



## La nanoética ¿un saber bioético?\*

Gabriel Alexander Solórzano Hernández\*\*

*Nanoethics: a bioethical knowledge?*

*A Nanoética Um Saber Bioético?*

### RESUMEN

El artículo gira en torno de la consabida disputa que desde antiguo se tiene de la distinción entre el saber técnico y el teórico, y la salida tecnocientífica contemporánea. También examina cómo las invenciones de la microscopía y la teoría drexleriana facilitaron el nacimiento y desarrollo de la nanotecnología, e insiste en la necesidad de una reflexión ética de la nanotecnología desde la nanoética. Manifiesta cómo la nanoética está inserta en el lenguaje científico y académico, pero sin una esencia que la identifique como una ética aplicada. Se describen cinco posibles significaciones de lo que se entiende actualmente por nanoética. Se concluye resaltando la importancia de la bioética y la ética general en lo referente a la vida como *zoé* y *bios*, desde la óptica de la vida orgánica y la vida social.

**Palabras clave:** tecnociencia, nanotecnología, nanoética, bioética.

### ABSTRACT

This article is about the well-known and old discussion about the distinction between the technical and the theoretical knowledge and the contemporary techno-scientific output. It also examines how the invention of microscopy and the Drexler's theory eased the birth and the development of nanotechnology, and insists on the necessity of ethically reflect about nanotechnology from the nanoethics. The article states how nanoethics in immersed in the scientific and academic languages, but lacks an essence that identifies it as a way of applied ethics. Five possible meanings of nanoethics, as the term is currently understood, are described. The con-

\* Esta reflexión se deriva de la investigación "Algunas implicaciones de la nanotecnología: una perspectiva multidisciplinar" que desarrolla la Universidad Pontificia Bolivariana con la Universidad Católica de Oriente. \*\* Magister en Filosofía. Docente de la Universidad Pontificia Bolivariana. Correspondencia, e-mail: gabriel.solorzano@upb.edu.co

clusion remarks the importance of bioethics and general ethics concerning life as zoé and bios, from the organic life and the social life's viewpoints.

**Key words:** technoscience, nanotechnology, nanoethics, bioethics.

## RESUMO

O artigo gira em torno da consabida disputa que desde antigo se tem da distinção entre o saber técnico e o teórico, e a saída tecnocientífica contemporânea. Também examina como as invenções da microscopia e a teoria drexleriana facilitaram o nascimento e desenvolvimento da nanotecnologia, e faz questão de a necessidade de uma reflexão ética da nanotecnologia desde a nanoética. Manifesta como a nanoética está inserida na linguagem científica e acadêmica, mas sem uma essência que a identifique como uma ética aplicada. Descrevem-se cinco possíveis significações do que se entende atualmente por nanoética. Conclui-se ressaltando a importância da bioética e a ética geral no referente à vida como zoé e bios, desde a ótica da vida orgânica e a vida social.

**Palavras chave:** tecnociência, nanotecnologia, nanoética, bioética.

## Ciencia y técnica, el sendero que se bifurca y se une

Las tecnologías convergentes actuales parecen haber delimitado el campo del conocimiento científico y práctico, debido a la consabida distinción que otrora se manifestara entre la ciencia, desde su característica teórica básica, y la tecnología, en su dinámica de producción masiva de soluciones a los problemas apremiantes de la sociedad de consumo, que se difumina en las prácticas científicas contemporáneas.

Para efectos de analizar la ética de la tecnología nos serviremos de la falacia naturalista, propuesta por Henry Sidgwick, desarrollada por George Edward Moore, falacia según la cual es imposible derivar conclusiones éticas de estudios distintos al campo de la filosofía moral. La dificultad radica en la valoración de bondad o de neutralidad que se le ha dado a la ciencia y consecuentemente a su aplicación, la tecnología. Siguiendo la distinción analítica de Moore, la ética debe versar no sobre lo que se estima como "bueno" sino sobre la significación de "lo bueno", es decir, de los juicios de valor lo bueno se constituye en la tarea de investigación ética, y los juicios de hecho, derivados de la ciencia no se pueden derivar de una estimación ética de bondad. Parodiando esta interpretación de la filosofía del análisis aplicada a la ética para la comprensión filosófico-moral de las tecnologías convergentes actuales-tecnociencias, como la nanotecnología-, se admitiría que de los juicios de hecho se pueden tener juicios de valor. La escisión propuesta en la falacia naturalista que separa el mundo de los hechos del mundo de los valores, carece de sentido en las actuales revisiones éticas que giran en torno a temas tratados por las éticas aplicadas: bioética, nanobioética, la ética de la Internet, entre otras más. La nanoética contradice tal disociación de los juicios, puesto que de los juicios de hecho derivados de cualquiera otra tecnología convergente o divergente como la biotecnología y la nanotecnología se pueden derivar juicios de valor nanoéticos, biotecnológicos, entre otros. Claro está que la nominación de ética aplicada de estas reflexiones manifiestas en juicios de valor de las tecnologías convergentes conducen a otra discusión académica, que por lo pronto es acogida por la reflexión bioética; pese a tal indefinición de una ética aplicada a la nanotecnología, la nanoética aparece en nuestro ámbito académico y ético con gran fuerza.

