



La salud y la revolución
de la convergencia de
las nuevas tecnologías NBIC

Emilio Fontela
Juan A. de Castro

bio

Grupo de expertos de este Proyecto EOI

Emilio Fontela

Economía, Universidad Antonio de Nebrija, Madrid

Juan A. de Castro

Economía, Universidad Antonio de Nebrija, Madrid

Jordi Aguiló

Física y bioelectrónica, Universidad Autónoma de Barcelona

Javier del Arco

Biología y filosofía. Fundación Vodafone España. Madrid

María Teresa Arredondo

Telecomunicaciones y salud, Universidad Politécnica de Madrid

Rosa Villa

Biomedicina y electrónica, CSIC, Instituto de Microelectrónica de Barcelona

Juan Vicente Sánchez

Fisiología y neurociencias, Universidad de la Laguna

Francisco Gracia Navarro

Biomedicina, Instituto de Salud Carlos III, Madrid

Pedro A. Serena

Física y nanotecnología, CSIC, Instituto de Ciencia de Materiales (ICM). Madrid



La salud y la
revolución de la
convergencia de
las nuevas
tecnologías NBIC
(Nano-Bio-Info-Cogno)

Coordinación de la edición: Felisa Arribas, Rosa Peláez y Eduardo Lizarralde

Diseño de colección: Manuel Estrada

Maquetación: Estudio Manuel Estrada

Impresión: xxxx

© 2007. Fundación EOI

ISBN: 978-84-88723-83-3

Depósito Legal:

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios, sin el permiso y por escrito de los titulares del Copyright.

Índice

Prólogo.....	9
Presentación.....	11
Introducción.....	13
1. La convergencia de las nuevas tecnologías NBIC.....	15
1.1 La convergencia NBIC.....	16
1.2 El desafío de la convergencia NBIC en España.....	18
2. La salud en la Sociedad Sostenible del Conocimiento.....	23
2.1 Economía y tecnología en el siglo XXI.....	23
2.2 Prospectiva de la demanda de salud.....	25
2.3 Prospectiva de la oferta de salud.....	30
2.4 La dinámica del mercado y de los precios relativos.....	34
2.5 La salud en el escenario de la Sociedad Sostenible del Conocimiento.....	36
3. Convergencia tecnológica NBIC para la medicina y la salud.....	39
3.1 El nuevo papel de los “bienes públicos”.....	39
3.2 La convergencia tecnológica NBIC y la salud.....	41
3.3 Sinergia multi- e interdisciplinar.....	42
3.4 El entramado científico-tecnológico de la oferta de NBIC para la salud.....	45
3.5 El entramado científico-tecnológico de la demanda de salud hacia NBIC.....	64
3.6 Visión holística de la salud.....	74
Bibliografía.....	77

Prólogo

Este comienzo del siglo XXI nos hace conscientes de la obsolescencia del viejo modelo insostenible de desarrollo. Un modelo excesivamente enraizado en las ventajas de mano de obra barata, de infravaloración de materias primas y de cuantiosas inversiones en capital.

Transitamos hacia la sociedad sostenible del conocimiento. En ella se actúa desde modelos que apuntan más hacia las inversiones en capital humano, conocimiento e innovación como eje del desarrollo económico y de la competitividad. En esa sociedad está hoy situada Europa, y España participa activamente, apoyándose en buena medida en la creatividad tecnológica para el desarrollo de nuevos productos y procesos.

Por su parte, los futuros “campeones” de la innovación van sustituyendo su visión de “competir”, de forma casi monotemática, por otra más amplia de “cooperar y competir”, creando así lo que pudiéramos calificar como “nuevos espacios cooperativos” donde interactúan el conocimiento, las capacidades humanas, la integración de recursos personales y colectivos, la conectividad de redes humanas y la capacidad de generar proyectos cooperativos. Se construye así una estrategia de ganancias crecientes a escala basadas en la difusión de innovaciones y conocimiento entre empresas, la creación de economías externas desde territorios-objetivo, la reducción de costes de transacción y la promoción de economías de diversificación.

La convergencia de visiones sobre creatividad tecnológica y sus aplicaciones (generación, difusión y aplicación del conocimiento), por parte de gobiernos y agentes económicos, se produce en el marco de ese nuevo modelo, y a través de la búsqueda en común de “oportunidades ganadoras”. Esa visión convergente es, a su vez, determinante para dicha transición, y especialmente en el ámbito de la convergencia de las ciencias de lo infinitamente pequeño. Así, la convergencia NBIC crea oportunidades para el avance científico en nanoingeniería, bioingeniería, neuroingeniería o en las ingenierías TICs, que se materializan de manera creciente en los sistemas económicos y sociales.

La convergencia tecnológica NBIC en el sector salud responde a las fuerzas de la nueva oferta tecnológica y a las de una demanda de salud cada vez más dinámica y necesitada de innovaciones. Ello requiere un entramado empresarial altamente innovador, capaz de integrar la investigación generada tanto desde la universidad, como desde los centros de investigación oficiales. La innovación y la competencia que se genera en el entramado empresarial mejora la productividad en este sector con lo que la consolidación de un marco empresarial con estas características puede tener en el futuro un enorme potencial para el crecimiento económico en España.

El presente libro constituye una excelente ocasión, por parte de EOI Escuela de Negocios, para abordar la materialización de dicha convergencia en el ámbito de la salud. Los efectos de la aplicación de las tecnologías que se generan, en el marco NBIC, sobre el avance científico de la salud, cambian los procesos para el diagnóstico, las terapias y el desarrollo de fármacos, y abren potenciales insospechados para los servicios en la medida en que una concepción más holística de la salud sea capaz de integrar nuevas variantes alimenticias, deportivas o lúdicas. En este contexto, el sector salud pasa a ser un factor clave de la dinámica industrial y del crecimiento económico, contribuyendo así a la innovación desde el mercado.

María Teresa Gómez Condado
Presidenta de la Fundación EOI

Presentación

Del progreso tecnocientífico acelerado propio del universo globalizado que nos hemos dado, surge una idea potente, invisible como un espectro, que va a revolucionar profundamente el estilo de vida en siglo XXI: nos hallamos en el umbral de la emergencia de lo pequeño y de lo rápido como elementos fundantes de unas nuevas ciencias, la nanociencia y la femtociencia, y una nueva tecnología, la nanotecnología, tras de cuya interpenetración e implementación generalizada nada será ya igual porque la historia, al modificarse su sustrato material, tiene forzosamente que hacerse de otra manera.

La convergencia del hipersector de la información –informática, telecomunicaciones, televisión e internet– con el hipersector tecnocientífico biosanitario y biocognitivo a tamaño nanométrico y a escalas de tiempo ultrarrápidas, nos sitúa en un nuevo escenario que tiene unas implicaciones sociales, energéticas, infraestructurales e industriales, económicas y políticas de tal magnitud que cabe esperar el advenimiento de un modelo de vida distinto para todos.

En primer lugar, implicaciones sociales o socio sanitarias, porque se vislumbra una nueva medicina y unas nuevas formas asistenciales que van a cambiar el paradigma médico tradicional que, pese a los últimos avances, se sustenta todavía en los modelos tradicionales nacidos en la medicina occidental de Grecia, Roma y el Medioevo, de manera que se palpa un nuevo escenario en el que cabrá preguntarse con toda razón ¿Hasta cuánto soy yo? La gestión de la salud a distancia en tiempo real; la telecirujía; la dispensación vehiculizada de fármacos dirigidos específicamente a las zonas afectadas; el control de los entornos mediante sistemas telemáticos inteligentes que tienen como tecnología básica la sensorica y el análisis de señales, fuera y dentro de nuestro cuerpo, con capacidad, por un lado, para controlar a distancia enfermos crónicos e individuos vulnerables y, por el otro, para predecir y detectar enfermedades antes de su aparición o en estadios muy iniciales y de fácil curación; un paso más, viene de la mano de la predicción y prevención genética, un nuevo y eficaz enfoque de ese arte tan importante llamado prevención sanitaria; dando un paso más tenemos la biónica o implantación de órganos artificiales; las nuevas técnicas de regeneración y reparación celular y tisular mediante la utilización de células troncales de procedencias diversas; los “nanodocs” o nano robots como respiro-

citocitos, plaquetocitos o microvibras de tamaño nanométrico y capaces de actuar terapéuticamente allí donde se requiera. Todo ello, naturalmente, situado en un entorno telemático asistido por banda ancha y dispositivos ubicuos que permiten, entre otras cosas, la transmisión de imágenes médicas de alta resolución en cualquier posición o condición. En segundo lugar, se sabe ya con toda certeza que los recursos naturales son perecederos pues la acción humana modifica y perturba sustancialmente el medio y la población mundial crece en una progresión tal que en pocos años la humanidad se verá amenazada por sí misma. El viejo aforismo hobbesiano de “El hombre es un lobo para el hombre” se pluraliza y actualiza en este otro más terrible todavía: “La humanidad es una gigantesca manada de lobos para la humanidad”. La defensa de un desarrollo realmente sostenible, un nuevo modelo de gestión energética y, sobre todo, una apuesta decidida por la investigación en fuentes de energía que todos sabemos necesarias; todo ello junto con la elaboración de nuevos materiales mediante procedimientos nanotecnológicos, resultan no imprescindibles sino vitales para mantener nuestra Tierra como un lugar donde merezca la pena nacer y vivir.

En tercer lugar y como consecuencia de lo dicho, se ha iniciado ya un cambio de paradigma en la gestión medioambiental y se prevén profundas modificaciones en el urbanismo, la arquitectura, la construcción, las comunicaciones, los transportes, la industria y las explotaciones agropecuarias y pesqueras.

En cuarto lugar, resulta obvio que la economía no puede ser ajena a la evolución de la ciencia y la tecnología y éstas, al producirse la convergencia, demandan una verdadera simbiosis a los modelos económicos tradicionales, tanto el liberal clásico, como el keynesiano y el schumpeteriano para que, aparcando sus diferencias, constituyan junto con ellas un nuevo círculo virtuoso que produzca un desarrollo sostenible en un mundo en el que merezca la pena vivir y que sea capaz de hacer realidad y extender a los más posibles, la Sociedad del Conocimiento.

Por último, cabe decir que, generalmente, las iniciativas políticas y las leyes que se derivan de éstas, suelen ir muy por detrás en el tiempo de los acontecimientos que ocurren y de las verdaderas necesidades de los ciudadanos. Se hace más necesario que nunca perder el miedo al miedo sin renunciar a una cierta prudencia y no hacer que un exceso de ella devenga en vicio, en anquilosamiento y en retraso social. Los nuevos tiempos determinados por la ciencia y la tecnología demandan políticas más concretas y próximas al ciudadano, así como también más concordantes con las nuevas realidades de las personas de hoy.

José Luis Ripoll
Director General de la Fundación Vodafone

Introducción

El punto de partida del informe es la constatación de que la convergencia de las nuevas tecnologías NBIC es una realidad que no por estar “en construcción” deja de ser de relevancia absoluta a la hora de analizar las nuevas dimensiones del binomio “economía-innovación” en el marco de la nueva Sociedad Sostenible del Conocimiento (SSC), y ello tanto a nivel global como en España.

La convergencia NBIC plantea retos concretos para el desarrollo de políticas tecnológicas competitivas, pero, sobre todo, constituye un pilar básico sobre el que el sector salud puede, y de manera creciente, reorientar su crecimiento a la luz de una nueva oferta tecnológica, y en respuesta a la transformación acelerada de la demanda de salud en el marco de la SSC.

Del lado de dicha oferta de salud, las NBIC se postulan como motores y candidatas a contribuir al desarrollo de nuevos tratamientos, pero también de sistemas integrados socio-técnicos de salud reforzadores de la cohesión social. El estudio del entramado científico tecnológico de la oferta de salud, que se realiza en el presente informe, constituye un requisito necesario para entender el papel relevante de las NBIC en los desarrollos presentes y futuros de la salud y de la medicina a través de las ingenierías nano, bio, info y neuro (cogno).

Del lado de la demanda de salud, nuevas tendencias (mayor esperanza de vida, mejora de funciones naturales, corrección de elementos corporales) están transformando actitudes respecto a la actividad económica vinculada a la salud desde posiciones “reactivas” hacia otras más claramente “proactivas”, y ello a medida que la salud sube en la escala de valores de la sociedad, lo que presupone, a su vez, la necesidad de ampliar conceptos en este campo. Así, la visión holística de la salud va constituyendo una res-

puesta cada vez más adaptada a la demanda superior de bienestar y de desarrollo de potencialidades humanas.

El análisis, en el presente informe, del entramado científico-tecnológico de la demanda de salud aborda los elementos de prevención, diagnóstico y terapia, así como fármacos, genoma humano y gestión y proceso de datos médicos. En dicho análisis se aborda la identificación de los “nodos de demanda” del sector salud, aislando sobretudo aquellos que requieren o requerirán la activación de la oferta NBIC antes mencionada. Se pretende de esa forma aportar una mayor claridad a esa función motora de la salud que va a jugar cada vez más la convergencia NBIC en la SSC.

El Informe EOI consta de tres capítulos:

- En el primero se hace una síntesis y se contextualiza el marco NBIC y su dimensión española. Se abordan para ello los aspectos más relevantes del esfuerzo de difusión de las bases, los retos y la filosofía del nuevo paradigma en convergencia de tecnologías NBIC, así como de las dimensiones de éstos en el contexto español, todo ello basado en el ejercicio que realizó la EOI en su publicación del pasado año en su “Programa Desafíos”.
- En la transición hacia la SSC, los modelos de salud permiten acercarse simultáneamente a los tres grandes objetivos de eficiencia económica, equidad social y equilibrio ecológico. Por ello, y en el segundo capítulo, se aborda el reto de la salud como uno de los principales motores de la SSC a través, precisamente, de las interacciones de oferta y demanda con la convergencia de las nuevas tecnologías NBIC.
- En el tercero, y tras algunas consideraciones iniciales respecto al nuevo papel de los “bienes públicos”, se abordan las sinergias multi- e interdisciplinarias entre el sector salud y la convergencia tecnológica NBIC. En este capítulo se describen los entramados científico-tecnológicos de oferta y demanda NBIC con la salud, como mecanismos a través de los cuales comprender mejor los “círculos virtuosos” para la economía y la ciencia generados desde dichos entramados, así como la importancia adicional que está tomando una visión holística de la salud en el marco de una sociedad en busca de una vida más plena y feliz.

1. La convergencia de las nuevas tecnologías NBIC

La revolución de la convergencia de las tecnologías NBIC tiene implicaciones directas sobre el sector salud que están transformando su configuración tanto como sus respuestas a las demandas de la sociedad.

Esta transformación se viene percibiendo desde la segunda mitad del siglo XX con la estructuración de la Sociedad de la Información y la Nueva Economía.

La Sociedad de la Información es una sociedad que en todas sus actividades económicas, sociales o políticas se informa e informa con una abundancia y precisión sin precedentes en la historia de la humanidad.

Este desarrollo corresponde a la interacción de un conjunto de tecnologías que apoyadas en la microelectrónica han permitido la fructificación conjunta de los ordenadores y de las telecomunicaciones. Esta convergencia tecnológica ha contribuido a un crecimiento exponencial de la creación, la comunicación y el almacenamiento de datos digitalizados con un coste unitario vertiginosamente descendiente, permitiendo introducir, por ejemplo, nuevos sistemas organizativos que multiplican la capacidad de respuesta en el sector salud.

El impulso innovador de las nuevas tecnologías y de la liberalización del mercado está creando un proceso expansivo en los países industriales avanzados que corresponde a un modelo específico de crecimiento en el que juegan un papel especial los fenómenos mesoeconómicos, o sea, los cambios de estructuras sectoriales en las que se reflejan las actuaciones microeconómicas, y que sustentan las evoluciones de los agregados macroeconómicos. Por esto, la gran novedad de la Nueva Economía es el

papel motor que juegan los desequilibrios sectoriales de productividad y precios sobre el crecimiento.

En el modelo de la Nueva Economía la liberalización de los mercados y la mayor competencia contribuyen a una importante disminución de los precios relativos de los bienes y servicios producidos en los sectores más innovadores. Pero lo verdaderamente nuevo de la Nueva Economía es la aceleración del funcionamiento de un círculo virtuoso, en el que la producción genera su demanda, y cuya dinámica depende esencialmente de las elasticidades-precio y de las elasticidades-renta que están asociadas a los nuevos productos, así como el carácter revolucionario del proceso de innovación tecnológica, cuyos beneficios se están difundiendo a todas las actividades económicas.

Así pues, para que perdure el "círculo virtuoso" de la Nueva Economía es indispensable que las tecnologías sigan incansablemente introduciendo nuevos productos en los mercados, y que éstos correspondan a funciones de consumo con elevadas elasticidades-renta y elasticidades-precio. De este modo se está transformando el panorama de la salud, redefiniendo su concepción y modificando su capacidad de respuesta hacia un plano cada vez más proactivo.

En conjunto, el paradigma tecnológico de la Sociedad de la Información y el paradigma económico de la Nueva Economía, ofrecen una plataforma de apoyo para un desarrollo más equilibrado y duradero que se puede definir como la Sociedad Sostenible del Conocimiento (SCC).

La SSC plantea importantes retos para la ciencia económica, ya que afecta los planteamientos fundamentales de la teoría del valor y de los precios. El "conocimiento" como vector de innovación, esto es, de transformación de la información en riqueza, evoluciona en mercados imperfectos en los que los parámetros habituales de la maximización económica (de las utilidades, de las rentas, de los beneficios) se perciben con dificultad.

1.1. La convergencia NBIC

El siglo XXI parece empezar a caracterizarse por un cierto proceso de convergencia de numerosas disciplinas.

El caso más evidente es el de la llamada convergencia molecular o convergencia en el análisis de lo infinitamente pequeño, en la que están directamente implicados varios campos de investigación emergentes como el de las nanotecnologías y el de las biotecnologías. La capacidad que se está desarrollando para intervenir a nivel molecular adquiere especial relevancia para la SCC, cuando se abordan temas de información y de conocimiento.

En este sentido, la convergencia NBIC es un nuevo campo de investigación multidisciplinar de las interacciones entre sistemas vivos y sistemas artificiales para el diseño de dispositivos que combinan la nanotecnología con la biotecnología (Bio), tecnologías de la información y las telecomunicaciones (Info/TICs), y las ciencias cognitivas (Cogno). La nanodimensión, característica principal de la NBIC, y la consiguiente ciencia, tecnología y comercialización que se desarrollan alrededor de ella en el mundo, son ya una realidad.

Esta evolución hacia la convergencia científica en lo infinitamente pequeño es, por tanto, la piedra angular del desarrollo tecnológico de la Sociedad del Conocimiento. Pero el potencial tecnológico evocado por esta convergencia podrá proporcionar la base estructural de la SSC, si encuentra una demanda apropiada, y si responde a una necesidad valorada por la futura sociedad.

Al abordar la exploración de este cambio tecnológico en el siglo XXI es importante separar las tecnologías ofertadas, que se apoyan en desarrollos autónomos de la ciencia (*supply pushed*), y las tecnologías demandadas por el escenario de cambio socioeconómico (*demand pulled*), una distinción que también es muy similar a la de los enfoques exploratorios y normativos de la prospectiva.

La clave *bottom-up* del nuevo modelo de crecimiento que acompaña el proceso de convergencia NBIC va a acarrear una importante reconsideración de los modelos sociológicos, científicos, tecnológicos, económicos y sociales aún imperantes. En definitiva, cambian los agentes económicos y su papel en los procesos tecnológicos y productivos y se transforman los factores de producción clásicos, procesos que precisan, a su vez, importantes cambios de percepción del papel de la innovación y de la convergencia NBIC en dicho modelo.

Las NBICs y su incorporación al proyecto de la SSC generan oportunidades para la actividad empresarial, a la que confieren características específicas post-industriales.

Para identificar la naturaleza de estos cambios, destacamos tres grandes áreas de nuevas oportunidades:

1. **El área de los sistemas sociotécnicos:** aunque las NBICs crean oportunidades en todos los sistemas sociotécnicos, hay dos que destacan positivamente y que probablemente servirán de punto de partida para esta nueva oleada de tecnologías: la salud y la educación. En lo que se refiere a la salud, las líneas tecnológicas de las NBICs son esperanzadoras y van desde la medicina genética hasta los nano-sensores conectados a sistemas de información. Estas oportunidades tecnológicas replantean el funcionamiento de unos sistemas sociotécnicos, en los que interviene masivamente en Europa la Administración Pública.

2. **El sector de los servicios:** las oportunidades empresariales más evidentes se concentran en los servicios de alto valor añadido en los que la función productiva requiere un nivel elevado de conocimientos. Cuando se analizan las actividades del trabajo-producto en la Sociedad del Conocimiento, algunas destacan por su singular importancia: los *brain-workers*; los empresarios, promotores y gestores de los sistemas sociotécnicos; los investigadores y los profesionales dedicados al buen funcionamiento de la sociedad en su conjunto y de las condiciones de vida de sus miembros.
3. **El sector de las industrias tecnológicamente avanzadas:** en el modelo del siglo XXI la innovación en la producción de los objetos agrícolas e industriales seguirá siendo la base en la que se sustentará el crecimiento de las rentas y de la riqueza económica. Sin duda ocuparán un lugar preferente entre las oportunidades de la actividad industrial, aquellas vinculadas a los procesos de alto valor añadido, o sea aquellas que incorporen mayores conocimientos. Esto implica un acercamiento entre la introducción de innovaciones y su gestación, entre productores e investigadores. De ahí que las principales fuentes de las nuevas actividades industriales se sitúen en el interfaz entre la I+D y empresa, o sea en los *start-ups* y otras actividades de creación de PYMES tecnológicamente avanzadas.

