

Nanobioética, fundamento de la nanoseguridad y la nanodefensa

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

RESUMEN: El auge de la nanotecnología genera nuevos cuestionamientos, no sólo en las aplicaciones innovadoras, sino también en la reflexión de riesgos que pueden aparecer. En este artículo pretendemos realizar un acercamiento a ese escenario actual y desde allí aproximarnos al discurso de la nanoseguridad y la nanodefensa, desde donde también haremos alusión al nanoterrorismo, campo que los Estados deben empezar a considerar abriendo una suerte de nanodiálogo con los ciudadanos.

Este cuidado de la vida debe estar ligado a una reflexión bioética de la nanotecnología, que será objeto de reflexión en la segunda parte de este texto, una nanobioética que permita identificar los principios ontológicos que no son negociables, no como freno a la ciencia y a la técnica sino como un intento de humanizarla, de indicarle siempre a todo Hombre como su verdadera razón de ser.

PALABRAS CLAVE: Nanobioética, nanodefensa, nanoseguridad, nanoterrorismo, nanodiálogo.

ABSTRACT: Nanotechnology boom generates new questions, not only in innovative applications, but also in the reflection of risks that may appear. In this article, we intend to carry out an approach to this current scenario and from there we approached the speech of the nanosafety, nanosecurity and nanodefense, whence also we will make reference to the nanoterrorism, a field that States must begin to consider opening a kind of nanodialogue with the citizens. This life care must be linked to a nanotechnology bioethical reflections, which will be the subject of reflection in the second part of this text, a nanobioethics that allows to identify ontological principles which are not negotiable, not as a brake to the science and technique but as an attempt to humanize it, always indicate to every Man as his true reason for being.

KEYWORDS: Nanobioethics, nanodefense, nanosecurity, nanosafety, nanoterrorism, nanodialogue.

Recibido: 30 de julio de 2017. Aceptado: 8 de septiembre de 2017.

* Licenciado en teología moral (*magna cum laude*) en la P.U. Gregoriana (Roma). Especializado en bioética en el Instituto Louis Pasteur (París) y en biogenética en el Centro Borja de Bioética (Saint Cujart Des y Valles. Barcelona). Licenciado en filosofía y en educación religiosa escolar y doctor en teología (*Summa cum laude*) por la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia. Miembro del Grupo de Investigación en Ética y Bioética (GIEB). Docente titular de la Facultad de Teología UPB. ORCID: 0000-0003-1191-9090.

Oficina: Circular 1 No. 73-34, Bloque 22 | Medellín, Colombia - Tel: +57(4)354 45 52 | Ext. 13284.

Correo electrónico: (guillermo.zuleta@upb.edu.co).

** Politóloga y magíster en filosofía por la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia. Diplomada en seguridad y defensa convenio Escuela Superior de Guerra y Universidad Pontificia Bolivariana. Miembro del Grupo de Investigación en Ética y Bioética (GIEB). Docente asociada del Instituto de Humanismo Cristiano UPB. ORCID: 0000-0002-5772-6529.

Oficina: Circular 1 No. 73-34, Bloque 22 | Medellín, Colombia - Tel: +57(4)354 45 52 | Ext. 13284.

Correo electrónico: (beatriz.campillo@upb.edu.co). Página web: www.beatrizcampillo.com

Introducción

El escenario internacional de la globalización plantea nuevos desafíos en distintos ámbitos, uno de los más importantes es sin duda la agenda de seguridad y defensa, que en tiempos recientes se ha interpretado de una forma más amplia donde ya se cuenta: la bioseguridad, la seguridad ciudadana, la seguridad humana, la seguridad informática, la seguridad jurídica, la seguridad laboral y muchas más. Una agenda que después del 11-S ha tenido también el tema del terrorismo presente como un enemigo a enfrentar por parte de los Estados. La nanotecnología no escapa a esta realidad, por lo cual recientemente se ha hecho necesario hablar también de la nanodefensa, no sólo orientada a unas buenas prácticas (campo al que normalmente se le denomina nanoseguridad), sino a la necesidad de aprovechar estos avances en el ámbito militar para crear protección ante posibles ataques, incluso aquellos que algunos catalogan desde ya como nanoterrorismo.

No obstante, cada vez es más complejo que ellos —los Estados— conserven el monopolio de la fuerza, tal y como lo muestra Joseph Nye en su tablero de ajedrez tridimensional donde explica que el sistema de la globalización está marcado por las relaciones transnacionales,¹ es un mundo interconectado, con poderes difusos, y si bien está lleno de oportunidades, también es un mundo lleno de incertidumbres y por lo tanto más vulnerable a diversos ataques. Esta vulnerabilidad está dada en el marco de las guerras de cuarta generación, donde los grandes tanques de combate o los aviones bombarderos parecen inservibles ante unos ataques que no solo integran ciencia y tecnología de punta, sino que hacen de la asimetría su mejor estrategia, piénsese, por ejemplo, en la dificultad de identificar a los combatientes y separarlos de la población civil, o el reto de diferenciar cuándo se está haciendo investigación en laboratorio con aplicaciones meramente comerciales e inofensivas o cuándo se hace para crear armas potencialmente letales. Por ello, que el tema de seguridad y defensa no esté reservado a los Estados o a los ejércitos como era en las guerras regulares y que encontremos por un lado redes de terrorismo y por el otro empresas o agentes privados con alta

¹ Joseph Nye plantea que el poder en el mundo de la globalización se organiza de una forma que se asemeja a una compleja partida de ajedrez tridimensional, señala que el tablero superior estaría dominado por el ámbito militar en una suerte de unipolarismo, el del centro por las relaciones económicas en un híbrido unimultipolar, pero advierte que, “el tablero inferior es el reino de las relaciones transnacionales, que rebasan las fronteras, quedando fuera del control gubernamental. Este reino incluye en un extremo a agentes no estatales tan diversos como los banqueros que transfieren electrónicamente sumas de dinero mayores que la mayoría de los presupuestos nacionales, y, en el otro, a los terroristas que organizan atentados y a los piratas informáticos que interfieren las operaciones realizadas por Internet. En este tablero inferior el poder está muy disperso y en él no tiene sentido hablar de unipolaridad, multipolaridad o hegemonía”. NYE, J. (2003). *La paradoja del poder norteamericano*. Taurus: 66 y 67. (Citado por: Barbé, 2007: 277).

capacidad de maniobra en estas materias, hacen que el mundo tienda a ser un lugar más complejo y lleno de incertidumbres.

Nadie pensaría hace unas décadas que un libro, o una carta que no contienen ningún tipo de explosivos se pudieran convertir en un arma letal, sin embargo, los ataques con carbunco (ántrax) en Estados Unidos en 2001 prendieron las alarmas, más aun cuando al hacer investigaciones forenses descubrieron que en la carta analizada el 15 de octubre en el Instituto de Enfermedades Infecciosas del Ejército Estadounidense en Fort Detrick (USAMRIID) el polvo era tan fino que incluso llegaba a comportarse como un gas, siendo más difícil de detectar y por supuesto de combatir, pues el aire le servía fácilmente para dispersarse (*National Geographic*, 2006). No hay que olvidar que las armas biológicas e incluso las químicas se han conocido como “la bomba atómica del hombre pobre”², por su bajo costo, fácil manejo en el transporte y camuflaje, y un altísimo impacto como arma de destrucción masiva.