La falta de aplicabilidad de la falacia naturalista a las tecnologías convergentes, y la carencia de denominar a la nanoética como una ética aplicada se presenta como un espacio propicio para establecer la cuestión que estamos planteando de la posibilidad que tiene la tecnociencia contemporánea de ser sometida al campo de reflexión de la filosofía moral. La interpretación de la nanotecnología desde el

contexto de la ética servirá de referente para precisar en qué condición es posible la reflexión ética en torno a esta novedosa tecnociencia que nombramos como nanotecnología.

Antes de elaborar una aproximación al fenómeno nanotecnológico desde la ética es preciso conocer el devenir de la ciencia y la tecnología en aras de comprender cómo este mundo de los hechos se ha venido desarrollando y cuál ha sido su valoración. En la cultura griega, las disputas se establecían entre los partidarios de la sabiduría entendida como virtud, y los seguidores de la *matematización* de la realidad; la distinción entre *tekné* y sabiduría teórica, *logoteoría*, servía incluso para la discriminación social del tipo de ciudadano en la comunidad-Estado, puesto que la práctica poco rigurosa y sin examen de la razón técnica era propia de los sujetos dedicados a las artes y los oficios, aunque las excepciones eran notorias entre los mismo pensadores griegos, que estimaban el valor de la sabiduría práctica como el valor de la sabiduría teórica. Un ejemplo de ellos es Arquímedes, que a diferencia de Platón, como asevera B. Guille, “representa el ideal técnico-científico”, mientras que para el filósofo ateniense la técnica y sus prácticas corresponden a oficios menores impropios del ocio que es la fuente de sabiduría por excelencia, y anota Guille “que en la escuela de Alejandría, Filón pensaba que “... la ciencia era un instrumento, no el único, indispensable para la técnica” y la mayoría de los sabios de los siglos XVI al XIX eran técnicos” (Hottois, 1991, 31). Ello significa que la teoría en la que están insertos los ociosos filósofos deja de ser la única fuente de conocimiento para el logro de los ideales modernos de tecnologización del mundo.

No obstante, y pese a la claridad que se pueda tener del papel fundamental de la especulación filosófica, citando apartes de la historia de la técnica, en la que genios como Arquímedes dan la razón a la unión de la ciencia y la técnica, por extensión aquí tecnología, las aplicaciones científicas materializadas en la técnica son parte de nuestra existencia. Para griegos como Platón y Aristóteles, el trabajo de los artesanos o *laboratores* determinaba su carácter y su condición social de carecer de ciudadanía, en el sentido de estar impedidos para tomar las decisiones fundamentales de la administración de la comunidad-Estado. Pese a tal condición social, los hombres dedicados a las artes y oficios menores tendrían mayor relevancia en la sociedad que las mujeres, los niños y los esclavos, debido a que estos últimos estaban en la misma línea: eran todos esclavos. Para estos filósofos de la virtud, la vida contemplativa, la del ocio, la de la sabiduría reportaba mayores beneficios a los miembros de la comunidad, pues quienes se dedicaban a la vida racional de la contemplación de la naturaleza, sin manipularla, buscaban los ideales más altos de la formación del espíritu. La vida teórica era el alma de la sociedad, y los ejercicios de gramática, retórica y dialéctica se posicionaron por encima de la manipulación mecánica y técnica.

El *ne-gocio*, se entendió como la práctica técnica o mecánica, también conocido como negación de la sabiduría teórica; implicaba la acción de la vida activa sin la comprensión última de los fines éticos y políticos de la sociedad. Bajo este argumento auspiciador de la lógica teórica derivada del ocio, genios como Arquímedes desestimaban sus progresos mecánicos. Arquímedes “... no llegó, parece ser, de convencerse de la legitimidad de sus trabajos de mecánica” (Ibíd.; p. 12), pues, las apreciaciones mecánicas para explicar la geometría le parecían a Platón simples ejercicios de artesanía que desdibujaban el carácter superior y abstracto de esta ciencia incorpórea y abstracta; por ello la mecánica estuvo desligada de la geometría y del pensamiento filosófico.

Todo este panorama de la *physis* y de sus implicaciones en los puntos de vista sobre la especulación teórica y la demostración mecánica implica la distinción entre la pureza de la ciencia teórica, *logoteoría*, cuyo fin es distinto a la mera dotación de bienes materiales y de objetos, y que busca la comprensión moral derivada de la mera racionalidad. La interpretación de la naturaleza como *tekné* desde el ámbito de los filósofos partidarios de la logoteoría y seguidores de la virtud como Platón y Aristóteles es vacua. Para ellos, los trabajos de Dédalo e Ícaro solo servían para suplir las falencias humanas sin tener en cuenta las repercusiones éticas que de ella se derivan.

En el pensamiento contemporáneo la interpretación de la tecnología en poco difiere de las consideraciones de los seguidores de la logoteoría; análogamente hay quienes valoran el desarrollo tecnocientífico y quienes lo desechan. Frente a la nanotecnología como tecnociencia ampliamente difundida en nuestro tiempo, las cuestiones que inmediatamente surgen desde el talante ético podrían estar en la línea de la delimitación, moratoria o fundamentada en el principio de precaución; también podría ser revisada desde sus implicaciones deontológicas y teleológicas; en consecuencia, los cuestionamientos podrían ser los siguiente: ¿se tienen en cuenta en las ingeniosas creaciones nanotecnológicas sus posibles repercusiones en la vida orgánica y social de los individuos?; ¿cuáles serían las consecuencias axiológicas derivadas de la nanociencia y la nanotecnología?; ¿se debería aplicar el *principio de precautorios* a la nanotecnología mientras la reflexión ética está a su rebufo?; ¿es necesaria una moratoria a la nanotecnología para establecer primero una reflexión ética?; ¿se debe evitar el desarrollo nanotecnológico puesto que acarrearía una eventual amenaza para la especie humana? Estas, y otras preguntas más dan campo a la investigación ética del fenómeno nanotecnológico.

