

Título del proyecto:

Convergencia de tecnologías con fines de mejora humana: Aspectos éticos y sociales

Investigador: Miguel Moreno Muñoz, Dpto. de Filosofía I, Universidad de Granada

Duración: 1 de octubre de 2007 - 15 de septiembre de 2008

OBJETIVOS GENERALES:

- Identificar los desafíos derivados de la convergencia entre los grandes dominios de tecnologías NBIC (nano-bio-info-cognitivas) con fines de mejora humana y analizar sus implicaciones éticas y sociales.
- Sistematizar las aportaciones del debate académico en curso, establecer su relación con otros debates previos y analizar críticamente las expectativas que algunas corrientes (trans-humanismo, post-humanismo, eugenesia liberal) asocian con diversos escenarios de convergencia NBIC.
- Esbozar una visión de conjunto a partir de las aportaciones más rigurosas sobre prospectiva tecnológica NBIC y sugerir criterios para proyectar aspectos básicos del debate académico en el marco más amplio de los estudios de percepción pública y la comunicación social de la ciencia.
- Concretar los riesgos de una difusión de las bioingenierías perfectivas reguladas fundamentalmente por mecanismos de mercado, analizados en función de los controles de calidad habituales para toda investigación que implique a sujetos humanos en algunas de sus fases.

METODOLOGÍA:

Revisión de la bibliografía incluida en la memoria inicial de trabajo, completada con una búsqueda actualizada de artículos sobre los términos clave en los principales servicios de publicaciones electrónicas. Se analizan también contenidos y documentación procedentes de algunas webs especializadas. La bibliografía final incluye más de 200 referencias.

RESULTADOS:

I. ANTECEDENTES DEL DEBATE

1. *Inercia de un programa de mejora social simplista y cargado de prejuicios:* El auge de las ideas eugenésicas, en sus diversas etapas, ha ido asociado al desarrollo gradual de los conocimientos sobre la herencia de rasgos relativamente simples en los seres vivos. La tentación de extrapolar ese conocimiento a características más complejas resultó siempre poderosa, y el desarrollo actual de las neurociencias contribuye a incrementar la plausibilidad científico-técnica de sueños que las tecnologías genéticas no han conseguido materializar. La convergencia entre estos dos dominios es y será, previsiblemente, mayor. Sin embargo, persisten muchas inercias en la reflexión especulativa sobre eventuales impactos de la ingeniería genética y de las neurociencias en la mejora social. Una bastante común es la tendencia a esperar de intervenciones tecnológicas directas en el genoma o en los circuitos neuronales de individuos la corrección de deficiencias genéticas o neurológicas asociadas a rasgos biológicos o conductuales que estarían en la base de muchas formas de exclusión social, relegando el papel de las políticas públicas de integración social.
2. *En muchos relatos NBIC siguen explotándose metáforas y modelos obsoletos sobre la relación entre genotipo y fenotipo, propios de una cultura científica de la era pre-genómica:* El desarrollo incipiente de la genética mendeliana a comienzos del siglo veinte favoreció toda suerte de especulaciones, la mayoría delirantes, y generalizó una confianza casi ciega en el poder de las intervenciones socialmente planificadas para *mejorar la calidad de la raza humana*. Científicos e intelectuales de prestigio lograron convencer a un público escasamente informado de que regular los apareamientos y manipular la dotación hereditaria de individuos y grupos era el cauce más adecuado para resolver los graves problemas sociales que preocupaban a los líderes de los movimientos

eugenésicos a comienzos del siglo XX. El debate académico al respecto fue limitado e ideológicamente muy sesgado, con pocas contribuciones que pudieran ayudar a aclarar la complejidad de los aspectos científico-técnicos implicados y la fragilidad de los modelos subyacentes. Desenfoco de los problemas sociales y lagunas de conocimiento fundamentales condicionan también hoy muchos aspectos del debate sobre prospectiva tecnológica NBIC, en gran parte alimentado por autores que han tenido un éxito notable con ensayos y obras divulgativas de ciencia ficción. El desarrollo actual de la genómica y la investigación epigenómica han puesto de manifiesto la complejidad de los procesos relacionados con la transcripción y expresión del material genético, sus funciones y niveles de interacción, incluso para rasgos fenotípicos simples. Un análisis detenido de sus resultados y aportaciones refuerza la impresión de que el debate sobre la influencia de los factores hereditarios en la inteligencia y otras capacidades cognitivas casi siempre ha tenido más elementos ideológicos o políticos que científicos.

