

Trabajo de fin de grado

Facultad de Humanidades. Sección de Filosofía

Año académico 2017-2018

# Nanotecnología: Problemas ecológicos y bioéticos

Alumno: David Bacallado Rivero

Tutor: Domingo Fernández Agis

# ÍNDICE

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1.- Introducción.....                | 2  |
| 2.- Antecedentes.....                | 4  |
| 3.- Estado actual.....               | 9  |
| 4.- Discusión y posicionamiento..... | 17 |
| 5.- Conclusión y vías abiertas.....  | 27 |
| 6.- Bibliografía citada.....         | 29 |

# 1. Introducción

La nanociencia y la nanotecnología se presentan como un nuevo tipo de disciplinas tecnocientíficas<sup>1</sup> profundamente conectadas entre ellas y que se han ido desarrollado al mismo tiempo. Aunque es complicado definirlas, ya que son disciplinas que están en continuo cambio, por un lado podemos aproximarnos a la nanociencia como el “*estudio de los fenómenos y las propiedades de los materiales a escala atómica o molecular*”<sup>2</sup>, mientras que por nanotecnología podemos entender que “*se centra en el desarrollo de aplicaciones tecnológicas y dispositivos a escala nanométrica*”<sup>3</sup>. Aunque, debido a la complejidad de definirlas, podemos encontrar diferentes definiciones en la RAE, la UNESCO o la Real Sociedad Británica como nos muestra el artículo “Bioética y nanotecnología” de Ana Isabel Cremades y David Maestre: “*La RAE define nanotecnología como la tecnología de los materiales y de las estructuras en las que el orden de magnitud se mide en nanómetros<sup>4</sup> con aplicación a la física, la química y la biología. Por otro lado, la UNESCO recoge una definición más amplia del término (...) según la cual la nanotecnología implica investigación y desarrollo tecnológico a nivel atómico, molecular o macromolecular, en escala de longitudes de 1 a 100 nanómetros, con el objetivo de proporcionar una comprensión fundamental de los fenómenos y materiales a esta escala y de usar y manipular estructuras, dispositivos y sistemas que presentan nuevas propiedades y funciones debido a sus pequeños tamaños. (...) Así, la Real Sociedad Británica define la nanociencia como el estudio y manipulación de partículas nanométricas, mientras que*

---

<sup>1</sup> Entendemos por tecnociencia un modo de producir el conocimiento científico estrechamente ligado a la tecnología que tiende a producir un conocimiento instrumental.

<sup>2</sup> Cremades A. y Maestre D., “Nanociencia y nanotecnología”, *Bioética y tecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 22.

<sup>3</sup> *Ibid*, p. 22.

<sup>4</sup> En el Sistema Internacional de Unidades, un nanómetro equivale a una mil millonésima parte de un metro. Para hacerse una idea de la escala, el diámetro de un átomo de helio mide 0,1 nanómetros.

*a la nanotecnología le compete el diseño, caracterización y producción de estructuras, dispositivos y sistemas en esta escala nanoscópica.”*<sup>5</sup>

Así, en este trabajo, desde la perspectiva de la bioética y de la ecología, trataremos de analizar las posibles problemáticas de estas disciplinas. Ya que las áreas en donde más están contribuyendo las nanotecnologías son el medio ambiente y la salud, donde como veremos a lo largo de este trabajo, están teniendo un gran impacto en diferentes campos como en el desarrollo de nuevos materiales, electrónica, medicina, alimentos, textiles, etc. Por esto mismo hay una gran inversión económica con la esperanza de que conseguirán, por ejemplo, curar enfermedades hasta ahora incurables, descontaminar los ecosistemas e incluso atenuar el cambio climático. Así mismo, analizaremos cómo aunque estas tecnologías pueden traer muchísimos beneficios, se necesitan estudios e instituciones que vigilen rigurosamente los posibles efectos adversos o problemáticas que pueden surgir. Y también defenderé que se necesita que se aplique el principio de precaución<sup>6</sup> en todos los niveles, es decir, que se haga efectivo tanto en la investigación y desarrollo como en su aplicación en los procesos industriales. Todo esto con el objetivo de evitar que las diferentes tecnologías y materiales causen cualquier tipo de problema, ya sea en la salud, sociedad, medioambiente, etc.

Tenemos que tener en cuenta que la nanociencia y la nanotecnología ya están teniendo efectos tanto en la investigación como en nuestro día a día, porque se está aplicando a diversos productos disponibles en el mercado. Estas disciplinas se están desarrollando muy rápido a la vez que están teniendo un gran impacto en la economía y van ligadas a la promesa de revolucionar todo lo que alcancen. *“Estamos a las puertas de una nueva revolución industrial de la mano de la nanotecnociencia cuyas*

---

<sup>5</sup> Ibid, p. 22.

<sup>6</sup> El principio de precaución puede ser entendido como un grupo de medidas para evitar que ciertas tecnologías, que se sospecha que son un riesgo, acaben generando daños. Este concepto será desarrollado con más profundidad en la última parte del cuarto apartado de este trabajo.

*consecuencias son imposibles de prever con detalle. Pero ya intuimos que sus efectos serán, muy probablemente, de mayor alcance que el de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) que dieron pie al concepto de Nueva Economía en la década de los noventa.”*<sup>7</sup>

## 2. Antecedentes

Richard Feynman, en su texto “There’s Plenty of Room at the Bottom”, es el primero en plantear las múltiples aplicaciones y posibilidades de manipular los átomos directamente a una escala de nanómetros, que hasta entonces era impensable alcanzar. Pero el que acuña el término nanotecnología fue Norio Taniguchi en 1974, que lo definió de la siguiente forma: *“La nanotecnología consiste en el proceso de separación, consolidación y deformación de materiales por un átomo o una molécula”*<sup>8</sup>. Pero no será hasta la publicación de la obra de Eric Drexler *La nanotecnología. El surgimiento de las máquinas de creación* en donde la nanotecnología atraparé por primera vez la atención del público, ya que en su libro explica el potencial de esta nueva tecnología e incluso plantea la idea de unas nanomáquinas que se autorreplican. *“La Nanotecnología abrirá nuevas elecciones. Sistemas autorreplicantes nos proporcionarán comida, salud, protección y otras necesidades. Se logrará esto sin burocracia o grandes fábricas. Las comunidades pequeñas y autosuficientes pueden cosechar los beneficios.”*<sup>9</sup> Además, Drexler mostraba una gran preocupación por que se entendieran las problemáticas e implicaciones que aparecen con el desarrollo de la nanotecnología. *“Si la idea de la nanotecnología estuviera libre de la idea de sus peligros, entonces la nanotecnología sería un peligro mucho más grande de lo que ya*

---

<sup>7</sup>Garí Ramos, M., “Nanotec: Megaganancias y gigarriesgos”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p.149.

<sup>8</sup> Taniguchi N., “On the Basic Concept of Nano-Technology”, Japan Society of Precision Engineering, 1974.

<sup>9</sup> Drexler, E., “Worlds Enough, and Time”, *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*, Anchor Books, [Internet], 1986. Disponible en: [http://e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC\\_Chapter\\_15.html](http://e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC_Chapter_15.html) (Último acceso: 20 de mayo del 2018).

*lo es. Pero en un mundo cada vez más cauteloso con las tecnologías, esta amenaza parece leve. Sin embargo, fragmentos de otras ideas se extenderán sembrando malentendidos y conflictos.*”<sup>10</sup>

Desde ahí, y con la mejora de las técnicas para controlar y trabajar a nanoescala en los años 80 y 90 la nanociencia se ha desarrollado muy rápidamente. Un ejemplo de esto es el microscopio de efecto túnel y el microscopio de fuerza atómica con los que se pueden visualizar y manipular los átomos. Además, nos encontramos con que muchas empresas entendieron el valor de la infinitud de aplicaciones posibles de esta tecnología, lo que ha hecho que año tras año el interés, la inversión y los beneficios económicos aumenten de forma exponencial en el desarrollo de este conocimiento. Tanto es así que *“haciendo una evaluación ponderada, José Manuel de Cózar, en su ensayo Nanotecnología, Salud y Bioética, estimaba que el valor de bienes manufacturados con productos nanotecnológicos en el año 2007 alcanzó los 88 mil millones de dólares, señalando así mismo que podría considerarse que en 2015 podía llegar a los 2,6 billones de dólares. Y en efecto los datos recogidos este año de 2015 indican que la cifra del negocio nanotecnológico está actualmente en torno al trillón de dólares”*<sup>11</sup>.