La situación de incertidumbre ética, e incluso científica de los efectos de la nanotecnología, y por extensión de la tecnociencia contemporánea, ha sido desde antaño, con la técnica (sin las implicaciones que se tienen hoy frente a cambios profundos como el medio ambiente y la posible transformación radical del hombre en su estructura genética y cultural, entre otras), una cuestión de gran importancia, pues lo que está en juego es algo más profundo: la vida en sí. El proyecto Manhattan, por ejemplo, demostró la capacidad tecnocientífica del obrar irreflexivo humano.

De manera análoga, sin el carácter tecnocientífico contemporáneo, la posición de los griegos frente a la *teckné*, siguió siendo de poca estimación para el desarrollo humano cuyo énfasis se centró en la contemplación de la naturaleza y no en su manipulación. Una muestra clara de ello se puede constatar en el periodo medioeval, en el que la comprensión del ser de la tradición griega y latina se entrelaza con la herencia judaica y cristiana generando una comprensión contemplativa y logoteórica de la realidad, distante del naturalismo material propio de las observaciones mecánicas de los griegos. El mundo medieval se reviste de una ciencia distinta, la ciencia divina, de la comprensión del mundo desde el carácter trascendente y, aunque bizarra para los renacentistas, profunda en su anhelo de armonía con la creación. En tal ciencia es asumido el carácter de otras realidades distintas a las meramente inmanentes de la especulación de la técnica o *teckné* de los griegos mecanicistas. En el núcleo de la reflexión teológica medioeval está la concepción teórica y abstracta del Ser entendido como divinidad, que para la metafísica de Aristóteles implicaba, además de la teología, el carácter ontológico.

La concepción del pensamiento teológico cristiano medieval ofrecía una explicación de la realidad desde una óptica distinta, como ya lo hemos descrito en el párrafo anterior, logoteórica contemplativa teológica distante de la concepción moderna del mundo, amparada, esta última, en el mecanicismo mecanicista, el racionalismo cartesiano y la experimentación baconiana.

La técnica desestimada por los griegos amantes de la sabiduría teórica también ha sido desatendida por los filósofos y clérigos medievales, y solo en la Modernidad la manipulación matemática y experimental de la naturaleza toma un carácter preeminentemente ilustrativo del mundo.

El camino de la técnica manifiesta en su carácter moderno de tecnociencia disiente de la estructura metafísica clásica y de la comprensión medieval del mundo, al punto de establecer un carácter unidimensional de la realidad. Al igual que en la Modernidad la metafísica es sinónima de sospecha en el ámbito tecnológico, las disquisiciones referidas al ser poco aportan al desarrollo de la tecnociencia. No obstante, la metafísica es injustificablemente desechada e infortunadamente incomprendida, y mucho menos apreciada en el campo tecnocientífico; por ello, la nanotecnología y las tecnologías convergentes actuales carecen de fundamentación metafísica y solo revisten una justificación ética utilitaria y/o pragmática.

Si la metafísica carece de sentido en el mundo tecnológico, a la ética o filosofía moral no le ha sido tan fácil establecerse como reflexión acompañante del saber tecnológico, pues en el análisis axiológico a la ciencia se le atribuye un carácter eminentemente neutral y cuando más de bondad.

Es de tener en cuenta que el racionalismo cartesiano, al igual que el criticismo kantiano, trataron de establecer un nexo explicativo del saber teórico y científico de la realidad. La noción tan generalizada de matematización del mundo como explicación definitoria de la naturaleza en la Modernidad puede ser constatada y contrastada con el colosal intento de unificación del saber humano emprendido por Descartes, descrito en el famoso árbol de la ciencia, en cuya taxonomía, establecía una ciencia estándar que tenía como soporte la metafísica; por ello en tal metáfora, Descartes ubica en la raíz la metafísica; en el tronco, *la física* o filosofía natural, y en las ramas, cada una de las ciencias particulares, entre las cuales sobresalen la medicina, la mecánica y la moral.

En general, la ciencia moderna descrita desde el racionalismo de Descartes se puede asumir desde la unión de la técnica y las matemáticas, cuyo resultado ha sido la operatividad o la apropiación tecnomatemática del mundo, es decir, la técnica y las matemáticas unidas para explicar la realidad teniendo como raíz la metafísica. Por ello, Descartes difiere, por su estructura racionalista, de la concepción empirista de Francis Bacon y su idea de fundamentar la ciencia desde la mera experimentación. Las ideas racionalistas y empiristas de la ciencia serán *conciliadas* en el criticismo kantiano y la fundamentación de una ciencia unificada.