1.2. El desafío de la convergencia NBIC en España

España, país que se sitúa en el grupo de cabeza en términos de desarrollo económico a nivel mundial, se enfrenta ahora, en el marco de las NBICs, al reto y a la ocasión singular que le plantea la SSC: generar oportunidades en este ámbito para la actividad empresarial.

En la SSC existe potencial para mayor crecimiento y productividad con menores requerimientos en términos de acumulación de capital y trabajo instrumental, aunque si más en términos de ingeniería del conocimiento. Parecería entonces más fácil, para un país como España, “coger el tren en marcha” ahora, con el alto nivel de conocimiento existente en estas áreas.

Las cuatro áreas científico-tecnológicas constituyen, cada una de ellas, subsistemas abiertos dentro del nuevo modelo de crecimiento de la SSC. Entender el funcionamiento en el interior de esos subsistemas, así como las interconexiones entre éstos y el sistema económico en su sentido más amplio, es lo que puede permitir avanzar precisamente en el diseño de estrategias que permitan que la convergencia NBIC constituya uno de los futuros motores de la economía y de la sociedad española y europea.

El modelo de la Nueva Economía requiere un flujo continuo de innovaciones y una evolución de precios relativos que lo oriente en esa dirección. Por el momento, en esta etapa de puesta a nivel, la Nueva Economía en España se beneficia directa e indirectamente, vía flujos de capitales, de tecnologías, de bienes de equipo y de *know-how*, del progreso tecnológico de los países industriales más avanzados. El sistema económico español innova mucho en procesos productivos (en la encuesta española de innovación un 62% de las grandes empresas que señalan innovar con éxito hacen innovaciones de procesos, frente a una media europea del 41%, COTEC, 2005), gracias esencialmente a conocimientos adquiridos en el exterior. Esta Nueva Economía de los albores de la Sociedad de la Información es un modelo híbrido de industrialismo y de modernización que ha despertado de su letargo el espíritu empresarial del país.

La tendencia desde una perspectiva científica es que existen muchos grupos de investigación que han ido creciendo a medida que las nanociencias se venían desarrollando. En este ámbito, hay coincidencia plena cuando se señala la buena preparación que poseen los jóvenes investigadores españoles en las cuatro áreas NBIC y, hoy, el número de actores públicos y privados es mucho más significativo que hace cinco años.

En el área de la Biotecnología, con una trayectoria mucho más larga en España, se combinan dos factores que contrastan con las dificultades de despegue real y convergencia de la Nano en relación con otros países Europeos: un personal científico altamente cualificado y la dotación creciente de fondos públicos y privados a la I+D.

En el ámbito de la Info (TICs), área que solapa completamente el desarrollo de la NBIC, se puede decir que se trata del sector más maduro de las cuatro tecnologías. Tras los servicios telemáticos, son los servicios informáticos los que más importancia tienen. Es importante también señalar que en esta área de la NBIC, 2/3 de los gastos en investigación y desarrollo en España provienen de las propias empresas.

La "ciencia Cogno" es aún muy difusa, y es particularmente difícil hacer balance de los recursos disponibles. El desarrollo de las neurociencias cognitivas, la neuroinformática, la inteligencia artificial y la neuroingeniería no tienen un enfoque "agregado" como en las otras áreas.

La convergencia NBIC se produce en el campo científico, pero sus desarrollos concretos se verifican en el campo de las aplicaciones tecnológicas, de la ingeniería. Es también una convergencia entre ciencia y tecnología, promovida en su fase inicial, debido a la amplitud del tema, por la especificidad de algunas aplicaciones (por ejemplo, en medicina y salud).

Para consolidar el proyecto de convergencia NBIC en España, el Informe de la EOI sobre convergencia NBIC publicado en 2006 propone cuatro recomendaciones fundamentales:

- La creación de un proyecto español de estudio de alternativas en el campo de la educación científica y técnica.
- La elaboración de un proyecto español de centros de investigación multidisciplinarios.
- La construcción de plataformas tecnológicas.
- El desarrollo de una política activa de atracción a España de *start-ups* vinculados a la convergencia NBIC.

Las innovaciones NBIC están íntimamente vinculadas a las transformaciones de grandes sistemas sociotécnicos como la salud o la educación en los que los poderes públicos intervienen tradicionalmente en Europa asumiendo colectivamente una importante parte del coste de los servicios.

Esta situación hace que la relación público-privado no pueda limitarse en este sector a un apalancamiento neutral de la inversión privada por parte del sector público.

Además, esta orientación pública de la investigación sobre grandes sistemas sociotécnicos también es oportuna en el momento en el que necesariamente tienen que tomarse en consideración imperativos éticos, como en el caso de numerosos aspectos de la convergencia NBIC en salud y medicina. De ahí la importancia ya señalada de una ciencia del diseño que sea capaz de armonizar los intereses del bien común con los de la iniciativa privada.

En España, como en el resto de Europa, las políticas públicas y las Universidades dedican un interés creciente al fomento de nuevas actividades empresariales que exploten los resultados de la investigación tecnológica. Estas zonas más especializadas son las que hoy sustentan los mayores desarrollos de nuevas empresas (*start-ups*) en los campos característicos de la convergencia NBIC.

El desarrollo de PYMES tecnológicas es compatible con la idea de los grandes proyectos.

Las estrategias de las grandes empresas necesariamente incluyen proyectos vinculados a la emergencia de las transformaciones que anuncia la convergencia tecnológica: es imposible pensar hoy el futuro de la industria farmacéutica, por ejemplo, sin tener en cuenta el potencial de la convergencia NBIC.

Los proyectos productivos en base a las nuevas tecnologías requieren entornos favorables: disponibilidad de capital-riesgo, administración simple, servicios de apoyo y, ante todo, espíritu de empresa.

La vinculación del espíritu investigador con el espíritu de empresa es difícil y bastante excepcional. Como además las tecnologías NBIC están en fase de desarrollo con mercados inmediatos reducidos y difíciles de penetrar, la proliferación de *start-ups* se acompaña de tasas de mortalidad elevadas.

Dotar al sistema español de I+D+i de los medios y de la flexibilidad, de la capacidad proactiva y del capital riesgo necesarios para desarrollar una tarea de captación de ideas, proyectos y *start-ups* que potencien la capacidad empresarial en el ámbito de las tecnologías de la convergencia NBIC, es uno de los principales retos para el desarrollo de una política tecnológica competitiva y para la evolución del sector salud adaptable a las transformaciones que están ocurriendo en el estilo de vida de la SSC.

2. La salud en la Sociedad Sostenible del Conocimiento

2.1. Economía y tecnología en el siglo XXI

Con la liberalización de los flujos internacionales de bienes, servicios y capitales, y la introducción de sistemas de telecomunicaciones masivas en tiempo real, se ha iniciado a finales del siglo XX un proceso de globalización económica que estimula la competencia y la innovación. En los países industriales avanzados se consolida un modelo dinámico de transformación de las estructuras productivas (el modelo de la Nueva Economía) y de las relaciones sociales (el modelo de la Sociedad de la Información) que se apoyan tecnológicamente en la convergencia de los ordenadores y la informática, con la microelectrónica y las telecomunicaciones. Este modelo se encuentra con importantes problemas de sostenibilidad a largo plazo: sus efectos redistributivos inducen nuevas situaciones de pobreza y de marginación que causan profundas fracturas sociales, mientras que sus efectos medioambientales crean presiones sobre los recursos que amenazan el equilibrio ecológico planetario. Sin abandonar los beneficios de la competencia y de la innovación, las sociedades avanzadas a principios del siglo XXI evocan la necesidad de un desarrollo sostenible, un desarrollo que permita la plena realización del potencial creativo de la humanidad y que lo consiga manteniendo los recursos ambientales.

Conseguir un desarrollo sostenible con una economía eficiente, una sociedad equitativa y un medio ambiente equilibrado, requiere instrumentos que actúen simultáneamente sobre estos tres pilares de la sostenibilidad: los instrumentos económicos, que se sitúan en el ámbito de los precios; los instrumentos sociales, que se sitúan en el ám-

bito de los valores, y los instrumentos medioambientales, que se sitúan en el ámbito de las tecnologías.

CUADRO 1. EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Fuente: A. Pulido, E. Fontela (2004).

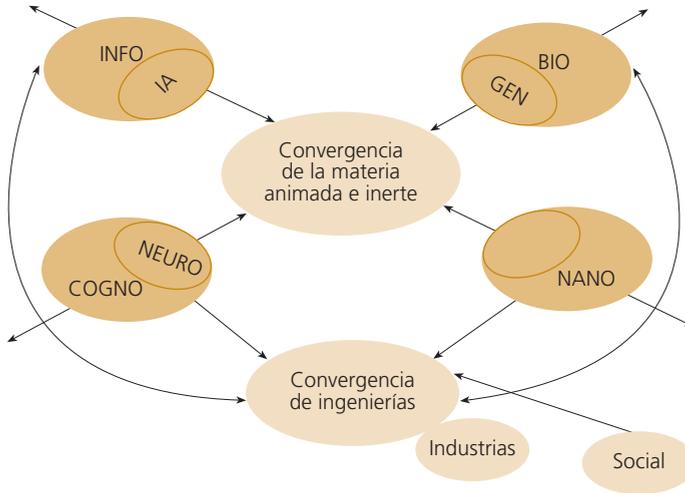
En lo que se refiere a los precios, el desarrollo sostenible requiere que los precios de los bienes y servicios reflejen en términos relativos su sostenibilidad, es decir que los productos que no contribuyen a la sostenibilidad sean relativamente más caros.

En lo que se refiere a los valores, el desarrollo sostenible también será más factible en aquellas sociedades que valoran más la equidad, la solidaridad y el respeto entre grupos sociales y generaciones, que en aquellas que buscan la maximización individual de la riqueza.

La sociedad puede dotarse de algunos procesos que orienten la evolución de los precios (vía las políticas fiscales) o de los valores (vía las políticas educativas), corrigiendo normativamente aspectos de la no-sostenibilidad, pero la gran esperanza del siglo XXI se sitúa en la tercera categoría de instrumentos para la sostenibilidad, la que se refiere a las tecnologías.

En el informe de la Fundación EOI, *Convergencia NBIC, 2005, El desafío de la convergencia de las nuevas tecnologías (nano-bio-info-cogno)*, se analizó en detalle la configuración de lo que se contempla hoy como la gran oleada de nuevas tecnologías para el siglo XXI.

CUADRO 2. LA CONVERGENCIA TECNOLÓGICA DEL SIGLO XXI



Fuente: Convergencia NBIC 2005, EOI (2006).

La ciencia en el ámbito de lo infinitamente pequeño en la que convergen átomos, bits, neuronas o genes, la materia animada y la materia inerte, está abriendo nuevas fronteras para la creatividad tecnológica, para el desarrollo de nuevos productos y procesos que encierran el secreto del desarrollo sostenible.

El primer Informe de la EOI sobre la convergencia NBIC introducía en España una descripción de un campo del desarrollo futuro científico y tecnológico que ya había sido identificado en Estados Unidos (NSF, 2002) y en la Unión Europea (EC, 2004) como el núcleo central de las nuevas tecnologías para los próximos cincuenta años.

Este segundo Informe de la EOI sobre la convergencia NBIC se concentra sobre el sector de la salud que es un sector productivo de bienes y servicios en el que las aplicaciones posibles de tecnologías NBIC pueden tener aspectos revolucionarios durante las próximas décadas, al introducir cambios radicales en las técnicas de pronóstico y prevención, de diagnóstico y prescripción, de tratamiento de las enfermedades o de mantenimiento de los estados de buena salud.

2.2. Prospectiva de la demanda de salud

¿En qué consiste la demanda de bienes y servicios relacionados con la salud? ¿Cómo evoluciona esta demanda económica de salud?

En todas las religiones los fieles piden a la divinidad que les proteja del mal y les preserve la salud, y el estado de buena salud corresponde a una necesidad fisiológica de la persona.

La demanda económica de la salud va más allá y se refiere a una demanda concreta dirigida al sistema productivo que éste tiene que satisfacer combinando trabajo, capital y conocimiento: la salud es un motor primario de la actividad económica. Pero, ¿qué entendemos por salud?

Una visión holística de la salud

Se entiende por salud de un individuo un estado de bienestar fisiológico “normal”. La norma que define el estado “sano” no está exenta de subjetividad y varía en el tiempo y en el espacio, en función de la cultura y hasta de la moda.

En las sociedades avanzadas del siglo XXI, el estado de buena salud se interpreta con parámetros que extienden la actividad productiva de salud más allá de la tradición de lucha contra los estados patológicos, más allá de la prevención y de las enfermedades.

Es así como la preocupación actual por la salud conlleva funciones relativamente nuevas:

- El aumento de la esperanza de vida pero manteniendo un buen estado de salud en edades avanzadas.
- La mejora de funciones naturales para evitar su deterioro temporal, y hasta para aumentar la capacidad activa de estas funciones.
- La corrección de elementos corporales por motivos estéticos.

Las nuevas tendencias transforman la actividad económica vinculada a la salud desde un posicionamiento reactivo, de respuesta al accidente patológico, hacia un posicionamiento proactivo de anticipación y mejora del funcionamiento fisiológico.

CUADRO 3. LA PIRÁMIDE DE MASLOW



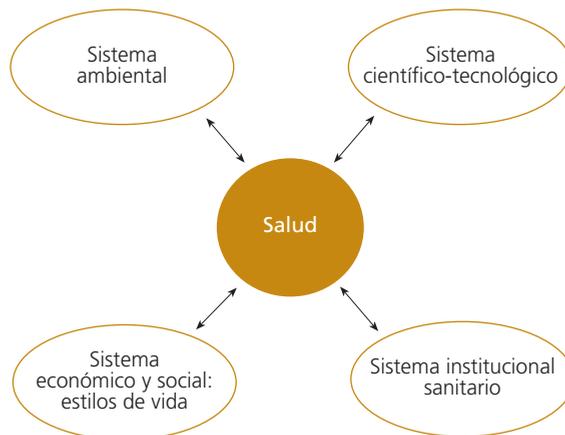
En la pirámide de Maslow de las necesidades humanas, la salud sube así en la escala de valores, aportando progresivamente mayores respuestas a las necesidades de seguridad, amor y status, y preparando al individuo para la necesidad superior de autorrealización y trascendencia (*mens sana in corpore sano*).

Al subir en la escala de las necesidades humanas los aspectos económicos y sociales de la salud adquieren una importancia creciente y se plantea la necesidad de una conceptualización muy amplia de la salud.

Así emerge una visión holística de la salud que desarrolla un conjunto de relaciones entre el concepto de salud y otros conceptos científicos, económicos, sociales o institucionales y ambientales.

La relación con el sistema científico es la que se establece entre la necesidad y la demanda de la salud de la población y la ciencia médica, la genética y la biología, y en general todo el conocimiento científico disponible para preservar y mejorar el estado de buena salud.

CUADRO 4. VISIÓN HOLÍSTICA DE LA SALUD



Fuente: Elaboración de los autores.

La relación con el sistema institucional se refiere a la infraestructura y a la estructura de la organización terapéutica desde los servicios hospitalarios hasta la producción de fármacos. Es evidente que la eficacia del sistema reside en su capacidad de mantener la buena salud de la población.

La relación de la salud con el sistema ambiental, evidenciada inicialmente en el contexto de las enfermedades epidémicas, se está ampliando a medida que aumenta la preocupación humana por la calidad del medioambiente. Se trata de una relación que puede contribuir al deterioro de la situación de la salud (por ejemplo, la contaminación del aire), pero que también puede intervenir en el proceso terapéutico o mejorar las condiciones sanitarias generales (por ejemplo, el tratamiento de las aguas).

Finalmente existe una importante relación de la salud con los estilos de vida asociados a las estructuras económicas y sociales: desde las enfermedades y accidentes relacionados con el trabajo, hasta los comportamientos colectivos nocivos para la salud (por ejemplo, el tabaquismo). En el concepto holístico de la salud, esta relación con los estilos de vida extiende el ámbito de la salud a importantes sectores de la actividad económica, desde el sector de la alimentación (por ejemplo, producción ecológica), hasta el sector del ocio (por ejemplo, práctica del deporte) y del turismo (por ejemplo, turismo de balnearios).

CUADRO 5. LA DEMANDA DE BIENES Y SERVICIOS PARA LA SALUD



Con la visión holística de la salud se comprende que la necesidad del ser humano de mantenerse en buena salud durante una vida lo más larga posible, es una necesidad que, transformada en demanda por la evolución de los sistemas económicos y sociales, es a su vez un poderoso motor de esta misma evolución. Progresivamente la salud se eleva durante las últimas décadas más allá de la demanda de cura de las enfermedades, hasta el nivel de la demanda superior de bienestar permanente y de la realización de las potencialidades individuales.

En términos económicos una demanda superior se caracteriza por una mayor propensión al consumo cuando se dispone de rentas discrecionales (o sea de excedentes de renta una vez satisfechas las demandas más básicas), una demanda que se manifiesta con intensidad creciente a medida que aumenta la renta media de la población. Esta demanda se vuelca sobre los bienes y servicios más innovadores y de mayor calidad, produciéndose una diferenciación cada vez mayor entre la demanda de servicios básicos de salud que interviene junto con otros bienes esenciales en la primera asignación de la renta (por ejemplo, se asimilaría a la noción de servicio "universal" de las telecomunicaciones), y la demanda superior que corresponde a necesidades más elevadas en la pirámide de Maslow. Esta última demanda superior explica el rápido desarrollo del consumo

de productos de cosmética, de la cirugía estética, de las clínicas de adelgazamiento o de productos de parafarmacia, y de tantos otros consumos que en definitiva ocupan una fracción creciente de los presupuestos familiares en los grupos de renta más altos de las sociedades contemporáneas.

Lo normal y lo patológico

La visión holística de la salud replantea el problema de la enfermedad y de la medicina que definió en el siglo XX el campo de acción de la ciencia médica como una disciplina marcada por una diferencia objetiva entre lo normal y lo patológico: la salud y la normalidad se identificaban con la situación media de la población; la enfermedad y lo patológico con una desviación de esa media.

En esta visión, la ciencia médica quedaba exenta de todo juicio cualitativo y de todo valor estético y moral, y la patología se identificaba con un fallo mecánico reparable.

La moderna visión holística de la salud reintroduce valores precientíficos de subjetividad al ampliar el campo de investigación a la noción de “estado de buena salud”, al que el consumidor del servicio médico confiere un sentido y una finalidad personal.

El estado de buena salud es aquel que permite al individuo realizar su propia naturaleza, orgánica y psíquica, y para conseguirlo lo inscribe en su mecanismo personal de maximización de utilidad bajo restricciones de rentas y precios. Con esta visión, la salud se incorpora de pleno derecho en la economía.

En este contexto económico, el consumidor de servicios de salud adquiere mayor autonomía en la definición de sus patologías, para lo que extiende su red de información más allá de la medicina y de su campo de actuación tradicional, y decide con mayor libertad las terapias que considera necesarias (incluyendo obviamente las que ofrece la medicina científica). De esta manera adopta comportamientos nutricionales, turísticos o deportivos que se interpretan a partir de su percepción del estado de buena salud.

La importancia económica de la salud en Estados Unidos

En Estados Unidos el sector público y el privado comparten al 50% el gasto total en salud, este gasto crece rápidamente y ya totaliza 3 billones de dólares.

La economía de la salud ha creado entre 2001 y 2006 1,7 millones de puestos de trabajo, que corresponden al saldo neto de creación de empleo del conjunto de la economía americana.

Se estima que el sector salud proporcionará el 25% del PIB en 2030 y proporcionará entre un 30% y un 40% del total de los nuevos puestos de trabajo durante los próximos veinticinco años.

Fuente: Business Week, 19 de septiembre de 2006.

Progresivamente, en una tendencia de fondo que espera su pleno desarrollo en el siglo XXI, la demanda de salud asume su característica de demanda económica de un bien superior, y reclama una mayor autonomía en el tratamiento terapéutico de una gama de patologías más o menos subjetivas que se amplía sin cesar. La “normalidad” como media del estado de salud de una población da paso a la normalidad individual, y esto tiene consecuencias sobre la diversidad de la oferta de servicios de salud que ya empieza a ser perceptible.

La demanda privada de bienes y servicios para la salud es así un factor dinámico en el crecimiento de la actividad económica, y el sector que responde a esta demanda es uno de los que están promoviendo mayores crecimientos de las rentas y del empleo.

2.3. Prospectiva de la oferta de salud

La consideración de la salud como un fenómeno económico justifica el análisis de la estructura productiva de bienes y servicios de interés para la salud, como si se tratara de una “oferta de salud”.

En un enfoque de prospectiva a largo plazo, dos evoluciones presentan especial interés:

- La evolución institucional de la oferta de salud.
- La evolución del sistema de innovación considerado en el marco de la visión holística de la salud.

La salud entre la esfera pública y la privada

En España, como en numerosos países avanzados, el servicio básico universal de tratamiento de las enfermedades es un servicio público, con diferentes fórmulas de financiación (en general con alguna financiación por parte de los usuarios del servicio) pero siempre con un proceso implícito de redistribución de costes. El acceso libre y fácil a la cura de las enfermedades es un principio de la civilización occidental que encuentra un apoyo en el compromiso ético de la profesión médica de poner siempre sus conocimientos a disposición de los enfermos.