Además, podemos ver cómo se van desarrollando mercados de productos tecnológicos particulares, como el de nanotecnología para alimentos que, según el estudio de la empresa Helmut Kaiser Consultancy, se estima que llegará a los 20.4 mil millones de dólares en el 2020<sup>12</sup>. O también podemos poner de ejemplo los nanosensores. *“Se predice que el mercado global para nanosensores alcanzará en 2005 “la modesta cifra” de 186 millones de dólares. Pero algunas predicciones recogidas por United Press International Nano World señalan que las ventas se dispararán a los \$2.7 miles de millones de dólares en 2008 y a los \$17.2 miles de millones de dólares en*

---

<sup>10</sup> Ibid.

<sup>11</sup>Fernández Agis, D., “Economía y nanotecnología” , *Fronteras de la ciencia. Demarcaciones*, Biblioteca nueva, Madrid, 2016, p. 60.

<sup>12</sup> Vease en: <http://www.hkc22.com/nanofood.html>

2012.”<sup>13</sup> En el 2014 el valor de los nanosensores en el mercado mundial fue de 26.9 mil millones de dólares según el análisis de Transparency Market Research.

Esto ha hecho que desde disciplinas como la bioética empiece a aparecer una preocupación por analizar detalladamente todos estos nuevos avances y posibilidades, ya que desde las Guerras Mundiales, con el auge de la tecnociencia en diferentes áreas como la ingeniería genética, computación, o el desarrollo de la energía nuclear, se ha visto cómo las nuevas tecnologías que han surgido y se usan sin el principio de precaución, pueden acabar haciendo estragos en las personas o ecosistemas. Además, siempre se suelen escudar en los beneficios o lo “natural” de estas tecnologías para negar u ocultar los daños. *“Tal como la industria nuclear –también en el negocio de manipular átomos– decía que era "natural" porque hay átomos en todas partes, o la ingeniería genética, que "todos tenemos genes", la industria nanotecnológica nos dice que toda la naturaleza está compuesta de nanopartículas.”*<sup>14</sup> Un ejemplo de esto, son los diversos análisis éticos y problemas que han surgido a raíz de la biotecnología recientemente. Ya que con los organismos modificados genéticamente, la bioindustria ganó un gran poder económico-político con el desarrollo de descubrimientos como cultivos resistentes a enfermedades, a herbicidas, que producen más o se hacen más nutritivos. Esto ha llevado a estas empresas a conseguir una ganancia masiva de dinero que ha hecho que el control y la regulación social que hay sobre las biotecnologías baje mucho. Y muchas veces el daño que han generado y que aún pueden generar es masivo<sup>15</sup>. Además, aparecieron diversos problemas que no se han visto hasta ahora, ya que, por ejemplo, hay grandes centros de investigación privados de los cuales los estados es muy difícil que consigan un control social sobre los medios de producción e investigación,

---

<sup>13</sup> Pedreño Muñoz, A., “Repercusiones económicas de los avances en Nanotecnología”, Instituto internacional de economía, [Internet]. Disponible en: <https://iei.ua.es/es/investigacion/nanotecnologia/nanotecnologia-y-nanociencia-aspectos-economicos.html> (Último acceso: 20 de mayo del 2018)

<sup>14</sup> Ribeiro, S., “De riesgo a realidad: muertes por nanotecnología”, Etc group, [Internet], 2009. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/es/content/de-riesgo-realidad-muertes-por-nanotecnolog%C3%ADa> (Último acceso: 17 de mayo del 2018).

<sup>15</sup> Un ejemplo de esto es el peligro de que los organismos modificados genéticamente se mezclen con los que no están modificados cambiando el equilibrio de los ecosistemas o haciendo que se pierda biodiversidad .

debido a que para controlar estas investigaciones o tecnología necesitas la maquinaria que solo las empresas tienen. Por eso muchas veces a los gobiernos o a las diferentes entidades solo les queda fiarse de los informes que las mismas empresas hacen, ya que no se tienen medios para contrastar su veracidad.

Por todo este contexto, la nanotecnología ya desde su nacimiento, aún con el “boom” de emoción ante una nueva tecnología que se presenta como revolucionaria, y que crece a un ritmo vertiginoso, ha estado vigilada por los diferentes análisis que han aparecido desde diversas perspectivas para intentar que se cumpla el principio de precaución. Tanto es así que muchos autores y autoras indican que la nanotecnología será la protagonista de la próxima revolución científica. *“En un futuro próximo, sectores tan diversos como la electrónica, las telecomunicaciones, la medicina, la computación, las energías renovables, la construcción, la alimentación, la industria textil, la farmacología, la agricultura, la cosmética o el deporte, entre otros muchos, se beneficiarán de un modo u otro del desarrollo de las nanotecnologías. Todo estos datos parecen indicar que estamos asistiendo a una nueva revolución científica.”*<sup>16</sup>

Un ejemplo de esto es cómo la Unión Europea ha creado los Programas Marco que el CSIC (centro superior de investigación científica) explica de la siguiente forma: *“El programa nace para apoyar la implementación de la Estrategia “Europa 2020” y la iniciativa emblemática de “Unión por la Innovación”, contribuyendo directamente a abordar los principales retos de la sociedad, a crear y mantener el liderazgo industrial en Europa, así como reforzar la excelencia de la base científica, esencial para la sostenibilidad, prosperidad y el bienestar de Europa a largo plazo.”*<sup>17</sup> Así la Comisión Europea ha elaborado normas, guías o códigos éticos como en el 2008 el “Código de

---

<sup>16</sup> Casado, M., (coordinadora), *Bioética y Nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 27.

<sup>17</sup> CSIC, Programa Marco EU, [Internet]. Disponible en: <http://www.csic.es/programa-marco-ue1#> (Último acceso: 17 de mayo de 2018).



*Conducta para una Investigación Responsable en los Campos de las Nanociencias y las Nanotecnologías.*”<sup>18</sup>

Además, dentro de España se han creado diversas instituciones como “*el instituto de Nanociencia de Aragón, el Centro de Investigación de Nanociencia y Nanotecnología de Asturias, el Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología, el Instituto Catalán de Nanotecnología, el CiC NanoGUNE del País Vasco, el IMDEA de Nanotecnología de Madrid o el laboratorio Ibérico Internacional de Nanotecnología en Braga fruto de la colaboración entre los gobiernos de España y Portugal.*”<sup>19</sup>

Por lo que tras todo este despliegue de la nanociencia y la nanotecnología, con todas estas circunstancias, han ido apareciendo distintos trabajos que analizan desde diferentes perspectivas los beneficios y las problemáticas de estas disciplinas. Como, por ejemplo, la obra *Bioética y Nanotecnología* que “*tiene como finalidades últimas las mismas que el proyecto de investigación que originó la obra: identificar y definir los marcos científicos-sociales que pueden dar pie a problemas nanoéticos y afectar a los Derechos Humanos, y proponer medidas adecuadas para enfrentarse con estas nuevas investigaciones y sus aplicaciones.*”<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> Comisión de las Comunidades Europeas, “Código de conducta para una investigación responsable en el campo de las nanociencias y las nanotecnologías”, [Internet], 2008. Disponible en: <https://eu.vlex.com/vid/conducta-nanociencias-nanotecnologias-38087044> (Último acceso: 17 de mayo de 2018).

<sup>19</sup> Cremades A., y Maestre D., “Nanociencia y nanotecnología”, *Bioética y tecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 28.

<sup>20</sup> Casado, M., (coordinadora), *Bioética y Nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, pp.14-15.