Aunque la solución epistemológica kantiana sea favorable a la idea del progreso científico-técnico desde un carácter marcadamente ético, ha proliferado la separación entre las denominadas *ciencias del espíritu* y las *ciencias empírico-matemáticas* en el período contemporáneo; por ello, a principios del siglo XIX, sir Humphrey Davis, aludiendo al sentido de la transformación de la naturaleza desde la óptica moderna de la tecnomatemática, dirá que: “La ciencia ha dado al filósofo natural <<poderes que podrían calificarse de creadores; estos le han permitido (...) por la práctica de la experimentación, interrogar a la Naturaleza con autoridad y no como la haría el erudito pasivo que no desea más que contemplar las operaciones de la Naturaleza>>” (Hottois, 1991, 19), distinción según la cual, el dominio del mundo le pertenece a los nuevos maestros modernos, quienes han apropiado los instrumentos creados por la tecnociencia para el sometimiento de la *physis*. Tal poder conferido para la transformación radical del entorno natural desecha la ingenuidad del *erudito pasivo* -maestros de la virtud- y su carácter logoteórico y contemplativo para establecer el progreso de la ciencia, creando así el ya legendario mito del progreso amparado en la tecnociencia.

En la Modernidad el paso de la tecnomatemática a la tecnología, propia del *homo habilis*, queda soportado en la idea mecanicista del mundo. El *homo ex machina* designa una realidad crucial para el dominio de la naturaleza: la capacidad humana de creación que desde antiguo ha fabricado instrumentos necesarios para una adecuada adaptación a las necesidades del medio tendrá en la moderna concepción de la tecnología, la indisolubilidad entre ciencia y técnica. La nueva ciencia descrita por los maestros modernos asume un carácter esencialmente aplicativo soportado en la matematización del mundo: de lo medible, cuantificable y experimentable.

Herederos de la Modernidad, los científicos del nuevo imperio de la ciencia asumen un carácter marcadamente tecnocientífico que consideran necesario para el desarrollo social, en el que la ciencia básica es solo un elemento más de referencia entre los diferentes elementos de la investigación, puesto que la ciencia fundamental no contiene en sí misma la explicación ulterior de los fenómenos del universo. El espíritu científico contemporáneo dependerá, en gran medida, de la recíproca relación entre teoría y práctica, entre el concepto y su aplicación. Los desarrollos científicos contemporáneos estarán enfatizados en la interacción de elementos propios de la experiencia tecnológica y de las teorizaciones científicas; por ello podemos encontrar en la epistemología de Gastón Bachelard que

el espíritu científico contemporáneo partirá del intento de una nueva geometrización del mundo, ya no desde la mera explicación mecánica como en el tiempo de Platón, sino desde la posibilidad de entender la *insuficiencia* científica para aprehender la realidad:

Esta tarea de geometrización que a menudo pareció lograrse -ya después del éxito del cartesianismo, ya después del éxito de la mecánica de newtoniana, ya también con la óptica de Fresnel-termina siempre por revelarse insuficiente. Tarde o temprano, en la mayor parte de los sectores, estamos obligados a comprobar que esta primera representación geométrica, fundada sobre un realismo ingenuo de las propiedades espaciales, implica inconveniencias más ocultas (...) vínculos esenciales más profundos que los vínculos de las representaciones familiares. Poco a poco se advierte la necesidad de trabajar debajo del espacio, por así decir, en el nivel de las relaciones esenciales que sostienen los fenómenos y el espacio (Bachelard, 2000, 7).

Tal carácter de insuficiencia permitirá que la frontera de la investigación científica que distinguía entre la investigación básica y la aplicación de la misma se desvanezca paulatinamente dando cabida a nuevas formas de interpretación de la realidad como lo es la investigación nanotecnológica. Obviamente las formas de investigación, básica y aplicada, no desaparecerán, pero el carácter de ciencia *stricto sensu* dependerá de la unión de ambas formas del proceso investigativo, aunque en ocasiones los investigadores de ambas formas de indagar quieran mantener un estatus diferenciador y de traslape como en el caso de la nanociencia y la nanotecnología. En suma, la investigación contemporánea asume un carácter marcadamente tecnocientífico de relación netamente autoimplicatoria y co-dependiente entre ciencia y tecnología, diferenciada de los notorios desarrollos modernos.

## La nanotecnología como tecnociencia y la nanoética

El paso de la disyunción originaria entre logoteoría y *teckné* continúa teniendo hoy entre los científicos estimaciones que reivindican el carácter predominante de una concepción purista de la ciencia y se amparan en la ciencia básica, pese a los intentos de científicos que siguiendo los múltiples esfuerzos del ideal unificador de la investigación básica y la aplicada afirman la mutua implicación de ambas formas del progreso científico para hallar explicaciones satisfactorias de la realidad. Aunque la disputa se prolonga, los hechos muestran la importancia que tienen ambas formas para el progreso científico-técnico. La nanociencia y la nanotecnología encuentran su conexión directa en el objetivo que persiguen: la creación de nuevos materiales, dispositivos y herramientas a escala nanométrica, y examinan y aplican las propiedades que emergen a tal escala de la materia para descifrar y hacer útiles sus hallazgos en pro del bienestar humano, de donde se quiera mantener en la tecnociencia contemporánea la caracterización ética de la ciencia moderna, de *neutralidad*, y *bondad* en los servicios y productos que se fabrican.