La pregunta es clara, ¿qué podríamos esperar si el ataque se hubiera dado con nanopartículas?, probablemente su detección sería más difícil (o imposible) y no sabemos si su acción fuera más rápida y letal. El escenario del nanoterrorismo hay que tomarlo en serio y los Estados deben prepararse, pues hasta ahora el discurso de la nanotecnología en el campo de la defensa se ha enmarcado más en las ayudas al soldado en el campo de batalla³ y no tanto en lo que se pudieran ver afectada la población civil ante un mal uso de estos avances.

Pero, ¿qué tiene que ver en todo esto la bioética?, pues bien, de la misma manera que Potter en la década de los años 70 del siglo XX se preguntaba por la finalidad de la ciencia y hacía un llamado a velar por la supervivencia, inspirado también en la amenaza nuclear propia de la Guerra Fría; hoy es necesario retomar estas reflexiones actualizándolas a los nuevos desafíos, y de la mano de la ética de la responsabilidad de Hans Jonas analizar los posibles escenarios futuros que plantea la nanotecnología, tanto en sí misma, como los posibles usos que puedan hacerse, incluso por fuerzas que escapan a la legalidad. Se trata pues de una heurística del temor, no paralizante, sino cautelosa, una suerte de “autodefensa anticipada”. Por tanto, en el presente texto

² Esta expresión no sólo aparece en el documental de *National Geographic* que se referencia, sino también en el libro “Lo malo y lo feo de los microbios” de Charles Volcy (2004), donde reconoce que las armas biológicas han escapado del control de las potencias tradicionales, cayendo en las manos de países del tercer mundo (p. 323).

³ “Los futuros conflictos armados seguirán siendo asimétricos, ocasionados por bandas y grupos terroristas o actores no gubernamentales. Las nanotecnologías tendrían un papel trascendental en las operaciones militares ofreciendo mayores capacidades de medida por los sensores y mejores tecnologías de la comunicación que son necesarias para que con un número pequeño de unidades, con gran potencia de fuego, se pueda neutralizar al adversario. La guerra convencional demanda el empleo de la tecnología más sofisticada, mientras que la guerra asimétrica se basa en una inteligencia más sofisticada y un soldado mucho más eficiente mediante el uso de la nanotecnología.” (Gómez Pardo, 2014: 209).

nos proponemos hacer un panorama del escenario actual de la nanotecnología en estas dos grandes dimensiones, la nanoseguridad y la nanodefensa, para finalmente acercarnos a la reflexión bioética o nanobioética (como ya se le llama) que les sirve de fundamento.

El escenario

En este primer apartado nos acercamos a las construcciones que se han elaborado de la nanoseguridad en su doble vía como *nanosafety* y como *nanosecurity*, dos dimensiones que hoy no están tan separadas. Por otro lado, miraremos la nanodefensa y su antítesis el nanoterrorismo. Todo ello para descubrir que tanto al discurso de la seguridad como al de la defensa, en términos amplios, le subyace un argumento de cuidado del *bios* que naturalmente nos refiere a la bioética, no sólo por su preocupación por la supervivencia que ya apuntábamos, sino porque durante décadas ha sido la disciplina que ha puesto a conversar a la ciencia con el humanismo.

Nanoseguridad

Cuando hablamos de nanoseguridad no estamos refiriéndonos a una seguridad pequeña o de poca importancia, todo lo contrario, el prefijo nano simplemente habla de la escala en la cual se está trabajando y es que con el auge de la nanotecnología se abren nuevas posibilidades, desde desarrollos altamente prometedores en materia de salud y sostenibilidad ambiental, como el mejoramiento de algunos procesos o productos que utilizamos de forma cotidiana; pero también nos enfrentamos a riesgos de distintos tipos y es justamente ésa la razón por la cual se hacen necesarias reflexiones multi e interdisciplinarias que busquen el buen equilibrio entre el avance de la nanotecnología y los debidos cuidados que se deben tener para que ésta no cause daño, pero tampoco que se nos prive de sus posibles beneficios. En otras palabras, es algo que inicia desde el campo bioético (poniendo en diálogo la ciencia, la técnica y la ética), que debe pasar al mundo biojurídico, para finalmente traducirse en acciones concretas de nanoseguridad de una forma integral, es decir, en las dos dimensiones que el inglés diferencia bajo las palabras *safety* —seguridad operacional para la reducción del número de accidentes, encaminada a la prevención— y *security* —seguridad física, control de incidentes, encaminada a la protección—. En otras palabras, se apunta a evitar el riesgo previsible (acción proactiva), pero también es intentar tener control del mismo si llegase a ocurrir, capacidad de respuesta (acción reactiva).

Vale la pena mencionar que la línea que separa esas dos dimensiones que diferencia el inglés, se muestra muy delgada, especialmente cuando el accionar de la tecnología en un laboratorio puede afectar tanto a operarios como a la sociedad en general; ésta es una de las lecciones aprendidas después del desastre en Fukushima y que hoy se aplica a la nanotecnología:

Tradicionalmente, la distinción entre *safety* y *security* en general se ha explicado por referencia al elemento de intención, como lo ilustra el discurso político del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) sobre seguridad y protección nucleares. Sin embargo, el desastre nuclear en Fukushima tras el terremoto del 11/3, con una exposición potencialmente más devastadora y generalizada, y la contaminación de la radiación, ha demostrado la delgada línea entre la seguridad nuclear y la protección nuclear. A medida que el volumen de ENMs (nanomateriales de ingeniería) y productos relacionados aumenta rápidamente en todo el mundo, una amplia e incontrolada liberación de sustancias nocivas puede ser vista como una amenaza existencial a las condiciones que permiten a las sociedades modernas funcionar.⁴ (Nasu y Faunce, 2013: 417)

Entender esta conexión es lo que nos permite justificar que las reflexiones éticas no pueden quedarse encerradas como simples buenas prácticas de laboratorio (*safety*), ni como una ética empresarial, sino que deben ser tomadas en un sentido bioético amplio como aquellas acciones a ser cuidadas y previstas porque afectan el *bios*, la sociedad, la supervivencia, por lo cual el Estado debe integrarlas en sus reflexiones de seguridad ante posibles escenarios de riesgo (*security*).

Pero ¿a qué riesgos nos referimos?, en primer lugar, tanto la nanotecnología como la nanociencia son campos de estudio más o menos recientes, pero en los cuales se ha invertido mucho capital privado y público. Desde el punto de vista comercial, su aparición en el mercado fue excesivamente rápido, así se intuye que probablemente no se han dado aún los suficientes estudios sobre la toxicidad o no de las nanopartículas, tanto para el consumidor como para quien fabrica los productos, teniendo claro que estos últimos están más expuestos.⁵ En otras palabras, sabemos que no todas las sustancias son tóxicas, y mal haríamos en condenar o satanizar las nanopartículas, pero resulta que algunos materiales nanoestructurados cambian su comportamiento y la forma en la que interactúan con su entorno por lo que son necesarios estu-

⁴ Traducción propia. Textual en inglés: “Traditionally, the distinction between safety and security in general has been explained by reference to the element of intention, as illustrated by the policy discourse of the International Atomic Energy Agency (IAEA) on nuclear safety and security. However, the nuclear disaster in Fukushima following the 11/3 earthquake, with potentially more devastating and widespread exposure and contamination of radiation, has arguably demonstrated the fine line between nuclear safety and security, where no harmful intention was present. As the volume of ENMs (engineered nanomaterials) and related products rapidly increases across the world, a wide and uncontrolled release of harmful nano-substances may well be seen as posing an existential threat to the conditions that allow modern societies to function.”