### 3. Estado actual

Como mencionamos anteriormente, desde los años 80-90 la nanotecnología no ha hecho más que crecer con mucha rapidez y extenderse por todos los ámbitos. Así, en la actualidad es una tecnología que está creando instituciones y centros especializados en ella. Además, están apareciendo nuevas aplicaciones e innovaciones en ámbitos de lo más variados. En este sentido, las investigaciones de la nanociencia son tan amplias que es difícil abordarlas todas. En el ámbito científico, la nanotecnología se está desarrollando y aplicando en todo tipo de campos. Si ponemos algunos ejemplos actuales, podemos ver que se están investigando diferentes tecnologías como nanosensores con todo tipo de usos<sup>21</sup> (como por ejemplo biosensores para detectar enfermedades<sup>22</sup>), nanopartículas para el tratamiento de enfermedades<sup>23</sup> diversos productos para la mejora industrial<sup>24</sup>, miniaturización de dispositivos<sup>25</sup>, diferentes materiales mejorados<sup>26</sup> o a los que se le implementa nanotecnología<sup>27</sup>, nanosustancias para filtrar o limpiar descontaminantes<sup>28</sup>, etc.

Económicamente, la inversión y beneficios en nanotecnología no han dejado de incrementarse, llegando incluso a ser considerada uno de los sectores estratégicos más importantes por instituciones como la NASA y la National Science Foundation de

---

<sup>21</sup> NanoMyP y científicos de la Universidad de Granada han desarrollado un sensor óptico que permite mejorar la calidad del proceso de fabricación de la cerveza.

<sup>22</sup> Priscila Kosaka, investigadora del CSIC e inventora de un biosensor para la detección temprana del VIH.

<sup>23</sup> Ejemplos de esto son investigaciones para el tratamientos para la sordera súbita o el cáncer por los laboratorios del Grupo de Biomateriales de ICTP-CSIC.

<sup>24</sup> Por ejemplo, el grupo Tecnalía ha desarrollado una célula capaz de unir plástico y metal sin aumentar peso al resultado final.

<sup>25</sup> Como la empresa IBM que desarrolló el que es considerado el ordenador más pequeño del mundo con el tamaño de 1 milímetro.

<sup>26</sup> Como la mejora de paneles solares por el grupo Nanosolar.

<sup>27</sup> La empresa Ramón Espí y el Instituto TEcnológico Textil AITEX desarrollaron un tejido para ropa de bebés que tiene un sensor que cambia de color si detecta que tiene fiebre.

<sup>28</sup> Tecnalía Research & Innovation ha desarrollados filtros como Aquanan para la eliminación de compuestos orgánicos del agua.

Estados Unidos. Esta importancia se refleja en cómo diversos países como China, Japón, Australia, Corea del Sur, India, Israel y los países de Europa tienen diversos planes de inversión en I+D para la nanotecnología. Todos estos datos no hacen más que recalcar la importancia que está teniendo y que tendrá para el mercado mundial.

Aunque como ya mencionamos, es realmente complicado establecer cifras exactas y los beneficios de productos que utilizan nanotecnología, ya que esta no es un producto final, sino una tecnología intermedia que sirve de base de mejora y creación para muchas mercancías. Esta característica es uno de los puntos fuertes de la nanotecnología, ya que al caracterizarse por producir “bienes intermedios”, y usarse en todo tipo de áreas, e incluso en la propia mejora de las fábricas, predecir su crecimiento es muy difícil. *“No debe sorprendernos, por tanto, el baile de cifras en las estimaciones de impacto económico de la nanotecnología, cifras que, en cualquier caso, resultan apabullantes y que, aún en un periodo de crisis económica generalizada como el que acabamos de vivir, no han hecho sino crecer.”*<sup>29</sup>

Pero al buscar y rastrear datos económicos actuales de la nanotecnología podemos encontrar que los gobiernos y grandes corporaciones no los muestran, lo que encontramos son los datos que proporcionan de manera estimada y con bastante atraso entidades independientes o grupos de investigación o economía. Esto puede ser debido a que al principio hubo un entusiasmo enorme con la nanotecnología. Tanto es así que muchos gobiernos y empresas recalcaron las maravillas que se podrían hacer y la revolución que esto supondría en un futuro próximo exponiendo casi sin problemas todo tipo de datos. Pero a medida que se ha ido desarrollando, se ha visto que estas nuevas tecnologías vienen acompañadas de problemas tan complejos que plantean toda una serie de retos, como mencionaré más adelante con la necesidad de la creación de una nanoética. *“Hace 10 años, científicos, políticos y medios de comunicación nos hablaban con frecuencia del “brillante futuro” de la nanotecnología. (...) Hoy en día,*

---

<sup>29</sup> Fernández Agis, D., “Economía y nanotecnología”, *Fronteras de la ciencia. Demarcaciones*, Biblioteca Nueva, 2016, p. 61.

*es más difícil encontrar presentaciones similares acerca de las bendiciones de la nanotecnología. En general, los comentarios son más críticos e, incluso los gobiernos realizan advertencias.”*<sup>30</sup>

Así, ese entusiasmo se ha ido apagando y los gobiernos o grandes corporaciones ya dan poca información o sólo recalcan los avances más positivos o significativos. Ya que mientras más datos generan, más inquietud y más posibilidades de crítica puede aparecer y con ello la creación de leyes prohibitivas o basadas en el principio de precaución que compliquen las investigaciones en nanotecnología, por lo que retrasaría el desarrollo y la aplicación inmediata en el mercado de productos con nanotecnología. Todo esto lleva a que actualmente se hable lo imprescindible y de forma interesada en todo lo relativo a la nanociencia y nanotecnologías.

Por otra parte, la nanotecnología se ha convertido en un sector estratégico, lo que lleva a que se guarden celosamente diferentes datos debido a que es información sensible para los países o empresas, porque un descubrimiento o invento puede tener diversos intereses económico como, por ejemplo, nuevos materiales militares que no interesa que se difundan. Además, a esto está unido el problema de que la nanotecnología puede crear diversas aplicaciones con un potencial destructivo o perjudicial enorme, como por ejemplo, armas “invisibles” o nuevos tipos de armas de destrucción masiva, basadas en nanotecnología, que sean fácilmente transportables y casi indetectables, y siempre está latente el miedo a que organizaciones terroristas o grupos no deseados se hagan con ellas. Esto está ligado también al problema de que es muy complejo controlar y rastrear estos nuevos materiales, y que muchas veces no nos damos cuenta de que existe un problema hasta que se causa una catástrofe.

---

<sup>30</sup> Rodríguez, M., “¿Qué ha pasado con el brillante futuro de la nanotecnología?” [Internet], 2015. Disponible en: <https://www.euroresidentes.com/tecnologia/nanotecnologia/que-paso-con-el-brillante-futuro-de-la> (Último acceso: 17 de mayo de 2018).

Lo que sí hay que tener en cuenta es que su aplicación en múltiples productos y en procesos industriales es ya una realidad. “Se han lanzado al mercado productos cosméticos de uso diario y universal, medicinas para la impotencia sexual masculina, raquetas de tenis, cristales de coche autolimpiantes, vidrios reforzados con nanomateriales, tejidos de ropa, bayetas repelentes de agua y/o el polvo y juguetes de niños con licencias otorgadas al material en su estado normal sin pruebas específicas de los efectos del material nano sobre los usuarios”<sup>31</sup>. Una realidad preocupante, ya que, en la medida en que se desarrolla y se empiezan a aplicar nanotecnología en diferentes procesos industriales para obtener productos mejorados, hay un sin fin de posibles riesgos que no son lo suficientemente estudiados. Un ejemplo de esto es que, como nos muestra el Grupo ETC en su artículo “De riesgo a realidad: muertes por nanotecnología”, el uso de nuevos productos con nanopartículas pueden dañar gravemente la salud de sus trabajadores y trabajadoras, como pasó en una fábrica en China donde siete trabajadoras “sufrieron daños severos y permanentes en los pulmones, erupciones en rostro y brazos. Dos de ellas murieron y las demás no mejoran después de varios años”<sup>32</sup>. En este caso, las obreras aspiraron nanopartículas contenidas en los vapores de las pinturas con la que trabajaban. Y este no es un caso aislado, es muy probable que muchas personas que trabajan directamente con estos productos, estén siendo afectadas sin ni siquiera saberlo. “Más de dos millones de trabajadores y trabajadoras estaban expuestos laboralmente a nanopartículas en el año 2006 (...) sin que mediara prevención ni reglamento específica. Lux Research (...) estima que hasta 2014 se crearán en el mundo 10 millones de puestos de trabajo directos en el los diversos campos nanotec.”<sup>33</sup> Es necesario un exhaustivo análisis de los peligros, consecuencias y riesgos sobre la salud de la exposición y trabajo con los

---

<sup>31</sup> Garí Ramos, M., “Nanotec: Megaganancias y gigarriesgos”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 159.