3. *Importancia de las estrategias de comunicación social:* El auge de la eugenesia popular durante la primera mitad del siglo veinte y su impacto en las leyes y políticas de esterilización obligatoria constituye un antecedente insoslayable sobre la importancia (y los costes asociados al fracaso) de las estrategias de comunicación social de la ciencia para contribuir a consolidar una percepción pública de la ciencia informada y responsable, en particular acerca de las posibilidades de intervenir sobre individuos o grupos “con fines de mejora”. En la actualidad, el potencial combinado de las tecnologías reproductivas (incluyendo los diversos procedimientos de clonación y los métodos de diagnóstico derivados de los últimos desarrollos en genómica y proteómica) aporta nuevos escenarios de posibilidades para los programas eugenésicos en el contexto de las políticas de salud pública. Los métodos de control social coercitivo han sido reemplazados por las posibilidades de acceso individual a un mercado de tecnologías y *servicios reprogenéticos*, fácilmente instrumentalizables con fines eugenésicos, donde el único límite -en los estados liberales- estaría en la capacidad adquisitiva de los interesados, si el marco regulador lo permite. A menudo, los elementos con mayor poder para configurar el horizonte socio-cultural amplio de la opinión pública proceden de los relatos menos rigurosos (cómic, literatura y cine de ficción), con una incidencia casi marginal del debate académico más disciplinado y reflexivo.
4. *El papel de los científicos sociales para contribuir a un debate racional e informado sobre los desafíos de la convergencia de tecnologías NBIC:* En las ciencias sociales abundan los trabajos con escaso soporte interdisciplinar que exageran o toman demasiado en serio la retórica con que otros investigadores más ligados a la ciencia básica extrapolan el potencial clínico o tecnológico de algunos desarrollos teóricos y experimentos de concepto. La combinación de ingeniería genética, nanotecnología, neurociencias y tecnologías de la información constituye un abono ideal para reflexiones visionarias sobre infinitas posibilidades de trascender las limitaciones del cuerpo humano y expandir capacidades cognitivas o funcionales. Además de rigor, se echan en falta otros elementos evidentes para quienes han seguido el desarrollo de las biotecnologías en las dos últimas décadas. Las limitaciones de los modelos reduccionistas en biología molecular han quedado de manifiesto en los ensayos clínicos orientados al desarrollo de terapias génicas para corregir desórdenes metabólicos e inmunológicos graves y en la investigación de los procesos moleculares implicados en diversos tipos de cáncer. El claro fracaso de los primeros enfoques sobre las posibilidades de la terapia génica y el lento desarrollo de los últimos ensayos con alguna perspectiva de aplicación clínica aconseja ser muy críticos con cualquier reflexión poco disciplinada sobre las posibilidades actuales de intervención genética en la línea somática o germinal humana, sea con fines de diagnóstico y selección de rasgos deseables o con objetivos expresos de corrección y mejora genética. La cautela habría de extremarse ante posibles intervenciones orientadas a la mejora de rasgos de propósito general en humanos como la inteligencia o el rendimiento físico, que implican además otras muchas variables del entorno social.
5. *Atención escasa al papel de las estructuras de cooperación social y política para reducir la vulnerabilidad humana:* De entrada, parece razonable situar en la convergencia de tecnologías NBIC el horizonte de posibilidades terapéuticas o de mejora humana que hasta hace poco acaparaban las biotecnologías reproductivas. Pero la aplicación de sus desarrollos combinados tiene en su contra ritmos

de progreso teórico y tecnológico muy diversos en cada dominio. Esta circunstancia favorece relatos que mezclan posibilidades remotas o imaginarias en unos dominios (nanotecnologías, robótica e ingeniería genética, sobre todo) con perspectivas razonables de evolución científico-tecnológica en otros (biomedicina y tecnologías de la información, habitualmente). El potencial simbólico de algunas metáforas amplifica la percepción de dominio previsible sobre procesos básicos de la vida, de la materia, del cerebro o del entramado social, y otorga plausibilidad a escenarios socio-técnicos a menudo muy simplistas. En los debates sobre prospectiva tecnológica se tiende a dejar en segundo plano la importancia de consolidar y potenciar las estructuras sociales de cooperación política, tecnológica, económica y sanitaria que mejor han contribuido a reducir la vulnerabilidad de los seres humanos en los países desarrollados. Frente a la eficacia probada de los programas educativos y los sistemas de salud pública, parece poco verosímil la posibilidad de conseguir efectos apreciables en un porcentaje significativo de la especie humana si el acceso a gran parte de las tecnologías NBIC, una vez estandarizadas, depende exclusivamente de la capacidad adquisitiva de individuos o grupos minoritarios.