⁵ “En la actualidad, la concentración de nanomateriales artificiales en el ambiente general es baja, por lo que los lugares más expuestos a los riesgos asociados a las nanopartículas son las industrias que fabrican o procesan productos con nanomateriales y los laboratorios de investigación. En este sentido, cabría esperar que los manipuladores de nanomateriales fuesen conscientes de los riesgos potenciales y actuaran en consecuencia, pero la realidad dista mucho de esa situación ideal.” (Balas, 2015).

dios, procesos de estandarización, y monitoreo constantemente. Un ejemplo valioso sobre el destino final de los nanomateriales en el medio ambiente, que es en sí una advertencia en torno a dónde se pueden esperar los efectos no deseados de los nanomateriales, de haberlos, es el trabajo de Keller *et al.* (2013), entre otros (por ejemplo, Gottschalk *et al.*, 2015; Yin Sun *et al.*, 2016).

En aquellas situaciones que puedan llegar a ser tóxicas, hay un riesgo evidente, y aunque es una preocupación bioética (en tanto prevención), como problema es eminentemente de carácter técnico, es decir, es probable que sea superado al ganar mayores conocimientos. Aquí nos referimos al riesgo asociado a la misma escala en la que se trabaja la nanotecnología, la pregunta clave es ¿cómo lograr proteger a las personas que por su actividad en laboratorio o de empresa están altamente expuestas a las nanopartículas?, esto es, ¿de qué manera podemos hacer materiales que a su vez impidan el paso de ellas?, ¿cómo lograr que no sean introducidas al cuerpo por inhalación, ingestión o penetración cutánea?⁶

De momento, aunque hay ciertas precauciones y se sugieren protocolos, hay dificultad para protegernos de aquello que se manipula (incluyendo los productos nanohabilitados desechados y otros residuos nano; CIEL, 2016), no debemos olvidar que debido a su tamaño existe una alta posibilidad de que la materia a esta escala tan sumamente pequeña interactúe con nuestro organismo penetrando en nuestras células alcanzando no sólo el citoplasma sino también su núcleo. Esta característica muy prometedora en la nanobio-medicina, por ejemplo, en cuanto a la búsqueda de la cura del cáncer, pues permitiría trabajar desde el interior de las células, puede ser beneficiosa desde obtener el control de un fármaco, pero también genera cuestionamientos sobre lo perjudicial que puede ser de no tener control sobre dicho elemento, el cual incluso en sí mismo podría ser nocivo.

Al respecto, Delgado (2009) llama la atención sobre el alto grado de incertidumbre sobre los riesgos, advierte: “se puede dilucidar que los poten-

⁶ “La **inhalación** es la vía más frecuente de exposición a las nanopartículas que se propagan por el aire en el lugar de trabajo. Las nanopartículas inhaladas pueden depositarse en las vías respiratorias y en los pulmones, dependiendo de su forma y tamaño. Después de la inhalación, pueden atravesar el epitelio pulmonar, introducirse en el torrente sanguíneo y llegar a otros órganos y tejidos. Se han encontrado también algunos nanomateriales inhalados que habían llegado al cerebro a través del nervio olfativo. La **ingestión** puede producirse por contacto involuntario de la mano y la boca después de tocar superficies contaminadas o por ingestión de alimentos o agua contaminados. La ingestión puede ocurrir como consecuencia de la inhalación de nanomateriales, dado que las partículas inhaladas que se eliminan de las vías respiratorias a través del sistema mucociliar pueden tragarse. Algunos nanomateriales ingeridos pueden atravesar el epitelio intestinal, introducirse en el torrente sanguíneo y alcanzar otros órganos y tejidos. La penetración **cutánea** es aún objeto de investigación. La piel intacta parece ser una buena barrera frente a la absorción de nanomateriales. Si la piel está dañada, al parecer resulta menos eficaz, pero el nivel de absorción es probable que sea menor que el que se produce por inhalación. No obstante, lo anterior, el contacto con la piel debe evitarse y controlarse igualmente.” (European Agency for Safety and Health at Work, 2013: 2).

ciales riesgos son probables, y más aún, en múltiples casos difíciles de detectar de modo inmediato puesto que lo que se está manipulando es directamente imperceptible a nuestros sentidos, factor que genera una “desconexión” entre las causas y los efectos del avance de las nanotecnologías tanto en el tiempo como en el espacio”.

Por su parte el documento *E-fact 72: Herramientas para la gestión de nanomateriales en el lugar de trabajo y medidas de prevención* publicado en 2013 por la European Agency for Safety and Health at Work llama la atención sobre lo que se ha investigado:

Una vez que los nanomateriales se han introducido en el cuerpo, los mecanismos de exposición interna podrían incluir su ulterior absorción, distribución y metabolismo. Por ejemplo, se han encontrado nanomateriales en pulmones, hígado, riñones, corazón, órganos reproductores, fetos, cerebro, bazo, esqueleto y tejidos blandos. Hay interrogantes en relación con la bioacumulación de nanomateriales y los mecanismos para eliminarlos de las células y los órganos. Otro problema es que, aunque un nanomaterial no sea tóxico en sí mismo, puede actuar como caballo de Troya si un material más tóxico se uniera a él y penetrara así en el cuerpo, órganos o células [...] Los efectos más importantes de los nanomateriales se han encontrado en los pulmones e incluyen inflamación, daños a los tejidos, estrés oxidativo, toxicidad crónica, citotoxicidad, fibrosis y generación de tumores. En algunos casos los nanomateriales pueden afectar también al sistema cardiovascular. Se están realizando investigaciones sobre las propiedades potencialmente peligrosas de los nanomateriales fabricados. (European Agency for Safety and Health at Work, 2013: 2)

Pero hay otro riesgo que se aprovecha del anterior —si se quiere puede catalogarse como externo a estos nanomateriales—, y, por tanto, habría que situarlo con mayor razón en términos de la ética o la bioética, al depender exclusivamente de la voluntad humana: aquel provocado por el mal uso de estas innovaciones, dirigido deliberadamente a causar daño aprovechándose de las propiedades de la nanotecnología y el estado actual del conocimiento, donde la protección se hace difícil. Este fenómeno, al cual se le haría frente con la nanodefensa, es lo que hoy se empieza a denominar como nanoterro-rismo, tema que abordaremos en el siguiente apartado.

Para finalizar este punto cabe retomar lo que Gómez Jiménez (2016) ha propuesto como fórmula de la nanoseguridad: *nanotecnología + prevención = nanoseguridad*, definiéndola como aquella disciplina que “evalúa y estudia los riesgos potenciales de los nanomateriales, así como su utilización segura” (*Ibid.*: 7). La autora, además, agrega que “es necesario un enfoque multidisciplinar que vaya más allá de una evaluación de riesgos tradicional” (*Ibid.*: 8), contexto en el que cabe destacar que la búsqueda de esa prevención está animada en la reflexión bioética de la responsabilidad y, en consecuencia, en el cuidado del *Bios*.