<sup>32</sup> Ribeiro, S., “De riesgo a realidad: muertes por nanotecnología”, Etc group, [Internet,] 2009. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/es/content/de-riesgo-realidad-muertes-por-nanotecnolog%C3%ADa> (Último acceso: 17 de mayo del 2018).

<sup>33</sup> Garí Ramos, M., “Nanotec: Megaganancias y gigarriesgos”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 159.

nanomateriales por el bien tanto de millones de trabajadores y trabajadoras como por el de los consumidores y consumidoras.<sup>34</sup>

Otro ejemplo de la utilización de nanotecnología en mercancías que usamos en nuestro día a día, son los alimentos, dónde se introducen nanopartículas para mejorar el color, sabor, olor, conservación, textura,... En definitiva, todo tipo de mejoras en la creación, calidad y seguridad de los alimentos. Países como EEUU, Japón y China encabezan el desarrollo de nanotecnología para la comida. Tanto es así que por ejemplo en el estudio del grupo de análisis de mercado Helmut Kaiser Consultancy estima “*que el mercado mundial de comida nanotecnológica alcanzó los 20.4 mil millones de dólares y se espera que se siga incrementando la velocidad de crecimiento.*”<sup>35</sup> Así, esta misma compañía elabora una larga lista de usos de la nanotecnología en la comida donde podemos encontrar, por ejemplo, comida diseñada especialmente para los hospitales, el espacio, pesticidas inteligentes, autolimpieza con superficies antibacterianas, nano-aditivos para mejorar o dar nuevas propiedades a los alimentos, etc. Toda esta aplicación e introducción de nanotecnología en el mercado y en definitiva en nuestro día a día, hace que empiecen a aparecer problemas debido a la ineficacia o inexistencia de un análisis de los efectos secundarios de todos estos materiales, que deberían analizarse. “*Científicos franceses han detectado, por primera vez, nanotubos de carbono en humanos, concretamente, en los pulmones de niños parisinos. La pregunta ahora es si esos nanotubos pueden ser dañinos o no para su salud.*”<sup>36</sup>

---

<sup>34</sup> Para un detallado conocimiento y análisis de esta cuestión puede consultarse Jiménez Saavedra, R., “Nanotecnologías: seguridad y salud laboral, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona 2010.

<sup>35</sup> Helmut Kaiser Consultancy, “Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide”, [Internet], 2015. Disponible en: <http://www.hkc22.com/nanofood.html> (Último acceso: 17 de mayo del 2015).

<sup>36</sup> Rodríguez, M., “Encuentran nanotubos de carbono en los pulmones de niños de París”, Euroresidentes, [Internet], 2015. Disponible en: <https://www.euroresidentes.com/tecnologia/nanotecnologia/encuentran-nanotubos-de-carbono-en-los> (Último acceso: 15 de mayo de 2018).

También, considero que es importante mencionar cómo la industria militar enseguida ha visto el potencial de aplicar la nanotecnología en su área, y esto es algo realmente preocupante. *“La asimetría en el poder militar que resulta de la aplicación de la nanotecnología al diseño y mejora de las armas, favoreciendo así el uso de la fuerza para resolver conflictos entre países.”*<sup>37</sup> Así, este es otro de los ámbitos que la nanotecnología puede potenciar, ya que puede desde mejorar o crear nuevas armas (como la creación de un nuevo tipo de arma masiva a base de nanotecnología como mencionamos antes), trajes, hasta combinarse con otras tecnologías que incluso pueden modificar la forma en la que se entiende la guerra. *“Las nanotecnologías modificarán sustancialmente el entorno de la batalla del futuro”, afirma el ingeniero de armamento Jesús Carlos Gómez Pardo, teniente coronel del Ejército de Tierra español. El militar participa en una monografía de 300 páginas editada por el Ministerio de Defensa que detalla con exhaustividad las aplicaciones de la nanotecnología a los ejércitos.”*<sup>38</sup> Esto es algo que debe ser severamente revisado, ya que influye directamente en los Derechos Humanos porque por una parte aumentan las tecnologías militares y el culto a la guerra, atenta contra la seguridad personal, la integridad física, la libertad y la propia vida, además de provocar daños medioambientales.

Respecto al medioambiente, podemos ver como están apareciendo diversos proyectos, organizaciones o empresas que investigan y desarrollan la nanotecnología aplicándola en campos relacionados con la ecología. Un ejemplo de esto es el Proyecto NanoREM, un proyecto de investigación fundado por la Unión Europea cuya meta es mostrar que la nanotecnología es un método práctico y eficaz para el tratamiento de suelos o aguas contaminadas. Además, este mismo grupo recibió varios premios por el desarrollo de unas partículas de hierro capaces de descontaminar el agua subterránea de forma rápida y eficaz. Otro caso es el grupo Tecnalia, que como ellos mismos anuncian: *“Convertimos los retos energéticos y medioambientales en oportunidades de*

---

<sup>37</sup>De Cózar Escalante, J. M., “Nanotecnología, salud y bioética (entre la esperanza y el riesgo)”, Sociedad Internacional de Bioética SIBI, 2011, p. 26.

<sup>38</sup> Ansele, M., (1 marzo 2015), “La nanotecnología creará soldados de “máxima letalidad””, El País, [Internet], 2015. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2015/02/27/ciencia/1425062136\\_889040.html](https://elpais.com/elpais/2015/02/27/ciencia/1425062136_889040.html) (Último acceso: 15 de mayo de 2018).

*negocio.*”<sup>39</sup> Trabajando en energías renovables, mejora de baterías, electrónica, redes, sistemas energéticos inteligentes, etc.

Por otro lado, si vemos la influencia mediática de la nanotecnología en la sociedad, podemos observar que, aunque como hemos visto es un área que está creciendo a un ritmo acelerado, no se suele tratar en los medios de comunicación, y cuando se ha hecho, se resalta con creces lo espectacular bajo un halo de optimismo y las promesas de progreso. En cambio, los riesgos o problemas que puedan surgir se silencian o no se les da mucha importancia. Un ejemplo de esto es como en el caso de las siete trabajadoras chinas que comentamos anteriormente, aunque existían diversos estudios e incluso el Departamento de Enfermedades Laborales y Toxicología Clínica del Hospital Chaoyang de Beijing mostraron que los daños fueron debido a las nanopartículas, desde la oficina de Coordinación Nacional de Nanotecnología de la Casa Blanca en Estados Unidos, se negó que en esos casos, la nanotecnología fuera la culpable. Así, parece que existe un gran interés por evitar que se muestren los daños que puede causar la nanotecnología. *“La industria de nanotecnología propaga sus supuestos "enormes beneficios" (al menos para ellas sí los tienen) y ninguno de sus riesgos.”*<sup>40</sup>

Además, se están organizando festivales o ferias científicas en la que se resalta lo espectacular de la nanociencia pero se olvida los peligros que puede acarrear. Un ejemplo de esto es el III Festival de Nanociencia y la Nanotecnología organizado por el CSIC<sup>41</sup>, donde en su programa se invita a estudiantes de institutos, colegios,... y

---

<sup>39</sup> TecNALIA, “Energía y Medio Ambiente”, [Internet], 2013. Disponible en: <https://www.tecnalia.com/images/stories/Catalogos/catalogo-Energia-Medioambiente-ES.pdf> (Último acceso: 18 de mayo del 2018).

<sup>40</sup> Ribeiro, S., “De riesgo a realidad: muertes por nanotecnología”, Etc group, [Internet], 2009. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/es/content/de-riesgo-realidad-muertes-por-nanotecnolog%C3%ADa> (Último acceso: 17 de mayo del 2018).