II. LA EUGENESIA LIBERAL Y SU MARCO CONCEPTUAL

1. *La eugenesia liberal y el postulado del optimismo pragmático (OP)*: Nicholas Agar define la *eugenesia liberal* como el derecho de los padres a elegir ciertas características para sus hijos, a través del empleo de tecnologías genéticas. Él y otros autores consideran este derecho una ampliación natural de libertades reproductivas cada vez más reconocidas y garantizadas en el mundo desarrollado. La principal diferencia entre la eugenesia liberal y los programas eugenistas de la primera mitad del siglo XX es que no viene impuesta coercitivamente por el estado. La consistencia de todas las propuestas favorables a una aceptación de la eugenesia liberal descansa sobre el *optimismo pragmático* como postulado común, aplicable a los demás dominios de tecnologías NBIC. Su efecto no es otro que ayudar a dejar a un lado los inconvenientes técnicos o prácticos, e imaginar un escenario futuro en el que las tecnologías nano-neuro-info-genéticas hayan sido perfeccionadas. Pertrechados de candidez epistemológica gracias al OP, estaremos en condiciones de dar el salto especulativo que permitiría un análisis lúcido de las grandes cuestiones, prescindiendo de incómodos aspectos prácticos. El OP equivale a una especie de 'licencia para especular', como si para identificar nuevos dilemas y clarificar temas importantes fuese preciso prescindir de las restricciones asociadas a un pensamiento disciplinado y cabal.
2. *El OP sirve, en realidad, de artificio para facilitar un escape airoso ante los obstáculos técnicos -y éticos- imaginables en un contexto de acceso generalizado a las tecnologías NBIC*: Agar y otros autores parecen más preocupados por las reticencias de la comunidad académica a entrar en el juego de experimentos mentales sobre prospectiva tecnológica que por las barreras morales y jurídicas que impiden hoy la experimentación genómica con fines de mejora, p.ej.
3. *El OP facilita las analogías frecuentes entre los procesos de mejora mediante intervenciones tecnológicas difícilmente estandarizables y otros procedimientos de crianza ampliamente aceptados*. Si las combinaciones genéticas favorables ocurren de forma natural en muchos casos, no habría obstáculos morales para intentar obtenerlas mediante técnicas de ingeniería genética en otros. Por tanto, no se debería coartar la libertad para dotar a la descendencia de un entorno que pueda beneficiarles y enriquecer sus capacidades, extensible al uso de las tecnologías NBIC con idénticos fines. El problema no es que se trate de vías distintas, sino que una de ellas descansa sobre asunciones poco realistas de optimismo pragmático.
4. *Los argumentos por analogía, combinados con diversos grados de OP, se prestan a tratamientos trivializantes de los problemas, aunque sirven para mostrar cómo se difuminan las fronteras convencionales entre terapia y mejora*. Para los partidarios de la eugenesia liberal responden al mismo objetivo: mejorar las características de la descendencia. Optar por intervenciones

ambientales o por técnicas de ingeniería genética resulta irrelevante cuando se trata de proporcionar a la descendencia las mejores oportunidades. El optimismo pragmático se torna mera ingenuidad cuando Agar y otros autores imaginan que un consentimiento informado de calidad bastaría para asegurar que los padres puedan, de manera autónoma, razonada, consciente y voluntaria, actuar sensatamente si optan por recurrir a las biotecnologías para modificar el genoma de su prole.

5. *En las analogías utilizadas para articular escenarios futuros dominados por un libre mercado de tecnologías NBIC faltan o se eliminan numerosas variables disfuncionales, algunas bien conocidas en los debates sobre ciencia, tecnología y sociedad o en los estudios de percepción pública de la ciencia.* El consentimiento informado de los padres no garantiza actuaciones ni elecciones sensatas, como prueba el aumento imparable de la obesidad infantil y en adultos, precisamente cuando el entorno cultural y mediático está proporcionando más información que nunca sobre los riesgos sanitarios asociados a la obesidad y las características básicas de una dieta saludable. Los numerosos estudios sobre la conducta de los consumidores invitan a cualquier cosa menos a confiar en que un contexto de libre mercado para tecnologías genéticas o estéticas lleve por sí solo a una racionalidad generalizada en las decisiones.
6. *Las propuestas de los partidarios de la eugenesia liberal tienen su marco natural en las democracias liberales de occidente, con una amplia cartera de servicios públicos y sistemas normativos robustos y garantistas; pero resultarían inquietantes en regímenes autoritarios o democracias desaliñadas.* Incluso los autores más proclives aceptarían algún nivel de control estatal para minimizar el riesgo de elecciones insensatas, perjudiciales o de alto riesgo para la descendencia. No obstante, buena parte de las reflexiones que alimentan el debate se desarrollan sin prestar demasiada atención a los importantes esfuerzos realizados en las últimas décadas para consolidar un marco jurídico y ético de referencia internacional sobre la investigación biomédica y posibles aplicaciones derivadas de la convergencia de tecnologías NBIC.

III. ASPECTOS NOVEDOSOS DERIVADOS DE LA CONVERGENCIA DE TECNOLOGÍAS

1. *Dificultades para la delimitación conceptual y acotación del dominio de problemas:* La 'convergencia de tecnologías' es una expresión sólo en parte novedosa, pues la idea de mejorar las capacidades físicas, sensoriales y cognitivas del cuerpo humano es muy antigua. Pero hacerlo aplicando la ciencia y la tecnología es más reciente (Francis Bacon, siglo XVII). La convergencia NBIC con el mismo propósito es una tendencia que debe fomentarse, más que algo ya conseguido. Lo relevante es el nuevo contexto histórico, médico y tecnológico, donde la convergencia NBIC se manifiesta en líneas de investigación, vocabularios y discursos, métodos de investigación y medios de difusión científica, así como objetivos epistemológicos comunes a diversas líneas de investigación. Puede que algunos rasgos sean convergentes y otros divergentes, pero la convergencia que se busca no equivale a reducción de teorías. Por esta razón algunos autores proponen hablar de *sinergismo* (los resultados en una disciplina pueden robustecer los de otra, y viceversa, algo que tampoco es nuevo).
2. *No existe un cuerpo de literatura coherente al respecto,* sino materiales dispersos procedentes de la antropología, estudios feministas, estudios sociales de la ciencia, la tecnología y la medicina; estudios bioéticos y literatura sobre la discapacidad. Tampoco está representado todo el espectro tecnológico. Destaca la reflexión sobre aplicaciones de la cirugía cosmética y el empleo de neurofármacos para mejorar el rendimiento cognitivo, y trabajos relacionados con el potencial de la ingeniería genética y la medicina regenerativa. Pero hay muy poco elaborado sobre el uso de prótesis electrónicas o sobre órganos artificiales. En la mayoría de estos trabajos se abordan los aspectos éticos y sociales de su implantación generalizada, así como los desafíos para conceptos básicos sobre la naturaleza humana, el envejecimiento, la salud y la enfermedad, y su impacto en la economía y la dinámica de las instituciones.