La salud, en su doble vertiente de servicio básico universal y de servicio de consumo superior, implica un equilibrio entre procesos de economía de mercado y procesos de economía social. El sector público asume en general un papel activo de gestión activa para el servicio básico de consumo público, y limita su intervención a la regulación de protección del consumidor en los servicios de consumo superior. El sector privado por su parte asume un papel de suministrador de tecnologías, equipos e insumos de productos para la función de gestión pública del servicio universal, e interviene directamente como agente productivo en el sector de consumo privado.

Resulta evidente que el papel de las administraciones públicas es esencial ya que define la frontera entre las actividades de salud que requieren un sistema de transferencias de costes y rentas que haga posible su accesibilidad para el conjunto de la población (servicio universal) y las actividades que se pueden desarrollar directamente en el ámbito de la economía de mercado.

Como se ha señalado anteriormente, en la visión holística de la salud que se está desarrollando en los países industriales avanzados, el ámbito complejo de la salud tiene aspectos subjetivos y evoluciona en el tiempo. Por ello, la frontera entre lo público y lo privado es muy flexible, y los sistemas en vigor en diferentes países, o hasta en regiones de un mismo país, son difícilmente comparables y van desde la instauración de sistemas públicos de sanidad totalmente gratuitos para los enfermos, hasta sistemas de seguros privados con acceso subvencionado para los grupos sociales de rentas bajas (por ejemplo, en Suiza).

Tabla 1. Financiación privada y pública de los servicios de la salud

	Millones de Euros	%	% del PIB
Privado	16.499,0	28,59	5,5
Público	41.199,7	71,41	2,2
Total	57.698,7	100,00	7,7

Fuente: Ministerio de Sanidad y Consumo (2005).

Las tendencias de fondo de la demanda hacia una ampliación del concepto de buena salud a medida que aumenta el nivel de renta, conllevan una tendencia al aumento de la participación del sector privado y del mercado en el suministro de los servicios de salud.

El sistema de innovación de la salud

Por el lado de la oferta, la ampliación constante del concepto de salud se apoya en el desarrollo científico y tecnológico de la medicina y de sus instrumentos terapéuticos, hospitales, equipos, productos farmacéuticos y en los procesos de innovación implicados en la producción pública y privada de servicios de salud.

El sistema de innovación de la salud es especialmente complejo, ya que en él participan numerosos agentes económicos y sociales con motivaciones y finalidades diferentes.

La eficiencia del sistema de innovación de la salud depende de la naturaleza de las relaciones entre estos agentes, y en particular de su capacidad para actuar sinérgicamente.

La investigación farmacéutica: los ensayos clínicos

Un ensayo clínico es un estudio experimental, analítico, prospectivo, controlado con placebo (si es posible ciego, doble ciego o triple ciego), aleatorizado y con tamaños muestrales suficientes. Los ensayos clínicos pueden tener una duración desde días a años, sobre una muestra seleccionada de una población a la que se quiere extrapolar los resultados de la intervención.

- La **fase I** incluye los primeros estudios que se realizan en seres humanos, que pretenden demostrar la seguridad del compuesto y orientar hacia la pauta de administración más adecuada para estudios posteriores. Podríamos decir que se trata de estudios de farmacología humana. Se corresponde fundamentalmente a estudios de farmacología clínica y toxicidad.
- La **fase II** tiene como objetivo proporcionar información preliminar sobre la eficacia del producto y establecer la relación dosis-respuesta: son estudios terapéuticos exploratorios. Se realizan con un número limitado de pacientes para estudiar una actividad biológica específica, el control o profilaxis de una enfermedad.
- Los ensayos clínicos de **fase III** evalúan la eficacia y seguridad del tratamiento experimental en las condiciones de uso habituales y con respecto a las alternativas terapéuticas disponibles para la indicación estudiada. Se trata de estudios terapéuticos de confirmación.
- La **fase IV** se realiza después de la comercialización del fármaco para estudiar condiciones de uso distintas de las autorizadas, como nuevas indicaciones, y la efectividad y seguridad en la utilización clínica diaria.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_cl%C3%ADnico.

Estimuladas por la disponibilidad de nuevas sustancias químicas, las industrias farmacéuticas han progresado en el campo aplicado con experimentos toxicológicos necesarios para el desarrollo de las nuevas especialidades. La explicación biológica de los procesos intervenía a posteriori, y la investigación fundamental estaba muy separada del proceso, con lo que las Universidades jugaban un papel relativamente secundario en el modelo de innovación.

Con el desarrollo de la biotecnología, la ciencia más fundamental se ha acercado a la tecnología, y en este contexto la Universidad ha adquirido un nuevo papel más determinante en el sistema de innovación.

La relación universidad-empresa se intensifica entre una Universidad que es capaz de impulsar la ciencia y de formar investigadores, y una empresa que ofrece a estos investigadores unas posibilidades concretas de inmersión en la aplicación y el desarrollo.

Esta relación se refuerza con una cooperación estrecha para la experimentación con los agentes productivos del sistema sanitario y en especial con los hospitales y con el cuerpo médico.

Así, con los nuevos desarrollos de la ingeniería genética, que permiten fabricar productos antiguos de manera más eficaz y menos costosa, el triángulo de la cooperación entre centros universitarios de investigaciones en biotecnologías, empresas farmacéuticas y grandes hospitales adquiere una fuerza innovadora singular.

En modo similar se desarrolla la colaboración con la industria productora de bienes de equipo que encuentra en las compras públicas y en las inversiones de clínicas privadas un terreno fértil para el desarrollo de nuevos aparatos y sistemas.

TABLA 2

Compras públicas en el sistema sanitario español	
Productos farmacéuticos comprados por las AA.PP. en 2000 (tabla <i>Input-Output</i>)	7.024,0 Mill. Euros
Bienes de equipo y maquinaria comprados por los Servicios de Sanidad en 2003 (según matrices de FBCF)	1.494,8 Mill. Euros

Fuente: INE (2004).

Las administraciones públicas y los agentes financieros no quedan al margen de este sistema y aportan al proceso de innovación formas de financiación, que actúan de manera indirecta abriendo mercados (compras públicas de las instituciones sanitarias) o de manera directa facilitando capital riesgo para el fomento de la creación de nuevas empresas de alta tecnología (*spin-offs*).

La visión más amplia y holística de la salud hace que el sistema de innovación así descrito se amplíe y se consolide como un elemento esencial de la impulsión innovadora del modelo de la Nueva Economía.

2.4. La dinámica del mercado y de los precios relativos

La aplicación del concepto de demanda de buena salud y la innovación tecnológica están en línea con una dinámica empresarial cada día más poderosa que invierte en nuevos nichos de mercado y fomenta la modernización de las prácticas tradicionales.

La competencia entre industrias farmacéuticas, entre productores de bienes de equipo, o entre clínicas y servicios médicos privados induce una transferencia de las ganancias de la innovación hacia los usuarios del sistema sanitario, que se benefician de productos cuyos precios relativos necesariamente están a la baja. Este efecto precio contribuye a estimular la demanda. Se encuentran así reunidas las condiciones para el funcionamiento del círculo virtuoso de la Nueva Economía (innovaciones \Rightarrow precios a la baja y

aumento de rentas \Rightarrow nuevas demandas \Rightarrow inversiones en I+D+i \Rightarrow innovaciones). Estas consideraciones se aplican esencialmente a los bienes que se integran directamente en los mercados, es decir, a los bienes que compra el consumidor para satisfacer sus necesidades de salud holística.

El sector salud es de baja productividad parcial del trabajo o, en términos más positivos, un sector en el que el servicio que se presta tiene un contenido elevado de trabajo humano (como la productividad del trabajo es un ratio entre el valor de una producción y el esfuerzo de trabajo humano para conseguirla, ésta tiene que ser necesariamente más baja en un servicio que requiere trato personal que en una industria manufacturera que produce con un elevado nivel de automatismo). Es obvio que para proporcionar el servicio de salud, este sector compra *inputs* y equipos que sí que obedecen a las reglas de la productividad de las manufacturas (tienen productividades altas y crecientes con el cambio tecnológico).

En general, los precios reflejan las productividades, y por ello, mientras los productos farmacéuticos, o parafarmacéuticos, y los equipos técnicos, deben mantener precios relativos a la baja, los servicios de salud, a pesar de la reducción del coste de sus *inputs*, muestran precios relativos al alza, en el conjunto de los precios de una economía. Normalmente los precios de los servicios sanitarios enfrentarán más que la subida media de los precios (inflación), y esto explica que a largo plazo, el peso del sector salud en el valor de la producción total de un país siga siempre aumentando.

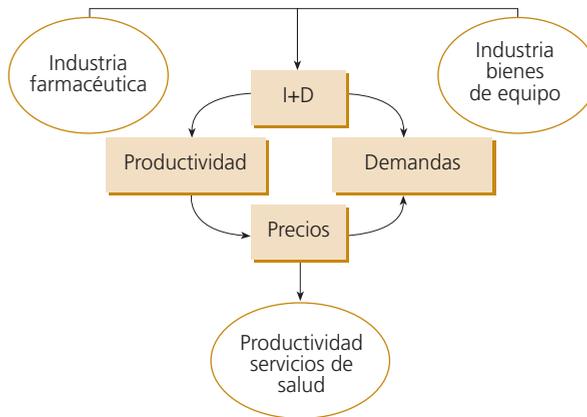
La única manera de modificar esta tendencia es evidentemente la que consiste en aumentar las inversiones y con ello la intensidad de capital del servicio sanitario, haciendo crecer con ello la productividad parcial del trabajo.

Desde el punto de vista de la prospectiva a largo plazo es el tema de la evolución futura de los precios relativos del servicio de salud (ampliado hasta el concepto de salud holística) el que condiciona el futuro económico de este amplio sector.

En un escenario de dinámica económica movida por la salud e impulsora del modelo de crecimiento de la Nueva Economía, es esencial que la disminución de precios relativos no se limite a los productos de mercado que ofrece el sector (fármacos, instrumentos de análisis y tratamiento, etc.) sino que se extienda al servicio sanitario final, ya sea éste de ámbito público o privado.

Aumentar la productividad total de los factores del sector de la salud es, por tanto, un objetivo fundamental para el desarrollo tecnológico de las próximas décadas. De ahí la necesidad de programas de investigación que tengan como objetivo una mejora del funcionamiento del sistema sociotécnico de la salud (programas en los que se inscribe naturalmente el desarrollo de la convergencia NBIC).

CUADRO 7. PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR SALUD



Fuente: Elaboración de los autores.

2.5. La salud en el escenario de la Sociedad Sostenible del Conocimiento

Los apartados precedentes han puesto en evidencia un conjunto de tendencias que se pueden resumir como sigue:

- Tendencia hacia un **concepto holístico** de la salud que se extiende hasta incluir elementos de la alimentación, el deporte, el turismo o de la calidad ambiental.
- Tendencia a una mayor participación del **gasto privado** en el gasto total al desarrollarse el consumo de salud como un bien superior en la escala de necesidades.
- Tendencias al **crecimiento** de los gastos de salud, que llevan al sector productivo de la salud a situarse entre los más dinámicos en términos de creación de rentas y de empleo.
- Tendencia a la consolidación de las **empresas**, como motores de la innovación, de producto en los servicios privados y públicos de salud.

Estas tendencias explican el dinamismo del sector salud que ha conseguido aumentar la esperanza de vida y reducir los estados patológicos mejorando así la calidad de vida, y al mismo tiempo ha podido asegurar el crecimiento de la oferta y su adecuación a la demanda de servicios de salud.

El sector salud es hoy un sector económico prioritario en los países industriales avanzados, con modelos que atestiguan la gran diversidad de las estructuras sociales naciona-

les y regionales. Estos modelos están respondiendo positivamente a las exigencias de innovación permanente características de la Nueva Economía, y al mismo tiempo han asimilado las aportaciones tecnológicas de la Sociedad de la Información, con la utilización generalizada de ordenadores, telecomunicaciones y equipos dotados de abundantes elementos microelectrónicos.

Sin embargo, existen suficientes indicios para poder señalar que estos modelos no son, por el momento, totalmente sostenibles: desde el punto de vista económico el crecimiento de la salud como sector de baja productividad, a pesar del dinamismo de las actividades que aportan la producción de bienes superiores de consumo, debe implicar a largo plazo una ralentización del crecimiento global y de la competitividad de las economías industriales avanzadas; en relación con el segundo pilar de la sostenibilidad, la cohesión social, el impulso de la salud como bien de consumo superior conlleva una división de mercados en función de la renta, el desarrollo eventual de una “brecha de la salud”; desde el punto de vista del pilar ambiental, los efectos del modelo de crecimiento actual de la economía de la salud son más neutrales, pero en todo caso estos no contribuyen de forma específicamente positiva a la solución de los problemas ambientales del desarrollo.

CUADRO 8. EL RETO DEL SIGLO XXI



Fuente: Elaboración de los autores.

La transición hacia la Sociedad Sostenible del Conocimiento implica una modificación de los modelos de salud que permita acercarse simultáneamente a los tres grandes objetivos de eficiencia económica, equidad social y equilibrio ecológico.

En el plano de la economía, se trata de promover el aumento de productividad en los servicios sanitarios, para hacer de este sector un motor de la creación de beneficios de

la innovación, algo que por ahora está reservado a los productos de las industrias suministradoras del sector salud.

En el plano social, se trata de elevar al nivel de servicio universal, los avances tecnológicos, algo que está estrechamente vinculado a la progresión de la productividad total del sistema y a la reducción de sus costes y precios relativos.

En el plano ambiental, la introducción del concepto de salud holística, asocia el desarrollo de la calidad de vida al buen funcionamiento del sistema de salud, con lo que se produce una eficiente relación bidireccional entre salud y ambiente.

La evolución del sector salud aparece así como un elemento central de la promoción de la Sociedad Sostenible del Conocimiento (SSC).

El papel de la convergencia NBIC sale reforzado en el contexto de un proyecto de salud holística para la SSC.

En efecto, la convergencia NBIC puede llevar a dos tipos de desarrollo de innovaciones que en el escenario de la SSC son complementarios:

- Las NBIC pueden contribuir al desarrollo de nuevos tratamientos terapéuticos o mejoras de funciones humanas (cerebrales, sensoriales, etc.) que mayoritariamente se inscriben en las necesidades superiores de la escala de valores personales contemporáneos.
- Las NBIC pueden facilitar el desarrollo de sistemas integrados sociotécnicos de salud (por ejemplo, en inteligencia ambiental, o en sistemas difusos de seguimiento y asesoramiento de pacientes) que refuerzan la cohesión social.

El desarrollo de las NBIC para la SSC plantea por tanto el reto de conciliar el interés individual con el interés colectivo de la salud, y requiere un sistema de I+D+i abierto a una estrecha colaboración entre las tecnologías (NBIC) y las ciencias sociales, y entre las empresas y las Administraciones Públicas. El sistema de salud, en especial en Europa, en el que estas colaboraciones institucionales son hoy cada vez más estrechas y sinérgicas, es probablemente el sector prioritario para los primeros grandes procesos innovadores derivados de la convergencia NBIC.

3. Convergencia tecnológica NBIC para la medicina y la salud

3.1. El nuevo papel de los “bienes públicos”

Nos ha tocado vivir una época apasionante. Inmersos en la Sociedad del Conocimiento asistimos a una revolución, casi orgánica, de lo que hasta ahora suponíamos axiomas económicos, ambientales y sociales inamovibles. Lo que ayer era lastre es hoy oportunidad. Lo que ayer intuíamos complejo y oculto no sólo podemos observarlo, sino que pasa, casi sin darnos cuenta, a formar parte de una “realidad regenerativa” que configura nuestra “felicidad” de cada día. Nuestro bienestar y satisfacción como seres humanos trasciende curvas de utilidad y se erige en testigo, juez y parte de una dinámica de transformación auténtica de los motores del desarrollo sostenible.

En el centro de este “huracán”: *el conocimiento*. Factor crucial de la economía del siglo XXI, que por sus características de “bien público” es generador de altos rendimientos sociales, incluso superiores a los generados en el ámbito privado. Pero es sobre todo creador, de la misma forma que la educación, la biodiversidad o el agua, de externalidades, efectos externos que esta vez, y a diferencia de externalidades negativas como la contaminación u otros efectos ambientales, son positivos para la economía, eso sí, a condición de que se aborde su internalización con los instrumentos adecuados.

El reto desde la Sociedad Sostenible del Conocimiento es histórico: desarrollar los planes y las estrategias necesarias para favorecer la creación, difusión y apropiación de una parte cada vez más importante del componente inmaterial (trabajo intelectual e investigación y desarrollo) del proceso de creación global de riqueza en continuo crecimiento.

Ello va a contribuir cada vez más a que la amplitud y potencialidades del marco en el que se desarrolla la SSC está dando paso a procesos en los cuales determinados sectores, considerados tradicionalmente como “lastres necesarios”, porque están ligados a tremendos esfuerzos presupuestarios por parte de los Estados, se transformen paulatinamente en auténticos motores del desarrollo sostenible de sus sociedades y requieran nuevas respuestas por parte de aquellos. En definitiva, y como muy bien lo señalaba J.F. Rischard, del Banco Mundial, bajo la “mentalidad modernizadora” tratábamos de “construir cosas” y tener gobiernos que se convirtiesen en “buenos reguladores”. Posteriormente, la “mentalidad liberalizadora” se concentraba en tratar de “no intervenir” para animar a esos mismos gobiernos a “salirse del camino y dejar de jugar el papel de operadores”. Hoy en día surge la “mentalidad de la economía basada en el conocimiento”. Se trata ahora de “crear las oportunidades ganadoras”, pero sobretodo de tener gobiernos que se vuelvan “creadores de retos e integradores”¹.

Sin embargo, el papel no compete solamente a los Estados. La oferta privada responde a impulsos dinámicos en determinados sectores y hace que el camino de los retos en esta materia nunca sea fácil pues requiere “pericia” para actuar precisamente en la frontera entre lo público y lo privado. Pericia para diseñar políticas de apoyo decidido a la generación, difusión y aplicación/apropiación del conocimiento en el marco de sectores que aparecen cada vez más como “clave” del crecimiento económico y de un mayor bienestar social. Pero pericia, asimismo, para diseñar el mejor esquema que permita al sector privado contribuir plenamente, y desde la oferta, a un proceso en el que, como ya se vio en el capítulo anterior, está abocado a jugar un papel de creciente importancia en determinados sectores tales como el de la salud que aquí nos ocupa.

La convergencia NBIC se produce por tanto en el camino hacia la SSC de principios de este siglo XXI. En ella, el valor del trabajo es ya “contenido en conocimiento”, factor de producción que como se señaló más arriba posee características de bien público, y por ello la posibilidad de generar riqueza sin grandes acumulaciones de capital y trabajo. En definitiva, hoy el crecimiento económico tiene una relación más directa con esa capacidad de generar, difundir y aplicar conocimiento y transformarlo en innovación, generando valor añadido, que con la simple dotación de recursos naturales o de capital.

¹ Ver a este respecto la presentación (ppt) en J.F. Rischard (2002).

3.2. La convergencia tecnológica NBIC y la salud

La convergencia tecnológica NBIC es, en cierto modo, el resultado de la evolución natural de la economía del conocimiento. Fue abordada en el marco del “Programa Desafíos” de EOI, el pasado año, en un estudio de prospectiva tecnológica² en el que se identificaron, entre otros, los “camino críticos” NBIC, auténticas hojas de ruta reveladoras del importante papel que dicha convergencia ha empezado ya a jugar en determinados sectores clave para el futuro de la economía global. De todos los sectores analizados en aquella ocasión, a partir de un ejercicio de análisis estructural interpretativo, el sector medicina y salud, así como el farmacéutico, fueron identificados como aquellos en los que prevalecían interacciones más fuertes con la convergencia NBIC, es decir, aquellos en los que la dinámica de oferta y demanda con dichas tecnologías convergentes era la más fuerte, tanto en el caso global como en el de España.

El resultado anterior no fue una auténtica sorpresa debido al marcado componente nano-biológico y de TICs de dichos sectores, pero sí lo fue quizá el papel central que, en todo el entramado científico-tecnológico NBIC se confirmó, jugaban la mayoría de las 152 variables, así como el papel de enlace de las propias TICs, a través de la fuerte interacción constatada con dichos sectores. Dichas conclusiones fomentaron, en parte, la necesidad de ahondar aún más, a través del presente estudio, en el nanomundo complejo que preside a las fuerzas de oferta y demanda salud-NBIC, con el objeto de aclarar más el entramado científico-tecnológico que las caracteriza, así como las vías que facilitarían el diseño de futuras estrategias y recomendaciones que contribuyan a la economía y al desarrollo sostenible basado en ellas.

Factores impulsores

El desarrollo de la nanotecnología:

- Tiempo y coste creciente del desarrollo de medicamentos.
- Tendencia hacia la personalización de la medicina.
- Existencia de personal investigador entrenado en bioinformática, neuroinformática y nanomedicina.
- Madurez de la industria de dispositivos médicos.
- Existencia de diversos casos de éxito.
- Cultura de alianzas entre empresas.

Fuente: Martín Sanchez, F. (2006), “Convergencia de Tecnologías: Nuevas Oportunidades para el Avance de la Informática y de las Ciencias Biomédicas”. *RevistaSalud.com*, Vol.2, Nº6 (2006), II Trimestre.

² La convergencia NBIC se entiende en el presente informe como “un campo de investigación multidisciplinar de las interacciones entre sistemas vivos y sistemas artificiales para el diseño de dispositivos que combinan la nanotecnología con la biotecnología, las tecnologías de la información y las comunicaciones y las ciencias cognitivas”. Ver EOI (2006).