En esta línea y con el ánimo de puntualizar el estado actual de la nanoseguridad Gómez Jimenez (2017) ha planteado cuatro ideas claves que es importante tener en cuenta en los debates:

1. *Nano no es sinónimo de peligroso*: advierte que ante cualquier compuesto químico o material nuevo, siempre hay dudas sobre sus riesgos, pero ya se está trabajando sobre ello.
2. *No todo son dudas en la nanoseguridad*: afirma que hay un amplio conocimiento sobre sustancias químicas y material pulverulento, lo cual sirve de punto de partida en la prevención, por lo que ya hay algunas normatividades que pueden servir de marco.
3. *El polvo es lo que (más) importa*: señala que en general los estudios de nanoseguridad se han concentrado en los efectos de inhalación de nanomateriales, porque es una de las vías que más afecta a las personas generando preocupación entre los científicos.
4. *NO todos los nanomateriales son iguales*: recalca que no todos los nanomateriales son peligrosos para la salud, y que convivimos con algunos de ellos desde hace miles de años, explica que los llamados *engineered nanomaterials* son los que despiertan mayor interés porque son subproductos de actividades humanas o fabricados específicamente para un determinado fin, por ende, no son naturales como lo serían los de las cenizas de un volcán, por ejemplo.

Nanodefensa

Si la nanoseguridad tiene su centro en la prevención (*safety*) o reacción (*security*) ante los riesgos que supone la manipulación misma de los nanomateriales; la nanodefensa lo tiene en la protección ante un uso malintencionado con la finalidad de atacar. En la literatura se utiliza también el término para hacer énfasis en la incorporación que de la nanotecnología se hace en el campo militar con miras a tener una ventaja estratégica.⁷ Como bien lo señala el informe *Nanociencia, nanotecnología y defensa* de la Escuela de Altos Estudios de la Defensa de España:

El desarrollo de la tecnología en el ámbito de defensa tiene como objetivo obtener una superioridad respecto del adversario que puede darse en ámbitos tradicionales como pueda ser la potencia de fuego, pero también en áreas cada vez más importantes como la obtención de información, comunicaciones, furtividad, mitigación de daños, etc. Se ha pasado en poco tiempo, de conflictos en los que dos ejércitos en igualdad de condiciones se enfrentan de forma abierta, a una guerra asimétrica

⁷ La presencia de la nanotecnología “en el ámbito de defensa (las Fuerzas Armadas, los Cuerpos de Seguridad del Estado, y la industria que comercializa y desarrolla los sistemas que finalmente entran en servicio) es ya un hecho consumado del que se poseen numerosos ejemplos prácticos” (Díaz, 2014: 13).

donde unas guerrillas operan de forma encubierta en entornos urbanos, mezclados entre la población civil, atacando de forma irregular, inesperada e indiscriminada. Frente a ellos, las fuerzas de paz que se despliegan en entornos internacionales como Afganistán, Líbano, Océano Índico..., o los Cuerpos de Seguridad del Estado que deben hacer frente a ataques en suelo propio, requieren tecnologías capaces de prevenir, detener, mitigar y combatir este nuevo tipo de amenazas, pero que difícilmente son posibles de combatir con las tácticas y estrategias típicas de un conflicto abierto contra un enemigo claramente identificado y localizado. (Díaz, 2014: 14)⁸

En efecto, los usos militares son los que más motivaron la inversión que Estados Unidos ha venido haciendo en materia de nanotecnología. Y esto no es ciencia ficción, de hecho, como lo señala Delgado (2009):

Entre las prioridades militares que puntualiza la NNI, destaca la búsqueda de soluciones para la detección y protección contra armas biológicas-químicas-radiológicas-explosivas, así como para el monitoreo del estado de salud de cada soldado con el objeto de aumentar su sobrevivencia mediante nanobiosistemas. Se indica el desarrollo de sensores inteligentes, nanofilamentos o nanopolvos para la confección de ropa, máscaras y equipo militar personalizado con funciones camaleónicas en relación activa con el medio ambiente, que protejan de la insolación a través de materiales de alta nanoporosidad, que sean indetectables a los sistemas de visión nocturna, que neutralicen todo tipo de agentes químico-biológicos y/o que “administren” antídotos. Se suman investigaciones en curso para el desarrollo de sistemas portátiles (personales) de nanopurificación de agua o de aquellas centradas en la implementación de sistemas “WiTricity” en equipo militar, es decir, de dispositivos que eventualmente permitan la transferencia de energía eléctrica vía wireless. Ello es una muestra de algunas aplicaciones militares defensivas y por tanto socialmente más aceptables. Con todo, éstas son la punta del iceberg del espectro de IyD nanotecnológico militar.

El punto más complejo es que, así como la investigación tiene que apuntar a la defensa también recurrirá al ataque; el escenario más grave será cuando este tipo de invenciones caigan en manos de terroristas, como lo veremos a continuación. Pero también resulta preocupante que estén en manos de los Estados, pues éstos tienden a modificar la forma de hacer la guerra en aspectos sustanciales y algunos actores podrían quedar en franca desventaja enfrentándose a un armamento que quizá no puedan ni siquiera percibir, o dándose combates no hombre a hombre sino hombre a máquina,⁹

⁸ El texto citado corresponde al resumen presentado en la introducción del capítulo de Julio Plaza del Olmo intitulado: *Desarrollo de nanotecnologías capacitadoras para seguridad y defensa*.

⁹ “La presencia de UAV, USV y UCAV en el campo de batalla será cada vez mayor. Estos sistemas se están diseñando para apoyar y en muchos casos sustituir al combatiente en las operaciones. El hombre será necesario en las operaciones más relevantes como puede ser

donde las pérdidas de vida por obvias razones sólo contarían para uno de los bandos.

Como hace algún tiempo lo ha expresado ya Shew del Virginia Tech, “... las cuestiones relacionadas con la defensa militar siempre serán problemáticas. La nanotecnología podrá hacer más difícil la detección de las cosas, pro los aspectos socioéticos de la defensa permanecerán”¹⁰ (en Delgado, 2006). Es por ello que, como Lin advierte, podríamos aprender de la historia y evitar abrir una potencial Caja de Pandora (siendo la primera la de la fisión del átomo) si específicamente se aprovecha la nanotecnología para fines destructivos, en lugar de fines constructivos (en *Ibid.*).

Nanoterrorismo

No estamos hablando aquí necesariamente de la llamada “plaga gris” (*grey goo*), un planteamiento cercano a la ciencia ficción que afirmaba que el fin del mundo involucraría la nanotecnología creando unos robots que se autorreplicarían sin control destruyendo el planeta. Hay riesgos más reales, según Salamanca Rodríguez, “...la etapa actual por la que pasa el fenómeno terrorista le brinda la posibilidad de utilizar nuevas armas de una sofisticación nunca antes vista obligando a las instituciones democráticas a investigar en su prevención” (Salamanca: 2011: 1). En este mismo sentido lo expresan Alexey Kharlamov, Marina Bondarenko, Alla Skripnichenko, Ganna Kharlamova:

El nanoterrorismo es la fabricación ilegal o incontrolable de objetos extremadamente agresivos de la nanomecánica y la nanotecnología (nanoarmas, nanosensores) como un instrumento de un control mental o psicológico terrorista. La amenaza nanoecológica está conectada con la distribución incontrolable y la influencia intencional de objetos nanodimensionales sintetizados (nanoestructuras, nanopartículas y nanofases), fácilmente capaces de penetrar en el organismo de un ser humano y llegar selectivamente a cualquier órgano humano. La amenaza nanotecnológica está relacionada con la creación de nanoarmas prácticamente invisibles (por medios modernos), capaces también de dañar órganos humanos separados. La amenaza nanodemocrática es un resultado inevitable de la creación y el uso de nanosensores como el control y la gestión de la conciencia y la inteligencia de la persona.¹¹ (Kharlamov *et al.* 2012: 33)

la consolidación del terreno. La tendencia cada vez mayor hacia la automatización y operación remota de los sistemas de armas, reducirá drásticamente el número de combatientes en el campo de batalla, pero aquellos involucrados en el combate dispondrán de una mayor capacidad de fuego individual, de conciencia situacional, de una mejor protección balística y de una mayor movilidad.” (Gómez Pardo, 2014: 209).

