

Princípio de precaução y nanotecnociências

Eder Torres Tavares¹, Fermin Roland Schramm²

Resumen

El rápido desarrollo de las nanotecnociências y la creencia de que representan amenazas a la supervivencia en el planeta, ha llevado a grupos de la sociedad civil organizada a pedir una moratoria para las investigaciones nanotecnocientíficas, en base al principio de precaución. El artículo parte de la constatación de que este principio suscita debates en torno del concepto, su forma de aplicación y sus implicaciones bioéticas. Algunos términos como “riesgo”, “peligro”, “daño”, “incertidumbre”, “ignorancia”, “prevención” y “precaución” son confundidos como sinónimos, lo que puede conducir a decisiones políticas, a veces, “exageradas”. Aplicado casi siempre como medida de tutela del medio ambiente, el principio de precaución se ha tornado un importante instrumento regulatorio de las tecnociências por creerse que, junto con los potenciales beneficios, traen amenazas a la vida y al planeta. Las tecnociências no son entes autónomos, sino que son pensadas, creadas y manejadas por el ser humano. Por lo tanto, no hay que atribuir un riesgo inherente a todo y cualquier producto tecnocientífico.

Palabras-clave: Bioética. Precaución. Nanotecnología. Gestión de riesgos.

Resumo

Princípio de precaução e nanotecnociências

O rápido desenvolvimento das nanotecnociências e a crença de que representam ameaças à sobrevivência no planeta têm levado grupos da sociedade civil organizada a pedir moratória para as pesquisas nanotecnocientíficas, baseando-se no princípio de precaução. Constata-se que esse princípio suscita debates em torno do conceito, da sua forma de aplicação e de suas implicações bioéticas. Alguns termos como “risco”, “perigo”, “dano”, “incerteza”, “ignorância”, “prevenção” e “precaução” são tomados como sinônimos, o que pode levar a decisões políticas por vezes “exageradas”. Aplicado quase sempre como medida de tutela do meio ambiente, o princípio de precaução tem se tornado importante instrumento regulatório das tecnociências, por se acreditar que, junto com os potenciais benefícios, trazem ameaças à vida e ao planeta. As tecnociências não são entes autônomos, mas, sim, pensados, criados e gerenciados pelo ser humano. Portanto, não há que atribuir um risco inerente a todo e qualquer produto tecnocientífico.

Palavras-chave: Bioética. Precaução. Nanotecnologia. Gestão de riscos.

Abstract

The principle of precaution and the nano-techno-sciences

The rapid development of the nano-techno-sciences and the belief that they represent threats to the survival of the planet have led groups of organized civil society to request moratoria on nano-techno-scientific research, based on the principle of precaution. This article takes off from the finding that this principle provokes debates around its concept, its form of application and its bioethical implications. Here terms such as “risk”, “danger”, “uncertainty”, “ignorance”, “prevention” and “precaution” are confounded as synonyms which can lead to policy decisions that are at times “exaggerated”. Applied almost always as a measure of stewardship of the environment, the principle of precaution has become an important regulatory principle of the techno-sciences, because it is believed that together with the potential benefits, they bring threats to life on the planet. The techno-sciences are not autonomous, but rather entities conceived, created and managed by human beings. Thus there is no way to attribute an inherent risk to any and all techno-scientific products.

Keywords: Bioethics. Precaution. Nanotechnology. Risk management.

1. **Doutorando** edertavares400@gmail.com – Universidade de Brasília, Brasília/DF, Brasil. 2. **Pós-doutor** roland@ensp.fiocruz.br – Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.

Correspondência

Eder Torres Tavares – Esplanada dos Ministérios, bloco E, sala 398 CEP 70067-900. Brasília/DF, Brasil.

Declararam não haver conflito de interesse.

Los principios son enunciados indiscutibles (...) no poseen la flexibilidad de ceder frente a otros principios o de imponerse a ellos de acuerdo con las necesidades contextuales, siendo, por lo tanto, de validez general y enriquecido de una defensa valorativa¹, como, por ejemplo, la conservación y preservación del medio ambiente. Por lo tanto, los principios son guías de acción que resumen y encierran una teoría y, de esta forma y brevemente, ayudan al agente moral a tomar una decisión moral².

El principio de precaución se entiende como “una concepción relativamente nueva y orientadora de la acción” frente a “riesgos de daños graves e irreversibles” representados, por ejemplo, por los problemas ecológicos globales. De acuerdo con este principio, no debemos “renunciar a actuar” bajo el “pretexto de la incertidumbre científica”. Muchas veces se le considera un “principio antiprogreso”, debido a la concepción de racionalidad situada además de la simple preocupación de la “eficacia técnica” y la “certeza científica”.

Considerando los debates sobre su concepto, su forma de aplicación y sus implicaciones bioéticas, se puede decir que el principio de precaución es objeto de controversias semánticas, políticas y morales, por ser mal entendido y, por lo tanto, mal aceptado. De hecho, partiendo del presupuesto de la falta de claridad conceptual y de concretización en la aplicación de este principio, grupos de influencia intentan hacer prevalecer sus concepciones ideológicas al invocar o rechazar su aplicación⁴. Por ejemplo, por un lado están los alarmistas e/o tecnocientíficos que, en nombre de la preservación ambiental y de la conservación de las especies, intentan convencer a la sociedad de que ciertas actividades humanas, entre ellas deforestación y desarrollos tecnocientíficos, son inherentemente amenazadoras y que, por esa razón, deben por lo menos frenarse. Su argumentación se fundamenta en el principio de precaución, cuya máxima conductual sería evitar el daño, aunque sea incierto, como justificación para la paralización de esas actividades. Por otro lado, los “progresistas” y/o tecnocientíficos, en nombre del desarrollo económico y social, interpretan tal principio solo como una directriz sin poder coactivo, la cual, al frenar ciertas actividades humanas, podría detener el florecimiento de la humanidad.

La heterogeneidad conceptual mantiene vigente la discusión sobre ese principio y ofrece oportunidades para nuevas formulaciones o interpretaciones. Sin embargo, por otro lado, también impide la utilización del principio como herramienta política eficaz⁵. Por lo tanto, el derecho positivo,

por ejemplo, se basa en la precisión de las acciones adoptadas y de la relación de causalidad entre tales acciones y sus resultados (o consecuencias) para proponer decisiones. Tales requisitos (precisión de las acciones y relación de causalidad) no siempre están presentes cuando se apela a favor del principio de precaución con el objetivo de detener una actividad potencialmente amenazadora. Tal vez por ese motivo el Tratado de la Unión Europea hace apenas una referencia al principio de precaución, sin definirlo. Ciertamente, *a pesar de que la creciente jurisprudencia incluya importantes decisiones de la Corte de Justicia [europea], la comunidad jurídica permanece dividida en relación con el significado y la aplicación del principio⁶.*

Otro punto de discusión se refiere a la forma de aplicación del principio - prohibición, paralización, revisión o sustitución de la actividad en pauta - y sus implicaciones bioéticas. Por un lado, los defensores del principio de precaución lo invocan cuando consideran que las actividades amenazan de forma grave o irreversible el medio ambiente o la salud humana, aun cuando haya incertidumbre científica sobre la conexión entre la causa y el efecto^{7,8}. Esa posición es coherente con los principios bioéticos de la dignidad humana y de los derechos humanos, de la ponderación beneficio-daño, así como de la protección del medio ambiente, de la biósfera y de la biodiversidad⁹.

