

Bioética y nanotecnología*

Beatriz Eugenia Campillo Vélez**, Pbro. Guillermo León Zuleta Salas***

Resumen

La revolución de la nanotecnología abre un mundo de posibilidades que hacen volar la imaginación; sus múltiples aplicaciones reviven promesas y temores que ya otros avances habían despertado, promesas que van desde la esperanza de encontrar la cura a cientos de enfermedades, extender la vida, conseguir nuevas capacidades para los humanos, hasta solucionar problemas domésticos y cotidianos como el lavado de la ropa, la conservación de alimentos por más tiempo, etc., y temores que abarcan desde la imagen de ejércitos de nanobots atacando, un mundo de espionaje perfeccionado e imperceptible, hasta la acción de nanofármacos que se salen de control.

Ante este panorama se hace necesario contar con la reflexión bioética, que en su diálogo con la ciencia nos acerque a las reales posibilidades y problemas que se pueden presentar, pero que también le proporcione a la comunidad científica una reflexión encaminada a mantener una actitud responsable en sus investigaciones y aplicaciones, pues una ética desligada de la ciencia se vuelve abstracta, y una ciencia desligada de la ética se deshumaniza. Pero su labor no termina allí; es necesario que dichas reflexiones sean el insumo para las regulaciones que el Estado deba hacer en materia jurídica.

Palabras clave: nanotecnología, bioética, revolución tecnológica.

Bioethics and nanotechnology

Abstract

The nanotechnology revolution opens a world of possibilities that make your imagination, its multiple

applications and promises revive fears and other developments had awakened. Promises ranging from the hope of finding a cure hundreds of diseases, extend life, get new capabilities for humans to solve domestic and everyday problems such as laundry, food preservation for longer, etc. And fears ranging from royalty attacking armies of nanobots, a world of sophisticated and undetectable spy action to nano-drugs that are out of control.

Against this background it is necessary to have the bioethics, as detached from ethical science becomes abstract, and a science divorced from ethics is dehumanized. But his work does not end there, it is necessary that these discussions are the input for the regulations that the State should do in legal matters.

Key words: nanotechnology, bioethics, technological revolution.

Bioética e nanotecnologia

Resumo

A revolução da nanotecnologia abre um mundo de possibilidades que fazem voar a imaginação; suas múltiplas aplicações revivem promessas e temores que já outros avanços tinham acordado, promessas que vão desde a esperança de encontrar a cura a centos de doenças, estender a vida, conseguir novas capacidades para os humanos, até solucionar problemas domésticos e cotidianos como a lavagem da roupa, a conservação de alimentos por mais tempo, etc., e temores que abarcam desde a imagem de exércitos de nanorrobótica atacando, um mundo de espionagem aperfeiçoada e imperceptível, até a ação de nano fármacos que se saem do controle. Ante este panorama se faz necessário contar com

* Esta reflexión hace parte de la investigación "Algunas implicaciones de la Nanotecnología: una perspectiva multidisciplinar" que desarrolla la Universidad Pontificia Bolivariana en convenio con la Universidad Católica de Oriente.

** Docente investigadora del Instituto de Humanismo Cristiano de la Universidad Pontificia Bolivariana. Magister (c) en Filosofía. Politóloga. Licenciado en Teología Moral (magna cum laude) en la P.U. Gregoriana (Roma, 1984). Se especializó en Bioética en el Instituto Louis Pasteur (París, 1984) y en Biogenética en el Centro Borja de Bioética (Saint Cujart Des y Valles. Barcelona, 1984). Es licenciado en Filosofía y en Educación Religiosa Escolar en la UPB. Doctor en Teología (Summa cum laude) de la UPB. Diplomado en Gestión Universitaria y Gerencia Administrativa. Miembro de la Comisión Teológica Internacional de la Ciudad del Vaticano y Miembro del Equipo de Reflexión Teológico Pastoral del CELAM. Docente de Bioética en la Escuela de Ciencias de la Salud de la UPB, Director del Instituto de Humanismo Cristiano (Instituto de Ética y Bioética, Doctrina Social y Espiritualidad), Director del Grupo de Investigación en Ética y Bioética (GIEB), Coordinador del Observatorio de Ética, Política y Sociedad y Decano de la Escuela de Teología, Filosofía y Humanidades en la misma Universidad. Miembro fundador del Centro Colombiano de Bioética (CECOLBE).