Un paso decisivo para que la nanotecnología se establezca como *disciplina de estudio* ético se deriva de los múltiples inventos y hallazgos que sirven de instrumentos para la profundización. En este sentido, por ejemplo, la astronomía moderna no hubiera podido desarrollarse sin invenciones como el telescopio de Galileo Galilei que abrió las puertas a la novedosa concepción del universo. En nanotecnología acontece análogamente el mismo fenómeno; desde que Norio Taniguchi (1974) acuñara el término de “nanotecnología” a principios de la década de los años 70, las reflexiones en torno a esta forma tecnocientífica no han cesado en sus múltiples intentos de definición e incluso de valoración de sus consecuencias. Los científicos actuales buscan establecer en qué medidas nanométricas se debe entender la nanotecnología; algunos más indagan sobre las probables consecuencias en ámbitos como el industrial, y las implicaciones físicas y químicas<sup>1</sup> que se pueden derivar de las prácticas nanotecnológicas.

<sup>1</sup> Reacciones y cambios paradigmáticos de las concepciones tradicionales soportadas en una geometrización que cada vez se muestra cada vez por los recientes hallazgos

lógica; también hay quienes se preguntan por sus implicaciones éticas, y sus implicaciones en la justicia, la seguridad, el cambio social y el cambio de la naturaleza humana. Temas éticos de la nanotecnología que según Adam Keiper deberían ser los temas de la nanoética pero que en esencia pertenecerían a la ética general (Keiper, 2007).

La ética de la nanotecnología, como veremos más adelante, tendrá sus apologistas, escépticos y detractores que se valen de características propias de las éticas aplicadas para establecer un juicio sobre la naciente nanoética. Si el camino de la ética nanotecnológica ha tenido tropiezos, la nanotecnología tampoco ha estado exenta de controversias como: 1. La definición de lo que en esencia es en sí misma; 2. Los cuestionamientos referidos a una posible moratoria; 3. Los beneficios y riesgos; 4. La posible discriminación socioeconómica; 5. La polarización de la investigación, entre otras. Pese a los múltiples cuestionamientos que se hacen de la nanotecnología y sus repercusiones, la nanoética se presenta como un hecho en el ámbito académico y científico.

Al presentar una sucinta relación entre nanotecnología y las creaciones científicas derivadas, se puede inferir y reconocer el triunfal progreso de la nanotecnología en el ámbito tecnocientífico actual; todo el andamiaje nanotecnológico se debe sustancialmente a las invenciones de mecanismos como lo microscopios y su consecuencial línea de investigación, la microscopía, que le han permitido grandes aproximaciones a la manipulación a escala atómica.

En esencia, el proceso de desarrollo de la nanotecnología tiene como soporte los inventos que le han propiciado tan significativo y acelerado progreso y los resultados de la investigación en nanomateriales, nanomedicina, y nanosistemas. Antes de establecer tal relación entre disciplina e invenciones, es claro que en el origen de la nanotecnología la presentación a finales de diciembre de 1959 de Richard Feynman, en su célebre conferencia *There's Plenty of Room at the Bottom* dirigida a la Sociedad Americana de Física inspira la investigación nanotecnológica (Feynman, 1959); de igual forma, la creación de los microscopios atómicos ha fomentado el progreso nanotecnológico.

Es por ello que la investigación nanotecnológica ha sido beneficiaria de la invención de potentes microscopios. El microscopio electrónico de transmisión (TEM, por sus siglas en inglés) de 1931 por Ernst Ruska y Max Knoll, (ETHZ 2012) permitió aumentar un hasta un millón de veces la visión de objetos. Ha sido necesario para el desarrollo de la nanotecnología: la invención de la microscopía de sonda de barrido (SPM por sus siglas en inglés) y la microscopía de efecto túnel (STM por sus siglas en inglés) de 1981, creada Rohrer y Binnig, así como el microscopio de fuerza atómica (AFM) en 1986 por Binnig y sus colaboradores, desarrollado en los laboratorios IBM en Suiza; todos ellos han posibilitado que el término *nanotecnología*, descrito originariamente por Norio Taniguchi, se constituya en un área de estudio ingenieril.

Estas creaciones, además de las investigaciones anteriores, auguraban el desarrollo de la nanotecnología como disciplina de estudio y facilitaron los descubrimientos que hoy se tienen por fundamentales en la nanotecnología. Por ejemplo, en 1985 gracias a la microscopía, Harry Kroto, Richard Smalley y Robert Curl (Kroto, et. al., 1985) descubrieron la tercera forma más estable del carbono, el C60 (carbono 60) y otros fulerenos, materiales propicios para la creación de síntesis de nuevos compuestos. Estas formas del carbono son estructuras ampliamente conocidas por sus características no solo físicas sino estéticas, que en su forma circular son conocida como buckyesferas –*buckyballs*– y en forma cilíndrica se conocen como buckytubos –*buckytubes*– necesarios en el ámbito industrial y de aplicabilidad múltiple en medicina, y en tecnologías de la información y la comunicación, entre otros.

Entre los hallazgos fundamentales los nanotecnólogos recibieron otra herramienta más para sus observaciones; se trataba de la invención de la microscopía de fuerza magnética (MFM por sus siglas en inglés) por parte de Martin y Wickramasinghe, (Martin & Wickramasinghe, 1987) y otra invención más que supuso un gran desarrollo en la nanotecnología de materiales la realizó Sumio Lijima quien

en 1991 descubrió los nanotubos de carbón (Iijima.1991). Estas Invenciones han propiciado un vasto campo para la nanotecnología y la consolidan como la tecnología convergente de mayor importancia en la esfera investigativa actual.