Por otro lado, los críticos de tal principio argumentan que su aplicación, por basarse en la incertidumbre presente en el nexo de causalidad entre la acción (investigación científica, por ejemplo) y sus resultados (productos de las investigaciones científicas, por ejemplo) atrasaría el desarrollo científico-tecnológico¹⁰. En efecto, entre las finalidades de la ciencia y de la tecnología están la mejora de la salud de los seres humanos, el desarrollo social y la protección del medio ambiente - objetivos inscritos en la *Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos* (DUBDH), artículos 2º, 14, 15 y 17⁹.

A pesar de las posiciones polarizadas, los bienes para ser protegidos y preservados son los mismos: la salud de los seres humanos y el medio ambiente. En otras palabras, el alejamiento de los riesgos depende tanto de la introducción del principio de precaución como del desarrollo científico y tecnológico. Sin embargo, por ser vago e impreciso y por no indicar qué tipo de acción introducir o no, tal principio no podría servir de guía para la toma de decisiones¹¹.

En particular, el principio de precaución puede ser visto, algunas veces, como topos de un discurso

retórico de los países del Norte dirigido a los países del Sur, aparentemente a favor del medio ambiente y de la salud de los humanos, pero que efectivamente ejecutan, en estos últimos, políticas contradictorias en relación con tal principio, como la liberación de contaminantes en actividades industriales.

De hecho, la función objetiva de la aplicación del principio de precaución es impedir o frenar los impactos negativos reales y posibles para la sobrevivencia de la vida en el planeta, ya sea por la acción individual o colectiva o por la acción institucional. En ese ámbito, se verifica una relación íntima entre ese principio y la bioética, representada, en especial, por la DUBDH.

Por el hecho de que el principio de precaución tenga que lidiar con incertidumbre sobre las consecuencias de las acciones humanas, la decisión de aplicarlo o no debe ser muy bien ponderada en cuanto a su forma de aplicación. También debe tener relación con la naturaleza del riesgo involucrado (reversible, irreversible, serio, individual, colectivo), con la magnitud y extensión de los posibles daños (local o global y prolongado o no en el tiempo) e, incluso, con el tipo de información utilizada (datos científicos, económicos o políticos, o percepciones de riesgo de la sociedad).

Definición del principio de precaución

Algunos términos relacionados con el principio se detallan a continuación, pues su uso puede causar confusión: “riesgo”, “peligro”, “daño”, “incerteza”, “ignorancia”, “prevención” y “precaución”.

Según el sentido común, el “riesgo” se refiere a eventos negativos posibles y probables de que sucedan. En situaciones hipotéticas ideales, un riesgo es algo cuantificable, con probabilidades conocidas y valor negativo¹². Como término técnico, “riesgo” puede asumir significados cualitativos, al designar la ocurrencia o no de consecuencias indeseables, o significados cuantitativos, cuando se le atribuye probabilidad de ocurrencia de evento indeseado o representatividad estadística de la severidad de un evento indeseado¹³.

El significado cuantitativo considera al riesgo como un ente autónomo, que invade el cotidiano de la sociedad con cálculos de costo-beneficios, lo cual puede influir en la configuración de las identidades y de la formación de subjetividades, así como de aumentar la percepción de amenazas a la salud, con la consecuente búsqueda, casi frenética, de medidas de control de riesgos, aunque no sean racionalmen-

te justificadas y no haya garantías en cuanto a los resultados preventivos o protectores de tales medidas¹⁴. Para Aven¹⁵, *el riesgo es un juicio y no un hecho (...) y expresa la incerteza sobre el mundo*¹⁶.

A diferencia del “riesgo”, el término “peligro” expresa el estado real y actual de amenaza al bienestar, el cual puede llegar al daño, en caso de que no se tomen las medidas protectoras.

Se puede designar “daño” como el estado actual o futuro de un perjuicio cierto, ya sea, por ejemplo, a) físico, cuando la materia (entendida como cuerpo o sustancia que ocupa un lugar en el espacio) sufre algún efecto negativo o b) moral, cuando el sistema de valores individuales y/o colectivos no es respetado.

“Incerteza” denota probabilidades desconocidas o imprecisas, relacionadas a eventos indeseados. Es un componente cuantitativo que se atribuye a los riesgos. Como no se puede “arriesgar” en un momento de incertidumbre y como, en ciertas situaciones, el observador implicado es instado a actuar, algunas teorías aplican probabilidades a la incertidumbre. En otras palabras, la atribución de probabilidades a las incertezas es indispensable en la toma de decisiones, en las políticas públicas de salud o en otras áreas de la vida. Se trata de la “inferencia bayesiana”, en la cual la probabilidad es una medida que contiene alguna información y conocimiento anterior de los eventos, calculada e inserta por el observador¹⁵. A la asociación entre incerteza y grado de conocimiento se le da el nombre de “incertidumbre epistémica”, resultado de la falta de conocimiento del observador acerca de las probabilidades del evento¹⁷.

“Ignorancia” puede ser sinónimo de incerteza (o falta de conocimiento), como en la situación en que las probabilidades no pueden estimarse en razón de la deficiente base de análisis, o como en la situación en que la determinación de los resultados (consecuencias) es problemática¹⁸. De esta forma, el estado de ignorancia es marcado por la dificultad de establecer un modelo de determinación de las consecuencias de una actividad. *El modelo puede incluso existir, pero no es aceptado por la comunidad científica*¹⁹. De ese modo, la ignorancia es una relación no definida entre las consecuencias y las causas, por lo tanto, una incerteza que es de naturaleza científica y que aparece en el contexto del principio de precaución.

Es común que quienes toman decisiones apliquen los términos “prevención” y “precaución” de forma indiscriminada, como si las dos medidas de

protección asociadas tuvieran la misma motivación, sin distinción entre daño potencial y daño real. No obstante, es posible distinguirlos en base a los conceptos de certeza e incerteza y de riesgo, peligro y daño, relacionados a un evento. De esa forma, el observador tendrá la capacidad, aunque cuestionable, de decidir por la aplicación de una u otra medida.