<sup>41</sup> CSIC, III Festival de la nanociencia y la nanotecnología, [Internet], 2018. Disponible en: [http://www.d-madrid.csic.es/inicio?p\\_p\\_id=contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet&p\\_p\\_lifecycle=1&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-2&p\\_p\\_col\\_pos=1&p\\_p\\_col\\_count=3&contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_struts\\_action=%2Fcon](http://www.d-madrid.csic.es/inicio?p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=3&contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=%2Fcon)



se organizan actividades como concursos, cineforum, conferencias en institutos, exposiciones, etc. Pero en su programa no encontramos nada que tenga un contenido crítico o reflexión sobre la nanociencia. Otro ejemplo donde se repite esto es el evento ImagineNano, considerado el mayor evento europeo de nanociencia y nanotecnología, que se describe de la siguiente forma: *“Durante el evento se llevarán a cabo varias conferencias en paralelo y una sesión plenaria, así como una gran exposición, los Encuentros Empresariales B2B y un foro industrial donde se presentarán las últimas tendencias y descubrimientos en el campo de la nanotecnología. ImagineNano reunirá a la comunidad global de nanotecnología, incluidos investigadores, impulsores de estándares industriales e inversores”*<sup>42</sup> Como vemos, se aúnan los grandes avances, descubrimientos o ideas de la nanotecnología con el objetivo de llamar a empresas y personas que quieran invertir.

Vemos así cómo, aunque la nanociencia ha nacido prácticamente junto a una nanoética, a nivel económico y político se obvian todos estos trabajos que nos advierten de las problemáticas que pueden aparecer y que están apareciendo. *“Pese a que existen cientos de estudios que indican toxicidad, a que hay enormes vacíos de conocimiento científico y grandes incertidumbres sobre sus impactos en los organismos y en la naturaleza, miles de productos están en los mercados sin pasar por ningún tipo de evaluación ni regulación.”*<sup>43</sup>

---

[tentviewer%2Fview&\\_contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2Fc3d2eae1-c453-46f2-9225-0a89918f878d&\\_contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_gsa\\_index=false&\\_contentviewerservice\\_WAR\\_alfresco\\_packportlet\\_et\\_title=Convocatorias+y+otras+noticias&contentType=article#3](#) (Último acceso: 17 de mayo del 2018).

<sup>42</sup> Bilbaoplan, “IMAGINENANO 2018, Nanociencia y Nanotecnología”, [Internet], 2018.

Disponible en: <https://www.bilbaoplan.com/imaginenano-2018-del-13-al-15-de-marzo-de-2018/> (Último acceso: 18 de mayo del 2018).

<sup>43</sup> Ribeiro, S., “De riesgo a realidad: muertes por nanotecnología”, Etc group, [Internet], 2009. Disponible en:

<http://www.etcgroup.org/es/content/de-riesgo-realidad-muertes-por-nanotecnolog%C3%ADa> (Último acceso: 17 de mayo del 2018).

## 4. Discusión y posicionamiento

Una línea de investigación interesante es el planteamiento de una nanoética. Cózar Escalante, en su artículo “Nanotecnología, salud y Bioética, (entre la esperanza y el riesgo)”, ya plantea las dificultades de estos estudios éticos, tanto a la hora de definirlos como en la metodología de estas disciplinas dedicadas en especial a la nanotecnología, y dónde plantea una posible solución al problema atendiendo a una perspectiva pragmática. *“Con el fin de poder emplearlo sin enredarse en prolijas disputas definicionales sugerimos la adopción de un punto de vista pragmático, en un sentido filosófico del término (...) nos interesa una interpretación amplia de “bioética” que no se restringe a los aspectos éticos en sentido estricto, sino que incluya también los aspectos legales y sociales. Cuando evaluamos las aplicaciones reales o potenciales de las nano y biotecnologías estas cuestiones surgen a menudo entrelazadas de una manera inextricable.”*<sup>44</sup> Así, desde el 2011 que se escribió este artículo, el uso de los conceptos nanoética y bioética se ha incrementado<sup>45</sup>. Por ejemplo, la obra *Bioética y Nanotecnología*, en su capítulo “¿Necesitamos una nanoética? (La nanoética como disciplina específica)”, lo anuncia sin preámbulos “La nanoética ya está aquí” aunque, al igual que Cózar Escalante, nos menciona que, como está aún formándose, tiene problemas para definirse ya que no solo es una reflexión de la ética reciente, sino que *“a diferencia de otras reflexiones éticas, ha nacido casi al mismo tiempo que su campo de aplicación.”*<sup>46</sup>

---

<sup>44</sup> De Cózar Escalante, J. M., “Nanotecnología, salud y bioética (entre la esperanza y el riesgo)”, Sociedad Internacional de Bioética SIBI, 2011, pp. 27-28.

<sup>45</sup> Podemos encontrar una gran cantidad de resultados buscando en Google como referencias en diferentes artículos y revistas universitarias como “Nanobioética, fundamento de la nanoseguridad y la nanodefensa” de la Universidad Nacional Autónoma de México, “Nanobioética, nanobiopolítica y nanotecnología” de Jairo E. y Márquez D, “Nanobioethics: ObservatoryNano 2nd Annual Report on Ethical and Societal Aspects of Nanotechnology” de la organización Europea ObservatoryNANO, etc.

<sup>46</sup> García Manrique, R., “¿Necesitamos una nanoética? (La nanoética como disciplina específica)”, *Bioética y Nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 38.

Sin duda necesitamos una ética especialmente dedicada a todos los nuevos retos que surgen de la nanotecnología, no sólo por las problemáticas que está acostumbrada a tratar una ética aplicada, sino que con estas tecnologías aparecen nuevos retos hasta ahora inimaginables para la ética. Por lo que no sólo es pertinente una nanoética, sino disciplinas especializadas como nanobioética y nanoecología. Este planteamiento podemos ver que está en auge, ya que como dije anteriormente, haciendo un rastreo en buscadores por Internet podemos ver que conceptos como nanoética, nanobioética y nanoecología tienen bastantes resultados y están generando una serie de artículos y debates muy interesantes.

Un ejemplo de la necesidad de la creación y aplicación de una nanoética, son los problemas que pueden surgir a partir de la aparición de las “Nanocasas”. En estas viviendas están apareciendo e integrándose nuevas tecnologías como electrodomésticos inteligentes e incluso conectados en red, nanosensores, nanotecnología integrada en instalaciones de las casa, nanomateriales para mejorar tanto las estructuras de las viviendas como diversas sustancias como pinturas, pegamentos, etc. Aparecen así toda una serie de avances y posibilidades que apuntan a que no estamos tan lejos de que se empiece a *“delinear una vivienda que sea construida y equipada con lo último en nanomateriales y nanodispositivos”*<sup>47</sup>. Aquí entrarían diversos problemas que una nanoética debería plantear, como por ejemplo, la invisibilidad del riesgo tecnológico, ya que, por la invisibilidad de la nanotecnología, no somos conscientes de que podamos estar rodeados de sustancias perjudiciales para nosotros, y esto nos lleva a despreocuparnos o a no tomar con rigurosidad la reflexión acerca de estas tecnologías. Pero el problema más grave es que incluso sabiendo que están ahí y el daño que producen, el no sentirlo de ninguna manera merma nuestra capacidad de crítica. *“Si nos detenemos a pensarlo, sabemos que nos están dañando, pero, con excepciones. No nos atemorizan en exceso, no estipulan en nosotros la voluntad suficiente como para presionar energéticamente a las autoridades con el fin de que las controlen con mayor*

---

<sup>47</sup> De Cózar Escalante, J. M., “La vida en una nanocasa. Efectos socioambientales de las nanotecnologías”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 256.

*severidad.*”<sup>48</sup> Esto se suma a los diversos problemas que se pueden producir al dejar todo en manos de procesos automáticos, conectados en red e incluso aconsejados por expertos, que generen una situación de comodidad y despreocupación que haga que nuestra capacidad crítica y ética pueda disminuir a la vez que aumenta nuestra dependencia a estos sistemas y tecnologías. “*Aquí nos encontramos con una paradoja: el hecho de que los desarrollos nanotecnológicos puedan incrementar la agencia técnica, la capacidad para hacer cosas, puede provocar una disminución no ética de la agencia individual y colectiva.*”<sup>49</sup> Otro de los problemas que podrían tener estas casas, es el que se produce con la información recolectada por los nanosensores y electrodomésticos inteligentes. La cantidad de datos que estos pueden generar y enviar a la red puede poner en peligro nuestra intimidad, que se puede volver transparente para las empresas que manejan toda esta información y que pueden obtener todo tipo de datos de lo que hacemos, qué consumimos, de qué forma y cantidades,... “*La nanotecnología ofrece la posibilidad de controlar al ser humano en su vida particular. Podrían fabricarse billones de sensores invisibles integrados a la indumentaria, edificios, vehículos, y objetos naturales. La nanotecnología permite el almacenamiento de todos estos datos en unidades que crean un ambiente inteligente. (...) Si esta nanovigilancia invade la sociedad, los derechos humanos en lo tocante a la privacidad, la confidencialidad, etc. se verán amenazados.*”<sup>50</sup> Por este motivo, y ya que aquí solo estamos viendo un ejemplo de los múltiples que pueden aparecer, y cada uno de ellos con diferentes problemáticas, la nanotecnología, sus aplicaciones y desarrollos deben ser analizadas y discutidas por una nanoética.