Convergencia NBIC como nueva oportunidad

Puede afirmarse que en estos últimos años la convergencia NBIC está tomando cada vez mayor importancia, tanto si abordamos la perspectiva de la investigación como de sus aplicaciones al mundo de las ciencias médicas y de la salud.

Entre sus factores impulsores, y sin ánimo de ser exhaustivos, observamos cómo: átomos y moléculas actúan según las mismas leyes, en sistemas vivos o en digitales; la industria farmacéutica busca nuevos métodos de diseño; la geonómica y la terapia celular ofrecen nuevas oportunidades; ya hay colectivos formados en algunas disciplinas y tecnologías NBIC; existen más empresas con capacidades de desarrollar nuevas opciones tecnológicas; existen algunos casos claros de éxito como los biochips; las empresas tecnológicas se inclinan cada vez más por el establecimiento de alianzas para el desarrollo de tecnologías y generación de conocimiento de uso común.

La revolución de las NBIC es, sin embargo, una realidad que se hace aún más compleja cuando tratamos de analizar las interrelaciones que ligan dichas tecnologías entre sí, y más aún si a continuación se pretende hacerlo en su interacción directa con la expansión del sector salud. Son casi inexistentes los trabajos que a día de hoy aborden de manera integrada la convergencia tecnológica NBIC y su interacción con el mundo de la salud en su sentido más amplio. Lo que encontramos generalmente son libros, documentos, artículos y trabajos que abordan la temática bajo la conjunción particular de pares de temas (una tecnología o aplicación tecnológica particular NBIC con un área particular del sector salud) y multitud de trabajos que se centran en desarrollos particulares de investigación, ingeniería o desarrollo de áreas específicas entre las NBIC o en el sector salud.

El análisis de la convergencia NBIC y la salud requiere que al complejo entramado científico-tecnológico de oferta, que caracteriza cada una de las tecnologías convergentes, se le superpongan las interacciones de la demanda de salud vista, a su vez, desde diferentes ópticas, sectores y aplicaciones. Los cruces de inter- y multidisciplinariedad científico-tecnológica que surgen como resultado de dicho análisis son innumerables y generadores de verdaderas sinergias que hacen posible los avances que en este campo se vienen observando a nivel europeo y mundial.

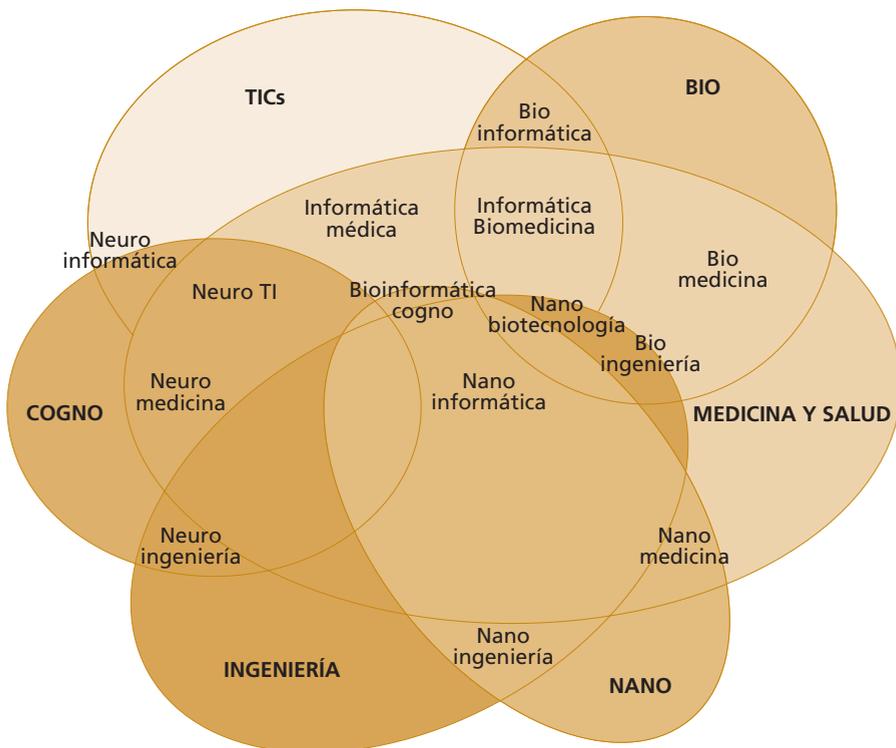
3.3. Sinergia multi- e interdisciplinar³

Ante la imposibilidad de resolver sus problemas es frecuente que científicos e ingenieros de un área se acerquen a otras, a pesar de ser éstas tradicionalmente independien-

³ A las actividades de investigación/educación que reciben aportaciones de al menos dos disciplinas científicas le denominamos multidisciplinar. Sin embargo, y tal y como se describe en Martín Sánchez, F. (2006), citando a Schummer, "el término interdisciplinar requiere mayor ligazón, cierto grado de solapamiento e integración".

tes, para abrir nuevos caminos. Una ilustración de este proceso lo constituye hasta cierto punto lo que podemos observar en el Gráfico 1, resultado de esa búsqueda. La superposición / intersección de las cuatro tecnologías convergentes NBIC, entre ellas y a su vez con la ingeniería y el sector salud y medicina, generan al menos cerca de una quincena de áreas de trabajo y especialización que son altamente relevantes para el presente estudio, y cada una de las cuales constituye un auténtico reto científico-tecnológico con impacto sustantivo en el desarrollo de la oferta NBIC, y que viene a su vez dinamizado por la demanda del sector salud. Muchas de ellas, como la informática médica o biomédica, o la bioingeniería, representan áreas de trabajo con más años de desarrollo que otras más recientes como la nano-biotecnología, la nano-bioingeniería, la neuroinformática, o la propia nanomedicina.

GRÁFICO 1. CONVERGENCIA TECNOLÓGICA NBIC PARA LA MEDICINA Y LA SALUD



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Una primera aproximación a las mismas se comenzó a hacer en el anterior informe NBIC⁴. En él se describían los contenidos de casi todos ellos, pero, sin embargo, es importante resaltar aquí la importancia y dinamismo creciente que se viene observando recientemente en algunos.

Es el caso de la intersección entre las TICs, la biotecnología y la salud, y la medicina, encontramos la *informática biomédica*⁵ que desarrolla sistemas de acceso integrado a datos, tanto clínicos (datos demográficos, historia clínica, imagen), como genómicos. Nace del desarrollo de la *bioinformática*, que entre otros da soporte informático al área de biología relacionada con el tratamiento de datos genómicos y metabólicos. Su nacimiento responde a su vez al auge de la *biomedicina* y de la *bioingeniería* en el ámbito del diagnóstico y tratamiento de enfermedades de base genética⁶. La *bioinformática-cogno* es un caso particular en el que se aborda en estos últimos años aspectos científico-tecnológicos como la cibernética biológica y sus aplicaciones a determinadas especies de primates, etc.

Europa se sitúa ya en una posición fuerte en lo que respecta la nueva área de la *nano-biotecnología* para aplicaciones médicas. Datos recientes indican que hay cerca de 1800 empresas de biotecnología en Europa (de las cuales 500 en Alemania), comparado con 1200 en Estados Unidos⁷.

En la intersección entre lo “Bio”, incluida la ingeniería, y la medicina y salud y encontramos factores que son verdaderos impulsores de esta particular interdisciplinariedad que es la *biomedicina*⁸ y la propia *bioingeniería*: mayor expectativa y calidad de vida; envejecimiento de la población y mayor incidencia de enfermedades relacionadas con la edad; preocupación social por el incremento del confort y el bienestar, incluida la nutrición; o cambios en los hábitos alimentarios. Diversos componentes de oferta tecnológica y demanda de salud se conjugan en este caso para abordar la prognosis de enfermedades, desarrollo de fármacos, terapia celular e ingeniería de tejidos o terapia génica, por no citar más que algunos de entre los que se identifican en los análisis desarrollados en las secciones 2.4 y 2.5.

⁴ Ver a este respecto la sección II.3 “Oferta y demanda científico-tecnológica y caminos críticos NBIC”, y en particular en los Diagramas 4, 5 y 6 en EOI (2006), Op.cit.

⁵ Es interesante señalar aquí que en el marco de las Redes Temáticas de Investigación Cooperativa, financiadas por el Fondo de Investigación Sanitaria (FIS) del Instituto de Salud Carlos III, surge en el año 2003 la Red sobre Informática Biomédica (InBioMed) con propósitos de coordinación de investigadores a nivel nacional.

⁶ Ver: Dorado, J., Gestal, M., Pedreira, N. y Rabuñal, J.R. (2005).

⁷ Ver Samitier, J. (2005).

⁸ Ver Jorcano, J.L. (2004).

Asimismo es importante señalar el caso de las neurociencias y la *neuroingeniería*, así como la convergencia entre las TICs y lo neuro/cogno (*neuroinformática*). Con respecto a esta última, se trata del área donde los conceptos y tecnologías de las ciencias de computación (esencialmente Inteligencia Artificial, IA) se aplican a la modelización de aspectos del cerebro. De manera inversa, encontramos asimismo avances en la neuro-TI (*Neurotecnologías de la Información*) donde son las neurociencias las que contribuyen a los paradigmas de éstas últimas.

3.4. El entramado científico-tecnológico de la oferta de NBIC para la salud

“Considero que he comprendido una ecuación cuando puedo predecir las propiedades de sus soluciones, sin realmente tener que resolverla.”

P.A.M Dirac⁹

El estudio de la convergencia NBIC frente a la salud plantea algo parecido a la constatación de Dirac. Se trata de un acercamiento entre disciplinas que interfieren en procesos de oferta NBIC (ciencia, tecnología/ingeniería) y demanda de salud (realidad individual y social), cuya complejidad requiere comprender, y cuya comprensión requiere a su vez apertura de conocimiento y uso de instrumentos de estructuración y mapeo de ideas propios a la prospectiva.

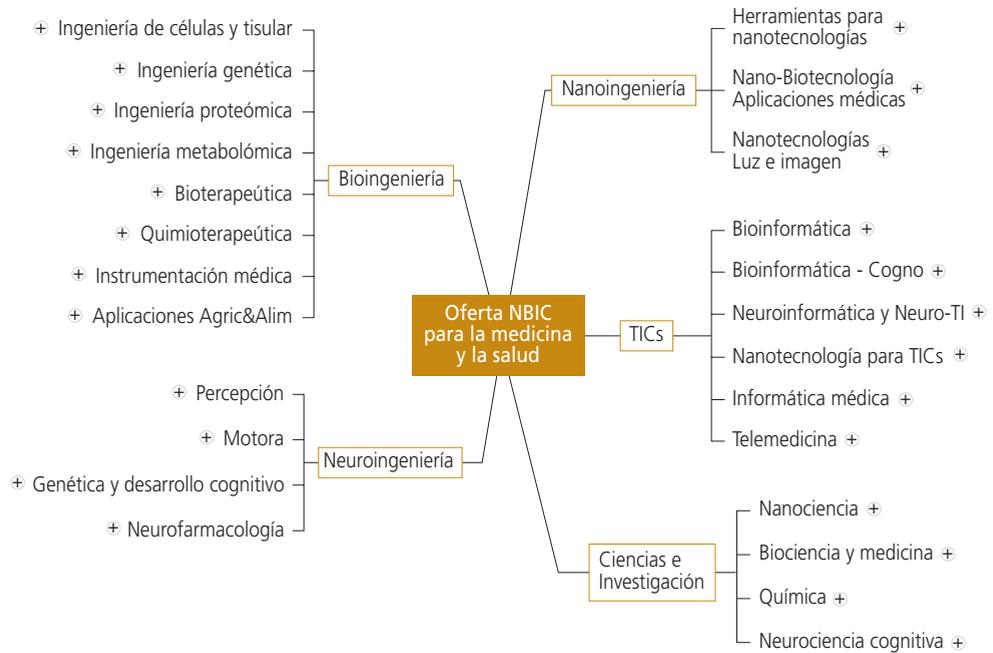
Con el fin de abordar la interacción, oferta de tecnologías convergentes NBIC para el sector salud, por un lado, con la demanda del sector salud relacionada con la expansión de dichas tecnologías, por el otro, se procedió en primer lugar a un examen detallado de la oferta NBIC con aplicaciones en medicina y salud.

La velocidad a la que se desarrollan los acontecimientos en esta área hace que la complejidad de la presente investigación se asemeje más a una investigación evolutiva/dinámica que a una fotografía estática. Por ello, las estructuras que se identifican integran procesos de innovación, tanto desarrollados como por desarrollar, en un plazo que va de aquí a cinco años.

⁹ En Wilczek, F. y Devine, B. (1987).

El presente análisis requiere en primer lugar una identificación de las principales fuentes actuales de oferta NBIC que se considera van directamente dirigidas a transformarse, a través de la investigación y el desarrollo de las tecnologías adecuadas, en la oferta innovadora más relevante en el marco de los desarrollos presentes y futuros de la salud y la medicina. La imagen adjunta ilustra esa complejidad “casi genética” del proceso de análisis que ha llevado en el presente documento a la identificación de los componentes más relevantes de esa oferta (más de 420). Complejo porque se trata de cuatro tecnologías convergentes que han experimentado y experimentan una expansión continua en cuanto a avances hacia aplicaciones a la salud y la medicina se refiere.

GRÁFICO 2

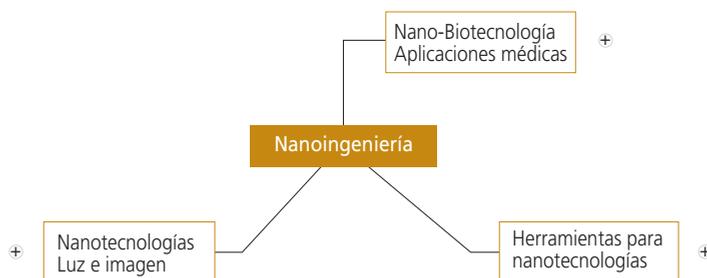


+ Desarrollo del mapa en páginas posteriores.

Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

No es el objeto de esta sección el análisis de la estructura completa de oferta NBIC, tal y como sí se abordó el pasado año en el documento anterior NBIC de la EOI. Aquí se analiza sólo la estructura de oferta NBIC con aplicaciones científicas/tecnológicas/ingeniería al sector medicina y salud. Como puede observarse en el gráfico 2, dicha estructura incluye, además de los desarrollos en ciencia y tecnología, determinados avances en nanoingeniería, bioingeniería, las TICs con relación a NBIC, así como la neuroingeniería. En los gráficos siguientes se examinan en detalle cada una de estas vertientes.

GRÁFICO 2.1. NANOINGENIERÍA



+ Desarrollo del mapa en páginas posteriores.

Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

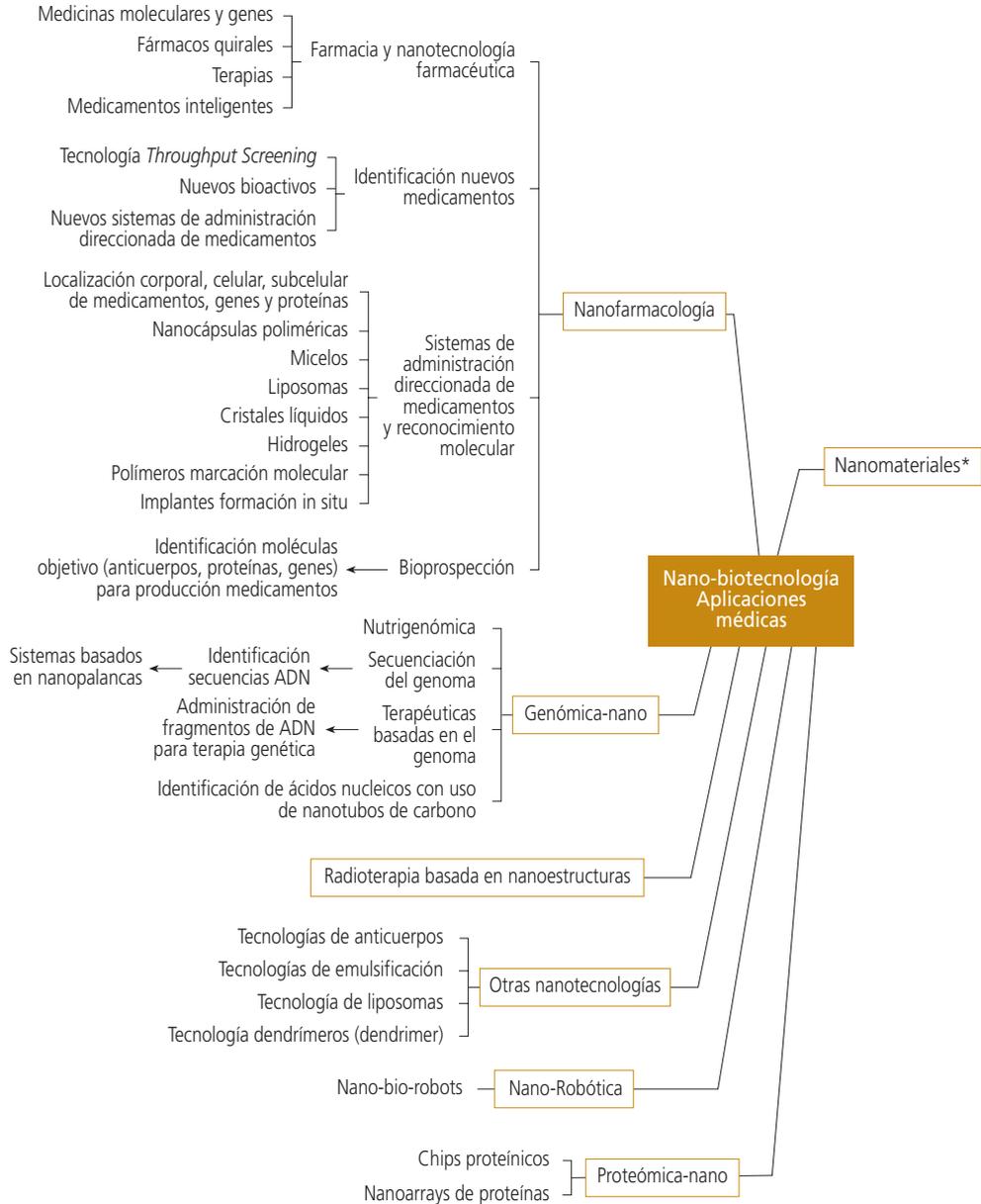
Nanoingeniería

A partir de la explotación de las propiedades químicas, físicas y biológicas que desarrolla la nanociencia, las principales aplicaciones nanotecnológicas a la salud y la medicina se hacen por tres vías principales: la nano-biotecnología para aplicaciones médicas, el uso de nanotecnologías de luz e imagen, y por supuesto el desarrollo de herramientas para nanotecnología. Tal y como se observa en el gráfico 2.1.1., la nano-biotecnología (donde se han identificado en el análisis de la estructura más de 100 procesos de oferta NBIC con aplicaciones médicas) contribuye a la nanoingeniería sobre todo a partir del diseño y producción de nanomateriales, entre los que cabe destacar los nanodispositivos, biomateriales y nanopartículas, nanomateriales, productos y fibras polímeras, así como herramientas de tipo *Lab-on-a-chip* o *Pill-on-a-chip*. Las aplicaciones se estudian con más detalle al analizar la demanda en la siguiente sección. Los nanodispositivos, en particular, interactúan con sistemas biológicos y tienen diversas aplicaciones en medicina. Estos materiales tienen aplicaciones sobretudo en

la detección precoz de enfermedades, integrando a nivel manométrico propiedades físicas y genéticas y representan ofertas innovadoras generadoras de demanda del sector salud.

La nanofarmacología es otro de los principales canales de la oferta NBIC donde se combinan identificación de moléculas activas para nuevos medicamentos (incluso a través de la bioprospección marina y terrestre en la naturaleza), pero, sobre todo, la administración dirigida de medicamentos. Así, se identifican diversos materiales con capacidad para actuar de manera dirigida sobre tumores (superando la quimioterapia tradicional y sus efectos), para “envolver” de manera inteligente determinados fármacos que actúan de manera “programada”, o “biochips” capaces de “interrogar” al material genético en la búsqueda de soluciones contra el cáncer. Finalmente, existen caminos muy prometedores para la nanorobótica, la geonómica (terapia génica) y la proteómica nano. Otras áreas de la nanoingeniería se presentan en el gráfico 2.1.2 y se refieren a las nanotecnologías de luz e imagen entre las que va a jugar un papel creciente, en los próximos años, la contribución de la oferta NBIC a las imágenes biomédicas (diagnósticos de imagen molecular, ultrasónica y rayos X, tomografía de emisión de positrones, etc.). Como se verá al analizar la demanda, se trata de una oferta dirigida directamente al diagnóstico, analítica, detección y toda aplicación que precise optimización innovadora de imágenes médicas. En el campo de la óptica, nuevas microscopías, la espectroscopia vibracional, así como el desarrollo de materiales inteligentes biocompatibles para oftalmología responden a necesidades del individuo y el desarrollo de la oferta tiene aquí de nuevo, y de antemano, “garantizada” su demanda.

GRÁFICO 2.1.1. NANOINGENIERÍA



* Ver resto del mapa en páginas siguientes.

GRÁFICO 2.1.1. NANOINGENIERÍA (CONT.)