La prevención se aplica a actividades en que el daño es creíble (certeza científica), inminente o en marcha, mientras que la precaución es invocada cuando hay incerteza de la ocurrencia del daño o hay conocimiento parcial entre causa y efecto. La medida preventiva puede ocurrir antes o después de la actividad considerada peligrosa, evitando, reduciendo o eliminando el daño. En la precaución, el momento de la actuación es siempre anterior al hecho. Por lo tanto, lo que motiva a tomar la medida -prevención o precaución- es la comprensión total, parcial o incluso errónea de la posible causa.

En conclusión, no hay una definición universal para el principio de precaución, ya que la literatura enumera varias de ellas, las cuales se muestran vagas y contradictorias entre sí, así como sus diferentes versiones²⁰⁻²³. Algunas versiones, para concretizar la aplicación del principio, recurren a la incerteza de los riesgos o de la relación de causalidad entre la acción y el daño o a la carga de la prueba para la seguridad de la actividad^{22,23}.

Otro punto importante destacado por Harris y Holm²⁴ es si, en el contexto de salud de los humanos, es suficiente y/o necesario que el daño sea serio y si es determinado conforme a la cantidad de personas afectadas, lo cual lleva a cuestionar los parámetros indicativos sobre el grado de seriedad de un daño y, en caso de haber, qué doctrina ética sería mejor aplicada aquí: ¿el utilitarismo? La respuesta es aparentemente sí, ya que las formulaciones del principio dan énfasis a las motivaciones de las acciones, a las cualidades o al carácter de los agentes. Según los autores, se da un valor extremo a los daños que causan las actividades, eliminando la comparación con los posibles beneficios, lo cual lleva al principio de precaución a dejar de ser considerado un principio moral válido.

Origen del principio de precaución

El concepto de precaución tiene orígenes longínquos y muchos autores lo hacen derivar del concepto aristotélico de “prudencia” o “discernimiento moral” (*phronesis*), aunque la ciencia experimental moderna no pueda ser derivada de la

concepción logoteórica aristotélica³. En particular, siempre se usaron medidas de precaución en la medicina y en la salud pública como forma de evitar la exposición de poblaciones e individuos a riesgos. En este sentido, una de las primeras medidas de precaución ocurrió en Londres, en el intento de frenar la epidemia de cólera en la ciudad²⁵.

La precaución se elevó al principio del derecho positivo con la creación del *Vorsorgeprinzip* (principio de la previsión, en alemán) en la Ley del Aire Limpio, año 1974, en Alemania⁴. En la década de 1980, el principio fue esparcido por toda Europa del Norte y, posteriormente, pasó a formar parte de la agenda política global de protección ambiental, encontrando su mayor expresión en la *Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo* de 1992⁷.

En la salud pública, cuyo objetivo central puede ser visto como la identificación y reducción de riesgos²⁶, el principio de precaución se alió a los enfoques epidemiológicos, aumentándoles la incerteza de los daños en las medidas⁴ y una posterior interrupción o paralización de las causas con posibilidades o potencialidades de provocar daños. Por eso, *el principio de precaución tiende, debido a la presión de la opinión pública y al hecho de que los responsables públicos sean puestos en causa ante la justicia, a asumir un sentido más próximo de una obligación de abstención, diferente del que había sido explícitamente formulado en los textos jurídicos dedicados al ambiente*²⁷.

El concepto de riesgo habría introducido el carácter especulativo en el ámbito de la epidemiología, expandiendo el campo de estudio de las asociaciones entre los eventos de interés de la salud, como las enfermedades crónicas no transmisibles y su prevención, dejando a la microbiología los estudios de las enfermedades infecciosas, posibles por la llegada de las técnicas de laboratorio²⁸. Según Ayres, para MacMahon, principal portavoz de la epidemiología del riesgo, la epidemiología *no puede pretender afirmar, sino sugerir, los vínculos causales que las ciencias biomédicas duras deben, definitivamente, establecer*²⁹.

El riesgo debe definirse: a) en la identidad entre posibilidad y probabilidad, o sea, en la cuantificación del riesgo; b) en la unificación de los elementos de los procesos salud-enfermedad, o sea, las características propias de esos eventos se reducen a un único registro (el concepto de riesgo y sus propiedades) y c) en la expectativa de estabilidad de los procesos causa-efectos, lo cual permite la creación de modelos de prevención de riesgos³⁰ que dependen de los

tipos de determinante de los eventos que sufrirán intervención. Aunque sean erróneos, tales modelos son intentos de respuesta a la sociedad, lo cual indica que los eventos y los riesgos son conocidos y posible o probablemente prevenidos. La prevención de riesgos puede ser temporal (cuando es aplicada a objetos observados en el tiempo presente o proyectados en el futuro, con base en las observaciones del pasado) o espacial (cuando es extrapolada a objetos no observados, con base en las observaciones hechas a objetos observados) ³⁰.

Justificativa para la aplicación del principio de precaución

Dos elementos principales acompañan prácticamente todas las definiciones del principio de precaución: Amenaza e incerteza. Se puede afirmar, en ese caso, que la amenaza se refiere exclusivamente a la posibilidad de daños físicos, irreversibles o reversibles, al ser humano o al medio ambiente, serios o no. Sobre esas amenazas no se exige corroboración científica, lo cual posibilita actuar sin tener que eliminar la incerteza científica y tomar en cuenta solamente la gravedad e irreversibilidad de los posibles daños

Sin embargo, como *potencial para el bien o para el mal* ³¹, la aplicación del principio puede tanto privar a la sociedad o al medio ambiente de los beneficios potenciales oriundos de cierta actividad como protegerla de los potenciales daños oriundos de la misma actividad, aunque el principio de precaución le dé más importancia a los daños que a los beneficios. Por lo tanto, es posible sostener que el principio de precaución *no puede ser una regla válida para las decisiones racionales* ³², dado que su aplicación se da en la incerteza del riesgo y de la decisión, en la subjetividad del observador, por lo que la racionalidad puede quedar en segundo plano. Además, la precaución es construida contextualmente, lo que dificulta incluso más su aplicación como respuesta de un riesgo incierto ³³.

De hecho, es un error creer que la verdad científica podrá probar a existencia o ausencia de daños de cualquier actividad, ya que *exigir certeza sobre la ausencia de un daño antes de autorizar una actividad (...) no es más racional que exigir certeza sobre la existencia de un daño (...) para tomar medidas de prevención* ³⁴.