Después de todo lo que hemos visto hasta ahora, podemos ver que nos situamos en esa dualidad que caracteriza a la tecnociencia. Los beneficios de la nanotecnología pueden ser enormes pero también pueden hacer mucho daño e incluso plantear problemáticas hasta ahora no conocidas. Y quizás los mejores campos donde aparece esta dualidad son el medioambiente y la medicina, pero en este trabajo me centraré en

---

<sup>48</sup> Ibid, pp. 259.

<sup>49</sup> Ibid, pp. 261.

<sup>50</sup> Mautone M., “Conflictos éticos vinculados a la nanomedicina”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 174.

el análisis de los problemas ecológicos y bioéticos que surgen con la nanotecnología en el medioambiente.

Por un lado tenemos toda una serie de problemáticas que la nanotecnología puede causar directa o indirectamente al medioambiente. Ya que, como comentaré con más profundidad más adelante, aunque existe mucha emoción por los beneficios de la aplicación nanotecnológica a los problemas ecológicos, donde se llega a anunciar incluso que solucionará muchos de los problemas actuales, tras un breve análisis podemos ver que bajo esos beneficios se esconden muchísimas problemáticas.

Uno de los problemas más citados es que los productos nanotecnológicos pueden infiltrarse rápidamente por el medio traspasando tejidos, células,... y además son extremadamente difíciles de eliminar de un ecosistema, de los organismos o materiales contaminados. *“La proliferación de emisiones de nanopartículas que tornen más difícil la tarea de mantener el medio ambiente sin contaminación (lo que tal vez sea compensado por el uso de métodos de detección más efectivos).”*<sup>51</sup> Además, debido a la complejidad de detectar y rastrear la nanotecnología, es posible que no nos demos cuenta de que un lugar se encuentra contaminado hasta que empieza a manifestar problemas visibles que nos lleve a preguntarnos qué ocurre en ese lugar. A esto se suma el problema de que las posibles causas de emisiones de nanopartículas son tan variadas que es muy fácil que se produzcan. *“Las causas de la liberación ambiental de nanopartículas pueden ser numerosas: emisiones no debidamente controladas (“filtradas”) durante la producción, así como emisiones y vertidos, por supuesto no intencionados, durante la manipulación, almacenaje, transporte, uso y desecho de los nanomateriales o productos. Incluso, como señalamos en el capítulo anterior, puede darse una liberación deliberada de nanopartículas, bien con fines de remediación (de lucha contra la contaminación), bien con fines terroristas.”*<sup>52</sup> Esto muchas veces se

---

<sup>51</sup> De Cózar Escalante, J. M., “Nanotecnología, salud y bioética (entre la esperanza y el riesgo)”, Sociedad Internacional de Bioética SIBI, 2011, p. 80.

<sup>52</sup> Ibid, p. 50.

argumenta que puede ser remediado con nanosensores que rastreen y nos avisen de la existencia de contaminantes, pero habría que plantear si estos sensores no suponen nuevas problemáticas sobre el medio, ya que estamos hablando de ecosistemas que tienen una gran cantidad de elementos, interacciones y por lo tanto una complejidad en la que pueden aparecer efectos que nadie había previsto, por mucho que se analice exhaustivamente un elemento que va a ser liberado en el medio.

Un problema respecto a los animales es que tenemos que tener en cuenta ciertos riesgos, ya que algunas nanopartículas pueden entrar fácilmente y dañar a los seres vivos y así pueden entrar a formar parte de la cadena alimenticia, lo que causaría efectos directos en la salud humana y ambiental, lo que trae consecuencias desconocidas hasta ahora en el ámbito de la salud. A este problema está unido el de la experimentación con animales, ya que por un lado tenemos a animales que pueden ser expuestos a múltiples nanosustancias para experimentar con ellos, como se ha estado haciendo en cualquier tipo de investigación tecnocientífica. Esto genera preocupación en varios sentidos, ya que desde una ética animalista la experimentación en animales, provocándoles sufrimiento en nombre del progreso científico, debe ser duramente criticada y como ideal, eliminada lo antes posible. Pero al mismo tiempo, algunos autores proponen la posibilidad de que con la combinación de la nanotecnología y el desarrollo de la ingeniería genética y la medicina, se desarrollen nuevas formas de experimentar con materia viva sin tener que acudir a animales y causarles sufrimiento. *“La nanotecnología ofrece grandes oportunidades para desarrollar métodos que no utilicen animales, para atender esta demanda ética y garantizar la seguridad de los pacientes y consumidores.”*<sup>53</sup> Así, esta misma obra nos explica que aunque deberían elaborarse unos derechos de todos los seres sintientes, como parece que eso aún nos queda muy lejos, al menos deberían usarse las “Tres Erres de la experimentación”, que se basan en reducir el número de animales en laboratorios, refinar las técnicas de investigación y reemplazar los animales por otro tipo de pruebas que no los utilicen.

---

<sup>53</sup> Leyton, F., “Animales y nanotecnología: algunas implicaciones bioéticas”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 188.

Pero el problema con los seres vivos y el medioambiente puede ir mucho más allá, ya que *“el problema de este tipo de tecnologías, que incluirán algunas nanoinnovaciones, es que suponen una transformación sin precedentes del entorno. (...) A partir de ahora, la tecnología reemplaza al entorno natural. Son un conjunto de tecnologías naturalizadas, creadoras de un entorno cuasi-natural, en el que nos movemos y nos moveremos más en el futuro, pero sin ser conscientes de cómo operan.”*

<sup>54</sup> Esta es otra problemática que puede aparecer, ya que con la integración de nanosensores en el medio y con diversas tecnologías integradas en los seres vivos e incluso en materia inerte, se pueden crear una serie de “tecnologías naturalizadas” que pueden hacer aparecer complejos problemas. Así mismo también nos encontramos con la aparición de una biología sintética mejorada por la nanotecnología con la que ya no sólo modificarían seres vivos existentes, si no que se podría literalmente crear vida diseñada. Esto plantea grandes desafíos y problemas éticos y ecológicos tanto a nivel teórico como práctico.

Por otra parte la nanotecnología puede traer diversos beneficios para el medioambiente y la ecología. Haciendo un rápido listado podemos encontrar investigaciones o productos que están siendo desarrollados para en el control y prevención de la contaminación (como la limpieza de suelos contaminados con sustancias que hasta ahora no se sabía cómo eliminar), filtros para la purificación del agua o del aire, mejora en el tratamiento, análisis o localización de seres vivos con nanosensores, nanochips o nanopartículas, nuevas formas de administrar fármacos con nanosustancias, mejores cultivos con el desarrollo de una biología sintética, mejoramiento del rendimiento de los suelos para cultivar o pesticidas menos perjudiciales. E incluso se está trabajando en nuevos desarrollos que ayudarán a combatir el cambio climático como células solares más eficientes y baratas, combustibles más eficaces o nuevos tipos, mejora de la eficiencia de baterías y circuitos y un largo etcétera. *“Nanosolar, una empresa financiada por Google, considera que*

---

<sup>54</sup> De Cózar Escalante, J. M., “La vida en una nanocasa. Efectos socioambientales de las nanotecnologías”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 261.