¹⁰ Traducción propia. Textual en inglés: “...military defense issues are always going to be problematic. Nanotechnology might just make things harder to detect, but the socio-ethical aspects of defense will remain the same”.

¹¹ Traducción propia. Textual en inglés: “Nanoterrorism is the illegal and uncontrollable manufacture or use of extremely aggressive objects of nanochemistry and nanotechnology (nanoweapon, nanosensors) as an instrument of a terrorist mental or psychological con-

Este hecho nos abre posibilidades que contemplan el uso abusivo de esta tecnología, específicamente con una finalidad bélica, y, sin lugar a dudas, como arma peligrosa en manos de una intencionalidad terrorista por parte de alguien o de algún grupo en este planeta con sus múltiples intereses de acción.

En el mundo posterior al 11-S, el riesgo del nanoterrorismo no puede ser subestimado especialmente con actores no estatales que desempeñan el papel principal. De hecho, los actores no estatales están configurando todo el pensamiento sobre la defensa y el nuevo tipo de desarrollo de armas, colocando la nanotecnología en el centro de atención. La reacción de los Estados frente a las amenazas terroristas se está volviendo tan preocupante como las propias amenazas terroristas. Siguiendo el modelo de la “guerra contra el terrorismo” de Estados Unidos, algunos países se están apropiando del poder para usar la violencia no sólo para librar la guerra contra el terror sino también en otras exigencias. En el contexto de las aplicaciones militares de la nanotecnología, la UNESCO advirtió en contra de este desarrollo oportunista de armamentos por “gobiernos abusando de la amenaza del terrorismo”. El intenso interés en las aplicaciones militares de la nanotecnología está llevando a las grandes potencias a una carrera armamentista que, después de un breve paréntesis después del final de la Guerra Fría, reanudó con polaridades aún no identificadas.¹² (Brown-sword y Yeung 2008: 338, 339)

El hecho es que ya no estamos en el escenario de la “crisis de los misiles” en la Guerra Fría donde con un sobrevuelo era posible fotografiar la ubicación de un gran armamento nuclear, probablemente hoy encontremos desarrollos militares en laboratorios que estaban originalmente destinados a investigaciones civiles que no necesitan grandes espacios, esta suerte de

trol. The nanoecological threat is connected to the uncontrollable distribution and purposeful influence of synthesized nanodimensional objects (nanostructures, nanoparticles and nanophases), which are easily capable of penetrating an organism of a human being and selectively reaching any human organ. The nanotechnological threat is connected to the creation of practically invisible (by modern means) nanoweapons, capable also of damaging separate human organs. The nanodemocratic threat is an inevitable result of the creation and use of nanosensors as the control and management of consciousness and the intelligence of the person.”

¹² Traducción propia. Textual en inglés: “In the post-9/11 world, the risk of nanoterrorism cannot be underestimated especially with non-state actors playing the major role. Indeed, non-state actors are shaping the entire thinking on defense and the new kind of arms development placing nanotechnology in the spotlight. The reaction of states to terrorist threats is becoming as equally worrying as the terrorist threats themselves. Following the US ‘war on terror’ model, some countries are appropriating power to use violence not only to wage the war on terror but also on other exigencies too. In the context of nanotechnology military applications, UNESCO warned against this opportunistic weapons development by ‘governments abusing the threat of terrorism’. The intense interest in the military applications of nanotechnology is driving major powers into an arms race which after a brief hiatus following the end of the Cold War in resuming with as yet unidentified polarities.”

camuflaje propia de las guerras de cuarta generación los hace muy atractivos para el campo militar estatal,¹³ pero también para el terrorista.

Por otro lado, las armas basadas en estas tecnologías tendrán una capacidad de destrucción masiva superior a la de las armas nucleares, químicas y biológicas; y no sólo las nuevas generaciones de armas, sino que las armas ya existentes, que pueden aumentar su capacidad de destrucción hasta límites insospechados. En el caso de la nanotecnología, puesto que se desconocen los efectos de las partículas extremadamente pequeñas y sintéticas sobre el medioambiente y la salud, esto nos lleva a preguntarnos cuál podría ser su efecto tóxico si se liberaran. De hecho, numerosas compañías de seguros ya han expresado su preocupación por los riesgos que implica el uso de esta nueva tecnología” (Salamanca, 2011: 14)

Esto nos debe conducir al planteamiento de unas consideraciones de la ética/bioética y la ciencia en el mundo contemporáneo que puedan servir como fundamento para las consideraciones bioéticas de la nanoseguridad y la nanodefensa o, mejor, de la nanotecnología aplicada con estas finalidades.

Reflexión nanobioética

Según Santiago Cuesta “...la nanoseguridad es un problema global al que nos vamos a enfrentar durante esta primera mitad de siglo XXI, igual que en su época surgieron problemas de contaminación asociada a la revolución industrial en el XIX y cuando en el XX se planteó el problema de los residuos nucleares cuando surgió la energía atómica” (en: *El Correo de Burgos*, 2014). Este último acontecimiento suscitó un debate fuerte que dio origen a la bioética como disciplina. La pregunta por la supervivencia fue central en las preocupaciones de Potter (1971), y, hoy, como en aquel momento, debemos retomar esa preocupación por el cuidado en términos de responsabilidad, en otras palabras, se hace necesaria una reflexión sobre los desafíos que la nanotecnología plantea en el orden internacional de la globalización (o postmodernidad, como en términos filosóficos suele denominársele a nuestros tiempos), tanto desde la prevención de riesgos y capacidad de reacción ante los incidentes (nanoseguridad) como desde la protección ante las posibles

¹³ “Hasta finales de los años 80, el motor de la innovación tecnológica, a nivel global, era la investigación militar. La sociedad se beneficiaba de los resultados del I+D de la defensa cuyo único objeto era conseguir una ventaja tecnológica sobre el adversario. La caída del muro de Berlín, y con ella la política de bloques y el modelo de guerra tradicional basada en grandes ejércitos con estrategias predecibles, ha dado paso a modelos de conflicto asimétricos ante los cuales de poco sirven las técnicas prospectivas tradicionales. Las sociedades modernas son cada vez más dinámicas y demandantes de mayores desarrollos tecnológicos, también los ejércitos, en permanente transformación para adaptarse a las nuevas amenazas que surgen en el campo de batalla. El modelo se ha invertido. La investigación civil es ahora el motor de la innovación, y el sector defensa el que adapta los resultados del I+D civil a las necesidades militares” (Gómez Pardo, 2014: 205).

amenazas (nanodefensa), y al menos su sustento lo puede aportar la nanobioética.