También es necesario destacar el papel de la percepción social sobre el riesgo en la toma de decisiones, pues la percepción del riesgo *se refie-*

re a las creencias y sentimientos de las personas sobre la naturaleza de eventos amenazadores, sus características cualitativas, sus beneficios y su aceptación ³⁵, los cuales son influenciados por las informaciones disponibles. En ese caso, el impacto psicosocial es determinante para definir el grado de percepción de riesgo que una sociedad posee sobre cierta actividad ³⁶. Actividades humanas comparativamente más seguras que otras se perciben como que tienen un grado mayor de riesgo, por causa del número de personas alcanzadas al mismo tiempo en un único evento adverso, por ejemplo, el transporte aéreo.

La percepción sobre el riesgo depende, también, del alcance de la asistencia y/o protección que recibe del Estado. Para sociedades que poseen servicios y sistemas públicos de salud garantizados y de calidad, la definición de límites de riesgo en salud es más segura, pues tales factores reforzarían la resistencia ³⁷. Por otro lado, para sociedades cuyos servicios de salud no existen, son precarios o no son accesibles debido al alto costo, la percepción del riesgo adquiere un *status* de amenaza real e inevitable. (...) *hay situaciones en que condiciones precarias en términos socioeconómicos están inevitablemente ligadas a grandes dificultades para la reducción de los riesgos, elevando de manera inexorable la vulnerabilidad social de determinados grupos en detrimento de otros* ³⁸.

En particular, el temor instalado por posibles riesgos irreversibles provocados por el calentamiento global transfirió esa irreversibilidad de los daños a otras actividades humanas, como las nuevas tecnologías, lo cual sugiere un cambio global de la percepción de los riesgos. Con eso, cambian también las medidas de prevención y precaución, las cuales deben tomar en cuenta no solo los datos científicos disponibles y los cálculos probabilísticos, sino que también las percepciones sociales del riesgo. Un ejemplo de eso es la influencia de informaciones sobre riesgos de la moralización de las personas y sobre *construcción de la moralidad predominante* ³⁹.

Es necesario considerar que cuando los riesgos se sobreestiman pueden provocar un aumento innecesario de los gastos con medidas de protección y, con esto, retirar inversiones de áreas como la promoción de la salud y la educación. Además, esa exacerbación de los riesgos trasluce cierta "locura" instalada en la sociedad moderna, obligándola a convivir con la falta de estabilidad y de seguridad ¹⁴. Por lo tanto, encontrar una fórmula que justifique la aplicación del principio de precaución no es una tarea fácil, pues sería necesario contemplar múltiples factores, como

el tipo de amenaza, el blanco de amenaza, los datos científicos acerca de los riesgos, el balance entre beneficio y daño, la extensión del daño, la reversibilidad del daño, el contexto sociocultural, la percepción social sobre el riesgo y el momento político.

Aplicaciones del principio de precaución

El principio de precaución casi siempre es invocado como medida de cuidado del medio ambiente, un sistema complejo de inter-relaciones que despierta preocupación frente a la posibilidad, aunque sea remota o incierta, de alguna perturbación en sus vías de interconexión, cuyos ciclos de retroalimentación pueden potencializar esa posibilidad¹⁷. No obstante, recientemente, el principio se ha convertido en un importante instrumento regulador de las actividades científicas y tecnológicas, así como del desarrollo de sus productos⁴⁰. En Brasil, un caso paradigmático ocurrió en la década de 1990, con la prohibición, por parte de la Justicia Federal, del cultivo de soya genéticamente modificada (*roundup ready*, RR), hasta que el tema fuera reglamentado y fueran realizados el estudio de impacto ambiental y el informe de impacto ambiental (EIA/Rima [relatorio de impacto ambiental])⁴¹.

En la década de 1970, los avances en las investigaciones acerca de la manipulación del DNA levantaron cuestionamientos respecto a los riesgos que la introducción forzada de material genético de un organismo en otro podría causar. El riesgo potencial era tal que los mismos científicos declararon públicamente su preocupación respecto de esos avances y pidieron la moratoria de dichas investigaciones⁴². En febrero de 1975, durante la Conferencia Internacional de Asilomar sobre Moléculas de DNA Recombinante, en California, Estados Unidos de América del Norte, científicos discutieron los avances y trazaron directrices para la conducción de investigaciones con DNA⁴³.

La clonación humana es otro tema moralmente controvertido, que remite al principio de precaución. Con efecto, la *Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos* invoca, implícitamente, el principio de precaución a nivel global, al prohibir la clonación humana reproductiva, por considerarla un atentado contra la dignidad humana⁴⁴, e impone el deber universal del respeto a la dignidad humana, una vez que la clonación, al interferir en el *finalismo intrínseco de los procesos naturales*, [se revelaría moralmente] *mala*

*en sí misma*⁴⁵. En otros términos, los argumentos contrarios a la clonación humana no consideran *una medida terapéutica o preventiva a ser usada en casos de necesidades reales o deseos legítimos*⁴⁶. Para Schramm⁴⁵, al respetar la autonomía procreativa de la mujer, la clonación reproductiva no sería moralmente diferente de la fertilización asistida, según una visión utilitarista.

Por otro lado, la clonación de órganos y tejidos humanos, por motivos de su finalidad terapéutica y preventiva, encontraría mayor aceptación por parte de la sociedad, *siempre y cuando fueran respetadas las necesarias medidas de bioseguridad y el principio de equidad*⁴⁷, *así como la dialéctica de los principios prima facie de la beneficencia y la no maleficencia, del respeto a la autonomía y al consentimiento libre e informado, de la justicia y otros que puedan venir a ser necesarios para vivir bien*⁴⁸, visto que *las aplicaciones de la investigación (...) que involucran el genoma humano (...) deben buscar alivio del sufrimiento y la mejoría en la salud de individuos y de la humanidad*, como lo establece el párrafo "b" del artículo 12 de la *Declaración Universal sobre el Genoma Humano y los Derechos Humanos*⁴⁴.

Entre las definiciones existentes para el principio de precaución, es importante citar la de la Comisión Mundial sobre Ética de la Ciencia y de la Tecnología de la Unesco (Comest): *Cuando actividades pueden conducir al daño moralmente inaceptable, que sea científicamente plausible, aunque incierto, deben ser emprendidas acciones para evitar o disminuir el daño*⁴⁹. La moralidad, en la definición de la Comest, comprende daños serios e irreversibles a los seres humanos o al ambiente, injustos con respecto a las generaciones presentes y futuras, sin observancia de los derechos humanos tanto de aquellos que la bioética de protección⁵⁰ considera vulnerados – personas que, *por alguna razón independiente de su voluntad*, [son incapaces] *de defenderse por sí mismas, debido a las condiciones desfavorables en que viven o debido al abandono de las instituciones vigentes, que no les ofrecen el soporte necesario para enfrentar su condición de afectados e intentar salir de ella*⁵¹ – cuanto de los vulnerables, que, según la bioética de intervención⁵², son todos los que se encuentran *frente a algo que [les] retira el poder (otra persona, una institución, el Estado etc.)*⁵³.