Correspondencia: Pbro. Guillermo León Zuleta Salas, email: guillermo.zuleta@upb.edu.co, y

Beatriz Eugenia Campillo Vélez, email: beatriz.campillo@upb.edu.co

Artículo recibido: 12/02/2014; Artículo aprobado: 03/06/2014

a reflexión bioética, que en su diálogo con la ciencia nos acerque a las reales posibilidades y problemas que se pueden presentar, mas que también le proporcione a la comunidad científica una reflexión encaminada a mantener una actitud responsable en sus investigaciones y aplicaciones, pues una ética separada de la ciencia se vuelve abstracta, y una ciencia

separada de la ética se deshumaniza. Mas su labor no termina ahí; es necesario que dichas reflexiones sean el insumo para las regulaciones que el Estado deba hacer en materia jurídica.

Palabras importantes: nanotecnología, bioética, revolución tecnológica.

Introducción

Una aproximación a la nanotecnología

El mundo de la nanotecnología o “nanomundo”, como muchos empiezan a llamarle, resulta ser fascinante pero también lleno de incertidumbre. La misma forma de denominarle genera de entrada grandes discusiones; para algunas corrientes es necesario diferenciar la “nanociencia” de la “nanotecnología”; es el caso de la Real Sociedad Británica que define “la nanociencia como el estudio y manipulación de partículas nanométricas, mientras que a la nanotecnología le compete el diseño, caracterización y producción de estructuras, dispositivos y sistemas en escala nanoscópica” (Cremades y Maestre, 2010, p. 22). Otros autores, por el contrario, conscientes de la gran dificultad práctica para hacer la distinción, optan por el término “nanotecnociencia”, como una rama de la tecnociencia, aunque, incluso, hay quienes, para saldar la discusión, han planteado el concepto de “nanología”. Sin embargo, la gran mayoría opta simplemente por hablar

de “nanotecnología”, y nosotros nos sumaremos a ellos, pues es el término que más se ha utilizado en la literatura científica, aunque una corriente de esta línea hace la sugerencia de hablar de “nanotecnologías” en plural, pues se trata de un campo con disciplinas convergentes y con diversas aplicaciones, cuyo punto de encuentro es sencillamente la escala nano.

Así pues, pareciera que respecto al nombre lo único realmente claro y sin discusión es que el prefijo *nano* alude al nanómetro como unidad de medida, el cual, a su vez, hace referencia a la milmillonésima parte de un metro, o expresado por notación científica 10^{-9} , lo que permite en escala de longitudes de 1 a 100 nanómetros la manipulación de átomos y moléculas, con la característica importante de que la materia a esa escala tiene un comportamiento distinto al que normalmente presenta en lo macro, pues varían las propiedades físicas, químicas y biológicas de los materiales, abriendo por tanto múltiples posibilidades que desafían los límites de la imaginación, pues como lo expresaba el nobel en física Richard Feynman “hay mucho espacio en el fondo”^{***}.

* Un intento de definición y distinción es la planteada por Ana Isabel Cremades y David Maestre, quienes afirman que “la nanociencia se refiere al campo de la investigación básica, es decir, al estudio de los fenómenos y las propiedades de los materiales a escala atómica o molecular, mientras que la nanotecnología se centra en el desarrollo de aplicaciones tecnológicas y dispositivos a escala nanométrica. Sin embargo, nanociencia y nanotecnología se hallan estrechamente ligadas y mantiene una línea de evolución conjunta. De hecho, el desarrollo de la investigación básica requiere de herramientas que solo la nanotecnología es capaz de generar, al igual que el diseño y fabricación de nanomáquinas y nanodispositivos necesitan de una serie de avances en el conocimiento científico aportados por la nanociencia. Por tanto, las fronteras que delimitan la nanociencia y la nanotecnología son tan difusas que podemos considerar ambas disciplinas como una única entidad dual, y así al referirnos a una u otra, tan solo estaremos acentuando una de estas dos realidades. Por norma general, en la actualidad se tiende a englobar ambas acepciones bajo el único término de “nanotecnología” (Cremades y Maestre, 2010, p. 22)