3. *Heterogeneidad en cuanto a rigor y calidad en los análisis de prospectiva y en el tratamiento de los problemas sobre escenarios futuros:* Hay autores que se esfuerzan por ajustar sus análisis de prospectiva tecnológica a las exigencias de lo que hoy puede considerarse conocimiento bien establecido, como los hay absolutamente indisciplinados a la hora de aderezar fantasías de cómics para adolescentes con aspectos parciales o ingenuamente descontextualizados de las tecnologías emergentes. Mientras algunos estudios NBIC se presentan conforme al tratamiento esperable para trabajos dirigidos fundamentalmente a la comunidad académica, otros flirtean en diverso grado con la trivialización mediática o parecen inspirados por afanes de naturaleza más bien literaria. Por esta razón no puede colocarse toda la literatura sobre convergencia de tecnologías en una categoría homogénea.
4. *La mayor parte de los aspectos éticos y sociales son comunes en los cuatro dominios NBIC, y coinciden con los que suelen abordarse a propósito de tecnologías convencionales:*

- **Dimensión social de la ciencia:** Procesos y estructuras que condicionan el curso y los fines de la investigación, autonomía e independencia de los científicos, 'etnografía del trabajo en laboratorio', relaciones entre investigadores y público, calidad de los procesos de comunicación y divulgación social de la ciencia, procesos de transparencia y difusión pública de la investigación, transferencia de tecnologías a la industria y entre países, análisis social e histórico del desarrollo científico-tecnológico en cada ámbito, programas de educación pública y concienciación para involucrar a los agentes sociales en los debates sobre política científica, criterios y prioridades en el apoyo a ciertas líneas de investigación, características del contexto social y económico donde se difunde la tecnología; el papel de la retórica en la promoción de líneas y políticas de investigación, programas de aceptación social y confianza en los beneficios de la ciencia y la tecnología ...

- **Concreciones del principio de precaución,** mecanismos de transparencia y control de riesgos, peligros involucrados en su desarrollo (seguridad, salud, contaminación, impacto ambiental); medidas para reducir y prevenir los riesgos, confianza en los expertos y entidades reguladoras, adecuación del marco normativo para garantizar la seguridad y eficacia de las medidas preventivas; el papel y la credibilidad de las administraciones públicas como agentes financiadores, reguladores y supervisores; medios para ejercer sus competencias...

- **Aspectos éticos:** Identificación de los valores e intereses en conflicto; el problema de los excesos retóricos y la generación de expectativas infundadas en la promoción de líneas de investigación; institucionalización de procedimientos y espacios que promuevan un debate informado, transparente y racional acerca de casos o aplicaciones controvertidas; consideración de los aspectos éticos en los protocolos de investigación para garantizar un trato digno a los participantes y posibles afectados; proactividad y garantías de equidad, justicia social y confidencialidad en cada contexto de problemas; reflexión sobre medios y fines en diversos contextos de uso (militar, forense, clínico, agroalimentario, industria aseguradora, ocio, comunicación, espionaje...). Ponderación de beneficios y riesgos, coste-beneficio y garantías o prioridades de acceso (quiénes serán excluidos, impacto económico, cultural y político...); externalización de la investigación y el desarrollo a países con estándares éticos o ambientales menos exigentes...

- **Otras cuestiones:** Cuestiones de propiedad intelectual y patentes, en especial cuando afecta a productos y bienes esenciales desde el punto de vista médico, educativo o económico; problemas de transferencia de tecnologías a países pobres; disponibilidad de los datos e información de interés para toda la comunidad científica mundial; acceso a redes, recursos y fuentes de información; el debate sobre tecnologías rivales para resolver idénticos problemas y necesidades sociales...

IV. ASPECTOS MÁS DEBATIDOS Y PECULIARIDADES POR ÁMBITOS

1. **Nanotecnologías:** Las nanociencias y nanotecnologías tienen un potencial más amplio que las biotecnologías porque sus objetivos son mucho menos específicos y pueden aplicarse a toda la materia, viva o inerte. Esta inespecificidad puede favorecer su aceptación social. Los conocimientos en

nanociencias y las nanotecnologías resultantes pueden aplicarse con objetivos de miniaturizar componentes ya desarrollados (ensamblaje *top-down*) o directamente construyendo nuevas estructuras a partir de la manipulación en la escala atómica o molecular (síntesis *bottom-up*). Esta última está menos desarrollada, pero su potencial de entrada es mucho mayor. El dominio de ambas tendrá un impacto previsible en sectores económicos estratégicos, y otorgará ventaja competitiva a los países y empresas mejor situados en su desarrollo y aplicación.