El daño puede ser apenas una hipótesis plausible; es decir, aunque no haya evidencia probabilística de su ocurrencia, debe ser tratado como posibilidad relevante. Las actividades, por su vez, deben pasar por un proceso democrático de selección y por la

evaluación de sus implicaciones morales, así como de sus consecuencias positivas o negativas: *la selección de la actividad debe ser el resultado de un proceso participativo*⁴⁹.

El rápido desarrollo científico-tecnológico y la celeridad en la diseminación de sus impactos, gracias a la globalización y la eliminación de fronteras entre naciones y la profundización del conocimiento científico acerca de la extensión de esas consecuencias, han desafiado a los gobiernos para que reaccionen eficazmente contra los riesgos. Ejemplo clásico es el del desarrollo y consumo de organismos genéticamente modificados (OGM) para la alimentación – prohibidos en algunos países y permitidos en otros. Inicialmente, la paralización provocada por el principio de precaución alcanzó a las investigaciones con plantas genéticamente modificadas, debido a la falta de incertidumbre acerca de sus daños antes aun de haber cualquier planta desarrollada⁵⁰. Dentro de ese entendimiento, como variante del *principio de la aversión al riesgo*⁵⁴, la posibilidad de desastre o catástrofe de gran escala de un desarrollo tecnológico sería suficiente para prohibirlo, aun si ofreciera la probabilidad de un beneficio considerable para los seres humanos³⁶.

De forma general, los pedidos de moratoria, prohibición, postergación – que son de hecho medidas de precaución – pueden basarse en el temor a las tecnologías, paralizando por un tiempo o inclusive excluyendo dichas investigaciones de los sistemas de ciencia y tecnología. En otros términos, la tecnocientofobia, cuando asociada al conservadurismo naturalista, aleja la responsabilidad de los sistemas políticos, económicos y financieros por el mal uso de las tecnociencias⁵⁵. Siendo así, la competencia creativa y creadora de biotecnología y la expansión de los riesgos parece haberse tornado indisoluble, visto que, *al escoger una, escogeremos, inevitablemente, también la otra*⁵⁶.

En suma, la interpretación literal del principio de precaución obligaría a que fueran retirados del mercado los medicamentos por causa de sus efectos secundarios; paralizaría la explotación y la producción de petróleo debido a la liberación de gases perjudiciales para la salud; prohibiría la energía nuclear que, en caso de fuga, podría contaminar centenas de kilómetros de área y, quizá, millares de seres vivos. En contrapartida, si la interpretación de ese principio no debiera ser literal, entonces debería denominarse “directriz” o “guía”, y no “principio”⁵⁷.

Principio de precaución en las nanotecnociencias

Fue en el siglo XVIII que ciencia, técnica y producción comenzaron a relacionarse y retroalimentarse⁵⁸, característica que sería reproducida, en el siglo XXI, por la nanotecnología y que resultaría en inversión y proyecciones financieras de gran calado. Tales aplicaciones concretas probablemente aceleraron el desarrollo y comercialización de productos nanotecnológicos, antes aun de la evaluación de sus riesgos, lo que instó a organismos internacionales y a la sociedad civil organizada a invocar el principio de precaución para frenar las investigaciones en ese campo y la consecuente transferencia de sus resultados al mercado. De ese modo, los pedidos de moratoria responden a la tendencia de las políticas actuales de acelerar la comercialización de “nanoproductos” sin una cuidadosa evaluación de las incertidumbres que los cercan⁵⁹.

En ese aspecto, cabe resaltar el informe de la Royal Society y Royal Academy of Engineering, del Reino Unido – RS Policy Document 19/04 –, que recomendó medidas de precaución con relación a las nanopartículas y los nanotubos, considerándolos materiales peligrosos: (...) *la liberación de nanopartículas y nanotubos manufacturados en el ambiente debe ser evitada tanto cuanto sea posible*⁶⁰.

En 2004, la comisión Europea incluyó en su Estrategia Europea para Nanotecnología actividades en los campos ético, legal y social (European activities in the field of ethical, legal and social aspects – Elsa) y recomendó la creación de un Código de Conducta para la Investigación Responsable en Nanociencias y Nanotecnologías como modelo de regulación y gobierno de las nanotecnologías. El código, aprobado por la Comisión Europea en 2008, señala siete líneas generales que deberían ser consideradas en las investigaciones de nanotecnología: la información adecuada al público; el desarrollo sostenible; el principio de precaución; la integración de toda la sociedad; la excelencia investigativa; la innovación, y la responsabilidad⁶¹.

El Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química, del que Brasil hace parte, aprobó, en septiembre de 2008, ocho principios que deben regir la vigilancia de las nanotecnologías y de los nanomateriales, de los cuales el principio de precaución es el primero y el más importante⁶²: 1) principio de precaución: sometimiento de las nanotecnologías a ese principio, por la posibilidad de impactar la salud

y el medio ambiente; 2) regulación obligatoria de las nanotecnologías: introducción de regulación específica para las nanotecnologías; 3) salud y seguridad de la población y de los trabajadores: introducción de mecanismos de prevención de la exposición a nanomateriales reales o potencialmente nocivos; 4) sustentabilidad del medio ambiente: análisis del ciclo de vida de los nanomateriales en el ambiente, en la salud y en la seguridad ocupacional, antes de lanzarlos al mercado; 5) transparencia: etiquetaje obligatoria para productos nanofabricados o que contengan nanomateriales; 6) participación del ciudadano: involucramiento de la sociedad en la discusión y en el proceso de decisión del desarrollo de nanotecnologías que le conciernen; 7) consideración sobre los impactos sociales y éticos: colocación de inversiones públicas en las nanotecnologías, teniendo en consideración el impacto social, la evaluación ética, la equidad, la justicia y los intereses locales, y 8) responsabilidad del productor: responsabilizar a todos los involucrados en la cadena de los productos de base nanotecnológica por los daños que llegasen a ser ocasionados debido a la exposición a las nanotecnologías.

El grupo ETC (Action Group on Erosion, Technology and Concentration) ha venido proponiendo desde 2003 la moratoria, en especial, para productos que contengan nanopartículas⁶³. El Parlamento Europeo recomendó, en 2010, la moratoria en la producción de alimentos que utilizaban nanotecnología – en procesamiento, empaquetado y nanoingredientes – hasta que la evaluación de riesgos diera cuenta de su seguridad⁶⁴.