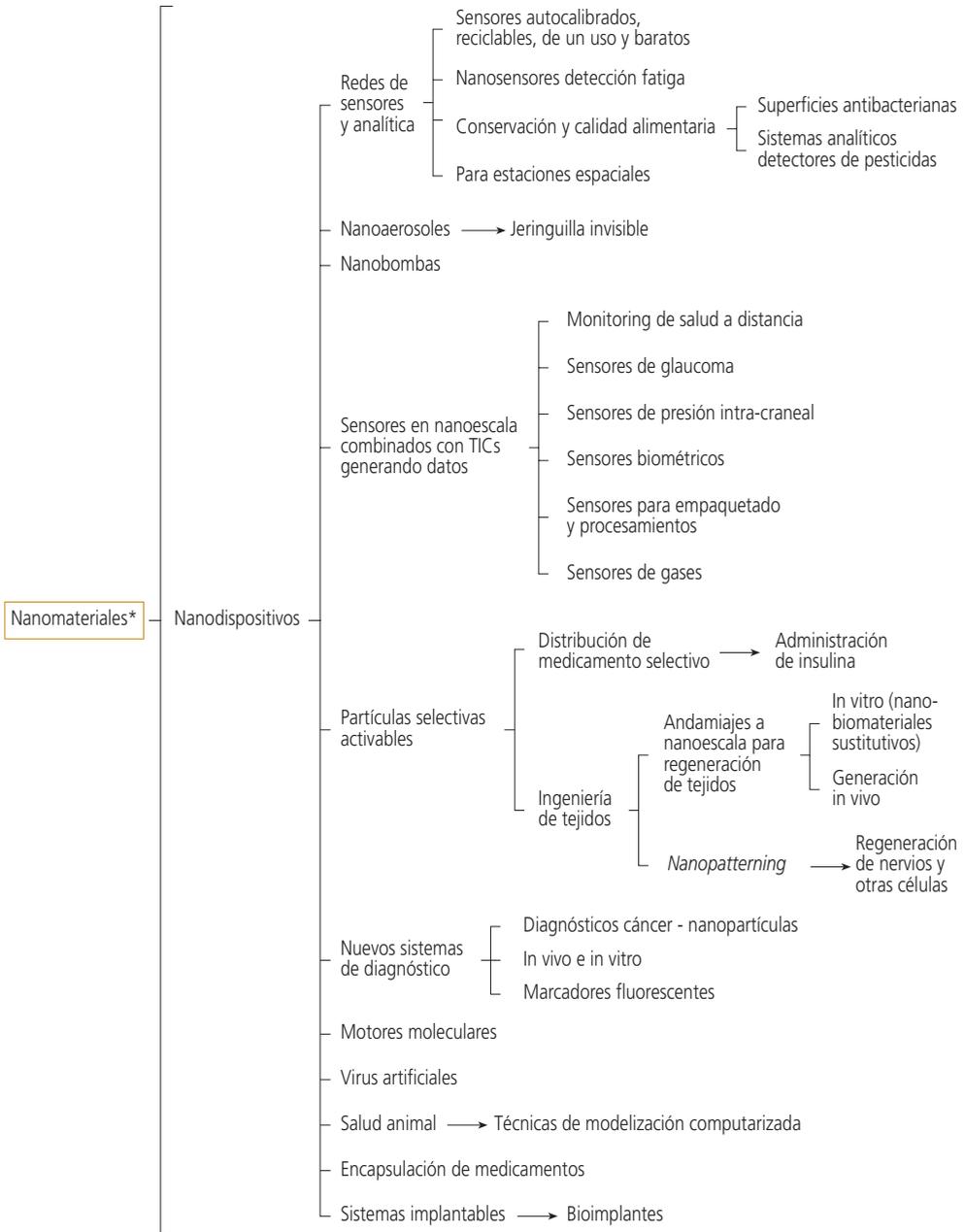
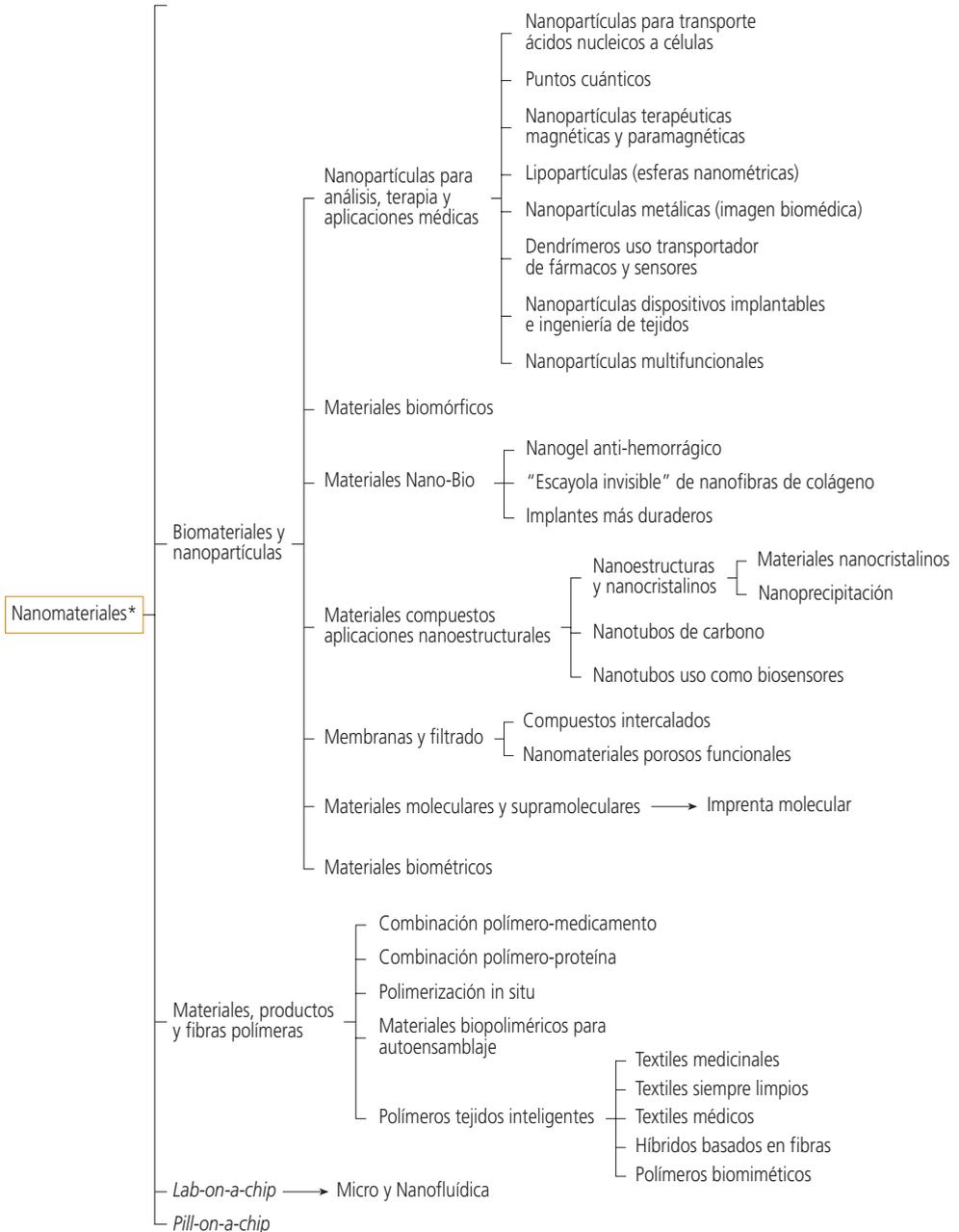


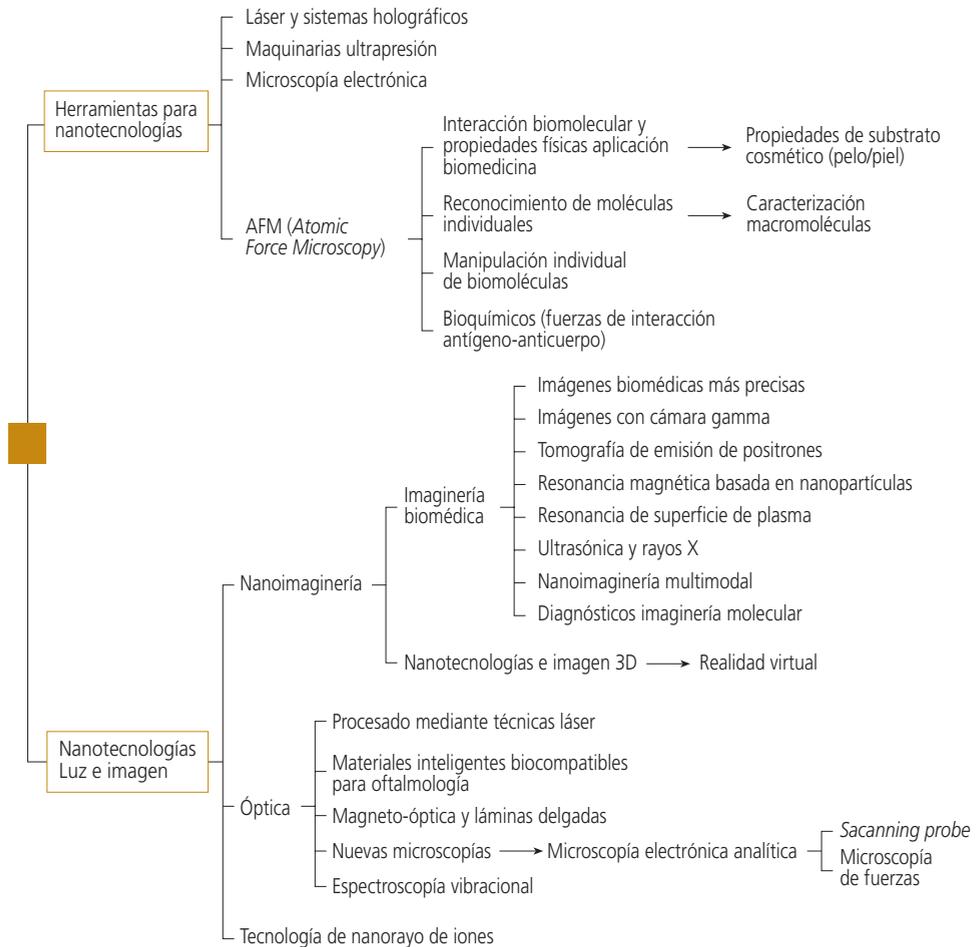
GRÁFICO 2.1.1. NANOINGENIERÍA (CONT.)



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Finalmente, el desarrollo de la nanoingeniería para aplicaciones médicas precisa del desarrollo de herramientas adecuadas. Así se confirmó en el estudio NBIC de la EOI del pasado año. La caracterización de macromoléculas o el reconocimiento y manipulación individual de las mismas no puede llevarse a cabo de manera eficaz sin el desarrollo innovador del AFM (*Atomic Force Microscopy*) y de otras maquinarias de ultra precisión. De nuevo sectores prometedores para la economía cuyo desarrollo viene empujado desde la innovación y la oferta.

GRÁFICO 2.1.2. NANOINGENIERÍA



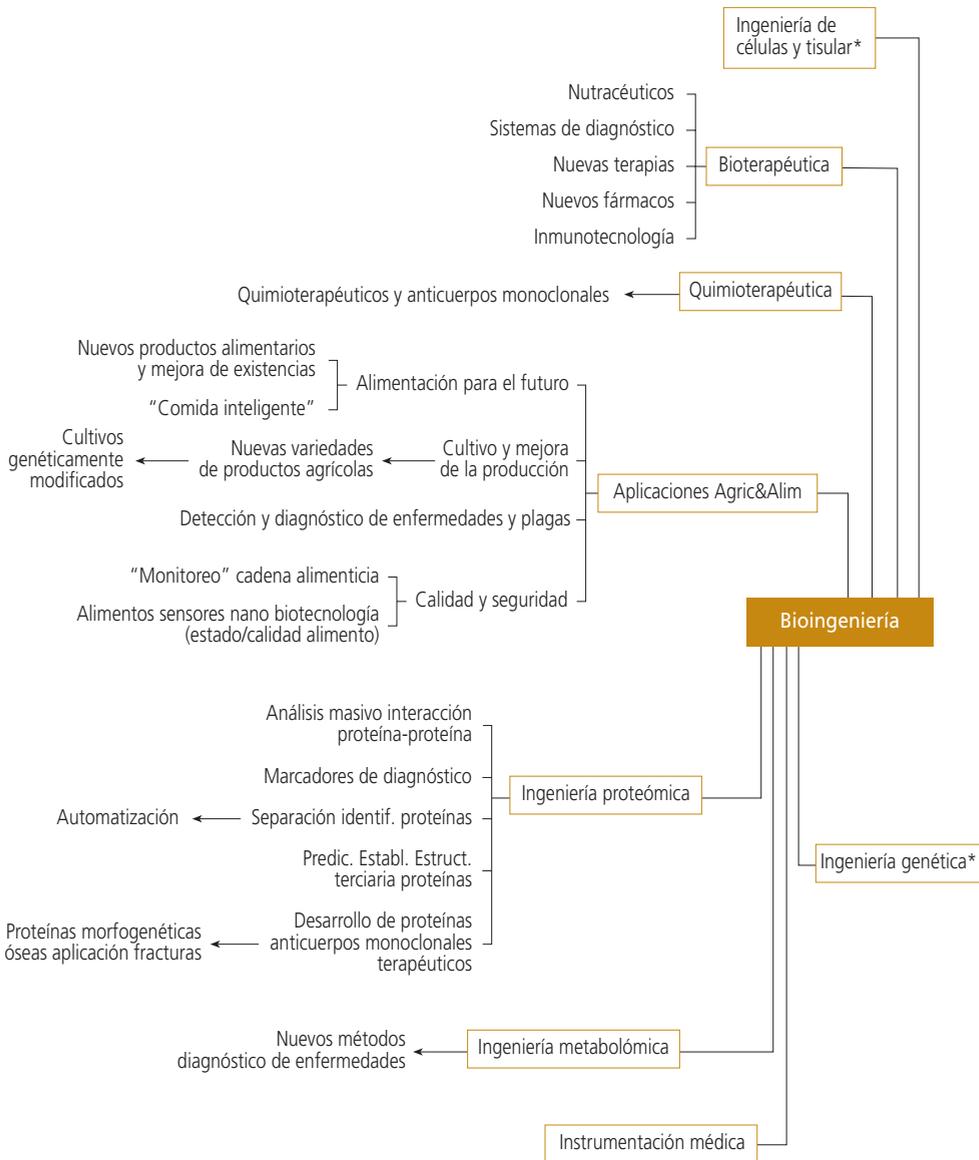
Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Bioingeniería

Hace 50 años se propuso la estructura de la doble hélice del ADN. Desde entonces la oferta Bio de las tecnologías NBIC se ha acercado a gran velocidad hacia la secuenciación del genoma humano. Son múltiples los caminos recorridos y creciente la oferta biotecnológica que se orienta hacia la salud y la medicina. Analizar la estructura de la bioingeniería en su orientación de oferta hacia esos sectores significa aislar de todo el complejo entramado biotecnológico, aquellas actividades proclives a innovar desde NBIC hacia la convergencia en la salud y la medicina. El gráfico 2.2 más adelante presenta los resultados de ese análisis. Ingeniería genética, proteómica, metabolómica, de células y tisular, así como la bioterapéutica y la quimioterapéutica, son sus principales valedores.

Aquí el campo es muy amplio y los avances son actuales. Desde la ingeniería de células y tisular con la regeneración de tejidos y sus múltiples aplicaciones a multitud de terapias, hasta la búsqueda de biomateriales inteligentes, órganos y sangre artificial, miembros artificiales o implantes permanentes, la tecnología encuentra desde el desarrollo de su oferta una demanda dinámica desde la salud y la medicina y que debería crecer mucho más a medida que una sociedad con mayores niveles de envejecimiento acelera la necesidad de intervenciones tisulares, óseas, etc. No olvidemos tampoco las aplicaciones a la alimentación tales como “comida inteligente” o “monitoreo” de la cadena alimenticia.

GRÁFICO 2.2. OFERTA PARA MEDICINA Y SALUD



* Ver resto del mapa en páginas siguientes.

GRÁFICO 2.2. OFERTA PARA MEDICINA Y SALUD (CONT.)

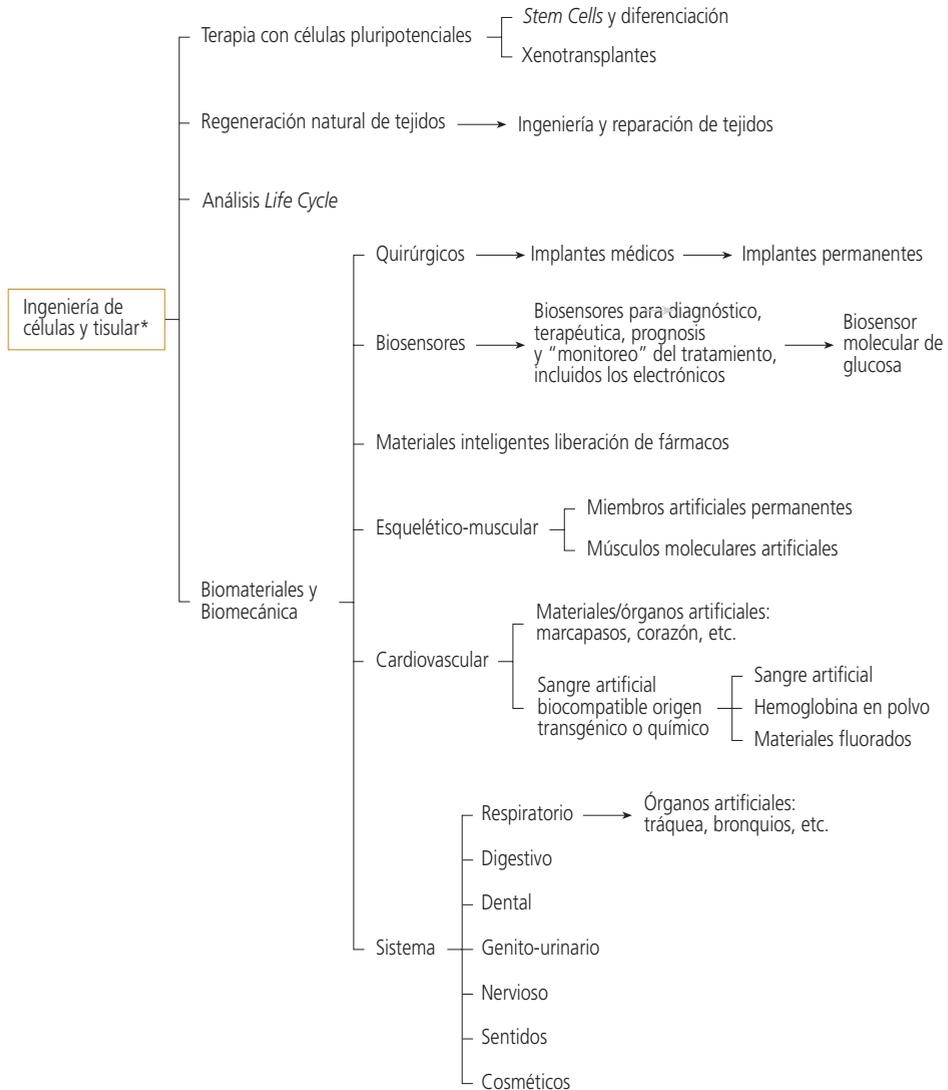
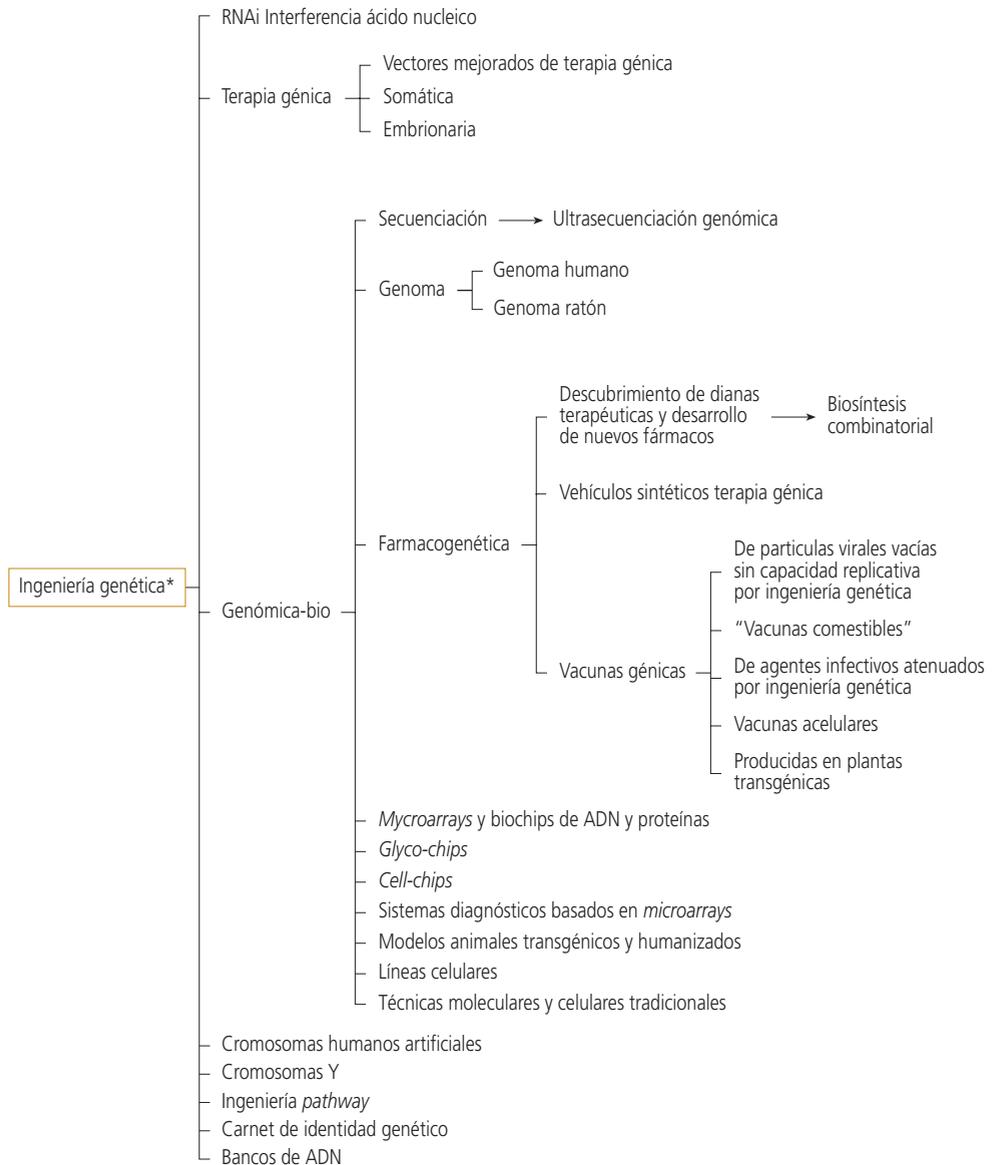


GRÁFICO 2.2. OFERTA PARA MEDICINA Y SALUD (CONT.)