*estamos entrando en lo que se describe como "la tercera ola solar", donde la nanotecnología va a desempeñar un papel muy importante para superar los retos que no pudimos vencer durante las dos primeras "olas solares"*<sup>55</sup>

Pero si los analizamos detenidamente, pueden aparecer toda una serie de problemas con cualquiera de estos desarrollos que deberían ser minuciosamente estudiados por una nanoecología que se encargue de analizar, prever problemas y aplicar el principio de precaución. *“Se requieren más estudios y más detallados sobre factores tales como la absorción y solubilidad, la biocompatibilidad (la ausencia de reacciones alérgicas, inmunitarias o de otro tipo en el contacto de los tejidos del organismo con los materiales), biodistribución (o distribución dentro del cuerpo), biodegradabilidad (la propiedad de los materiales de ser degradados por los organismos) e interferencia con el funcionamiento celular.”*<sup>56</sup>

Las promesas e ideas que nos dicen que la nanotecnología solucionarían todos los problemas de la humanidad, chocan con el hecho de que cada vez que ha aparecido una nueva tecnología o descubrimiento (como pasó con la energía nuclear, la informática, la biotecnología, etc) se dice lo mismo y al final nunca terminan por cumplirse esas promesas. Podemos ver como casi siempre se acaba cumpliendo la paradoja de Jevons, la cual nos dice que *“a medida que el perfeccionamiento tecnológico aumenta la eficiencia con la que se usa un recurso, es más probable un aumento del consumo de dicho recurso que una disminución”*<sup>57</sup> por lo que aunque con la nanotecnología muchísimos productos o procesos industriales se vuelvan más eficientes terminaríamos por usarlos más. Un ejemplo de esto es como la empresa IBM creó el ordenador más pequeño del mundo de 1mm de largo y ancho, pero, cuando se consiga mejorar la eficacia y potencia de estos “nanoordenadores” se empezarán a

---

<sup>55</sup>Soliclima, “Las renovables se asoman a la nanociencia”, [Internet], 2010. Disponible en: <https://news.soliclima.com/noticias/i-d/las-renovables-se-asoman-a-la-nanociencia> (Último acceso: 18 de mayo de 2018).

<sup>56</sup> De Cózar Escalante, J. M., *Nanotecnología, salud y bioética (entre la esperanza y el riesgo)*, Sociedad Internacional de Bioética SIBI, 2011, p. 51.

<sup>57</sup> Alcott, B., “Jevons’ paradox”, *Ecological Economics*, 2005, vol. 54, pp. 9-21 .



aplicar por todas partes, en la ropa, electrodomésticos, materiales, etc. Por lo que aumentará el consumo de estos dispositivos enormemente. Además, por la propia lógica capitalista no hay un interés en que se creen productos super duraderos o que sean tan eficientes que prácticamente se consideren autosuficiente, ya que, como se ha demostrado con la obsolescencia programada, a las industrias les interesan que el producto “caduque” lo antes posible para que las personas consuman y mantener el mercado en movimiento.

Además, por esta misma lógica de llevar a cabo una investigación sin límites (en la que se evita que se sepan ciertos datos o se juega interesadamente con la información para poder desarrollar tecnologías que darán grandes beneficios en el mercado), lleva a que los análisis desde la ética, que por ejemplo intentan aplicar el principio de precaución, sean menospreciados como grupos conservadores, anti-científicos o intentos de frenar el progreso. Vemos así que esto está aumentando debido al poco interés que existe en invertir en la investigación sobre los efectos o riesgos de la nanotecnología. *“No existe inversión en seguridad ni en evaluación de riesgos laborales, ambientales o sociales, ni se han realizado estudios del ciclo de vida de los productos nano. (...) Solo un dólar de cada 300 invertidos se destina a investigar los riesgos de las nanotecnologías.”*<sup>58</sup> Al final, no existe un control social efectivo ya que solo cuando ocurre un gran desastre nos preocupamos sobre si se está controlando correctamente esa industria o no. Desgraciadamente parece que la conciencia ecológica progresa porque se producen tragedias terribles.

Por todo esto las entidades como la ONU, los gobiernos, instituciones y empresas deberían tomarse en serio todos estos problemas. Ya que aunque se han creado grupos como ObservatoryNANO o el Centro para la Nanotecnología Responsable, vemos que las aplicaciones reales en leyes, en los centro de investigación o en la industria o en el mercado, son insuficientes y los posibles riesgos muy altos.

---

<sup>58</sup> Garí Ramos, M., “Nanotec: Megaganancias y gigarriegos”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p.162.

Tenemos que hacer caso a las evidencias científicas y olvidar los intereses económicos, aplicando el principio de precaución en todos los ámbitos, desde el desarrollo tecnológico hasta en los procesos industriales. *“Frente al optimismo tecnológico del cientificismo positivista hegemónico en el mundo científico y en las sociedades industrializadas, que mantiene una actitud acrítica y desprevenida respecto a los efectos sociales y ambientales de la tecnología, a la que atribuye una capacidad de solventar problemas que se ha demostrado falsa a la luz de la experiencia, es necesario realizar un análisis crítico, objetivo, independiente, holístico y prudente ante cada cuestión.”*<sup>59</sup>

Antes de cerrar este apartado, debo comentar que el principio de precaución que mencionamos, lo encontramos dentro de la obra de Hans Jonas *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, con el cual propone un principio para que las nuevas tecnologías se revisen antes de ser aplicadas y así evitar sus daños. Así propone un imperativo que dice: *“Obra de tal modo que los efectos de tu acción sean compatibles con la permanencia de una vida humana auténtica.”*<sup>60</sup> Esta idea también debe ser revisada, como defiende Javier Echeverría en su artículo “El principio de responsabilidad: Ensayo de una axiología para la tecnociencia”. Parfraseando a este autor, el principio de responsabilidad, del que deriva el de precaución de Hans Jonas es insuficiente e incluso reduccionista debido a que solo tiene en cuenta los valores éticos y no los políticos, sociales, económico, militares, jurídicos, tecnológicos, etc. No tiene en cuenta que *“la tecnociencia produce profundos impactos sobre la naturaleza, pero también sobre la sociedad y las personas”*<sup>61</sup> No aclara qué entiende por “hacer” o por tecnologías, tampoco diferencia entre técnica y tecnología, ni a quién va dirigido su principio de responsabilidad. Así, *“su noción de responsabilidad resulta excesivamente abstracta y de ella no se derivan normas para las acciones concretas.”*<sup>62</sup> Por todo esto, Javier Echeverría propone una

---

<sup>59</sup> Ibid.

<sup>60</sup> Jonas, H., *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Barcelona, Herder, 1995, p 40.

<sup>61</sup> Echeverría, J., “El principio de responsabilidad: Ensayo de una axiología para la tecnociencia”, Isegoría, 2003, Vol 29, p.128.

<sup>62</sup> Ibid, p. 128.

responsabilidad axiológica, que distingue diversos tipos de valores de la actividad tecnocientífica y varios tipos de responsabilidad como la moral, ecológica, política, social, militar, epistémica, técnica, tecnológica, etc. Donde cada valor y responsabilidad tendrá diversos impactos y análisis según el objeto a evaluar, las condiciones, los objetivos de evaluación, los agentes, etc. Así, esta perspectiva axiológica que nos propone *“permite una valoración mucho más afinada y equilibrada de la tecnociencia contemporánea, sobre todo porque ésta es entendida como una acción humana que tiene agentes concretos. Ellos son los sujetos de responsabilidad, no la tecnología en abstracto.”*<sup>63</sup>

---

<sup>63</sup> Ibid, p. 136.

## 5. Conclusión y vías abiertas

A lo largo de este trabajo he intentado mostrar cómo la nanociencia y la nanotecnología, desde su reciente nacimiento, bajo la promesa de revolucionar la ciencia, la tecnología e incluso la sociedad, ya está moviendo cifras millonarias y se está aplicando en diversos productos que consumimos. Como hemos analizado y ejemplificado, esto ya está teniendo diversas repercusiones, y aunque es cierto que pueden aportar innumerables beneficios tanto en la salud como en el medioambiente, los problemas que pueden traer por un uso no responsable o mal intencionado<sup>64</sup> pueden ser muy graves. Además, esto puede ampliarse o puede hacer aparecer efectos que no se esperan debido a la impredecibilidad de los sistemas complejos como son el medioambiente y el cuerpo, en los que existen complejas conexiones e interacciones que muchas veces escapan a las condiciones de experimentación de los laboratorios.