Es importante observar que en la aplicación del principio de precaución se debe buscar una clara distinción entre amenazas creíbles y amenazar improbables; que toda decisión debe estar basada, en la medida de lo posible, en evidencias científicas; que una amenaza mayor debe sobreponerse a una amenaza menor; que un evento negativo anterior, como la muerte comprobadamente causada por determinado tipo de cáncer, como consecuencia de la falta de terapia con nanopartículas (si fuera el único tratamiento) – debe ser evitado utilizando nanopartículas, aún si pueden provocar, posteriormente, efectos adversos; que, en situaciones en las cuales el factor humano tenga un papel imprescindible en la utilización final del desarrollo científico, una regulación o normatividad debe ser aplicada antes de cualquier paralización o prohibición⁶⁵.

La aplicación del principio de precaución a la nanotecnociencia requiere diferentes análisis, no siendo sensato atribuir a todos los ramos de esa

tecnología la connotación de amenaza inherente, porque, a pesar de que los informes y artículos científicos sobre nanotecnociencia hagan referencia a definiciones, terminologías, toxicidad, seguridad y regulación –, todavía hay dudas e incertidumbres, en parte debido a la falsa noción de que todas las nanopartículas, indistintamente, tienen un modo de toxicidad desconocido y específico⁶⁶.

De hecho, en virtud del descubrimiento del creciente número de nanopartículas, de falta de conocimiento acerca de su comportamiento en esa escala de medida y de ausencia de validación de las pruebas de toxicología para la evaluación de la seguridad y de los riesgos, los datos toxicológicos todavía son insuficientes⁶⁷⁻⁷⁰ para asegurar la liberación, comercialización y uso de productos nanotecnológicos. No obstante, la vasta literatura científica acerca de la toxicidad de las nanopartículas, al indicar los riesgos ciertos o inciertos de esos materiales⁶⁹, y en la condición de fuente primaria de información⁷¹, podría servir como balanza en la toma de decisión, en la creación de dispositivos legales y hasta aún la adecuación de la conducción de las investigaciones por parte de los (nano)científicos.

Como ejemplo de eso, se destaca el informe emitido por el Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risk (SCENIHR) – órgano de la Unión Europea responsable por la protección de la salud de los consumidores – sobre la seguridad y los riesgos de los nanomateriales. Según el informe, *el Comité examinó los datos y conocimientos científicos actualmente disponibles [para proponer] una serie de observaciones (...), recomendaciones (...) y sugerencias para la mejora de las metodologías [de evaluación de riesgo de las nanopartículas para la salud humana y el medio ambiente]*⁷².

Otro ejemplo notable es el informe del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) – órgano estadounidense responsable por la protección de la salud de los trabajadores – sobre estrategias de control de la exposición de los trabajadores durante el manejo y la producción de los nanomateriales. Entre otros aspectos, el documento advierte: *Con el rápido crecimiento [de las aplicaciones comerciales de los nanomateriales], se hace esencial que productores y usuarios de nanomateriales proporcionen un ambiente de trabajo seguro y saludable para los empleados expuestos a esos materiales. Actualmente, no hay padrones regulatorios para nanomateriales en los Estados Unidos. No obstante, el NIOSH publicó [documentos] sobre [límites] de exposición ocupacional a las nanopartículas de dióxido de titanio y a los nanotubos de carbono*⁷³.

Considerar estos puntos podría llevar a la racionalización de costos financieros y tiempo de investigación. Efectivamente, en contextos de escasez de recursos financieros, ese racionamiento se vuelve elemento esencial para la colocación de capital humano y financiero en la resolución de problemas locales reales, reduciendo, así, los costos ambientales y minimizando los riesgos a la salud.

Otro punto a destacar es la diferenciación entre los términos “riesgos” y “consecuencias”, comúnmente tratados como sinónimos: riesgos pueden o no realizarse; consecuencias son resultados esperados, seguros. Es común observar, principalmente en los medios de comunicación popular, pero también en los medios especializados, la referencia hecha a las “consecuencias de la nanotecnología” en correspondencia sinonímica con los “riesgos de la nanotecnociencia”. Tal desliz terminológico da la idea de que la nanotecnociencia sería realmente fuente de daños, llevando la percepción pública de que se trata de tecnología peligrosa y favoreciendo, consecuentemente, manifestaciones para su prohibición o paralización.

Consideraciones finales

Un debate que involucre el principio de precaución es complejo y divide, en proporciones aparentemente iguales, posiciones favorables y contrarias. Además, se encuentra – como pretendimos mostrar – política e ideológicamente influenciado en la toma de decisiones. De hecho, la no uniformidad en la definición del principio de precaución puede tener repercusiones mundiales significativas.

Por un lado, el medio ambiente, la salud y el desarrollo social pueden volverse vulnerables frente a la exposición a diferentes tipos de riesgo, debido a la permisividad o prohibición de ciertas actividades por los países. El asbesto, por ejemplo, fue prohibido en la mayor parte de los países del Norte por causa de su comprobado efecto cancerígeno, lo que no ocurrió en muchos países del Sur, como Brasil, en donde la producción, importación y utilización continúan⁷⁴, a pesar de las alertas de sanitaristas desde el comienzo del siglo pasado^{75,76}. Por otro lado, el comercio internacional puede ver se afectado por prohibiciones o permisividad en la entrada de productos que fuesen clasificados como amenazantes o no a la salud y al medio ambiente. Es el caso de la autorización para el cultivo de algunas plantas genéticamente modificadas en la Unión Europea, como el maíz, el algodón, la remolacha, el girasol y la soya⁷⁷,

y la prohibición de otras. Con eso, la posición de la Unión Europea hace impositivos algunos intercambios comerciales en lo tocante a ciertos cultivos.

Una crítica recurrente a la aplicación del principio de precaución es que no fornecaría solución ni guía concretas^{36,51}, sino apenas creará un foro de debates sobre las consecuencias indeseables, y muchas veces irreales, de las actividades humanas, siendo, por lo tanto, de poca utilidad para la toma de decisiones en el ámbito de las políticas públicas⁷⁸. Pero, en ese caso, la revisión de las formulaciones del principio de precaución debería considerar los posibles beneficios y evitar sobreestimar “proféticamente” los daños, de modo a permitir el cálculo probabilístico del riesgo próximo de lo real y de la relación costo-beneficio.

Observados esos aspectos, el principio de precaución podría ser aplicado en caso de que la actividad se revele desfavorable a la calidad de vida sostenible, incluidos aquí los tres ámbitos pertinentes a la bioética – la salud, el medio ambiente y los aspectos sociales –, ya que puede ser concebida como el *estudio sistemático de las dimensiones morales (...) de las ciencias de la vida y de los cuidados de la salud*⁷⁹, o sea, como caja de herramientas que lidia con el *impacto, positivo o negativo, de la biotecnociencia sobre la vida y/o calidad de vida de las personas humanas y, eventualmente, la calidad de vida de los animales no humanos y la calidad de los ambientes naturales*⁸⁰, y como campo de investigación capaz de *responder a profundas cuestiones filosóficas sobre la naturaleza de la ética, el valor de la vida, lo que es ser una persona, el sentido del ser humano [y sobre] las consecuencias de las políticas públicas y la dirección y el control de la ciencia*⁸¹; además de ser un lugar de intersección de *un gran número de disciplinas, [un] espacio de encuentro, más o menos conflictivo, de ideologías, morales, de religiones, de filosofías, [y de] desafíos para una gran cantidad de grupos de intereses y de poderes constitutivos de la sociedad civil: asociaciones de enfermos, cuerpo médico, defensores de los animales, asociaciones paramédicas, grupos ecologistas, agro-negocio, industrias farmacéuticas y de tecnologías médicas, bioindustriales en general*⁸².

