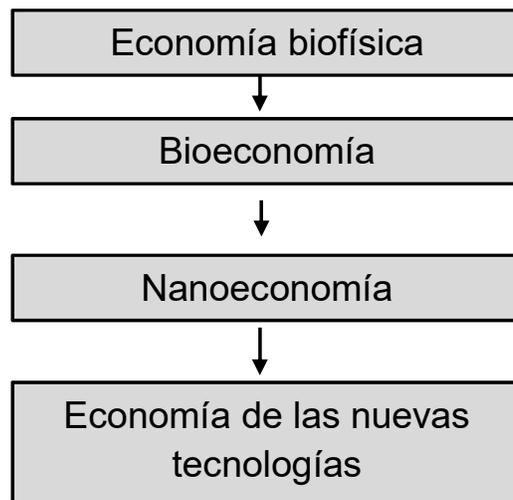


Figura 4. Evolución hacia la economía de las nuevas tecnologías.

Es el momento para el desarrollo local, no globalizado. Las herramientas están, es el momento adecuado para pasar de la economía de globalización a la economía de las nuevas tecnologías centrada en la persona, la naturaleza y el cuidado del ambiente.



Los países basan buena parte de su economía en la producción industrial y la explotación de recursos naturales. Todo es un ciclo de producción y consumo sin considerar los daños producidos al ambiente. Por lo tanto constantemente se altera y perturba el equilibrio del suelo, del agua y del aire. La economía imperante vive a espaldas de los límites naturales impuestos por los recursos del planeta. Esta pérdida de contacto con la base material del proceso económico impide explicar el origen de algunos de nuestros problemas más graves y plantear alternativas viables. La economía basada en las nuevas tecnologías nos señala la necesidad de emprender con cierta urgencia una gestión ambiental comprometida con la posibilidad de dar soluciones concretas a las problemáticas del cambio climático, mediante la utilización racional intensiva de las nuevas tecnologías. Cuanto antes avancemos en la dirección señalada, más posibilidades de evitar un caos planetario acelerado e inminente.

La nanotecnología

La nanotecnología tiene las características necesarias para redefinir, remodelar y transformar las economías y las sociedades a escala mundial. La manipulación, por primera vez, de la materia a nivel atómico fuerza la reevaluación de los mercados globales, las economías y las industrias en una escala nunca antes experimentada por la humanidad. La naturaleza omnipresente de la nanotecnología como ciencia-tecnología fundamental tiene aplicaciones en numerosos servicios e industrias vinculados con sus áreas fundamentales: nanomateriales, nanomedicina, nanorrobótica, nanofotónica, nanotecnología ambiental, nanoelectrónica, nanorrobótica, nanoinformática y nanoeconomía. No es extraño entonces que ocupe el lugar inicial en las NBIC, en un orden que va de lo más pequeño al más grande según las unidades funcionales de cada tecnología: átomo, gen, bit y neurona. Oportunamente señalamos también que sus innovaciones trabajando con átomos y moléculas son las únicas que pueden dar respuestas a las nueve necesidades humanas primarias.



La nanotecnología hoy brinda las herramientas para diseñar a nivel atómico tanto con la materia inorgánica como con la orgánica para reducir los costos de los bienes y servicios esenciales que afectan la calidad de vida, la salud, el hábitat, el transporte, etc. en un intento por realinear la sociedad e impactar fuertemente en la estructura de los negocios y de la economía. A futuro nos promete cambios y soluciones más impactantes:

¿Cuál sería el impacto si la nanofotónica permitiera aumentar la velocidad de procesamiento en 100 veces al pasar de circuitos de electrones (velocidades del orden de 10^6) a circuitos por fotones (velocidades del orden de 10^8)?

¿Qué sucedería si el CO_2 pasara de ser un gas de efecto invernadero a materia prima para producir gas (metano) o hidrocarburos en general mediante nanocatalizadores con diseños altamente específicos?

¿Qué ocurriría si se pudiera desalinizar el agua de mar mediante nanopartículas denominadas plasmones de resonancia superficial localizada que permiten evaporar el agua solo con radiación solar y consumo energético cero? (Método recomendado por la UNESCO)

¿Cómo impactarían los paneles solares nanotecnológicos con puntos cuánticos capaces de producir energía eléctrica de día y de noche, más los nuevos paneles que lo hacen solo con la humedad ambiente?

¿Cómo nos afectaría contar con cerebros artificiales producidos con nanochips neurosinápticos (TrueNorth-2014 de IBM y el Kirin 970-2018 de HUAWEI) y memristores, con la misma capacidad de los humanos pero con menor gasto energético?

¿Cómo afectaría la sociedad si alguno de los seis proyectos académicos de avanzada, basados en principios físicos distintos, financiados por DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency-EEUU) logra la comunicación inalámbrica (no invasiva) del cerebro con la computadora (todo un “wifi cerebral”)?



¿Cuál sería la solución si las condiciones ambientales hacen imposible la vida en la tierra, tal como se espera, a partir de la segunda mitad del siglo XXI?

El avance de las NBIC liderado por la nanotecnología tal vez nos permita pasar del hombre celular mortal al hombre robotizado inmortal a través de un software-mente introducido en el cerebro artificial. Un robot que no requiere agua, alimentos, oxígeno, células, ni genes. Una sociedad sin necesidad de disciplinas como la biología, la bioquímica, la biotecnología, la medicina, la farmacéutica y la nutrición. Seguramente habría un impacto dramático en el planeta, todo sería alterado con la aparición de un Homo nanus, que alimentado por baterías y/o paneles, se constituiría en un viajero atemporal en el universo.

Mientras tanto en nuestro presente convivimos entre una sociedad caótica en lo económico-ambiental y otra en avance constante, con un impacto cada vez más evidente, centrada en las respuestas de las nuevas tecnologías a las problemáticas vigentes.

A futuro debemos tener la clarividencia y capacidad necesarias para configurar la estrategia nanotecnológica de cada país y del planeta.

Referencias

D'Andrea, A. (Coordinador). (2019) *La convergencia de las Tecnologías Exponenciales y la Singularidad Tecnológica*. Editorial Temas. Argentina.

D'Andrea, A. (2015) *Bioeconomía para todos*. Revista Agropost. Número 136. Febrero-Marzo, p.p. 10, 11. Argentina.

Georgescu-Roegen, N. (1971) *The Entropy Law and the Economic Process*. Editorial Harvard University Press. Estados Unidos.



D'Andrea, A.
Impacto estratégico de la nanotecnología en la sociedad presente y futura.

Georgescu-Roegen, N. (1966) *Analytical Economics*. Editorial Harvard University Press.
Estados Unidos.

Morín, E. (1966) *Introducción al pensamiento complejo*. Editorial Gedisa. España.

Rifkin, J. (1999) *El siglo de la Biotecnología*. Editorial Crítica/Marcombo.
España.