** “Gracias a los avances alcanzados por la nanociencia y la nanotecnología, se ha conseguido fabricar y analizar materiales con dos, una e incluso cero dimensiones. Al reducir el tamaño de la materia hasta límites atómicos, comienzan a evidenciarse nuevos fenómenos y comportamientos que contradicen las leyes de la física clásica y que por tanto requieren de una nueva física. La aparición de estas nuevas propiedades ópticas, electrónicas, térmicas, magnéticas, mecánicas y químicas, es lo que otorga a la nanotecnología la impronta de ciencia revolucionaria” (Cremades y Maestre, 2010, p. 29)

*** La conferencia de Richard Feynman “there is plenty of room at the bottom” en el Instituto de Tecnología de California en 1959, sentó las bases de la nueva disciplina, sin embargo es el profesor Taniguchi quien acuña el término de Nanotecnología en su artículo “On the basic concept of nanotechnology” en 1974. Posteriormente Eric Drexler popularizaría el término con su obra “Engines of creation: The coming Era of Nanotechnology” en 1986. El texto There's Plenty of Room at the Bottom puede consultarse en: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>

Se trata entonces de un conocimiento interdisciplinario, que se enmarca en la convergencia NBIC (nano-bio-info-cogno), que ha sacudido fuertemente al mundo científico, generando nuevas preguntas y cuestionando las leyes de la física clásica que parecían darse por sentadas. La nanotecnología se ha convertido, entonces, en un *boom* más de la tecnociencia*. Múltiples publicaciones, estudios y posibles aplicaciones aparecen a diario; “la nanoescala es el punto de encuentro de físicos, químicos, biólogos, médicos, e ingenieros” (Cremades y Maestre, 2010, p. 21) y tendríamos que agregar que cada vez más de bioeticistas, filósofos, teólogos, abogados, politólogos, sociólogos, entre otros.

La razón de su profunda incertidumbre se explica por su reciente desarrollo; apenas en 1983 G. Binning y H. Rohrer investigadores de los laboratorios de IBM en Zurich, desarrollaron el microscopio de efecto túnel, considerado como la primera “nanoherramienta”; seis años después, en 1989, G. Binning desarrolló el microscopio de fuerzas atómicas. En 1990, gracias a estos avances, se logró la escritura del logo de IBM con 35 átomos de xenón sobre una superficie de níquel, demostrando la posibilidad de la manipulación atómica. “Más recientemente se han desarrollado otras técnicas, como la litografía o la abrasión electrónica, iónica o fotónica, con las que se han conseguido construir objetos de tamaños nanométricos” (Cremades y Maestre, 2010, p. 25). En 1985 R. Smalley, R. Curi y H. Kroto descubren los fullerenos como nueva estructura del carbono, y en 1991 Lijima descubre los nanotubos de carbono, de los cuales se dice que son cien veces más resistentes que el acero, pero más ligeros y flexibles. “Estos y otros “nuevos materiales”, como los polímeros o las zeolitas, junto a materiales nanoestructurados en forma de nanopartículas, nanohilos, nanocintas, nanotubos o nanoesferas, han generado múltiples aplicaciones que continúan completando el solvente avance de la nanotecnología” (Cremades y Maestre, 2010, p. 26).

No obstante, la paradoja se hace presente, pues, aunque se dice que la creación de la na-

notecnología es muy reciente (incluso está en fase de investigación), ya muchas aplicaciones se encuentran disponibles en el mercado, en sectores tan diversos como las telecomunicaciones, la electrónica, la medicina, las energías renovables, la construcción, la alimentación, la industria textil, la agricultura, la cosmética, el deporte, entre otros, y ya reportan grandes ganancias tanto a la empresa pública como a la privada, quienes por demás han invertido presupuestos multimillonarios en dichos desarrollos.

Algunas de estas aplicaciones ya se pueden encontrar en nuestra vida cotidiana, como por ejemplo cosméticos y cremas fotoprotectoras incluyendo nanopartículas de óxido de titanio, material textiles cuya confección se emplean nanopartículas hidrófobas y bactericidas, pasta de dientes con nanopartículas que mejoran la absorción del flúor al esmalte, sistemas de ventilación con filtros antibacterianos fabricados con nanopartículas de plata, nanopartículas hidrófobas empleadas en la fabricación de vidrios y cristales, combustibles con catalizadores a base de nanopartículas de óxido de cerio, material sanitario con nanopartículas antibacterianas, biomarcadores ópticos basados en nanopartículas de silicio, procesadores más potentes y de menor tamaño, pigmentos en pinturas que aumentarán su resistencia, piezas dentales, envases para alimentos, neumáticos, material deportivo y un largo etcétera. (Cremades y Maestre, 2010, p. 31).