Es necesario también, pensar en una tecnología alternativa, que atienda, mínimamente, a las mismas necesidades que las existentes o proyectadas, potencialmente o supuestamente amenazadoras, pero sin sus limitaciones o problemas⁴⁰. El poder público podrá, en ese caso, incentivar su desarrollo, sin desconsiderar, en contexto de escasez de recursos aliados a una perspectiva utilitarista, a las necesidades sociales y reales.

El principio de precaución casi siempre dependerá del desarrollo de alguna actividad o posibilidad que lo provoque. En la práctica, la paralización se dará, casi siempre, cuando el evento ya esté ocurriendo y las consecuencias ya hayan comenzado a manifestarse. En ese sentido, Almeida-Filho e Coutinho³⁰ proponen la introducción de la modalidad contingente al concepto de riesgo, que se caracteriza por lo imprevisible de los eventos presentes y futuros.

Por causa de la percepción alarmista, sobretudo de (nano)tecnocientofóbicos y de analistas catastrofistas, la nanotecnociencia ya nació estigmatizada. Tal percepción no lleva en cuenta el hecho de que *vivir, hoy en día, implica asumir (voluntariamente o no) modos y/o patrones de exposición a determinados riesgos*⁸³ y que el desarrollo – sea

biomédico, tecnológico, social, económico o político – depende de ese asumir y de la consecuente intención, en razón de la imposibilidad, de prevención y/o protección contra los riesgos. Por lo tanto, *cabe a la Bioética el ejercicio de abordar éticamente un conocimiento científico que no solo presenta una evolución imprevisible (como cualquier otro), como también se basa en la imprevisibilidad*⁸⁴.

Concluyendo, la frecuente atribución de riesgo inherente a las nuevas tecnologías caracteriza tanto una “profecía” cuanto un error imbuido en el análisis de esas tecnologías, o por no haber tiempo hábil para la demostración de los daños (si hubiera), o por no ser ellas entes autónomos, sino creados y manejados por los seres humanos en sus prácticas tecnocientíficas y biocientíficas.

Trabajo producido en el ámbito del Programa de Pos-grado en Bioética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Brasília, Brasília/DF, Brasil.

Todos los trechos originalmente producidos en francés inglés y español fueron traducidos por los autores.

Referências

1. Kottow M. Bioética prescritiva. A falácia naturalista. O conceito de princípios na bioética. In: Garrafa V, Kottow M, Saada A, organizadores. Bases conceituais da bioética: enfoque latino-americano. São Paulo: Gaia; 2006. p. 36-41.
2. Gert B, Culver CM, Clouser KD. Bioethics: A return to fundamentals. New York: Oxford University Press; 1997. p. 75.
3. Bourg D. Principe de précaution. In: Mesure S, Savidan P, éditeurs. Le dictionnaire des sciences humaines. Paris: Presses Universitaires de France; 2006. p. 893-6.
4. Godard O. Precaução (Princípio de). In: Hottos G, Missa J-N, editores. Nova enciclopédia da bioética. Lisboa: Instituto Piaget; 2003. p. 527-33.
5. Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. Risk management. Science and the precautionary principle. Science. 2000;288(5468):979-81.
6. Foster KR, Vecchia P, Repacholi MH. Op. cit. 2000. p. 979.
7. United Nations. General Assembly. Report of the United Nations Conference on Environment and Development; 3-14 jun 1992; Rio de Janeiro. Rio Declaration on Environment and Development. [Internet]. Rio de Janeiro: United Nations; 1999 [acesso 20 ago 2014]. Disponível: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-1annex1.htm>
8. Wingspread Conference on the Precautionary Principle; 26 jan 1998; Wingspread. The Wingspread Consensus Statement on the Precautionary Principle. [Internet]. Eugene, OR: SEHN; 1998 [acesso 8 jun 2013]. Disponível: <http://www.sehn.org/wing.html>
9. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciências e Cultura (Unesco). Declaração Universal de Bioética e Direitos Humanos. [Internet]. Paris: Unesco; 2005 [acesso 30 ago 2014]. Disponível: <http://www.sbbioetica.org.br/wp-content/uploads/2011/11/TEXTODADUBDH.pdf>
10. Holm S, Harris J. Precautionary principle stifles discovery [correspondence]. Nature. 29 jul 1999;400(6743):398.
11. Turner D, Hartzell L. The lack of clarity in the precautionary principle. Environ Values. 2004;13(4):449-60.
12. Hansson SO. A Philosophical perspective on risk. Ambio. 1999;28(6):539-42.
13. Hansson SO. Philosophical perspectives on risk. Techné: Research in Philosophy and Technology. 2004;8(1):10-35.
14. Castiel LD, Guilam MCR, Ferreira MS. Correndo o risco: uma introdução aos riscos em saúde. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz; 2010.
15. Aven T. Risk analysis and science. International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering. 2004;11(1):2.
16. Aven T. Op. cit. 2004. p. 1-15.