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

TICs

La incorporación de las TICs al mundo de la salud es uno de los principales pilares de la SSC. La identificación de la “estructura de soporte” que sustenta la convergencia de las TICs con la salud, a través precisamente de su convergencia con el resto de tecnologías NBIC, es quizá una de las constataciones más interesantes del presente análisis. Si bien esto sucede también en el marco de la nanoingeniería o de la bioingeniería, la intensidad del fenómeno convergente es mucho más acentuada en el caso de las TICs.

Podríamos decir que las TICs juegan el papel de verdadero “tejido convergente” de la oferta NBIC para la salud y la medicina. Para ilustrarlo basta observar el gráfico 2.3. Partimos en ese tejido convergente de las tecnologías más asentadas como la informática médica (sistemas de información hospitalaria, historia clínica electrónica, sistemas de gestión e imagen médica), y su proyección futura hacia la telemedicina o la consulta virtual. Los avances en esta área van de la mano de una demanda de salud ávida por mejorar la competitividad de sus servicios.

Desde un plano innovador más convergente encontramos la bioinformática con el tratamiento de datos genómicos y metabólicos, la secuenciación y el genoma humano. Los biochips, ADN computacional o la predicción de actividad y funcionalidad de proteínas son campos abiertos a la investigación y la innovación en esta área. Los aspectos “cogno” de la bioinformática generan oferta hacia la salud en el ámbito de la cibernética biológica o los sistemas inteligentes.

En cuanto a la neuroinformática, aparecen dos áreas diferenciadas en la estructura. La primera está más ligada a innovar para mejorar las capacidades neurológicas y mentales del ser humano. Es el caso de las neurotecnologías de la información, y aquí la oferta NBIC aporta al sector salud los sistemas de visión artificial, computadoras con capacidad de filogénesis, ontogénesis y epigénesis, y basadas en el tejido electrónico, vida artificial o inteligencia artificial con todas las aplicaciones para la salud. La segunda se refiere a la neuroinformática, incluida aquella dirigida a paliar la discapacidad y la dependencia¹⁰. Aquí la oferta se adapta completamente a las tendencias de una sociedad preocupada, no sólo por el envejecimiento, sino también, y de manera creciente, por la integración social, en particular, la de los discapacitados. Las posibilidades de las TICs hacia la salud holística, a la que nos referiremos con más detalle más adelante, se proyectan en múltiples aspectos de la vida familiar, social, educativa o laboral.

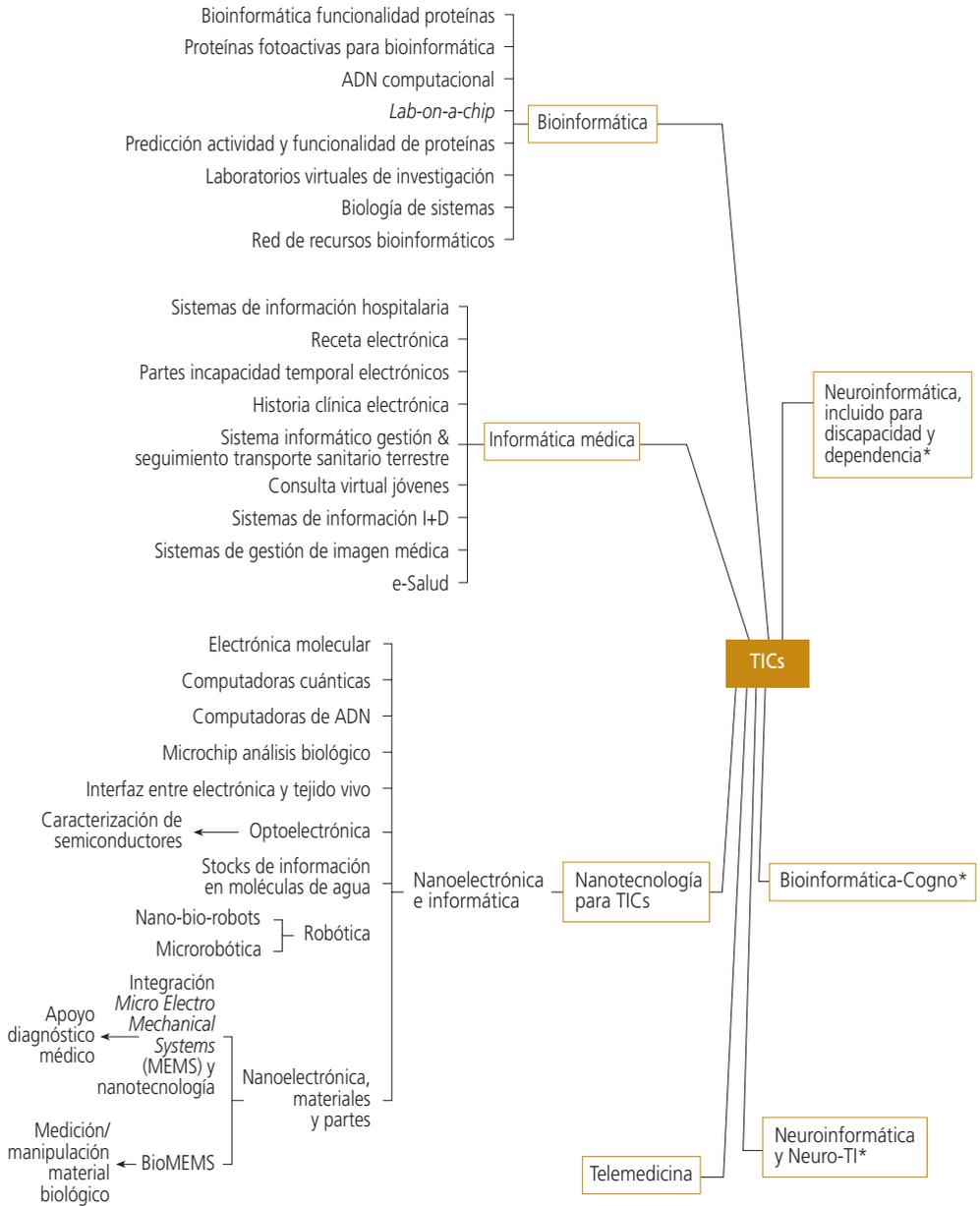
¹⁰ Ver Fundación Vodafone (2005).

En el campo de las tecnologías genéricas emerge el concepto de *inteligencia ambiental*, que abre la posibilidad de que en todo nuestro entorno acudamos a una inteligencia integrada que facilita la vida diaria y acrecienta el bienestar. Bancos de datos de imágenes, redes de sensores, *Bluetooth*, WIMAX, conectividad corporal o la monitorización de actividades de la vida diaria abren la oferta a una demanda de bienestar social (salud holística) que no se espera que deje de crecer en las próximas décadas.

En el campo de las tecnologías habilitadoras, se trata de una oferta hacia el fomento de una *vida independiente* en el ámbito de la discapacidad, no solo física, sino también económica y participativa. Si de la discapacidad motora o de percepción hablamos en la siguiente sección al tratar de la neuroingeniería, aquí nos referimos más a los diseños de interfaces, dispositivos de interacción con ordenador, estimulación funcional eléctrica, aprendizaje y redes neuronales o plataformas de soporte y control del hogar, como algunas de las ofertas innovadoras tecnológicas que pueden ser resaltadas en el presente análisis.

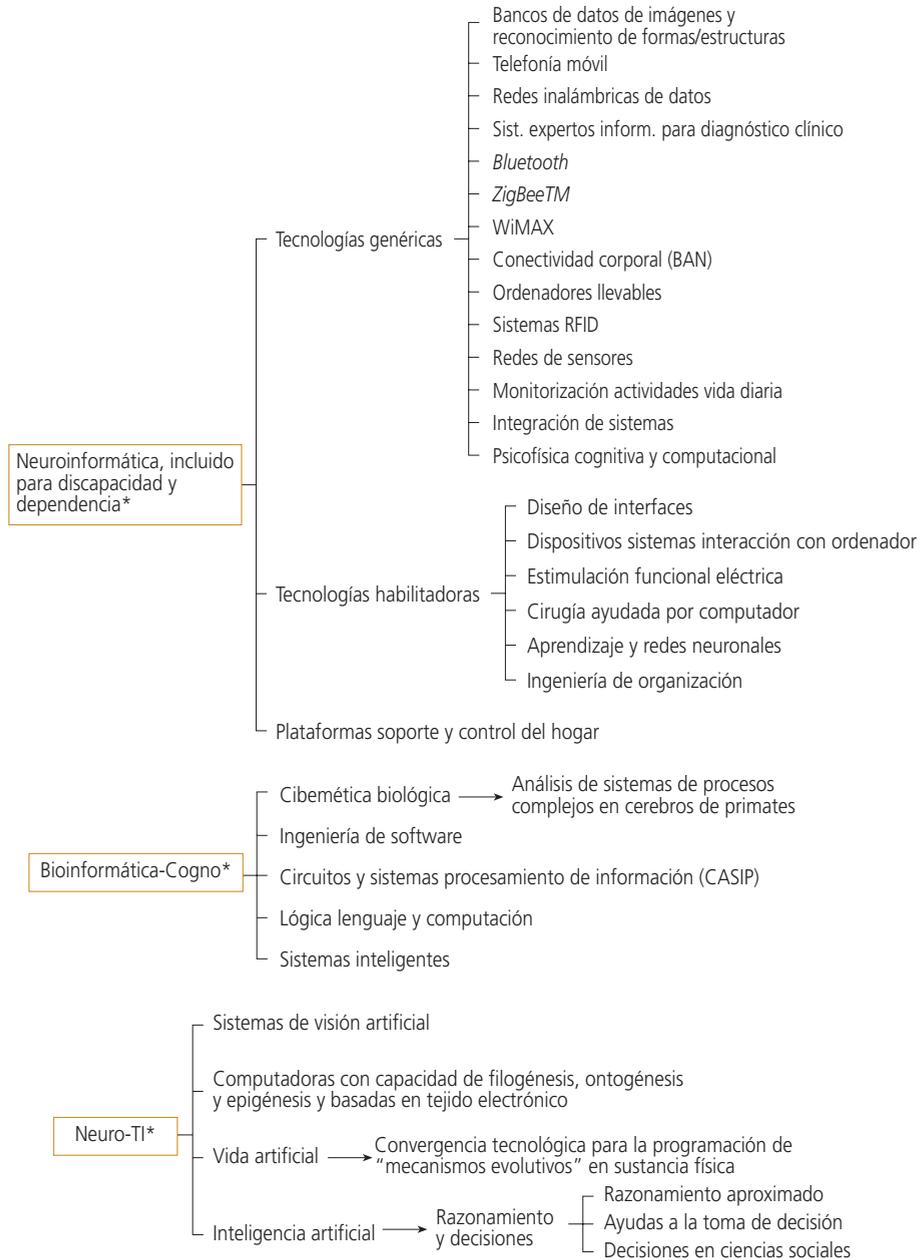
Finalmente, en la interacción nanotecnología-TICs para la salud encontramos asimismo la nanoelectrónica combinada con la informática. Aplicaciones para la salud desde la robótica (nano-biorobots), computadoras de ADN o electrónica molecular son ilustrativas, pero sobre todo es importante resaltar, en el marco de la oferta para el apoyo al diagnóstico médico, en la integración de los MEMS (*Micro ElectroMechanical Systems*) y la nanotecnología, o los BioMemS para medición y manipulación de material biológico.

GRÁFICO 2.3. OFERTA NBIC PARA MEDICINA Y SALUD



* Ver resto del mapa en página siguiente.

GRÁFICO 2.3. OFERTA NBIC PARA MEDICINA Y SALUD (CONT.)

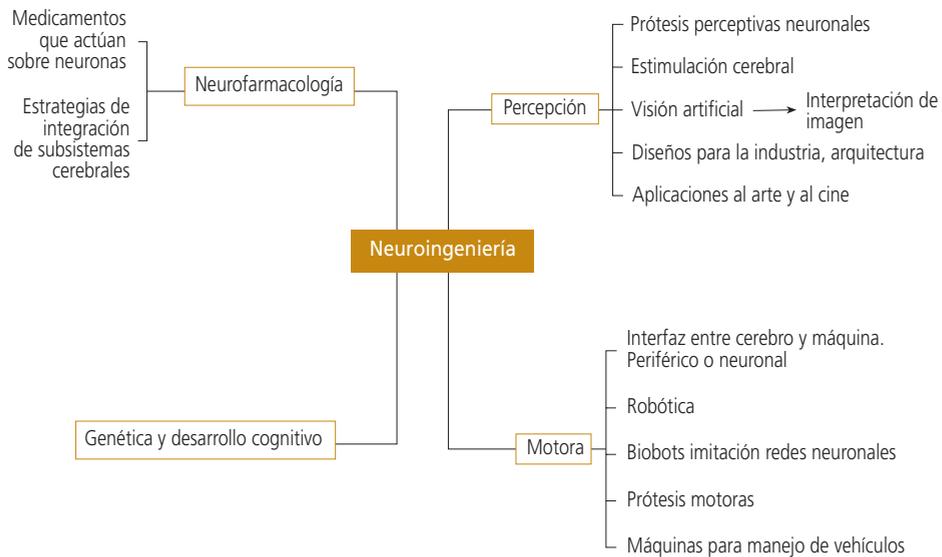


Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Neuroingeniería

Al analizar la oferta NBIC desde la neuroingeniería, en sus aplicaciones motora, de percepción, de genética y desarrollo cognitivo, así como en lo que respecta a la neurofarmacología, nos topamos con una auténtica convergencia de especialistas obligados a compartir e intercambiar experiencias y conocimientos. Trabajando conjuntamente en áreas de interés común es fácil toparse en esos medios, y en particular en Estados Unidos, con profesionales biólogos moleculares, neurólogos, radiólogos e informáticos trabajando juntos en cometidos concretos de oferta innovadora para iniciar nuevos proyectos¹¹.

GRÁFICO 2.4. OFERTA NBIC PARA MEDICINA Y SALUD



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

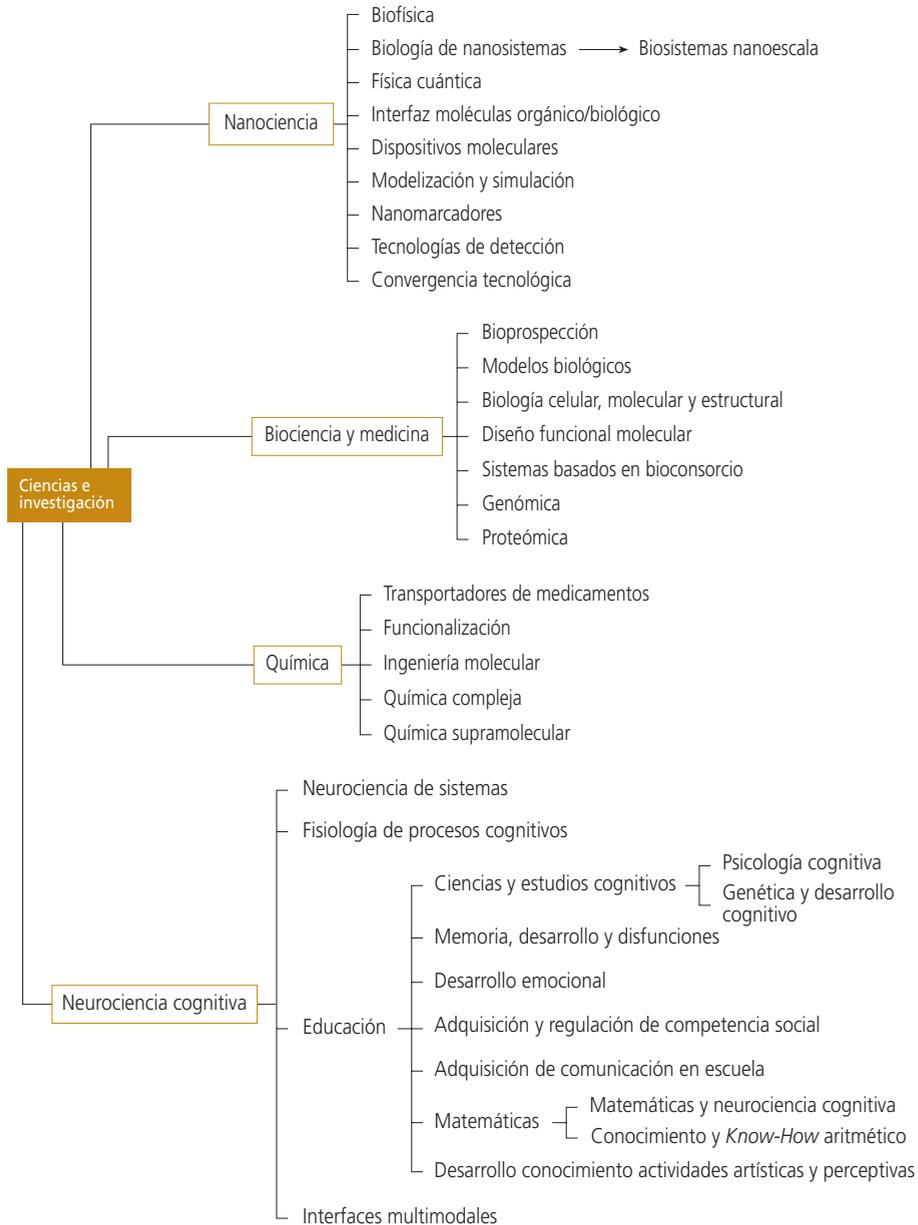
¹¹ Ver La Nueva España (2006).

Si bien algunos de los trabajos que actualmente se están llevando a cabo en el mundo rozan aún la ciencia ficción en este campo, las cosas podrían acelerarse en algunas áreas como la neuroingeniería motora, la perceptiva y la neurofarmacología. Las prótesis motoras, interfaces cerebro-máquina, biobots imitación redes neuronales, la visión artificial o las prótesis perceptivas neuronales, son algunos de los avances en los que puede preverse una contribución de la oferta hacia la salud. Asimismo, los medicamentos que actúan sobre neuronas responderán, desde la neurofarmacología, a problemas clave en el desarrollo de las capacidades humanas, alimentando el circuito de oferta y demanda científico-tecnológica salud-NBIC.

Ciencias e investigación

Finalmente, la oferta científica y la movilización de investigadores presentan, desde la oferta NBIC para la salud, una estructura de retroalimentación hacia las ingenierías NBIC en la que se pueden diferenciar claramente, tal y como lo muestra el gráfico 2.5, la importancia de las nanociencias en todas sus vertientes, las biociencias y la medicina, la química y las neurociencias cognitivas. Las ciencias computacionales e informáticas se consideran ya abordadas en la sección sobre TICs. Es necesario recalcar asimismo que la oferta científica que se presenta en este gráfico no pretende ser exhaustiva, sino dar algunas indicaciones de cuáles de las áreas de esas ciencias tienen una aplicación directa o indirecta como fomentadores de la innovación y de los conocimientos para el desarrollo de las ingenierías NBIC.

GRÁFICO 2.5. OFERTA NBIC PARA MEDICINA Y SALUD



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

3.5. El entramado científico-tecnológico de la demanda de salud hacia NBIC

En Estados Unidos el cuidado de la salud representa una cifra cercana a los 3 billones de dólares (mitad público / mitad privado) de gastos anuales, y es uno de los actuales motores del empleo en ese país. En términos de PIB, Europa en su conjunto dedica alrededor del 9% del PIB al sector salud, frente a cerca del 14% en Estados Unidos. Casi 2/3 partes de esas cifras se concentran en gastos en tecnología sanitaria, y los correspondientes a tecnología médica europea son más de 55.000 millones de dólares en el 2003.

Cuando nos enmarcamos en la convergencia de tecnologías NBIC, el circuito que re-actualiza la demanda del sector salud y medicina se mueve en la bipolaridad de *salvar la vida / mejorar la calidad de vida*. Esta bipolaridad alimenta, a su vez, el triángulo *Prevención - Diagnóstico - Tratamiento (terapia)* que caracteriza la estructura de demanda del sector salud y medicina.