Aunque son notables para la ciencia estos descubrimientos, la popularización de la nanotecnología solo aparece como saber accesible para la gente en la obra de Erick Drexler, *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology* de 1986 y su idea de un “ensamblador universal”, una especie de mecanismo infinitesimal que tendría la capacidad de utilizar la materia circundante como material fundamental de construcción, que debido a su tamaño se podría ensamblar en cualquier estructura molecular químicamente estable. Tal *ensamblador universal* como dispositivo mecánico es descrito por Drexler como la *segunda generación de nanomáquinas* que estaría programada para armarse átomo por átomo, y argumentará él, que algunas de estas nanomáquinas servirán como dispositivos mejorados para el montaje de estructuras moleculares. La idea de un ensamblador universal ha circundado en el contexto popular como una eventual amenaza de una máquina autónoma y auto-replicante capaz de someter la especie humana.

La importancia que Drexler le confiere a estos ensambladores es inmensa, puesto que el manejo de los átomos le permitirá al hombre construir cualquier cosa permitida por las leyes de la naturaleza; no obstante, advierte que los avances tecnológicos en medicina, computación, ciencia espacial y los distintos productos desarrollados a partir de estos ensambladores podrían tener consecuencias nefastas “With assemblers, we will be able to remake our world or destroy it” (Drexler, 1986, 14). Tal interpretación, llevada al extremo por los partidarios de la abolición de la nanotecnología ha generado interpretaciones apocalípticas que hacen de los ensambladores universales una “amenaza gris” de auto-replicadores sin control, capaces de consumir la materia viva existente de la Tierra.

Pero esta visión popularizada y fatalista de la nanotecnología y por extensión de las tecnologías convergentes actuales que le atribuyen un carácter riesgoso, e incluso destructivo, la han padecido quienes se han atrevido a encontrar explicaciones científicas de la realidad. Un ejemplo de tal valoración ha sido el del colisionador de hadrones (LHC por sus siglas en inglés), -Large Hadron Collider- o “máquina de Dios”, puesto que hay personas del común e incluso científicos quienes afirman que colisionar hadrones podría generar un agujero negro capaz de destruir el mundo que conocemos; prueba de ello es la denuncia que en su momento se hiciera del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) por el daño que generarían.

Aunque la visión futurista de Drexler de las nanomáquinas auto-replicantes esté alejada de los intereses de los científicos contemporáneos, quienes han optado por profundizar en la investigación de formas distintas del carbono, nanotubos de carbono, grafenos, nanopartículas, motores moleculares, metamateriales, entre otros, la eventual amenaza de la utilización inadecuada de la nanotecnología podría ser una generadora de profundos cambios en ámbitos como la seguridad, la genética, la guerra, la discriminación científica, la dominación económica y política de los países desarrollados frente a los que están en vía de desarrollo.

La especulación sobre los distintos usos de la nanotecnología lleva a realizar un análisis de los pros y los contras derivados de los procesos, desarrollos y aplicaciones en productos.

Las implicaciones humanas y sociales de la nanotecnología muestran la importancia de la reflexión moral de las acciones derivadas del pensamiento tecno-científico contemporáneo. Debido a ello, los usos de una tecnología tan potente como la nanotecnología demandan de la comunidad científica un análisis riguroso de sus repercusiones. Diversos autores, desde posturas filosóficas e ideológicas distintas, expresan la dificultad que representa la tecnociencia sin un examen ético. Filósofos como Jürgen Habermas, y en su momento los pensadores de la Escuela de Frankfurt como Max Horkheimer, Theodor Adorno, e incluso Martin Heidegger se preguntaron por la técnica y sus implicaciones éticas. Para Habermas la ciencia y la técnica continúan siendo una ideología que podría modificar, no



solo la estructura ética sino la biológica. Para él, los avances en materia de ingeniería genética podrían alterar los rasgos característicos de lo que nos hace humanos:

Después de que la ciencia y la técnica han ampliado nuestro espacio de libertad a costa de la desocialización o desencantamiento de la naturaleza exterior, esta tendencia imparable se frenará, dicen, creando tabúes artificiales, es decir, con un reencantamiento de la naturaleza interior. La recomendación implícita es palmaria: sería mejor ilustrar los restos de arcaísmo que pudiera haber en la repulsa a las quimeras producidas genéticamente, a los humanos clonados y a los embriones consumidos experimentalmente (Habermas, 2002, 40).

Este espacio de reflexión sobre la ingeniería genética, extensible a la tecnociencia, implica una necesidad de regulación y normalización, no solo desde el ámbito jurídico sino desde el ético. En tal sentido la nanotecnología necesita ser regulada, tanto desde el ámbito moral como jurídico. El grupo ETC (Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración) “dedicado a la conservación y promoción de la diversidad cultural y ecológica y los derechos humanos” ha formulado sendas críticas al desarrollo nanotecnológico proclamando, entre los múltiples escritos, que está en juego en la nanotecnología “... nuestro ambiente y la salud de nuestras economías y nuestras sociedades” (ETC Group, 2011), y tienen por opinión frente al desarrollo nanotecnológico, la moratoria: “El Grupo ETC ha llamado a una moratoria sobre la liberación al medio ambiente o la utilización comercial de los nanomateriales, la prohibición de los nanomateriales autoensamblables y las patentes sobre tecnologías de nanoescala” (ETC Group, 2014). Tal idea de la moratoria es respaldada por autores como Bill Joy, quien desde el ámbito científico, y frente a estos riesgos y problemas de la comprensión de la nanotecnología ha querido dar primacía a la ética sobre la tecnología (Joy, 2000).