La obtención y aplicación de nuevos materiales a partir de modificaciones en la nano-estructura de otros conocidos puede tener un impacto social y económico de dimensiones equivalentes a las que ha tenido la introducción de plásticos, sin que esto último haya merecido apenas consideración por parte de los investigadores sociales. Las posibilidades de transformación social derivadas de las nanotecnologías resultan hoy, en muchos aspectos, inimaginables, y muy probablemente provocarán transformaciones cualitativas, no meramente cuantitativas (ordenadores más rápidos, tejidos más resistentes, mejores conductores y aislantes...). Las posibilidades en una u otra dirección dependerán de la presión cultural por explotar unas u otras.

La nanotecnología puede permitir una integración sin precedentes de componentes electrónicos, utilizable para construir ordenadores, cámaras, sensores y dispositivos de seguimiento o vigilancia que, combinados con sistemas geográficos de posicionamiento global, podrían reforzar considerablemente las capacidades de control de gobiernos e instituciones sobre los individuos. Es bien conocido el peso significativo de la iniciativa militar en numerosos proyectos de la I+D nanotecnológica, que abarca desde el desarrollo de nuevos materiales para construcción de camuflaje y armamento hasta dispositivos de detección de agentes químicos o biológicos, rastreo y etiquetado invisible, nuevas técnicas criptográficas, superficies que alteran las propiedades habituales de la luz, etc. En muchos aspectos cuesta diferenciar las nanotecnologías de otras tecnologías de producción, no siempre bien reguladas ni verdes en todos sus procesos. Igual que ocurre con la tecnología nuclear o artefactos de uso militar, puede resultar inquietante un mercado negro de productos de consumo obtenidos por aplicación de nanotecnologías de riesgo y distribuidos burlando los controles de seguridad e importación de los países más concienciados (para uso médico, militar, infraestructuras de comunicación, etc.).

La posibilidad de que algunas modificaciones nanotecnológicas en las irregularidades de las superficies de ciertos materiales cambien sus propiedades plantea incertidumbres en relación con la caracterización y estandarización a efectos de garantías de fiabilidad, seguridad, regulación, propiedad intelectual y normalización en los procesos de fabricación y comercialización. Incluso con un marco regulador óptimo, persiste el desafío de la complejidad para simular la dinámica y el impacto de estos desarrollos en diversos contextos de uso, sometidos a muchos factores externos.

2. **Biotechnologías y biomedicina:** Aplicaciones médicas, agroalimentarias y veterinarias; desarrollo de la medicina preventiva a partir de los conocimientos genómicos; selección de embriones con características idóneas mediante diagnóstico genético preimplantatorio; tecnologías reproductivas y clonación; impacto de los modelos reduccionistas y deterministas en la investigación genética; revisión de los conceptos tradicionales sobre la herencia en la era de la genómica; el desafío de la epigenética y la complejidad en biología molecular; farmacogenética y farmacogenómica como base de una medicina individualizada que permitirá personalizar los tratamientos; desarrollo y prescripción de fármacos ajustados a perfiles genéticos de etnias o individuos; regeneración de órganos y tejidos; interconexiones entre nervios, músculos y prótesis o dispositivos electrónicos; implantes de todo tipo (prótesis, órganos artificiales, dispositivos electrónicos) conectados a ojos y cerebro para ampliar capacidades sensoriales y cognitivas; cirugía plástica y remodelación estética a voluntad; terapias génicas; supresión de los problemas de rechazo; métodos de diagnóstico y monitorización permanente de parámetros de salud mediante nano-sensores conectados a sistemas expertos o dispositivos para dosificar fármacos; rediseño de las características y funcionalidad humana; rediseño genético de especies vegetales y animales en función de necesidades humanas; biofactorías para producción de sustancias de interés industrial; etc.

3. **Tecnologías de la información:** Pluralidad y control de las fuentes de información; características de los canales de comunicación en la era de internet (interactividad, descentralización, horizontalidad, control sobre la oferta y selección de contenidos); medios tradicionales vs prensa y publicaciones electrónicas; tecnologías de la web 2.0 y web semántica; integración corporal de dispositivos de acceso a redes, bases de datos e información en tiempo real; restricciones en el acceso a software y aplicaciones; alternativas entre software libre y propietario; modelos de difusión del conocimiento *open access*; disfunciones del marco vigente sobre copyright y derechos de propiedad intelectual; brecha digital y alfabetización tecnológica; marco regulador de la funcionalidad, usos permitidos y nivel de control de ciertos dispositivos, en función de otros valores (privacidad, autonomía, etc.); restricciones del derecho a la intimidad con fines militares; dispositivos de control masivo, interceptación y seguimiento por razones de seguridad, espionaje, etc.;

4. **Neurociencias:** Sus desarrollos y aplicaciones se centran fundamentalmente en el ámbito médico: técnicas de neuroimagen funcional por resonancia magnética (RMf) que permiten el diagnóstico de patologías y la monitorización de procesos cerebrales en tiempo real; métodos combinados de diagnóstico (genética, neuroimagen, bioquímica); uso de las neurotecnologías por personas con discapacidades o enfermedades para las que pueden suponer una mejora importante en su calidad y condiciones de vida; desarrollo de sistemas capaces de detectar patrones de actividad neural y utilizarlos para controlar dispositivos por parte de individuos con problemas de movilidad (tendría aplicaciones en el ámbito militar para ampliar la funcionalidad y capacidad de control, comunicación e interacción en diversos contextos).