Ahora bien, hablar de nanobioética puede resultar complejo, y requerir cierta explicación. Lo principal que debemos aclarar es que no se trata de una nueva disciplina, de alguna manera es “un neologismo que tiene una justificación pragmática: subrayar la importancia de la reflexión bioética en la nanotecnología” (Campillo y Zuleta, 2014: 67). En este sentido es importante mencionar desde el principio que no hay una construcción lo suficientemente elaborada sobre nanoética y nanobioética, por ese motivo es importante dejar claro que lo que se pretende hacer es retomar elaboraciones que la ética y la bioética han realizado y buscar aplicarlas al campo nanotecnológico. Valga aclarar también, no a la escala, sino a los usos que de ella pueden hacerse. Por tanto, el núcleo sigue estando en el ser humano, en tanto es el agente moral a quien podemos exigir responsabilidad, pero como se trata de innovación, no podemos pretender que la reflexión ética esté dada como una suerte de manual, tal y como lo explica Vanessa Nurock:

Tal vez sería mejor considerar la nanoética no como una respuesta, sino como una forma de cuestionamiento. No debe considerarse como una teoría ética “aplicada” o “preparada”, sino como una invitación a construir una ética “a medida” para las nanotecnologías.¹⁴ (Nurock, 2010: 40)

La razón por la cual en este texto hemos preferido hablar de nanobioética en lugar de nanoética, que es tal vez la palabra que cuenta con un mayor reconocimiento en la literatura, es porque queremos resaltar la dimensión del *Bios* en tanto la discusión que hemos planteado afecta directamente la vida y eventualmente la supervivencia; y, por otro lado, porque la bioética tiene ya una trayectoria importante en tanto ha sido la disciplina que se ha encargado de abordar los más grandes debates científicotécnicos, incluso en materia militar como es el caso de las bombas nucleares, y ha tenido la virtud de poner a dialogar al científico y al humanista. Por esta razón nos hemos decantado por hablar de nanobioética. Entremos entonces a las preguntas fundamentales:

¿Deber ser o deber hacer?

¿Es posible y necesario, o no, tratar de dar respuesta a los interrogantes planteados por los diferentes adelantos nanotecnológicos?

A primera vista, ocurre pensar en una negación de los cuestionamientos que se hacen a la posibilidad de la relación entre lo ético y lo cien-

¹⁴ Traducción propia. Textual en inglés: “Perhaps it would be better to consider nanoethics not as an answer, but rather as a form of questioning. It should not be thought of as an ‘applied’ or ‘ready-made’ ethical theory, but rather as an invitation to build a ‘tailor made’ ethics for nanotechnologies”

tífico y con ello lo referente a lo bioético. Es menester detenernos en la contradicción y el problema que ha ido construyendo el avance científico, técnico, tecnológico. Es en estos avances tecnocientíficos donde converge toda la investigación, observación y transformación de lo que llamamos cosmos, pero inevitablemente éstos carecen con frecuencia de un orden adecuado que los regule, vigile y a su vez legitime, para ser aceptados en beneficio o aprovechamiento desde todos los ámbitos que nos interpelan en nuestro medio.

Son ellos los que tienen la obligación de preservar y conservar las especies de una manera adecuada y confiable, y no encaminándose continuamente a la manipulación y evolución de los seres vivos de una manera degradante y perversa.

Pero en virtud de lo que está en procura del desarrollo y beneficio de los seres humanos ha sido consecuentemente un resultado de ir convirtiendo al sujeto cada día en un objeto más de mercancía, perdiendo así mismo su subjetividad y objetividad, y de cierta manera —en el orden capitalista y consumista—, controlarlo y vigilarlo para así poder manipularlo en torno a su propio sistema; y es aquí donde la bioética se debe pronunciar, desde las diferentes disciplinas o también llamadas ciencias del espíritu.

Conviene entonces argumentar que, ante el poder político de los diferentes sistemas, y con respecto al deber ser y el deber hacer, tiene que fluir como síntesis lo *correctamente* ético, con una ética que siempre procure la conservación adecuada y de forma eficiente y efectiva del *Bios* en este planeta.

El deber ser y su autonomía

Toda construcción de los diferentes desarrollos científicos es eminentemente pragmática o realista o, si se quiere, positivista en torno a su aprovechamiento y esto explica su oscilación entre una abierta repulsa de lo ético y la pretensión de presentar la ciencia en un territorio imposible, no como opuesta a la ética sino como independiente de ella y regida por leyes estrictamente técnicas, es decir, éticamente “neutrales”.

Pero es evidente que la transformación de lo científicotécnico no debe escapar a lo eminentemente ético y por consiguiente es un *deber ser* implícito su formulación en el orden bioético. Se trata de actos estructuralmente éticos que no pueden escapar a la disyuntiva de ser buenos o malos.

Es por esto que la ciencia se tiene que proyectar en un adecuado posibilitamiento, siempre limitado, de la acción concreta para no incurrir en detrimento de los individuos tanto en su autonomía como en su heteronomía.

Se ve, pues, necesaria, en una época tan racional y tecnificada, a la vez que postmoderna y emotivista, tan compleja y complejizante, la inserción de la ética en el plano de lo político, lo administrativo y lo tecnocientífico. Estos adelantos y aplicaciones tecnocientíficas no pueden ser confiadas a los individuos únicamente con la finalidad de querer producir a expensas de los mismos seres humanos y con ello evadir las responsabilidades, sino que re-

quiere ser institucionalizada, convertida en una función, en un servicio público para los individuos, por encima de cualquier otra pretensión.

¿Significa que la ciencia pierda su autonomía de evolución e investigación? No. Es un paso de lo científico que no puede ser considerado independiente a lo éticosocial, de donde su mayor defensor y protector, por decirlo así, es el mismo individuo profesional, o si se quiere el sujeto común y corriente, pero interpelando de una forma muy virtuosa y bien establecida para el bien común y no únicamente en la búsqueda de una aplicación tecnológica de un adelanto científico sino, también, para mejorar la vivencia y supervivencia de la especie humana y la de su medio.

Y así, consecuentemente, es fundamental no seguir en la inercia de orden moral, ético y político esperando que la ciencia sin ética siga avanzando y a su vez retrocediendo en lo humano, que debería ser su mayor preocupación. Por ello Balas (2015) subraya que "...el esfuerzo investigador en nanoseguridad es clave para el desarrollo de la nanotecnología. Lejos de impedir el progreso de las tecnologías asociadas a los nanomateriales, pretende establecer métodos para que este progreso se lleve a cabo con respeto a la salud y la seguridad de los trabajadores, el público y el medio ambiente".

El deber hacer y su heteronomía

Es aquí donde cobra mayor fuerza la actividad de los intelectuales. Es conveniente que exista una resistencia a los diferentes desarrollos técnicocientíficos, a través del avance democrático de la ciencia. Es lo que incluso algunos han llamado un "nanodiálogo".¹⁵

Es ingenuo pensar, como algunos lo hacen, que la ética no constituye sino un mero problema para la evolución de la ciencia y que debería ser eliminable merced a una estructuración determinada como lo es la ciencia, la política y la economía del actual mundo globalizado. Los problemas en rela-

¹⁵ El consumidor, en apariencia, es autónomo de elegir los productos que incluyen nanotecnología o no, "...pero al ciudadano se le ha dejado de lado, es decir, no se le ha dado la oportunidad de hacer una reflexión profunda que lleve a aclarar las preguntas, dudas, prejuicios, alcances, 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" (Campillo y Zuleta, 2014: 67). Esta discusión también puede ser ampliada, por ejemplo, con el texto "Nanodiálogo: la comunicación y la implicación pública en los avances nanobiotecnológicos" de Buxó I. Rey, M. J. (2010), o, "Diálogo para el avance científico y tecnológico a la nanoescala" de Delgado Ramos y León (2012).

ción con lo ético siempre subsisten, aunque no sean los mismos, según los diferentes momentos históricos de la humanidad, cada momento plantea sus retos y es importante que la reflexión bioética mire a las distintas comunidades porque en ellas se expresaran las consecuencias de las acciones individuales y por supuesto de las aplicaciones tecnológicas sobre los individuos.