La regulación habermasiana a la ingeniería genética y la moratoria pretendida por una organización internacional como el grupo ETC son elementos que propician el debate ético de la nanotecnología. Anteriormente se citaba a Adam Keiper, y las cuatro concepciones éticas: 1. Seguridad, 2. justicia, 3. Cambio social, y 4. cambio en la naturaleza humana, para ser referidas al debate ético nanotecnológico. De cada una de estas concepciones éticas se desprenden distintas problemáticas que a continuación someramente se enunciarán:

1. En materia de *seguridad* aparece como riesgo la eventual proliferación de armas apoyadas en el uso de la nanotecnología, así como la segunda generación de nanomáquinas auto-replicas predicha por Drexler.
2. Las principales problemáticas procedentes de la *justicia* estarían en el orden de a. *La distribución social de los avances tecnológicos*; b. El desarrollo sustentable y, c. la brecha nanotecnológica y económica que se generaría entre países desarrollados con mayor inversión en ciencia, tecnología e innovación.
3. *El cambio social*, desligado de la comprensión ideológica del pensamiento de Habermas, las problemáticas estarían dadas por a). La abolición de la intimidad de los individuos, como en efecto se hace en la actualidad, pues se prefiere en algunos países la seguridad estatal a la libertad e intimidad de los individuos. Una visión estatalizada del panóptico de los teóricos clásicos de la economía traspolado al ámbito social que Michel Foucault había descrito como una característica fundamental del biopoder.
  - b). En esta instancia ética del cambio social, el ideal de la nanotecnología debería estar en pro de superar los problemas que afectan la estructura social como la miseria, el hambre e incluso la guerra pero gradualmente aumentan las diferencias sociales y se agudizan las diferencias.
4. La nanotecnología podría obligar a una *redefinición de la naturaleza humana*, y con ella, se propiciaría: a. un alargamiento de la vida, b. el aumento de la inteligencia, y c. una serie de prácticas eugenésicas que propiciarían el cambio social y conductual de las personas (García, 2010).

En tal sentido, la especulación filosófico-práctica de la nanotecnología también acarrea múltiples significaciones y exigencias conceptuales para que la nanoética sea entendida como una ética aplicada e independiente. Entre estas clasificaciones se pueden expresar las siguientes: 1. La escéptica, que afirma la carencia de una estructura ética por parte de la nanoética, pues necesita de temas, métodos, valores y contextos de aplicación; 2. La descalificadora, que ve las problemáticas derivadas de la nanotecnología en el ámbito ético como cuestiones ya trabajadas, incluso por la ética general, como el impacto medioambiental, redistribución equitativa de las riquezas, la manipulación genética, la robótica, entre otras; 3. La pragmática, en la que la esencia de la nanoética no es posible y solo se recurre a justificaciones prácticas y estudio de las implicaciones nanotecnológicas en casos particulares, por lo cual hay que dejar de lado la esencias universalistas de la nanotecnología y se debe estudiar lo pragmáticamente factual; 4. La indefinicioncita, en la que se piensa que la ética proveniente de la reflexión nanoética es de futuro y es prematura; y 5. La favorable, que afirma su posibilidad y la necesidad de ponerle límites éticos al creciente y desmesurado desarrollo de la nanotecnología.

La lista es aún insuficiente, debido a que hay posturas o significaciones múltiples que aquí no se mencionan porque la reflexión ética de la nanotecnología depende en gran medida del desarrollo de su objeto de estudio. Obviamente, el estudio de la nanoética exige aún un abordaje con mayor profundidad, pese a que la nanoética ha entrado a nuestra realidad desde distintas esferas, difíciles de clasificar y unificar, como las publicaciones de textos que desde el año 2007 ha tenido la editorial *Springer: La revista Nanoethics* dedicada exclusivamente a la reflexión nanoética, o por los informes publicados por los institutos de investigación, las organizaciones y las múltiples monografías, así como las innumerables publicaciones divulgativas y científicas, y en general las publicaciones de distinto orden, estas últimas desde hace una más de una década.

## 1. A MANERA DE CONCLUSIÓN

La percepción de la nanoética como disciplina ha estado polarizada, como se ha descrito anteriormente, desde las cinco clasificaciones. Las discusiones sobre la ética de la nanotecnología se centran rápidamente y sin el debido análisis desde ideas infundadas como aquella de la generación de prácticas nocivas para la sociedad. Esta idea puede propiciar confusión, pues la ética carecería de sentido, si *a priori* se tiene como supuesto de su accionar la *malignidad* de las acciones científicas y la aplicación exclusivista del principio de precaución a todo desarrollo tecnocientífico.

Aunque el legado moderno de neutralidad y de bondad de la ciencia continúa siendo un ideal ético importante en el actuar científico, es evidente que la nanotecnología puede producir beneficios, al igual que daños. La nanotecnología reviste un carácter promisorio y esperanzador para mejorar la condición humana; puede conducir, por ejemplo, a métodos más eficaces para la protección del tratamiento del medio ambiente, así como a un sinnúmero de beneficios médicos. En tal sentido, se puede asumir con Drexler que la manipulación atómica puede conducir a modificar prácticamente todo lo que la naturaleza nos permita. Los nuevos hallazgos nanotecnológicos están contribuyendo a mejorar la vida de los ciudadanos ofreciendo un amplio mundo de posibilidades en campos como la química farmacéutica, las tecnologías de la información y la comunicación, la medicina, la economía, la purificación de agua, la purificación del medio ambiente, sistemas alternativos de producción de energía limpia a partir de la potenciación de paneles solares, vehículos diseñados con mayor resistencia a la corrosión con materiales más livianos, ropa elaborada con telas con mayor durabilidad con propiedades antibacteriales y que repelen la suciedad. Y a futuro, nanomáquinas servirán para transitar por los vasos sanguíneos y podrán eliminar tumores cancerígenos, entre otras aplicaciones y productos.