Existe una presión creciente para mejorar las capacidades cognitivas de niños en el entorno académico y de adultos en el académico y laboral. En el debate sobre convergencia NBIC se especula con las tecnologías de mayor potencial para modificar y potenciar radicalmente el cerebro humano, entre ellas la psicofarmacología, la ingeniería genética, nanotecnología, inteligencia artificial, interconexiones cerebro-ordenador-redes-bases de datos...

Pese al tono de ciencia ficción frecuente en la literatura NBIC, es innegable el desarrollo experimentado por la psicofarmacología y las posibilidades actuales de neuromodulación química de múltiples procesos (atención, memoria, respuesta emocional, etc.). En contexto forense, es probable que pronto se admitan pruebas de neuroimagen funcional con finalidad equivalente o a la de un polígrafo perfeccionado, pese a la complejidad inherente a toda correlación entre estados mentales y patrones de actividad neuronal. La información detallada sobre anomalías en las estructuras cerebrales implicadas en procesos de pensamiento y control de la conducta muy probablemente comenzará a utilizarse para determinar la responsabilidad y competencia de algunos individuos en los tribunales. En muchos aspectos, las neurociencias están haciendo realidad explicaciones y procedimientos de control de la conducta que durante décadas se pensó que proporcionaría la genética de la conducta. No obstante, muchos científicos sociales siguen depositando expectativas en la investigación genética que sólo las neurociencias están haciendo verosímiles.

5. *Aspectos centrales en el debate ético y social sobre convergencia de tecnologías NBIC:*

- Transformaciones tecnológicas de los seres humanos y cambio de actitudes respecto a la biología y naturaleza humana: El cuerpo humano y la naturaleza se consideran ya elementos reinventables, sujetos a un diseño imperfecto en muchos aspectos y, por tanto, mejorable.
- Medicalización de rasgos humanos considerados 'normales' y percepción social de la discapacidad.
- Tipos de mejora: farmacológica, bio-mecánica, por ingeniería genética.
- Control de calidad sobre la descendencia y dificultades para distinguir entre *terapia* y *mejora*.
- Problemas de identidad personal en individuos 'mejorados' (ciborgs, clones, etc.).
- Virtualización del cuerpo o funciones cognitivas.
- Limitaciones a la autonomía e intimidad.
- Debate sobre la prolongación de la vida y la inmortalidad.
- Mejora de capacidades físicas (dopaje genético, "genómica del atletismo", dispositivos auxiliares...)

- Mejora cognitiva (de la memoria, la inteligencia –dopaje académico-, control de la respuesta emocional, etc.).
6. *Suposiciones vulnerables*: Los desarrollos combinados previsibles y aplicaciones ya iniciadas han sido suficientes para que algunos autores consideren “vulnerables” (y, por tanto, revisables), presupuestos tradicionales de gran relevancia antropológica, socio-cultural y ética:
 - Los humanos somos mortales.
 - Sólo las criaturas vivas piensan, y los humanos pensamos mejor.
 - Animales y máquinas son diferentes.
 - La vida humana tiene un valor inestimable y todos nacen iguales.
 - Somos individuos y la intimidad es importante.
 - Los expertos saben más y mejor; el personal médico controla el sistema médico.
 - La tierra permanecerá siendo habitable.
 - Estados y naciones son las organizaciones humanas más poderosas.
 - La tecnología es el control humano de la naturaleza...
 7. *Carácter multidimensional de los aspectos éticos y sociales*: En un contexto de problemas tan complejo, aspectos básicos como la seguridad se vuelven multidimensionales. Por seguridad se entiende protección frente a daños y peligros, incluyendo nanotoxicidad; pero incluye también seguridad jurídica (garantías de protección y reconocimiento de derechos, transparencia y delimitación de responsabilidades), confianza en las instituciones públicas con competencias reguladoras y supervisoras, protección de los bienes vitales básicos (alimento, refugio, educación, salud, autonomía, intimidad), medidas para proteger identidades culturales amenazadas, mantenimiento de los sistemas de pertenencia e integración social, de valores y modos de vida tradicionales, etc. A modo de ejemplo, la idea de que el envejecimiento humano es una enfermedad que admite cura, y no un proceso inexorable ligado a la condición humana, dejó de ser científicamente descabellada hace tiempo; pero la aceptación generalizada de la longevidad como bien público podría provocar una auténtica conmoción social, política, económica y sanitaria. En esta perspectiva, el interés por la problemática ético-social de la convergencia NBIC nos sitúa en un observatorio de prospectiva sobre la evolución científico-técnica, cultural y social de la especie humana, donde las interacciones entre la microética (centrada en casos y aplicaciones) y la macroética (implicaciones políticas y sociales amplias) son constantes.
 8. *Desafíos para la comprensión y aceptación pública de la investigación en tecnologías convergentes NBIC*: Las exageraciones tecnofílicas en los medios o literatura divulgativa a menudo van seguidas de una reacción opuesta de hipérbole tecnofóbica. Si la tecnología no cumple expectativas utópicas, su lugar lo ocupará la distopía. La escasa alfabetización científico-tecnológica favorece formas diversas, a veces muy distorsionadas, de seleccionar e interpretar las fuentes de información. Las cosmovisiones predominantes incluyen elementos de superstición e irracionalidad que pueden condicionar el rechazo a líneas de investigación prometedoras, o la falta de cautela ante otras de alto riesgo. La confianza en los organismos reguladores suele ser un predictor importante de actitudes favorables hacia la tecnología, pero requiere institucionalizar mecanismos eficaces, transparentes y participativos de evaluación y gestión de riesgos. Un debate público abierto, informado y de calidad puede ayudar a identificar los riesgos significativos, quiénes serán los más beneficiados por una tecnología y la credibilidad de los agentes encargados de prevenir y gestionar el riesgo. Los temores y esperanzas del gran público no evolucionan al ritmo de los debates académicos ni se ajustan a las exigencias de coherencia científica y apreciación de detalles. Si los beneficios tangibles tardan demasiado en llegar, puede consolidarse una imagen refractaria de la ciencia, nutrida de temores previos infundados. El contraste con los valores y referencias socioculturales predominantes es más probable en contextos que suministran ejemplos constantes para desconfiar de los mecanismos de prevención y control de riesgos. Conviene prestar atención a la *estética conceptual* y el tipo de innovaciones creativas que surgen en paralelo a nuevas líneas de investigación, puesto que pueden inspirar relatos de gran influjo cultural y moral, con capacidad para condicionar la agenda política.