Sin embargo, la constante en la nanotecnología es que no están claros sus alcances, sus riesgos, y sus impactos tanto en el ser humano como en el medio en general, lo que ha suscitado cada vez más la necesidad de una reflexión ética y bioética, que incluso trascienda al mundo jurídico. Es de anotar que ya “en el seno de los Programas Marco VI y VII de la Unión Europea existe un área propia para la nanotecnología y un apartado, con financiación específica, denominado “nanoética” (Casado, 2010, p. 11). No obstante, el mismo

* “La circunstancia práctica es la alianza reciente entre el saber científico y el saber técnico, que ha dado lugar a la llamada “tecnociencia” que ya no permite deslindar, como antes, entre la labor que tiene por objeto el conocimiento y la que tiene por objeto la determinación de los modos de hacer” (García, 2010, p. 38)

término genera inquietudes, sumado al término de “nanobioética”, pues aunque se puede intuir que dichos neologismos solo tienen la intención de llamar la atención frente a la cada vez más perentoria necesidad de la reflexión ética, también aparecen voces que cuestionan hasta qué punto es conveniente o no crear palabras nuevas, y hasta dónde se está tomando con la debida seriedad la epistemología de conceptos que pretender fungir como nuevas áreas del conocimiento. Mientras tanto, digamos que al menos se ve como hecho muy positivo el que la reflexión ética y bioética se esté planteando como necesaria desde el comienzo, incluso por los científicos, más aún cuando en el caso de la nanotecnología, se tiene el reto de tratar de comprender “una realidad invisible que permite la producción de materiales que conllevan un cambio de escala en las formas de vida cuyo impacto y aceptabilidad públicas no tiene referentes previos” (Casado, 2010, p. 12).

Es cierto que el alto grado de incertidumbre aún no permite hablar claramente de problemas y medidas; por ejemplo, el “impacto de las nanopartículas en la salud humana, la acumulación preferencial en ciertos órganos, los umbrales de absorción por el cuerpo humano, los efectos sobre la estructura de la célula, la función y la interacción, la toxicidad y la eliminación de respuestas inmunológicas, por no mencionar aspectos relativos a la intrusión de la privacidad personal y la seguridad medioambiental” (Casado, 2010, p. 13). No obstante, se insiste en intentar adelantar la reflexión ética y bioética, incluso acudiendo al planteamiento de escenarios futuros, los cuales permiten dilucidar riesgos antes de que ellos sucedan; por tanto, no hay que desechar lo que la literatura y el cine plantean sobre el tema, pues finalmente permiten analizar la inventiva humana hacia dónde está dirigida. Algo similar hacen los científicos: buscan imaginar algo y luego se preguntan cómo conseguirlo. En este sentido es importante la reflexión que pueda aportar una ética de una perspectiva futuro-presente, tal y como lo aconsejan Jonas, Habermas y hasta el mismo Potter al proponer la bioética, pues es cierto que, “a lo largo de la historia, toda revolución tecnológica ha acarreado, inevitablemente, una serie de efectos secundarios negativos, como la sobreexplotación de recursos, el impacto medioambiental, el aumento de

armamento militar o la generación de desigualdades sociales” (Cremades y Maestre, 2010, p. 28), pero también es cierto que de otra forma no se hubieran conseguido adelantos tan significativos que no solo han facilitado, sino también preservado la vida en el planeta, por lo que se debe intentar controlar dichos riesgos y tratar de minimizar los efectos secundarios hasta donde sea posible.

Analicemos ahora el origen de la bioética para llegar a su reflexión sobre la nanotecnología.