En el análisis de su estructura se ha seguido el camino inverso al efectuado con la oferta NBIC para salud. Aquí se han identificado los elementos de prevención, diagnóstico y terapia, a los que se han añadido el de fármacos, genoma humano y gestión y proceso de datos médicos.

El objetivo era identificar los “nodos de demanda” del sector salud, pero tratando de aislar aquellos que para su desarrollo requieren o requerirán de la activación de la oferta NBIC analizada en la sección anterior. Era asimismo clave “casar” cada nodo de demanda con su correspondiente posible respuesta por parte de la oferta. Ni que decir tiene que el procedimiento no pretende, en este primer ejercicio, ser exhaustivo, y es evidente que deja fuera terapias, diagnósticos y fármacos cuya demanda tendría, de la misma forma, impactos sobre la oferta NBIC.

Cumplir con el objetivo marcado significa aportar, con la mayor evidencia posible, un listado sustantivo de nodos de demanda (que aparecen dentro de cuadros de esquinas redondeadas), y de las tecnologías, materiales o incluso desarrollos científicos NBIC que les corresponden (que son representados dentro de hexágonos) y que pueden o podrán, en ese horizonte de 5 años, explorado también en el análisis de la oferta, responder a dicho nodo. El resultado global de este ejercicio se presenta más abajo en el gráfico 3, y expandido por secciones en los gráficos 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4 siguientes.

Cerca de 200 nodos de demanda han sido identificados. De la observación global de la demanda de salud y medicina, interrelacionada con la oferta de tecnologías convergentes NBIC, constatamos la importancia preponderante de las terapias para determinadas enfermedades y dolencias, frente a fármacos como paliativos, o como diagnóstico, respectivamente, de las mismas.

Terapias

En el ámbito terapéutico, la demanda se extiende a una treintena de nodos que cubren ámbitos de salud muy variados. Esta constatación contradice la opinión de aquellos que puedan seguir pensando que las áreas de aplicación de la expansión fenomenal de las tecnologías NBIC tienen aplicaciones muy puntuales y aisladas. La realidad es la contraria, lo que en términos de prospectiva puede traducirse en continuidad del efecto expansivo de la demanda de salud dependiente de NBIC, y por lo tanto garantía del dinamismo de la oferta.

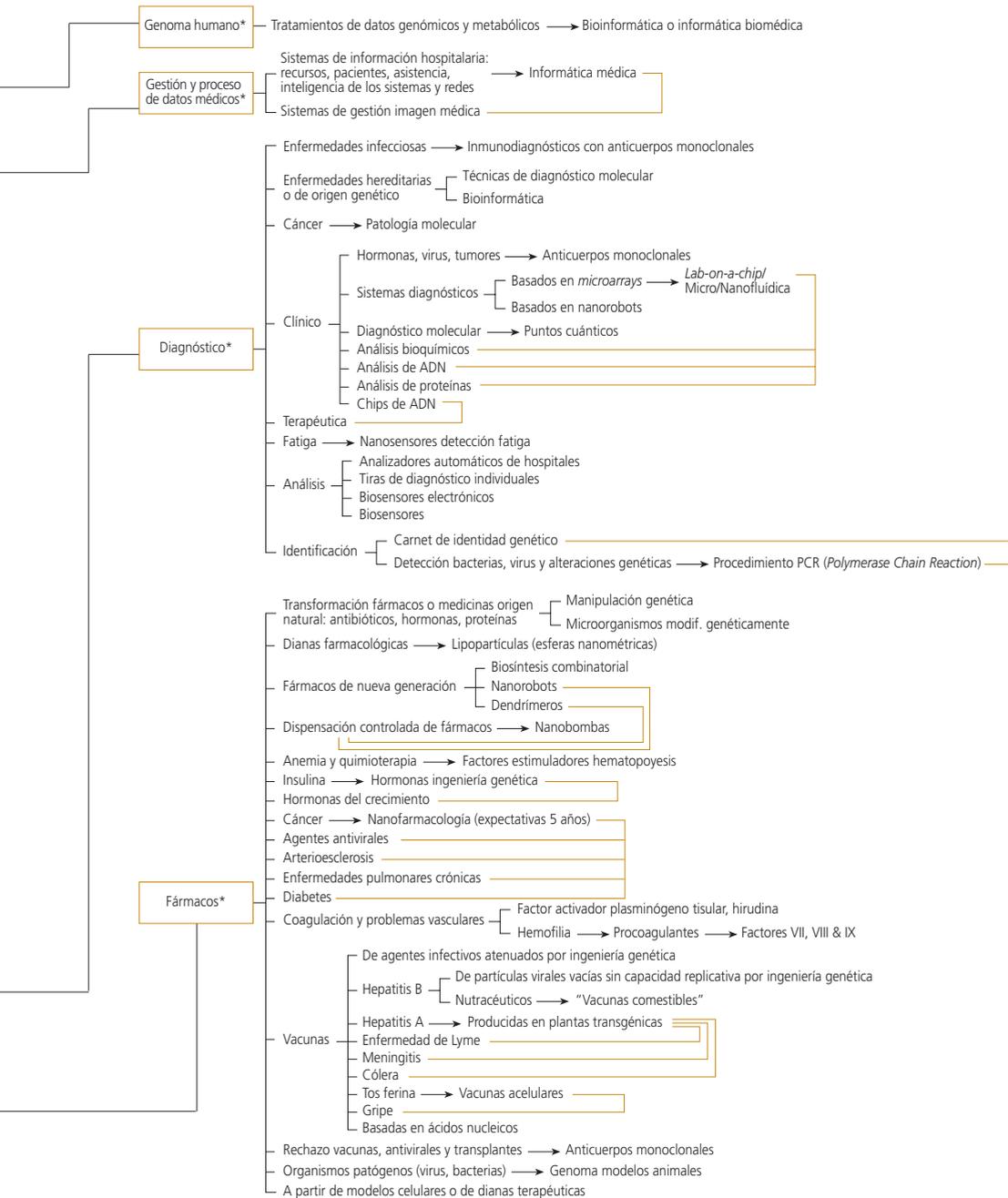
El gráfico 3.1 se centra precisamente en detalle en dichas terapias. Los conectores relacionan diversas dolencias con una misma respuesta de la oferta NBIC.

Observamos en primer lugar enfermedades importantes que en años recientes requieren de la introducción de terapia génica propia de la bioingeniería o ingeniería genética y molecular. Es el caso de enfermedades importantes como los desórdenes neoplásicos (cáncer), las inmunodeficiencias primarias, fibrosis quística, infecciones virales, auto inmunidad, trastornos inflamatorios o *screening* pre- y post-natalicio. Pero también el caso de actuaciones en medicina molecular a través del uso de microorganismos diseñados genéticamente.

Es interesante subrayar que las más innovadoras terapias contra el Alzheimer o el Parkinson están estrechamente ligadas a los avances presentes y a aquellos que vayan desarrollándose en el futuro en nanomedicina o en el uso de células madre pluripotenciales.

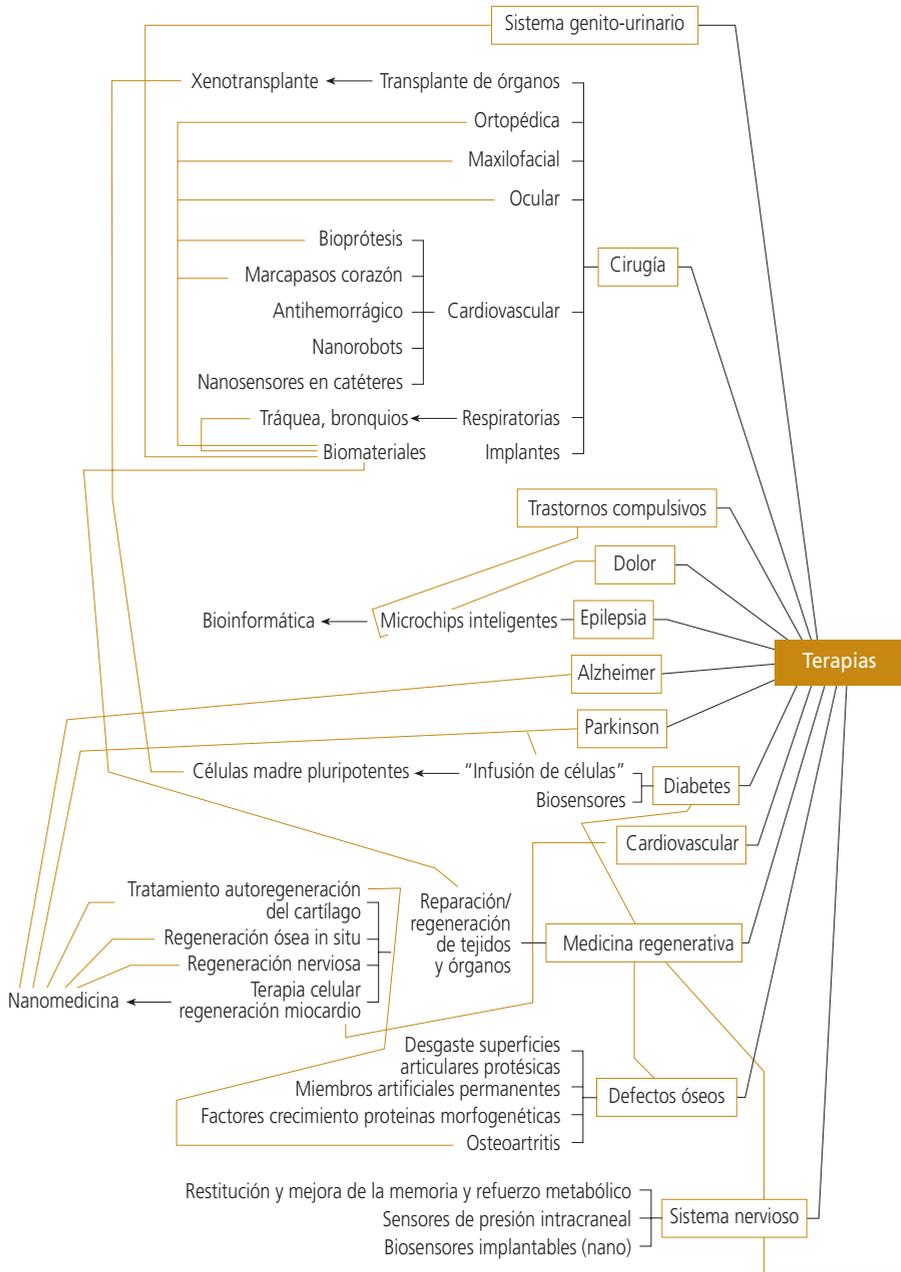
No se es siempre consciente de que a veces terapias contra una enfermedad tan importante como la diabetes generan y generarán una importante demanda en el campo de tecnologías NBIC de la biomedicina, como la infusión de células (células madre pluripotenciales), el desarrollo de biosensores o la medicina regenerativa. También en ese ámbito determinados problemas cardiovasculares desarrollan una demanda de terapia celular para regeneración del miocardio. Los defectos óseos se prevee que generen una demanda terapéutica muy ligada al desarrollo de las NBIC. Desgaste de superficies articulares protésicas, osteoartritis, miembros artificiales permanentes o el tratamiento de autoregeneración del cartílago requieren de bioingeniería de tejidos y órganos, así como de nanomedicina.

La discapacidad, la dependencia y los trastornos del sistema nervioso demandan asimismo una innovación NBIC en ámbitos tales como la neuro-bioinformática para tecnologías genéricas y habilitadoras para disminuir la dependencia, para la restitución y mejora de la memoria y refuerzo metabólico, pero asimismo dinamizando la oferta de sensores de presión intracraneal o de biosensores implantables de tecnología nano.



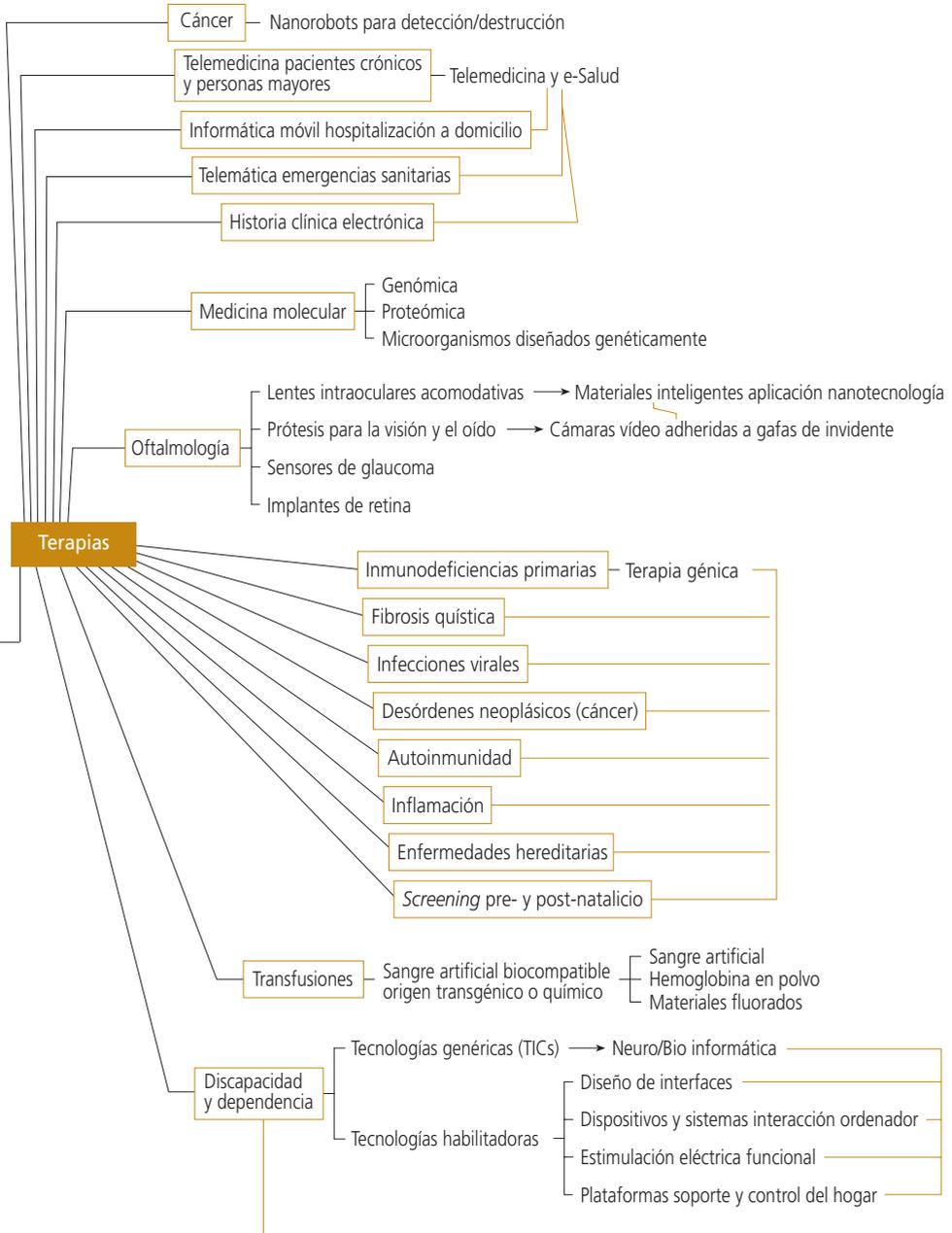
Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

GRÁFICO 3.1. DEMANDA DE MEDICINA Y SALUD



* Ver resto del mapa en página siguiente.

GRÁFICO 3.1. DEMANDA DE MEDICINA Y SALUD (CONT.)



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Puede también revolucionarse completamente el mundo de las transfusiones aprovechando avances de tecnologías NBIC tales como el desarrollo de sangre artificial bio-compatible de origen transgénico o químico (sangre artificial, hemoglobina en polvo o materiales fluorados).

En cuanto a los trastornos compulsivos, el dolor o la epilepsia, son nodos de demanda que van a requerir un desarrollo importante de la bioinformática, entre otros, con el desarrollo de microchips inteligentes.

También en el campo de la cirugía de trasplante de órganos, ortopédica, maxilofacial, ocular, cardiovascular, respiratoria o de implantes, la demanda se concentra en desarrollos posibles del xenotrasplante, el uso de bioprótesis, antihemorrágicos, nanorobots o nanosensores. Relevante a este respecto será el uso acrecentado de biomateriales para implantes o tráqueas y bronquios artificiales.

Finalmente, materiales inteligentes de aplicación nanotecnológica van a desarrollarse para el logro de lentes intraoculares acomodativas. Los sensores de glaucoma o los implantes de retina son asimismo nodos con un fuerte potencial de demanda hacia NBIC.

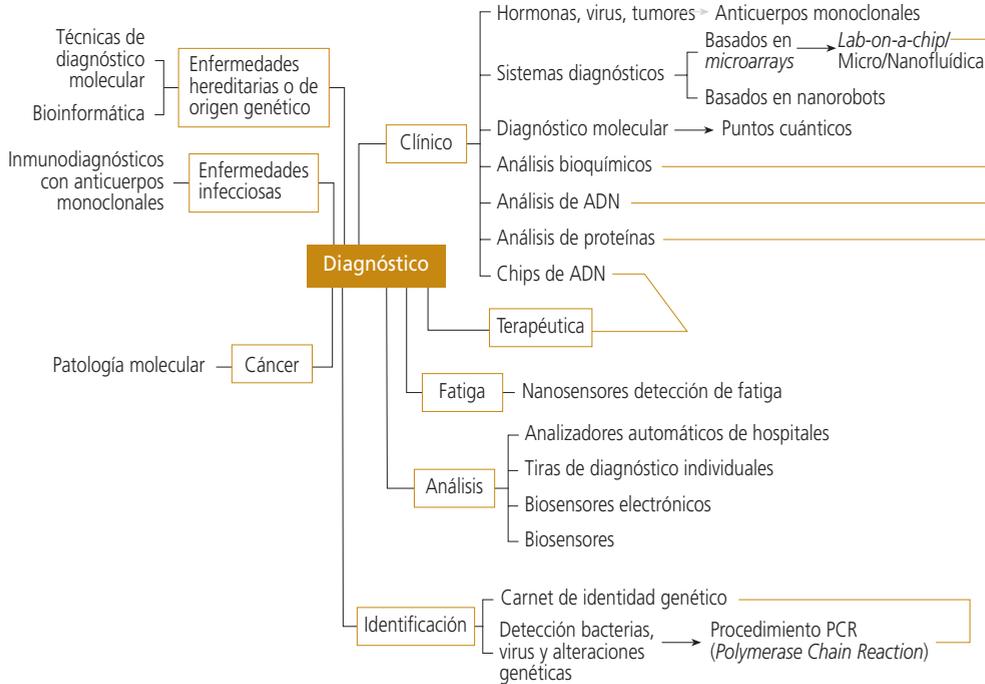
Diagnóstico

La demanda de salud y medicina tiene en el diagnóstico uno de sus pilares de interacción con la oferta NBIC. Tal y como se observa en el gráfico 3.2, análisis clínicos, enfermedades infecciosas o hereditarias de origen genético, el cáncer, o incluso la identificación de identidad genética, de bacterias, virus y otras alteraciones genéticas centran el potencial de demanda de dispositivos de diagnóstico procedente de tecnologías convergentes NBIC.

La micro-nanofluídica y los dispositivos *lab-on-a-chip* basados en *microarrays* o en nanorobots representan tecnología convergente para colmar la demanda creciente de sistemas de diagnóstico clínico, análisis bioquímicos, de ADN o de proteínas. Los conocidos como "puntos cuánticos" van dirigidos al diagnóstico molecular, y los chips de ADN son prometedores en terapéutica. En el ámbito de la "fatiga", el desarrollo de nanosensores para su detección es otro de los nodos de demanda.

Respecto a la inmunidad en relación con enfermedades infecciosas se debe resaltar el caso del desarrollo necesario de los inmunodiagnósticos con anticuerpos monoclonales. Finalmente, la bioinformática y las técnicas de diagnóstico molecular deberían jugar un papel importante en el diagnóstico de las enfermedades hereditarias o de origen genético.