Cuando se trata de lo que ocurrirá a los seres vivos, no es tan simple hacer conjeturas, intervienen factores de caos y complejidad con el agravante de que lo sucedido en un individuo no siempre traduce la gama de posibles resultados de un experimento. Todo se complica más si consideramos que, "...a escala nanométrica, aparecen grandes sorpresas ya que las propiedades físicas y químicas de los llamados nanomateriales cambian y pueden ser muy diferentes a las que observamos en nuestro mundo macroscópico. En este nanomundo, algo sólido se puede volver líquido, un material aislante se puede convertir en conductor, algo inerte en un catalizador, etcétera" (Díaz, 2014: 11).

Nuestra civilización es innegablemente tecnocientífica y multicultural, apegada a libertades y fines individuales, y ampliamente regulada por el mercado y el dinero, que en no pocas ocasiones permite intercambiar todo constituyéndose en un elemento desontologizador, de desacralizaciones universales. Piense, por caso, en la gran inversión que se ha hecho en el desarrollo de la nanotecnología para que también sea importante preguntarse hasta dónde hay tanta independencia en opiniones; así lo denota Ferrari:

Para Shrader-Frechette, el debate sobre los riesgos es la condición *sine qua non* para iniciar una discusión ética apropiada sobre las nanotecnologías. Para ella, la divulgación del riesgo de los nanoproductos (en particular en relación con los riesgos relacionados con las nanopartículas) requiere revelar a los ciudadanos tanto lo que se sabe como las incertidumbres relevantes, cumpliendo así las condiciones básicas para el consentimiento informado de los ciudadanos. En su artículo se refiere en particular a la situación de la investigación relacionada con el riesgo en los Estados Unidos, que se caracteriza no sólo por la falta de financiación —en comparación con Europa, donde la Comisión Europea ha financiado muchos proyectos sobre nanotoxicología— sino también por el hecho de que mucha investigación nanotoxicológica existente es hecha por los que quieren ganar en los negocios relacionados con la nanotecnología. En este trabajo, sugiere ella, que existe un claro conflicto de intereses.¹⁶ (Ferrari, 2010: 32)

¹⁶ Traducción propia. Textual en inglés: "For Shrader-Frechette, debate on risks is the condition *sine qua non* for us to start proper ethical discussion on nanotechnologies. For her, nanoprodukt risk disclosure (in particular regarding risks connected to nanoparticles) requires revealing to citizens both what is known and what are the relevant uncertainties, thus fulfilling basic conditions for citizens' informed consent. In her article she refers in particular to the situation of risk-related research in the US, which is characterised not only by a lack of funding —compared to Europe, where the European Commission have funded many projects on nanotoxicology— but also by the fact that much existing nano-

Por esto, la reflexión nanobioética adquiere más fuerza, se vuelve más necesaria para enunciar esos principios ontológicos que no son negociables, no como freno a la ciencia y a la técnica sino como un intento de humanizarla, de indicarle siempre a todo Hombre como su verdadera razón de ser.

El deber bioético pide que se facilite a la comunidad una comunicación clara, comprensible, oportuna y por supuesto sincera de la información científica para que ésta tenga herramientas para ejercer su derecho a la autonomía.

El avance nanotecnológico no afecta en exclusiva al mundo científico, sino que tiene un gran impacto en la sociedad más aun con el hecho de que tantísimos productos ya están a disposición en el mercado, y que probablemente serán usados por el Estado o por otros actores, abriendo grandes interrogantes éticos. Por ello, la discusión de la nanoseguridad no puede quedarse en el plano de lo seguro (*safety*), sino también integrar la seguridad (*security*), y desde el Estado introducir con mayor fuerza la defensa. Rasmussen, Ebbesen y Andersen sugieren en ese tenor que:

La participación tanto de los nanocientíficos como de los éticos en el debate ético sobre nanociencia y tecnología debe ser una prioridad, ya que se ha demostrado que es valiosa para todos los participantes. El diálogo entre las diferentes ciencias y áreas de especialización ayudará a desarrollar la nanociencia y la tecnología de la manera deseable, socialmente justa y sostenible. Los nanocientíficos y los investigadores están familiarizados con el campo tecnológico y el desarrollo del futuro próximo, mientras que los especialistas en ética pueden proporcionar el análisis filosófico para señalar posibles problemas y beneficios, ayudando así a la ciencia a desarrollarse en una dirección deseable.¹⁷ (Rasmussen *et al.*, 2012: 192)

El temor a lo desconocido no debería actuar de barrera o de prohibición ante el desarrollo nanotecnológico, sería más bien la prudencia ante las posibles consecuencias y el respeto al otro, como punto de partida. El temor no puede suplir la responsabilidad de las acciones propias tanto de los científicos como de aquellos profesionales que aplican día a día las tecnociencias. La bioética recuerda a los hombres de ciencia que no es lícito sacrificar al hombre en pro del conocimiento y al Estado su responsabilidad de protección avizorando los posibles riesgos y/o ataques que la población (civil y mi-

toxicological research is done by those who would like to gain from nanotechnology related business. Such work, she suggests, involves a clear conflict of interest”.

¹⁷ Traducción propia. Textual en inglés: “Engaging both nanoscientists and ethicists in the ethical debate concerning nanoscience and technology should be a priority as it has been proven to be valuable for all participants. The dialogue between the different sciences and areas of expertise will help develop nanoscience and technology in the desirable, socially just and sustainable way. Nanoscientists and researchers are familiar with the technological field and the near-future development, while ethicists can provide the philosophical analysis to point out potential problems and benefits, thereby helping the science to develop in a desirable direction”.

litar) pueda sufrir, así como controlar los usos de estas nuevas tecnologías para no causar daños mayores y especialmente en caso de guerra no aumentar situaciones de injusticia en el desbalance desmesurado de fuerzas, la proporcionalidad debe seguir siendo un principio rector de ese *ius in bello*.

Conclusiones

Dilucidar los verdaderos alcances de un descubrimiento o de una innovación, comprender sus aplicaciones y calcular los riesgos y los beneficios de su empleo son tareas que ciertamente competen a los expertos.

No obstante, cuando los resultados del progreso científico pueden potencialmente afectar a todas las personas sin distinción de sexo, edad o condición social entonces procede instaurar un diálogo social. El fin último de este diálogo es examinar los intereses de las personas, expertos y profanos, con miras a los intereses superiores de la sociedad. La forma más reciente y fructífera de tal diálogo es el conocimiento, el cual nunca es neutral, pues supone la organización de las informaciones con arreglo a visiones específicas del mundo y, por tanto, a intereses particulares.

El “sentido” de un saber no reside en el saber mismo, mas en los principios bajo los cuales se busca su perfección o su goce. Esta formulación de principios o valores, universales que dan sentido al saber y sus aplicaciones es tarea del razonamiento bioético.