Las preocupaciones de Van Reansselaer Potter

Cuando Van Reansselaer Potter en la década de los 70 propone la bioética –retomando el término que había empleado Fritz Jahr– como un puente hacia el futuro, lo hace inspirado en tres grandes situaciones que se estaban presentando:

Primero, en su ejercicio como médico se enfrenta a un cambio de paradigma, donde se pasa de un modelo centrado en el paternalismo (el médico y la enfermera deciden por el paciente a quien se le ve como un menor de edad, en el sentido kantiano) a un modelo centrado en la autonomía del paciente (es decir, donde el paciente cada vez está mejor informado y toma un papel más activo). Este modelo, hay que reconocerlo, tiene una buena intención, en tanto evita los abusos a los que se vieron enfrentadas algunas personas, quienes en muchos casos fueron utilizados sin su conocimiento ni consentimiento como cobayas para la investigación y la experimentación, especialmente en regímenes autoritarios como el alemán o el del Japón en los cuales se violaban su dignidad y sus derechos humanos; asimismo, este modelo, centrado en la autonomía, abrió la puerta a la “medicina del deseo”, donde impera una lógica economicista: el paciente suele verse a sí mismo como cliente, es él quien toma las decisiones, pero el médico sigue siendo responsable. Potter se enfrenta a la pregunta ¿cómo ejercer la medicina?

El segundo cuestionamiento tiene que ver con el sentido mismo de la ciencia. Potter está viviendo el mundo bipolar de la Guerra Fría,

donde las dos grandes potencias se están enfrentando y no solamente desde su ideología; mostrar avances en el campo militar permite la disuasión del enemigo y en ese sentido los avances de la ciencia y la tecnología serán decisivos, como ya lo había sido el proyecto Manhattan en la Segunda Guerra Mundial. Así, los biólogos moleculares, genetistas y demás científicos son convocados a mejorar las armas de destrucción masiva, o a legitimar discursos de ideologías políticas desde la ciencia. Nos enfrentamos, pues, a lo que en términos orteguianos podríamos llamar el “terrorismo de los laboratorios”.

La tercera preocupación de Potter, ligada a la anterior, es la supervivencia de la vida en el planeta, tanto del ser humano como del Bios en general, pues existía una amenaza latente, como lo expresaba Einstein “Yo no sé cómo será la Tercera Guerra Mundial, pero sí sé cómo será la Cuarta: con palos y piedras” (Chirinos, 2004, p. 62). Por tanto, la bioética sería ese puente hacia el futuro que permitiría la supervivencia, así lo explica Potter: “Elegí bios para representar al conocimiento biológico, la ciencia de los sistemas vivientes; y elegí ética para representar el conocimiento de los sistemas de valores humanos” (Potter, 1975).

Reflexiones sobre la nanotecnología

Aunque los contextos históricos son distintos, los desafíos que plantea la nanotecnología nos hacen ir necesariamente ante las mismas preguntas que en su momento abordó Potter y que le sirvieron para darle el corpus a la bioética, preocupaciones que llevan a algunos autores a plantear incluso la necesidad de hablar de una nanobioética, que en sí no es una nueva disciplina, sino un neologismo que tiene una justificación pragmática: subrayar la importancia de la reflexión bioética en la nanotecnología.

La primera realidad con la que nos encontramos es que la nanotecnología ya está presente

y al alcance de la mano de cualquier consumidor. Son múltiples los productos que la integran y que pueden encontrarse en el mercado; asimismo, se publica una gran cantidad de noticias y vídeos que hacen referencia a estos avances, por lo que el neologismo ya hace parte de nuestro lenguaje, aunque muchos seguramente no tengan claro a qué se refiere. En ese sentido hablamos de unas investigaciones que aún están en construcción, pero que pasan rápidamente de los laboratorios a los supermercados y de allí a las casas. El consumidor, en apariencia, es autónomo de elegir estos productos o no, pero al ciudadano se le ha dejado de lado, es decir, no se ha dado la oportunidad de hacer una reflexión profunda que lleve a aclarar las preguntas, dudas, prejuicios, alcances, y que le permitan tener un criterio sobre qué aplicaciones estamos dispuestos a aceptar y utilizar, y cuáles preferimos no aceptar o al menos esperar un grado más avanzado de la ciencia. A esta necesidad se le ha llamado “nanodiálogo”, un proceso de democratización que rescate la figura del ciudadano, y donde la industria así como la comunidad científica privada y pública, puedan evitar los extremos, tanto las promesas salvíficas que al no cumplirse dejan en un mal lugar a la ciencia, como los temores extremos que pueden privarnos de avances realmente positivos. Pero también se abre el espacio para analizar las posibles amenazas o riesgos que puedan darse, los cuales no siempre son evaluados por las industrias, con responsabilidad, antes de salir al mercado, sino que, por el contrario, es conocida la estrategia de popularizar una tecnología y mostrarla como una gran conquista para evadir los cuestionamientos éticos, pues, de hacerlo al contrario, seguramente algunos productos se frenarían, lo que representaría pérdidas económicas que algunos actores no están dispuestos a soportar. Como lo explica Habermas:

El argumento de la “rotura de diques” no suena tan alarmista si se piensa en el uso retrospectivo que los *lobbies* (...) hacen de precedentes no reflexionados y prácticas convertidas imperceptiblemente en costumbre (...) para dejar de lado los

* “... el médico usa, maneja los resultados de unas ciencias, pero no suele ser, ni poco ni mucho, hombre de ciencia, alma teórica. La buena fortuna, el favor del ambiente social suele exorbitarnos, nos hace petulantes y agresivos. Esto ha acontecido al físico, y por eso la vida intelectual de Europa ha padecido durante casi cien años lo que pudiera llamarse ‘el terrorismo de los laboratorios’” (Ortega y Gasset, 1969, p. 298)

reparos morales con un encogimiento de hombros y un “demasiado tarde” (Habermas, 2009, p. 33)

Frente a la segunda preocupación de Potter, el Estado no es el único actor que aparece en la globalización, lo que hace que el poder sea más difuso, más difícil de identificar quién lo ejerce y qué persigue; por tanto, no es tan sencillo diferenciar qué es lo público, qué es lo privado, ni quién financia las investigaciones. Esta incertidumbre es una característica propia de este nuevo orden mundial, lo que hace aún más compleja la relación entre la ciencia y el poder, porque no siempre hay neutralidad para las regulaciones o controles necesarios. Son conocidas las altísimas inversiones que los Estados y entidades privadas vienen haciendo en la nanotecnología, esperando naturalmente obtener ganancias, lo que genera dilemas en cuanto a la responsabilidad ética frente a la alta competitividad con los demás actores.

También hay otros escenarios que merecen ser evaluados desde el uso que actores no legales puedan hacer de estos avances tecnológicos; de allí que hoy se hable de un posible nanoterrorismo; hasta la forma en la que algunas industrias podrían verse afectadas por productos excesivamente duraderos, dilema que ya había propuesto la obsolescencia programada, pasando por el ya común y no menos importante debate sobre la brecha entre países desarrollados y subdesarrollados.

En cuanto a la tercera preocupación de Potter, no hay datos concretos, pero el tema de la supervivencia aquí estaría particularmente expresado por la toxicidad de las nanopartículas, la forma como interactuarían con el medio e, incluso, en nuestros cuerpos.

[...] basta revisar la mayor parte de los informes y documentos que advierten pero no precisan riesgos o efectos secundarios, puesto que lo que es evaluable como la toxicidad, la trazabilidad del ciclo de vida y la biodegradación de los nanomateriales, a su vez depende de factores múltiples incluyendo el tamaño, la superficie, la composición química, la forma, la agregación, la cobertura, la solubilidad así como de las diferentes formas de biointeractividad sea por polución, crónica o esporádica, y por exposición o transporte dérmico, gastroin-

testinal, pulmonar, celular, y ya en el sistema circulatorio llegar a cruzar la barrera hematoencefálica. (Buxó, 2010, p. 69)

Hacia una bioética de la responsabilidad

El discurso de Potter podemos complementarlo con el de Jonas, quien habla de una ética de la responsabilidad orientada hacia el futuro. No se trata pues de una ética que se ejecutaría en el futuro, sino que desde el presente se toman las precauciones pensando en lo que se podría generar en el futuro si no se hicieran; esa “heurística del temor” no es simplemente miedo, no es paralizante, se trata de ser responsables particularmente con la continuidad de la vida en el planeta.

Jonas propone un nuevo imperativo: “Actúa de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica”, o expresándolo de modo negativo: “No pongas en peligro la continuidad indefinida de la humanidad en la Tierra” (De Siqueira, 2009, p. 172).