9. *Tendencias probables*: Reflexiones muy dispersas apuntan hacia un mismo futuro donde conceptos como enfermedad, normalidad, discapacidad y salud serán comprendidos desde una diversidad cultural, moral e histórica cada vez mayor. Coexistirán definiciones alternativas ('negociables') sobre qué pueda considerarse una mejora de la inteligencia, la memoria, el rendimiento físico y la longevidad. Se irá difuminando la percepción de mejora como "intervenciones dirigidas a mejorar el diseño o la función humana más allá de lo necesario para mantener o restaurar un estado de buena salud" [Eric T. Juengst], que consideraría *mejora cognitiva* una mayor capacidad para procesar información, p.ej. Conviene tener presente que *mejora funcional* no es sinónimo de *mejora humana*, puesto que puede no afectar a bienes intrínsecos. Una mejora de la memoria puede hacer a los individuos más infelices y vulnerables al sufrimiento.

Será inevitable ponderar y regular el acceso a mejoras que otorguen ventaja posicional, hasta que otros competidores naturales puedan acceder a ellas o para evitar que se implanten exclusivamente en función de criterios de productividad y eficiencia en el mercado. A medida que se incremente el catálogo de mejoras técnicamente posibles, con garantías de seguridad y especificidad, es muy probable que vayan siendo incluidas en la cartera de servicios de los sistemas sanitarios como medios eficaces para reducir la vulnerabilidad humana y promover *bienes naturales primarios*, es decir, capacidades y disposiciones mentales o físicas, hereditarias o adquiridas tecnológicamente, que pueden ser consideradas valiosas para un amplio espectro de proyectos y metas en la vida (Dov Fox).

CONCLUSIONES:

- a) Resulta muy difícil sistematizar de manera rigurosa y asequible para un público no especializado el estado de la cuestión en los debates sobre el desarrollo de tecnologías convergentes NBIC. Presentar de manera equilibrada y responsable los aspectos éticos y sociales derivados de su integración y convergencia constituye un verdadero desafío, puesto que incluso en el entorno académico las aportaciones responden a criterios de calidad y rigor muy heterogéneos. Es muy probable que sean los aspectos más visionarios y especulativos los que terminen configurando la percepción pública predominante, dada la complejidad de elementos a tener en cuenta para un análisis matizado y riguroso.
- b) Aunque no suelen recibir un tratamiento 'convencional', la mayor parte de los problemas éticos y sociales asociados con posibles aplicaciones de tecnologías NBIC son los que vienen abordándose ya en la reflexión bioética, en ética de la investigación clínica y en los estudios sociales de la ciencia. Pueden darse, por supuesto, casos de gran complejidad. En contexto clínico y forense pueden surgir casos difíciles de abordar desde los marcos conceptuales que respaldan los criterios científico-técnicos, jurídicos y morales predominantes en los debates actuales sobre las biotecnologías, neurociencias y tecnologías de la información. No obstante, se corre el riesgo de estar "reinventando continuamente la rueda en bioética", donde la falta de perspectiva en los debates oscurece la percepción de homogeneidad en aspectos éticos básicos (consentimiento informado, autonomía, equidad, confidencialidad, seguridad, participación y transparencia en los mecanismos de control del riesgo, etc.), aunque se planteen en dominios científico-técnicos muy diversos.
- c) En los debates sobre convergencia de tecnologías NBIC sería de enorme utilidad un mayor esfuerzo para discriminar los aspectos más visionarios y especulativos de aquellos que pueden suponer un auténtico desafío para los conceptos actuales de salud o normalidad funcional y enfermedad. En los debates sucesivos, probablemente se irá difuminando cada vez más la distinción entre *tratamiento* y *mejora*, con efectos apreciables en las políticas de salud pública y en la cartera de servicios sanitarios. Pero incluso en los estados más liberales parece poco probable que el recurso a tecnologías con eficacia probada para la mejora de rasgos de propósito general (inteligencia, memoria, rendimiento físico, parámetros básicos de salud) dependa en exclusiva de la capacidad adquisitiva individual o de las decisiones de los progenitores sobre su descendencia. No ocurre así con las tecnologías sanitarias y educativas actualmente disponibles para idénticos fines.