El asombroso desarrollo que se puede generar desde la nanotecnología paradójicamente no es nuevo, pues la naturaleza ha sido desde sus orígenes la primera, y hasta hace unas décadas atrás, la mejor

nanotecnóloga. El hombre actual solo está descubriendo gradualmente los principios dinamizadores de la naturaleza, y tal conocimiento le está generando múltiples posibilidades derivadas de la manipulación de los elementos naturales. La naturaleza es la generadora de una sabiduría inconmensurable, como otrora pensaran los griegos y obraran los científicos modernos; es ella misma la fuente de inspiración o de bioinspiración.

Los riesgos y peligros que la nanotecnología trae consigo también pueden ser enormes. Los nanotecnólogos pueden transformar la realidad que conocemos creando nuevos objetos, al igual, que nuevas formas de vida; por ello la insistencia de una deliberación ética de la nanotecnología en cuanto a la transformación o generación de la vida.

La reflexión ética de la nanotecnología podría servirse de la experiencia que tienen las éticas aplicadas actuales, como la bioética, pues no se trata solo del objeto de estudio sino de las implicaciones que trae para la vida. En tal sentido, la nanoética sería para el *bios*, una rama de la bioética: las preocupaciones bióticas que de ella surjan estarían contempladas en el vasto campo bioético. En torno a lo inorgánico la misma ética y la aplicación bioética podrían dar fundamentos claros para el correcto obrar en las situaciones precisas. No obstante, el objeto de estudio de la nanoética, *la nanotecnología*, conlleva nuevas capacidades que distan de las competencias propias de la bioética, aunque, como lo hemos visto, los temas de preocupación de la nanoética se encuentren con las mismas categorías de análisis, no solo de la bioética sino de la filosofía práctica.

El punto de vista de la nanoética desde la bioética no significa un fracaso del proyecto nanoético, ni una ligera salida a las múltiples cuestiones que suelen provenir de las tecnociencias actuales; simplemente es la confirmación del saber bioético como fundante de la reflexión en torno a la *zoé* y al *bios*, a la vida orgánica y a la vida social y política. Retomando a Habermas, con la nanotecnología, están en juego, además de la vida no biológica, las condiciones de la existencia de las especies que habitamos nuestro planeta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bachelard, Gastón. (2000). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI Editores. México.
- Drexler, E. (1986). *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*. Recuperado de [http://e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC\\_Chapter\\_1.html#section01of10](http://e-drexler.com/d/06/00/EOC/EOC_Chapter_1.html#section01of10)
- ETC Group (2011) ¿Qué pasa con la nanotecnología? Regulación y geopolítica. Recuperado de [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)
- ETC Grupo (2014). *ETC Group has called for a moratorium on the environmental release or commercial use of nanomaterials, a ban on self-assembling nanomaterials and on patents on nanoscale technologies*. Recuperado de <http://www.etcgroup.org/es/content/etc-group-has-called-moratorium-environmental-release-or-commercial-use-nanomaterials-ban>)
- ETHZ (2012). *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. Some Milestones in the History of Electron Microscopy*. Recuperado de <http://www.microscopy.ethz.ch/history.htm>
- Feynman, R. (1959), *There's Plenty of Room at the Bottom*. Recuperado de [http://www.pa.msu.edu/~yang/RFeynman\\_plentySpace.pdf](http://www.pa.msu.edu/~yang/RFeynman_plentySpace.pdf)
- Habermas J. (2002). *El futuro de la naturaleza humana ¿Hacia una eugenesia liberal?* Barcelona: Paidós.

- Hottois, Gilbert. (1991). *El paradigma bioético: una ética para la tecnociencia*. Barcelona: Anagrama
- Iijima, S. (1991) Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354, 56-58. Recuperado de <http://www.me.berkeley.edu/~lwlin/me138/paper1.pdf>. doi:10.1038/354056a0
- Joy, B. (2000) *Why The Future Doesn't Need Us*, *Wired*, 8. Recuperado de [www.wired.com / wired/archive/8.04/joy.html](http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html)
- García, R. (2010). *¿necesitamos una nanoética? (La nanoética como una disciplina específica) bioética y nanotecnología*, Thomson Reuters, p. 41
- Kroto, H., Heath, J., O'Brien, S., Curl, R., & Smalley, R. (1985). C60-The Third Man. *Nature*, 318, 162-3, Recuperado de <http://www.garfield.library.upenn.edu/classics1993/A1993LT56400001.pdf>
- Martin, Y., & Wickramasinghe, H. (1987) *Magnetic imaging by "force microscopy" with 1000 Å resolution*. Recuperado de <http://scitation.aip.org/content/aip/journal/apl/50/20/10.1063/1.97800>
- Taniguchi, N. (1974). "On the Basic Concept of 'Nano-Technology'". Proceedings of the International Conference on Production Engineering, Tokyo, 1974, Part II (Japan Society of Precision Engineering). *Nano Ethics*, 1, 1-2.