Por lo tanto, deberíamos tener en cuenta todas estas problemáticas y sobreponernos a esa esperanza y emoción de que las nuevas tecnologías que están apareciendo arreglen los problemas de la humanidad, como está pasando actualmente con la nanotecnología. Para ello es necesaria la creación de una nanoética que además trabaje de forma interdisciplinar, e incluso que incluya especializaciones como la nanoecología. Así estas ramas éticas deben reflexionar e investigar detenidamente a la vez que se aplica el principio de precaución en todos los niveles, desde en la investigación, hasta en la aplicación de nuevas tecnologías a productos, medicina, seres vivos,... Así, también considero necesaria la creación de comités éticos que tengan una posición estratégica para que puedan generar informes *“para establecer el necesario balance entre beneficios y riesgos, ponderar derechos y sopesar intereses en juego, previamente a la toma de decisiones sobre el progreso científico-tecnológico. Pero no*

---

<sup>64</sup> Y con esto me refiero a todas las problemáticas que pueden surgir a raíz de, por ejemplo, nuevas tecnologías militares o un nuevo tipo de vigilancia y control social sin límites como explicamos anteriormente.

*se trata de comités de expertos, sino de foros donde la interdisciplinariedad es un requisito fundamental junto a la pluralidad e independencia.*”<sup>65</sup> Y sobretodo hacer que todo esto se aplique eficazmente, ya que muchas veces, como está pasando con la nanotecnología ahora mismo, aunque aparecen muchos trabajos analizando y alarmando sobre los posibles efectos negativos, vemos que las leyes o protocolos que existen son insuficientes o no se aplican como se debería.

Para finalizar, me parece interesante cerrar con una cita, del artículo “Nanotecnologías: seguridad y salud laboral” donde la autora, tras un detallado recorrido analizando las problemáticas de las nanotecnologías y proponiendo un listado de planes para evitarlas, concluye de la siguiente manera: *Lo que ha quedado claro es que todavía queda mucho trabajo por hacer, tanto a nivel institucional, como legislativo, empresarial, científico, sindical, social y académico. Habrá que ir rellenando esas lagunas existentes y a ser posible en la mayor brevedad posible, empezando por ralentizar y regular el mercado antes de que las consecuencias de esta imprudente puesta en marcha puedan llevar a resultados catastróficos. Habrá que facilitar el acceso a la información, divulgación de la misma a todos los niveles sociales, incrementar las inversiones en seguridad y salud de estos nanomateriales y establecer diálogos sociales entre todas las partes interesadas con el fin de proteger la salud y seguridad, no solo en los trabajadores sino también en el medioambiente y de los consumidores.*”<sup>66</sup>

---

<sup>65</sup> De Lecuona, I., “Nanotecnologías y alimentación humanas: implicaciones bioéticas”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010, p. 232.

<sup>66</sup> Jiménez Saavedra, R., “Nanotecnologías: seguridad y salud laboral, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona 2010, pp. 251-252.

## 6. Bibliografía citada

Ansele, M. (1 marzo 2015), “La nanotecnología creará soldados de “máxima letalidad””, El País, [Internet], 2015. Disponible en: [https://elpais.com/elpais/2015/02/27/ciencia/1425062136\\_889040.html](https://elpais.com/elpais/2015/02/27/ciencia/1425062136_889040.html) (Último acceso: 15 de mayo de 2018).

Alcott, B., “Jevons’ paradox”, *Ecological Economics*, 2005, vol. 54, pp 9-21.

BilbaoPlan, “IMAGINENANO 2018, Nanociencia y Nanotecnología”, [Internet], 2018. Disponible en: <https://www.bilbaoPlan.com/imaginenano-2018-del-13-al-15-de-marzo-de-2018/> (Último acceso: 18 de mayo del 2018).

Casado, M., (Coordinadora), *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

Comisión de las Comunidades Europeas, (2008), Código de conducta para una investigación responsable en el campo de las nanociencias y las nanotecnologías, [Internet]. Disponible en: <https://eu.vlex.com/vid/conducta-nanociencias-nanotecnologias-38087044> (Último acceso: 30 de mayo de 2018).

Cremades A. y Maestre D., “Nanociencia y nanotecnología”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

CSIC, Programa Marco EU, [Internet]. Disponible en: <http://www.csic.es/programa-marco-ue1#> (Último acceso: 19 de mayo de 2018).

De Cózar Escalante, J. M., “La vida en una nanocasa. Efectos socioambientales de las nanotecnologías”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

De Cózar Escalante, J. M., “Nanotecnología, salud y bioética (entre la esperanza y el riesgo)”, Sociedad Internacional de Bioética SIBI, 2011.

De Lecuona, I., “Nanotecnologías y alimentación humanas: implicaciones bioéticas”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

Drexler, E., “Worlds Enough, and Time”, *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*, Anchor Books, [Internet], 1986. Disponible en: [http://e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC\\_Chapter\\_15.html](http://e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC_Chapter_15.html) (Último acceso: 20 de abril de 2018).

Echeverría, J., “El principio de responsabilidad: Ensayo de una axiología para la tecnociencia”, *Isegoría*, 2003, Vol 29, pp 125-137.

ETC Group, *¿Qué pasa con la nanotecnología?*, [Internet], 2010. Disponible en: [http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/Nanogeopoli%CC%81tica\\_4webSep2011.pdf](http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/Nanogeopoli%CC%81tica_4webSep2011.pdf) (Último acceso: 16 de abril de 2018).

Fernández Agis, D., “Economía y nanotecnología”, *Fronteras de la ciencia. Demarcaciones*, Biblioteca nueva, Madrid, 2016.

García Manrique, R., “¿Necesitamos una nanoética? (La nanoética como disciplina específica)”, *Bioética y Nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

Garí Ramos, M., “Nanotec: Megaganancias y gigarriegos”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

Helmut Kaiser Consultancy, “Nanotechnology in Food and Food Processing Industry Worldwide” , [Internet], 2015. Disponible en: <http://www.hkc22.com/nanofood.html> (Último acceso: 17 de mayo del 2015).

Jiménez Saavedra, R., “Nanotecnologías: seguridad y salud laboral, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona 2010.

Jonas, H., *El principio de responsabilidad. Ensayo de una ética para la civilización tecnológica*, Barcelona, Herder, 1995.

Leyton, F., “Animales y nanotecnología: algunas implicaciones bioéticas”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

Mautone M., “Conflictos éticos vinculados a la nanomedicina”, *Bioética y nanotecnología*, Aranzadi, Pamplona, 2010.

Montaña Cámara H. et al (eds), *Fronteras de la ciencia. Demarcaciones*, Biblioteca nueva, Madrid, 2016.

Pedreño Muñoz, A., “Repercusiones económicas de los avances en Nanotecnología”, Instituto internacional de economía. Disponible en: <https://iei.ua.es/es/investigacion/nanotecnologia/nanotecnologia-y-nanociencia-aspectos-economicos.html> (Último acceso: 30 de mayo de 2018).

Ribeiro, S., “De riesgo a realidad: muertes por nanotecnología”, Etc group, [Internet], 2009. Disponible en: <http://www.etcgroup.org/es/content/de-riesgo-realidad-muertes-por-nanotecnolog%C3%A1a> (Último acceso: 17 de mayo del 2018).

Rodríguez, M., “Encuentran nanotubos de carbono en los pulmones de niños de París”, Euroresidentes, [Internet], 2015. Disponible en:



<https://www.euroresidentes.com/tecnologia/nanotecnologia/encuentran-nanotubos-de-carbono-en-los> (Último acceso: 15 de mayo de 2018).

Rodríguez M., “¿Qué ha pasado con el brillante futuro de la nanotecnología?”, [Internet], 2015. Disponible en: <https://www.euroresidentes.com/tecnologia/nanotecnologia/que-paso-con-el-brillante-futuro-de-la> (Último acceso: 17 de mayo de 2018).

Soliclima, “Las renovables se asoman a la nanociencia”, [Internet], 2010. Disponible en: <https://news.soliclima.com/noticias/i-d/las-renovables-se-asoman-a-la-nanociencia> (Último acceso: 18 de mayo de 2018).

Tecnia, “Energía y Medio Ambiente”, [Internet], 2013. Disponible en: <https://www.tecnia.com/images/stories/Catalogos/catalogo-Energia-Medioambiente-ES.pdf> (Último acceso: 18 de mayo del 2018).

The National Nanotechnology Initiative, *What is Nanotechnology?*, [Internet]. Disponible en: <https://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition> (Último acceso: 16 de abril de 2018).