Prudencia, máxima virtud de las profesiones, aconseja sostener la deliberación bioética desde el momento mismo en que se planean y realizan estudios e investigaciones. Ya sea en este campo de la nanociencia y las nanotecnologías o en cualquiera otro, es bueno que la preocupación bioética sea proactiva y no reactiva.

Anticipar daños y riesgos, prever desarrollos, salvaguardar lo positivo son obligaciones, y no lujos. Para cumplirlas cabalmente, la bioética ha de ser parte del desarrollo de las tecnociencias desde su mismo comienzo. Podríamos decir como “conciencia vigilante”.

Por tanto, es necesario que la nanobioética avance a la par del desarrollo nanotecnológico, aportando reflexiones que deberán traducirse en acciones concretas de seguridad y defensa. Por ello, al igual que en las empresas que trabajan con las nanopartículas, es importante que el Estado cuente con herramientas que permitan medir y analizar los niveles de concentración y exposición a nanopartículas, detección y caracterización de nanomateriales, caracterización del riesgo, evaluación de la eficiencia de los equipos de protección del personal, evaluación de toxicidad y ecotoxicidad, etc. (Cfr. ITENE, s.f.) con miras también a evitar o reaccionar ante posibles ataques que pudieran llegar a presentarse.

Y es en esta línea de la bioética donde se enmarca la nanobioética de la seguridad y la defensa leída en clave de responsabilidad, como el mismo Jonas (2004: 40) ya lo había sugerido: “...obra del tal modo que los efectos de

tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida auténtica en la Tierra”. Y agrega, “...no pongas en peligro las condiciones de la continuidad indefinida de la humanidad en la Tierra; (...) incluye en tu elección presente, como objeto también de tu querer, la futura integridad del hombre”. Por esto, es que el autor insiste en la ilicitud de arriesgar la vida humana, de ponerla en peligro.

Hablar de la nanobioética de la seguridad y la defensa es, a decir de Zuleta, Campillo y Vallejo (2017: 62), encuadrarse en “...la triada dignidad, marco ético legal y experimentación. Se hacen desarrollos, se diseñan modelos, se aplican instrumentos, siempre y cuando ayuden al desarrollo humano, mejoren una condición y les permitan, desde los marcos éticos legales, ser más humanos, conservar la vida, la dignidad y la relación. Es que la ciencia debe ser autorreflexiva desde la proactividad, no desde la reactividad”.

Bibliografía

- Balas, F. (2015). *Nanoseguridad: el camino hacia una nanotecnología segura*. <<http://www.prevencionfremap.es/blog/nanoseguridad-nanotecnologia/>>.
- Barbé, E. (2007). *Relaciones internacionales*. Madrid: Tecnos.
- Brownsword, R. Yeung, K. (eds.) (2008). *Regulating technologies: Legal futures, regulatory frames and technological fixes*. Oxford: Hart Publishing.
- Buxó I Rey, M. J. (2010). Nanodiálogo: la comunicación y la implicación pública en los avances nanobiotecnológicos. En Casado González, María (ed.), *Bioética y nanotecnología*. Navarra: Thomson Civitas.
- Campillo Vélez, B. E. Zuleta Salas, G. L. (2014). Bioética y nanotecnología. *Revista Lasallista de Investigación*, 11(1): 63-69.
- CIEL. (2016). *Declaración sobre residuos que contienen nanomateriales*. <www.ciel.org/wp-content/uploads/2016/04/Declaracion-sobre-desechos-que-contienen-nanomateriales-Spanish.pdf>.
- Delgado Ramos, G. C. y León Magaña, Elena. (2012). Diálogo para el avance científico y tecnológico a la nanoescala. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 5(1): 82-102.
- Delgado Ramos, G. C. (2009). *Nanotecnología de uso policiaco-militar: avances e implicaciones*. <<http://www.aainteligencia.cl/?p=116>>.
- Díaz Díaz, J. I. (2014). Introducción. *Monografías 142 Nanociencia, nanotecnología y defensa*. Escuela de Altos Estudios de la Defensa. Ministerio de Defensa de España.
- El Correo de Burgos*. (2014). *La UBU pone en marcha el laboratorio de nanoseguridad*. <http://www.elcorreodeburgos.com/noticias/burgos/ubu-pone-marcha-laboratorio-nanoseguridad_90439.html>.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2013). *E-fact 72: Herramientas para la gestión de nanomateriales en el lugar de trabajo y medidas de prevención*. <<https://osha.europa.eu/es/tools-and-publications/publications/e-facts/e>>

fact-72-tools-for-the-management-of-nanomaterials-in-the-workplace-and-prevention-measures/view>.

- Ferrari, A. (2010). Developments in the debate on nanoethics: Traditional approaches and the need for new kinds of analysis. *Nanoethics*, 4:27-52.
- Gómez Jiménez, V. (2016). *Nanotecnología + Prevención = Nanoseguridad*. MC Salud Laboral. <<http://www.mc-mutual.com/export/sites/default/es/webpublica/Publicaciones/McSaludLaboral/resources/2016/41/nanotecnologia.pdf>>.
- Gómez Jiménez, V. (2017). *Cuatro cosas sobre nanoseguridad*. <<https://www.prevenccionintegral.com/comunidad/blog/decent-nanowork/2017/02/21/cuatro-cosas-sobre-nanoseguridad>>.
- Gómez Pardo, J. C. (2014). Aplicaciones de la nanotecnología en sistemas militares. *Monografías 142 Nanociencia, nanotecnología y defensa*. Escuela de Altos Estudios de la Defensa. Ministerio de defensa de España.
- Instituto Tecnológico del Embalaje, Transporte y Logística (ITENE). Oficina de Nanoseguridad. <<http://www.itene.com/servicios/oficina-de-nanoseguridad>>.
- Jonas, H. (2004). El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Barcelona: Herder.
- Kharlamov, A. Bondarenko, M. Skripnichenko, A. Kharlamova, G. (2012). Nanothreats and nanotoxicological peculiarities of nanoobjects as one of the future trends of terrorist threat. *Trends and Developments in Contemporary Terrorism*. NATO Science for Peace and Security Series. IOS Press.
- Nasu, H. Faunce, T. (2013). Nano-safety or nano-security? Reassessing Europe's nanotechnology regulation in the context of International Security Law. *European Journal of Risk Regulation*, 3: 416-421.
- National Geographic*. (2006). Documental "Alerta de bioterrorismo".
- Nurock, V. (2010). Nanoethics: Ethics for, from, or with nanotechnologies? *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, 16: 31-42.
- Potter, V. R. (1971). *Bioethics bridge to the future*. Englewood: Prentice – Hall, Cliffs.
- Rasmussen, A. J. Ebbesen, M. Andersen, S. (2012). "Nanoethics—A collaboration across disciplines. *Nanoethics*, 6: 185-193.
- Salamanca Rodríguez, L. (2011). *Terrorismo de última generación: terrorismo genético y nanoterrorismo*. <<https://redsafeworld.files.wordpress.com/2011/11/nanoterrorismo-laura-salamanca.pdf>>.
- Volcy, C. (2004). *Lo malo y lo feo de los microbios*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Bogotá.
- Zuleta Salas, G. L. Campillo Vélez, B. E. Vallejo Cardona, J. D. (2017). Reflexiones bioéticas sobre la nanotecnología. En Zuleta Salas, G. L. Campillo Vélez, B. E. (coords.), *Implicaciones de la nanotecnología: perspectiva multidisciplinar*. Serie Bioética. Universidad Pontificia Bolivariana.