En este mismo sentido se pronuncia Habermas, resaltando la necesidad de analizar todas las opciones, porque podrían ser posibles:

No me importa si tales especulaciones expresan chifladuras o pronósticos dignos de tomarse en serio, necesidades escatológicas diferidas o nuevas variedades de una ciencia de la ciencia ficción; a mí sólo me sirven como ejemplo de una tecnificación de la naturaleza humana que provoca un cambio en la autocomprensión ética de la especie, un cambio que ya no puede armonizarse con la autocomprensión normativa de personas que viven autodeterminadamente y actúan responsablemente (Habermas, 2009, p.61)

Se necesita entonces una ética de la obligación, del compromiso y la responsabilidad. El ser humano está constitutivamente ligado a los demás, a la vida, a los ecosistemas, a la naturaleza; de allí que se hable de una alianza, de ahí que todos debamos ser responsables, aunque algunos no cumplan. El problema no es de iniciativas, no es frente a qué se puede o

no investigar, ni las puertas que la nanotecnología abre, pues ella no es buena ni mala *per se*; somos nosotros como seres humanos, y de manera especial la comunidad científica, la industria y los entes estatales quienes debemos ser responsables. La libertad en la investigación tiene que ir acompañada de la responsabilidad. No se trata de volver al modelo paternalista de mandato-obediencia, propio de la ética latina, donde sencillamente se declaraban moratorias a la investigación; ni de ser autónomos a ultranza como la tradición anglosajona llevó a pensar, es decir, como libertad absoluta. Se trata de ser responsables, autónomamente responsables, con las propias obligaciones que se nos imponen de modo absoluto aunque los demás no las cumplan, aunque se vuelva su cumplimiento en contra de nosotros mismos y nos lleve a correr la peor suerte. Ser responsable y ser autónomo es ser fiel a la realidad, vivir en continua actitud de compromiso y trabajar individualmente, social e históricamente en la determinación de nuestros deberes concretos y en la asunción de nuestras responsabilidades. De allí que se deban conseguir unas sociedades responsables, es decir, una cultura de la responsabilidad frente a una cultura de la autonomía, del contrato, del éxito, de la ganancia, del lucro, del interés, de la utilidad; en síntesis una ética de la responsabilidad (Cf. Zuleta, 2009).

Referencias bibliográficas

- Barbé, E. (2007). *Relaciones internacionales*. Madrid: Tecnos.
- Buxó, M. (2010). *Nanodiálogo: la comunicación y la implicación pública en los avances nanobioteconológicos*. En: Casado González, María (ed.). *Bioética y nanotecnología*. Navarra: Thomson Civitas.
- Casado González, M. (2010). *Introducción. Bioética y nanotecnología*. Navarra: Thomson Civitas.
- Chirinos, J. (2004). *Albert Einstein Cartas probables para Hann*. Bogotá: Editorial Norma,
- Cózar, J. (2010). *Nanotecnología, salud y bioética (Entre la esperanza y el riesgo)*. España: Junta General del Principado de Asturias Sociedad Internacional de Bioética (SIBI).
- Cremades, A. y Maestre, D. (2010). *Nanociencia y nanotecnología*. En: Casado González, M. (ed.). *Bioética y nanotecnología*. Navarra: Thomson Civitas.
- De Siqueira, J. (2009). El principio Responsabilidad de Hans Jonas. *Revista Bioethicos-Centro Universitário São Camilo*, 3(2), 171-193. Recuperado de <http://www.saocamilo-sp.br/pdf/bioethikos/71/171-193.pdf>
- García, R. (2010). ¿Necesitamos una *nanoética*? (la *nanoética* como disciplina específica). En: Casado González, M. (ed.). *Bioética y nanotecnología*. Navarra: Thomson Civitas.
- Habermas, J. (2009). *El futuro de la naturaleza humana ¿hacia una eugenesia liberal?* Barcelona: Paidós.
- Jonas, H. (1997). *Técnica, medicina y ética: sobre la práctica del principio de responsabilidad*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Ortega y Gasset, J. (1969). *Obras completas*. Vol. 7. Madrid: Editorial Alianza.
- Potter, V. (1975). Humility with responsibility: a Bioethics for oncologists: presidential address. *Cancer Research*, 35(9), 2297-306.
- Zuleta Salas, G. L. Conferencia "Ubicación de la ética". Rionegro, 2009.