GRÁFICO 3.2. DEMANDA DE MEDICINA Y SALUD



Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Fármacos

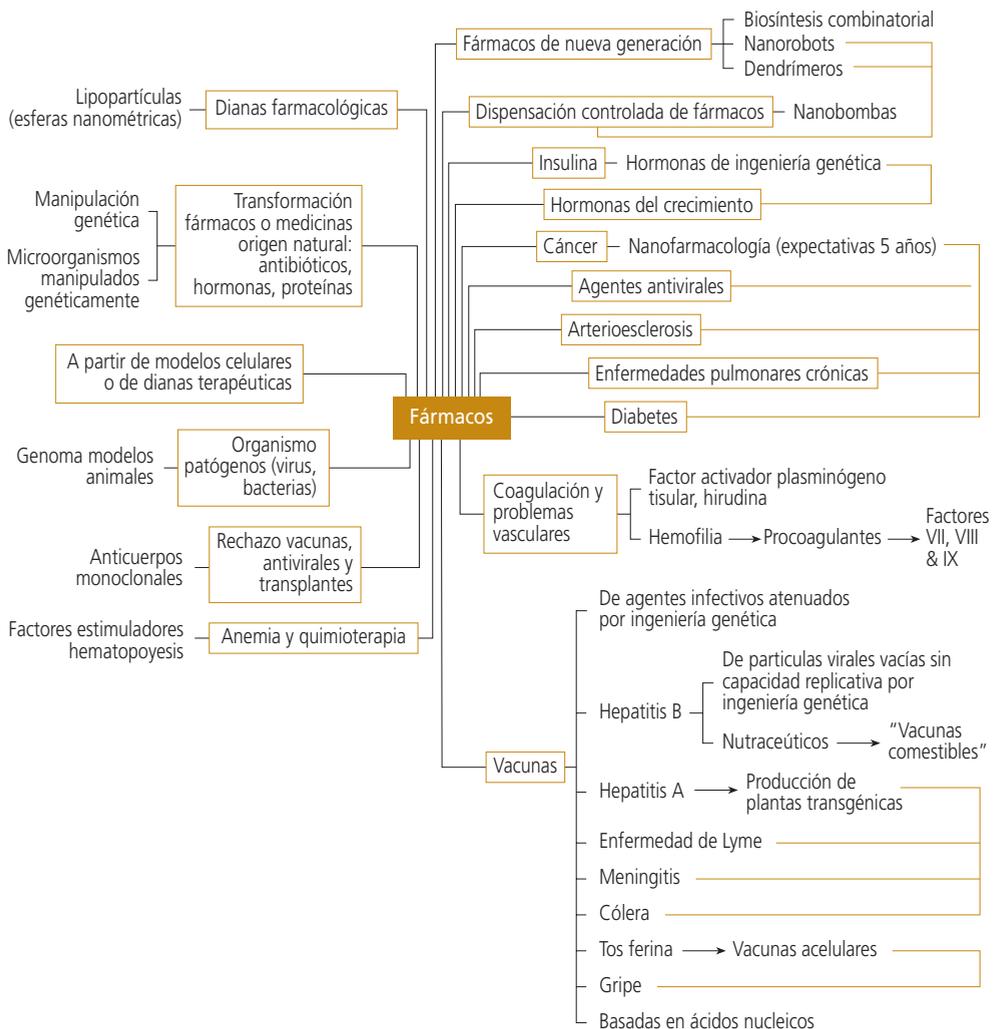
La revolución NBIC puede responder a la demanda del sector farmacéutico, un sector de enorme peso en la economía mundial, y por ello un sector clave para absorber los esfuerzos de innovación que se están produciendo.

Sin duda, la genómica y la proteómica van a constituir el sustento de una proporción significativa de esas innovaciones farmacéuticas a escala mundial¹². La convergencia NBIC va a transformar y dinamizar dicho sector. La bioinformática va a facilitar y permitir los avances en genómica y proteómica. Las nanotecnologías, a través de la producción de esferas nanométricas (lipopartículas), pueden facilitar la identificación de dianas farmacológicas y el descubrimiento de nuevos productos farmacéuticos.

¹² Según la empresa Bayer, el 80% del futuro valor de mercado de la genómica estará en pequeñas moléculas, y un 20% en proteínas terapéuticas. En Jorcano, J.L. (2004).

La manipulación genética de determinados organismos puede ayudar a producir fármacos o medicinas de origen natural como antibióticos, hormonas o proteínas. Hormonas de ingeniería genética pueden constituir fármacos en relación con la insulina o las hormonas del crecimiento.

GRÁFICO 3.3. DEMANDA DE MEDICINA Y SALUD



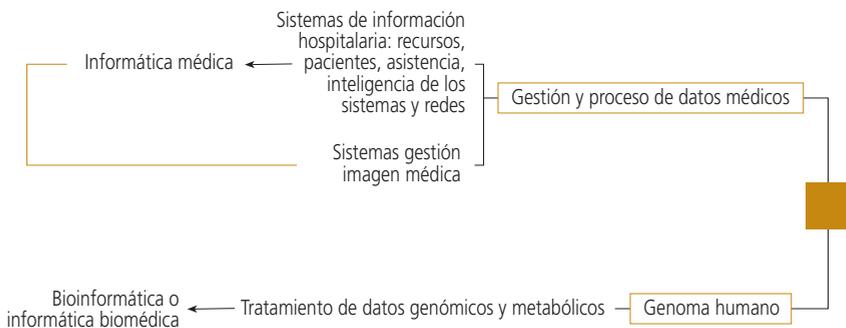
Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

El rechazo a vacunas antivirales y transplantes puede evitarse a través del uso de anticuerpos monoclonales, y ante problemas como la anemia o los efectos de la quimioterapia, se requieren productos de la convergencia NBIC como los factores estimuladores de la hematopoyesis.

Es quizá en el campo de las vacunas donde la demanda hacia la bioingeniería e ingeniería genética puede producir importantes impactos en el sector. Se trata de vacunas contra enfermedades como las hepatitis B (a partir de partículas virales vacías o del desarrollo de los “nutracéuticos” hacia la producción de “vacunas comestibles”), y de otras que pueden elaborarse desde plantas transgénicas para afrontar enfermedades tan significativas como la hepatitis A, la meningitis y el cólera. La producción de vacunas acelulares puede producirse contra la tos ferina y la gripe.

El potencial de la nanotecnología, a través de la nanofarmacología, es notable si nos percatamos de que puede responder con producción de fármacos contra enfermedades importantes como el cáncer, la arteriosclerosis, las enfermedades pulmonares crónicas y la diabetes, o ser generadora de determinados agentes antivirales. Asimismo, nanorobots, nanobombas y dendrímeros van configurando el substrato de fármacos de nueva generación o dispensación controlada.

GRÁFICO 3.4. DEMANDA DE MEDICINA Y SALUD



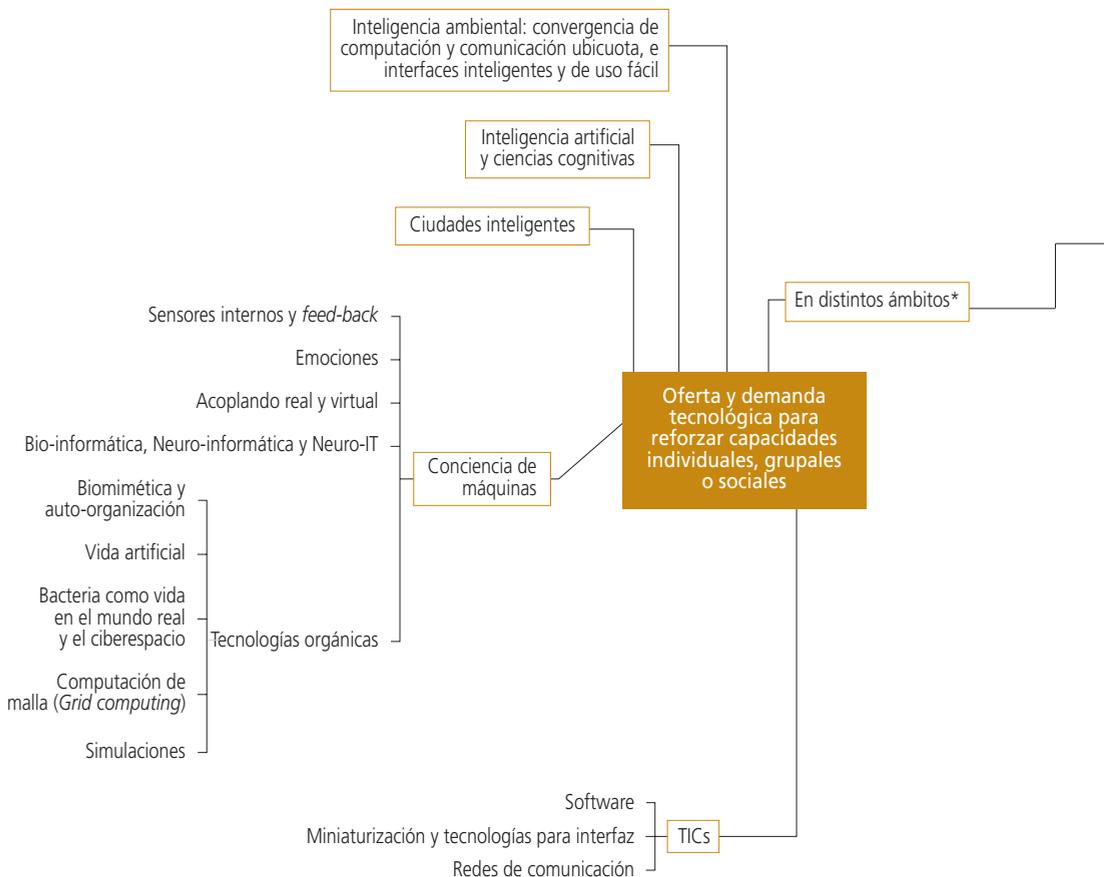
Fuente: Elaboración de los autores a partir de información de la bibliografía del presente documento.

Finalmente, completa este panorama de la demanda, desde el sector salud y medicina, la gestión y proceso de datos médicos, así como el genoma humano. En ambos casos la demanda de informática médica e informática biomédica constituye un importante factor dinamizador de la oferta de las TICs.

3.6. Visión holística de la salud

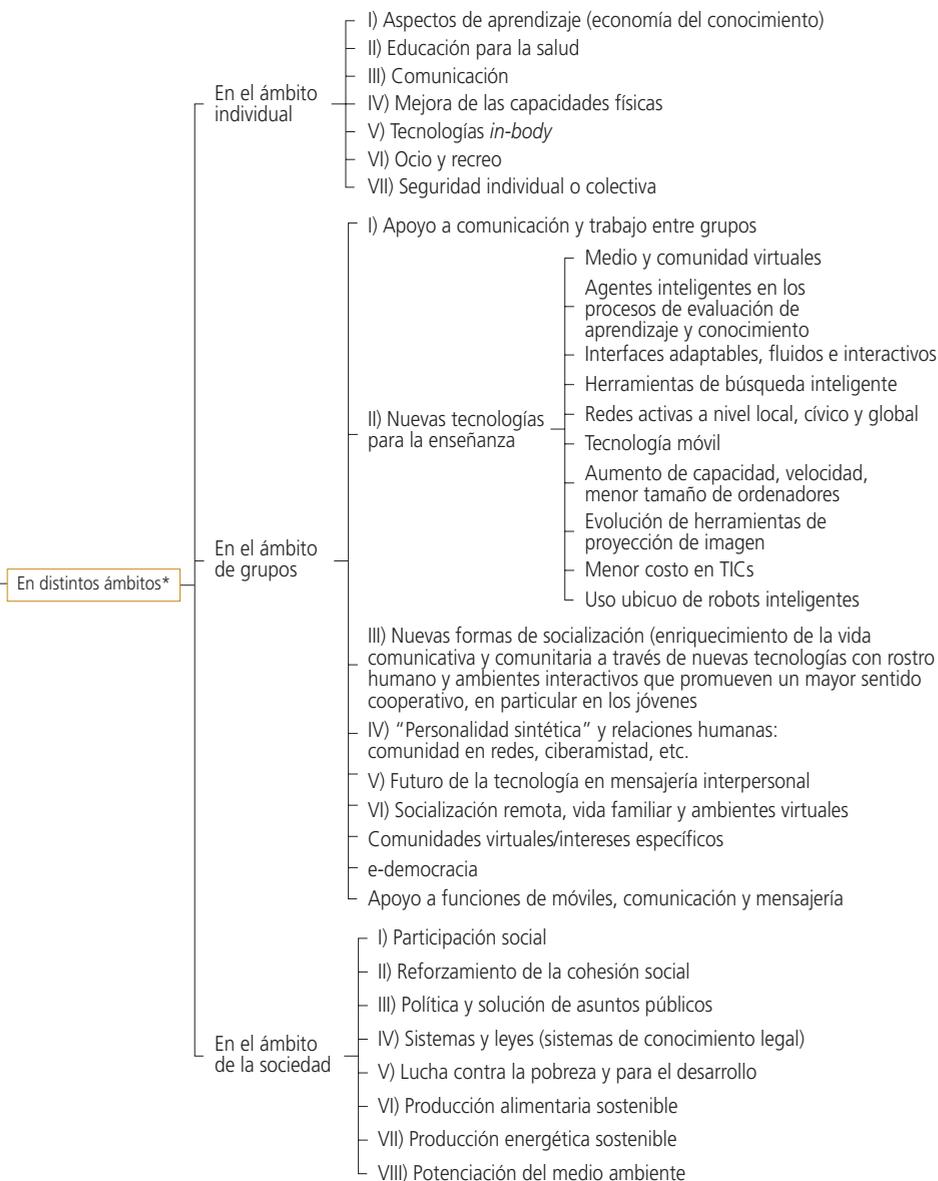
En línea con la visión de la salud descrita en el capítulo anterior, el desarrollo científico-tecnológico NBIC y su interacción con aquella es abordado asimismo como herramienta que permita a los individuos y a la sociedad una vida más plena y feliz. Se trata por lo tanto de una visión amplia y holística de la salud que supera las fronteras estrictas de la “salud física o mental”. Tal y como lo interpreta la visión europea de las NBIC con respecto a la salud, se trata de pasar de la “ingeniería *de* la mente y *del* cuerpo” a la “ingeniería *para* la mente y *para* el cuerpo”.

GRÁFICO 4.



* Ver resto del mapa en página siguiente.

GRÁFICO 4. (CONT.)



Fuente: Elaboración de los autores en base a: "Converging Technologies and de Natural, Social and Cultural World". Special Interest Group Report for the European Commission via Expert Group on foresighting the New Technology Wave. Ver asimismo: IPTS "Key factors driving the future information society in the European research area". Synthesis Report on The FISTERA Thematic Network Study (Sep. 2002-Sep. 2004). European Communities 2004.

En primer lugar, debe enfatizarse el elemento diferencial que constituyen los valores europeos. En el contexto NBIC, Europa no tiene problema en considerar la mejora de las condiciones físicas, mentales y de reforzamiento NBIC de las capacidades del ser humano como individuo. Sin embargo, le ha otorgado siempre una importancia equivalente a las dimensiones económicas y sociales del desarrollo sostenible. Baste citar como ilustración el acceso a la información y al conocimiento y el impacto resultante sobre la habilidad de sociedades y economías para la innovación, la igualdad y la justicia con respecto al acceso a oportunidades, así como de capacidades individuales para el aprendizaje y la mejora del conocimiento humano (interfaz hombre-máquina de acceso a bases de datos, etc., para superar la volatilidad de nuestros pensamientos y reforzar nuestra capacidad para la resolución de problemas), o la participación en la sociedad o la política.

En segundo lugar, es sabido que más de 2/3 de todos los problemas de salud podrían desaparecer con la adopción de hábitos de la vida diaria y alimentación más razonables, así como a través de una optimización de las funciones corporales como mejor postura, movimiento, respiración, alimentación o digestión. En definitiva, una gran mayoría de los problemas que tenemos, relacionados con nuestro estado de salud, tendrían solución fuera de los enfoques de salud puramente física o mental.

Los aspectos antes apuntados abren, a su vez, perspectivas de oferta tecnológica tal y como puede observarse en el gráfico 4.

En efecto, la intensificación de la demanda por parte del sector salud de recursos provenientes de la convergencia NBIC se confirma a través de la dinámica triangular que transcurre a través del diagnóstico, la prevención y la aplicación de fármacos, que se mantienen en constante crecimiento, cuya consecuencia está siendo el incremento de los procesos de oferta. La expansión tanto desde el punto de vista de la oferta como de la demanda exige un entramado tecnológico capaz de seguir este ritmo.

El estímulo es fundamental ya que la superposición e intersección que ocurre en el proceso de convergencia, permite al sector salud encontrar respuestas a muchos de sus desafíos multiplicando, así, su capacidad para asimilar procesos de oferta y atender las demandas de la sociedad, lo que desde el punto de vista sanitario permite acercarse cada vez más a la concepción holística de la salud, y desde el punto de vista económico consolida la SSC.

Bibliografía

- **Artells, J.J., Dalmases, M., y Lindström, A.**, “Informe a L’Entorn de models i experiències docents per fomentar l’Emprenedoria en el sector Biomèdic”. Propuesta elaborada a instancia del Instituto de Estudios de la Salud con la colaboración de la Fundación Salud, Innovación y Sociedad de Novartis y el Instituto Universitario Parc Tauli – UAB.
- **Blanco, L.**, “La Salud de la Biotecnología”. Estrategias de Inversión. Nº11, Octubre de 2006.
- **Bibel, W.**, “Converging Technologies and the Natural, Social and Cultural World”. Special Interest Group Report for the European Commission via an Expert Group on *Foresighting the New Technology Wave*. 26th July 2004.
- **Business Week**, “What’s really Propping Up the Economy”. 25th September 2006.
- **CIC BioGUNE**, “Nuevo Centro de Investigación en Biociencias”. 2006.
- **Comunidad de Madrid**, “Nanotecnología en España”. Consejería de Educación. Dirección General de Universidades e Investigación. Madrid. 2005.
- **Comunidad de Madrid**, “Mesa Redonda: El otro apagón analógico: hacia una sociedad digital”. Madrid 28 de Abril de 2005.
- **CSIC**, “Tecnologías Convergentes NBIC: Situación y Perspectiva 2005”. Por Duch, A., Gabriel, G. y Viñas, J.L., bajo la coordinación de Aguiló, J., Barcelona. Noviembre de 2005.
- **Dorado, J., Gestal, M., Pedreira, N. y Rabuñal, J.R.**, “Las Tecnologías de la Información y la Comunicaciones y la Informática Biomédica”. De la conferencia impartida en Jornadas “TIC en BioMedicina”, Monasterio de Poio, Pontevedra. Julio de 2005.
- **EC**, “Converging Technologies, Sharing the future of European Societies”, New Technology Wave Expert Group. http://europa.ue.int/comm./research/conferences/2004/ntw/pdf/final_report_en.pdf.
- **EOI**, “Convergencia NBIC 2005: El Desafío de la Convergencia de las nuevas tecnologías (Nano-Bio-Info-Cogno)”. Coordinado por Fontela, E., de Castro, J.A., Ponente. EOI Escuela de Negocios. “Programa Desafíos”. 2006.

- **European Science Foundation**, “Nanomedicine”. An ESF – European Medical Research Councils (EMRC) Forward Look Report. 2005.
- **Fundación de la Innovación BANKINTER**, “Nanotecnología: La Revolución Industrial del Siglo XXI”. Con ACCENTURE. 2006.
- **Fundación OPTI**, “El Futuro de los Biomateriales: Tendencias Tecnológicas a Medio y Largo Plazo”. Ciencias de la Salud. Noviembre de 2004.
- **Fundación Vodafone**. “Tecnologías de la Información y Comunicaciones y Discapacidad: Dependencia y Diversidad”. 2ª Edición Informe TIC y Discapacidad. 2005.
- **INFOTEC**, “Ciudades Digitales Inteligentes: Del e-Gobierno a la Sociedad del Conocimiento”. Presentación ppt. 2006.
- **Instituto de Salud Carlos III**, “Área de Investigación en Telemedicina y Sociedad de la Información”. Madrid, 27 de enero de 2004.
- **IPTS**, “Key Factors Driving the Future Information Society in the European Research Area”. Synthesis Report on the FISTERA Thematic Network Study (Sep.2002-Sep.2004). European Commission. 2004.
- **Jorcano, J.L.**, “La Integración del Genoma, la Biotecnología y la Medicina: El Futuro que nos Viene”. Colaboraciones. Revista El Médico, Anuario 2004.
- **La Nueva España**. “La neuroingeniería ya se desarrolla en EE UU, pero aún roza la ciencia ficción”. Entrevista al neurólogo J.C. Álvarez Carriles, Hospital Central de Asturias. Editorial Prensa Asturiana. 2006.
- **Martín Sánchez, F.**, “Convergencia de Tecnologías: Nuevas Oportunidades para el Avance de la Informática y de las Ciencias Biomédicas”. RevistaeSalud.com, Vol.2, Nº6 (2006) – II Trimestre.
- **Naam, R.**, “More than Human: Embracing the Promise of Biological Enhancement”, Brodway Books. New York. 2005.
- **NSF**, “Converging Technologies for Improving Human Performance”, National Science Foundation, <http://www.wtec.org/convergingtechnologies/>. 2002.
- **Pulido, A. y Fontela, E.**, “Principios del Desarrollo Económico Sostenible”. Fundación Iberdrola. Madrid. 2004.
- **Rischar, J.F.**, “The Knowledge Economy - Worldwide trends”, de Jean François Rischar, Vicepresidente para Europa, Banco Mundial. 9 de septiembre de 2002.
- **Samitier, J.**, “Plataforma Española en Nanomedicina”. Presentación ppt. Nanomed Spain. 7 de Julio de 2005.
- **Serena, P.**, “Nanotechnology in Spain”, International Journal of Nanotechnology”, Vol. 2, Nº ?, 2005.
- **Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT)**, “Biotecnología y Salud: Preguntas y Respuestas”. SEBIOT. 2000.
- **Tamayo de Miguel, J.** “En Medicina lo “nano” ha avanzado mucho pero hay que ser prudentes”. Diario de Navarra. 23 de marzo de 2006.

- TNT 2005, "Trends in Nanotechnology". Oviedo. 2nd September 2005.
- **Urzay, J.**, "La Investigación Farmacéutica y la Plataforma Tecnológica: Medicamentos Innovadores". Presentación ppt. Farmaindustria. Abril de 2006.
- **Wilczek, F. y Devine, B.**, "Longing for the Harmonies: Themes and Variations from Modern Physics". W.W. Norton y Company. New York. 1987.



UNION EUROPEA
Fondo Social Europeo



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



crece



eoi | escuela
de negocios

www.eoi.es



Fundación
Vodafone
España