- d) Las estimaciones de riesgo-beneficio sobre tecnologías convergentes con presuntos fines de mejora y las dificultades para someterlas a evaluación bajo los criterios que han guiado la revisión ética tradicional de protocolos de investigación biomédica merecen una consideración detenida. No se pueden articular procesos de consentimiento informado razonables sobre aplicaciones técnicas cuya eficacia depende de asunciones muy confusas y arbitrarias sobre el tipo de resultados que constituirían una “mejora”. La ausencia de un marco regulador coherente al respecto abriría la puerta a múltiples formas de fraude o a intervenciones médicas en humanos irreversibles, costosas y de alto riesgo.
- e) Pese a todo, no existen limitaciones fundamentales, desde enfoques éticos, filosóficos y jurídicos diversos, para impedir el recurso a tecnologías convergentes NBIC con fines de mejora o potenciación de rasgos humanos de propósito general. Garantizada la seguridad, eficacia, validez y especificidad de las técnicas empleadas con tales propósitos, probablemente terminarían incorporándose antes o después a la cartera de servicios que ofertan muchos sistemas públicos de salud, como ocurre ya con muchos tratamientos no estrictamente terapéuticos (preventivos, paliativos y cosméticos, entre otros).
- f) Sorprende bastante el curso del debate sobre tecnologías de mejora en contraste con el debate sobre las biotecnologías agroalimentarias. En el segundo caso parece haber contribuido a crear una opinión pública abiertamente hostil hacia los cultivos y alimentos transgénicos, p.ej., con extensión a casi todas las técnicas de ingeniería genética, por su posible impacto ambiental y sobre la salud humana o animal. El núcleo de los argumentos suele descansar en interpretaciones restrictivas del principio de precaución, esgrimidas contra los numerosos informes de expertos e instituciones que aseguran su inocuidad o bajo riesgo sanitario y ambiental. Este mismo principio respalda las advertencias sobre riesgos sanitarios y ambientales de una liberación incontrolada de nano-partículas, en particular por su posible elevada toxicidad para trabajadores en la industria nanotecnológica. Sin embargo, ante tecnologías de riesgo previsible mucho mayor pero combinadas con fines de mejora (terapia génica somática o germinal, dopaje genético, implante de dispositivos electrónicos, interconexiones cerebro-máquinas, nano-robots y nano-sensores de utilidad médica, estimulación cerebral y neuromodulación de la respuesta emocional, rediseño del cuerpo humano mediante cirugía y regeneración o sustitución de órganos...) parece haberse impuesto el postulado del optimismo pragmático y la retórica post/trans-humanista. El resultado está siendo la difusión de una percepción tan ingenua como imprudente sobre las posibilidades de la técnica en un futuro inmediato y la perfectibilidad sin límites del cuerpo humano. Los niveles de riesgo asumibles en intervenciones destinadas a devolver la funcionalidad o reparar daños corporales altamente discapacitantes pueden resultar temerarios cuando se trata de potenciar capacidades ya presentes en condiciones de salud y normalidad funcional.
- g) El debate sobre las implicaciones éticas y sociales de las tecnologías convergentes NBIC es, en buena parte, un debate sobre prospectiva tecnológica en términos todavía muy especulativos y lastrado por grandes dosis de incertidumbre. Estas condiciones minan la consistencia tanto de planteamientos tecno-optimistas como de visiones catastrofistas del desarrollo tecno-científico. El alto número de variables a tener en cuenta y la complejidad de las interacciones a manejar en escenarios que implican dinámicas evolutivas muy heterogéneas en los ámbitos científico, tecnológico, económico y social refuerzan la conveniencia de optar por análisis de escenarios a corto o medio plazo, verosímiles a partir de lo que por el momento se consideran desarrollos naturales de las tecnologías y conocimientos disponibles. Los escenarios futuristas se prestan a tratamientos muy diversos y entretenidos en los relatos de ciencia ficción, pero pueden intoxicar considerablemente el debate sobre problemas éticos y sociales genuinos. Además, pueden alimentar una percepción pública abiertamente hostil o ingenuamente crédula acerca de líneas de investigación cuyos beneficios y riesgos potenciales pueden sorprender, inquietar o decepcionar en función de muchas variables no sujetas a previsión. Estas cautelas contribuirían a reforzar el valor proactivo de la reflexión ética, jurídica y social sobre las líneas de investigación y desarrollo tecnológico más dinámicas.