17. Dupuy JP. Complexity and uncertainty: a prudential approach to nanotechnology. In: Allhoff F, Lin P, Moor J, Weckert J, editors. *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2007. p. 119-31.
18. Aven T, Steen R. The concept of ignorance in a risk assessment and risk management context. *Reliability Engineering and System Safety*. 2010;95:1117-22.
19. Aven T, Steen R. Op. cit. 2010. p. 1120.
20. Sandin P. Dimensions of the precautionary principle. *Human and Ecological Risk Assessment*. 1999;5(5):889-907.
21. Sandin P. A paradox out of context: Harris and Holm on the precautionary principle. *Camb Q Healthc Ethics*. 2006;15(2):175-83; discussion 84-7.
22. Wiener JB, Rogers MD. Comparing precaution in the United States and Europe. *J Risk Res*. 2002;5(4):317-49.
23. Raffensperger C, Tickner JA. *Protecting public health & the environment: Implementing the precautionary principle*. Washington, DC: Island Press; 1999.
24. Harris J, Holm S. Extending human lifespan and the precautionary paradox. *J Med Philos*. 2002 jun;27(3):355-68.
25. Harremoës P, Gee D, MacGarvin M, Stirling A, Keys J, Wynne B *et al.*, editors. *Late lessons from early warnings: The precautionary principle, 1896-2000*. Copenhagen: European Environment Agency; 2001. (Environmental Issue Report nº 22).
26. Czeresnia D. Ciência, técnica e cultura: relações entre risco e práticas de saúde. *Cad Saúde Pública*. 2004;20(2):447-55.
27. Godard O. Op. cit. 2003. p. 528.
28. Ayres JRCM. Epidemiologia, promoção da saúde e o paradoxo do risco. *Rev Bras Epidemiol*. 2002;5(Supl 1):28-42.
29. Ayres JRCM. Op. cit. p. 36.
30. Almeida-Filho N, Coutinho D. Causalidade, contingência, complexidade: o futuro do conceito de risco. *PHYSIS: PHYSIS(Rio J)*. 2007;17(1):95-137.
31. Harris J, Holm S. Op. cit. p. 357.
32. Holm S, Harris J. Op. cit. p. 398.
33. Boy L. La nature juridique du principe de précaution. *Nature Sciences Société*. 1999;7(3):5-11.
34. Godard O. De l'usage du principe de précaution en univers controversé: entre débats publics et expertise. *Futuribles*. 1999; (239):47.
35. Aven T. On the ethical justification for the use of risk acceptance criteria. *Risk Anal*. 2007;27(2):303-12. p. 311.
36. Engelhardt Jr HT, Jotterand F. The precautionary principle: A dialectical reconsideration. *J Med Philos*. 2004;29(3):301-12.
37. Mangham C, Reid G, Stewart M. Resilience in families: Challenges for health promotion. *Can J Public Health*. 1996;87(6):373-4.
38. Castiel JD. *Medida do possível... saúde, risco e tecnobiociências*. Rio de Janeiro: Contra Capa/ Editora Fiocruz; 1999. p. 63.
39. Vaz P, Pombo M, Fantinato M, Peclly G. O fator de risco na mídia. *Interface Comunic Saúde Educ*. 2007;11(21):145-53. p. 152.
40. Luján JL, Todt O. Precaution: A taxonomy. *Soc Stud Sci*. 2012;42(1):143-57.
41. Menasche R. Uma cronologia a partir de recortes de jornais. *Hist. Cienc. Saude-Manguinhos*. [Internet]. 2000 [acesso 8 jun 2013];7(2):523-40. Disponível: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702000000300024
42. Berg P. Meetings that changed the world: Asilomar 1975: DNA modification secured. *Nature*. set 2008; 455(7211):290-1.
43. Berg P, Baltimore D, Brenner S, Roblin RO, Singer MF. Summary statement of the Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 1975;72(6):1981-4.
44. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco). *Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos: da teoria à prática*. [Internet]. Brasília: Unesco; 2001 [acesso 28 abr 2014]. Disponível: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001229/122990por.pdf>
45. Schramm FR. The Dolly case, the Polly drug, and the morality of human cloning. *Cad Saúde Pública*. 1999;15(Supl 1):51-64.
46. Schramm FR. Op. cit. 1999. p. 61.
47. Schramm FR. A clonagem humana: uma perspectiva promissora? In: Garrafa V, Pessini L, organizadores. *Bioética: poder e injustiça*. São Paulo/Brasília: Loyola/SBB; 2004. p. 193.
48. Schramm FR. Op. cit. 1999. p. 62.
49. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Unesco). *World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. The precautionary principle*. Paris: Unesco; 2005. p. 14.
50. Schramm FR, Kottow M. Principios bioéticos en salud pública: limitaciones y propuestas. *Cad Saúde Pública*. 2001;17(4):949-56.
51. Schramm FR. Bioética da proteção: ferramenta válida para enfrentar problemas morais na era da globalização. *Rev. bioét. [Impr.]*. 2008;16(1):17.

52. Garrafa V, Porto D. Intervention bioethics: A proposal for peripheral countries in a context of power and injustice. *Bioethics*. 2003;17(5-6):399-416.
53. Nascimento WF, Garrafa V. Por uma vida não colonizada: diálogo entre bioética de intervenção e colonialidade. *Saude Soc*. 2011;20(2):297.
54. Engelhardt Jr HT, Jotterand F. Op. cit. 2004. p. 303.
55. Hottot G. Qual é o quadro temporal para pensar nas gerações futuras? Uma abordagem filosófica. In: Schramm FR, Rego S, Braz M, Palácios M, organizadores. *Bioética, riscos e proteção*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ/Editora Fiocruz; 2009. p. 101-32.
56. Schramm FR. Existem boas razões para se temer a biotecnociência? *Bioethikos*. 2010;4(2):195.
57. Holm S. Reply to Sandin: The paradox of precaution is not dispelled by attention to context. *Camb Q Healthc Ethics*. 2006;15:184-7.
58. Pereira MEM, Gioia SC. Séculos XVIII e XIX: revolução na economia e na política. In: Andery MAPA, Micheletto N, Sérgio TMP, Rubano DR, Moroz M, Pereira ME *et al.*, organizadores. *Para compreender a ciência: uma perspectiva história*. Rio de Janeiro: Garamond; 2007. p. 257-94.
59. Ferrari A. Developments in the debate on nanoethics: Traditional approaches and the need for new kinds of analysis. *Nanoethics*. abr 2010;4(1):27-52.
60. Royal Society and the Royal Academy of Engineering. *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. London: The Royal Society; 2004. p. 85.
61. Commission of the European Communities. *Commission Recommendation of 07/02/2008 on a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research C(2008) 424 final*. Bruxelas: European Commission; 2008.
62. Sixth Intergovernmental Forum on Chemical Safety; 15-19 sep 2008; Dakar, Senegal. *Nanotechnology and manufactured nanomaterials: opportunities and challenges. Thoughts starter for the side event on fundamental issues on nanotechnology, beyond recognized benefits and possible risks for health and the environment: promises, social utility, alternatives, impacts, responsible development*. Dakar, Senegal: WHO; 2008.
63. Action Group on Erosion, Technology and Concentration. *Nanotech product recall underscores need for nanotech moratorium: is the magic gone?* News Release ETC Group. [Internet]. 7 abr 2006 [acesso 22 nov. 2010]. Disponível: <http://www.etcgroup.org/fr/node/14>
64. Ehnert T. The legitimacy of new risk governance: a critical view in light of the EU's approach to nanotechnologies in food. *European Law Journal*. [Internet]. 2014 [acesso 28 ago 2014];21(1):44-67. Disponível: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/eulj.12082/pdf>
65. Weckert J, Moor J. The precautionary principle in nanotechnology. In: Allhoff F, Lin P, Moor J, Weckert J, editors. *Nanoethics: the ethical and social implications of nanotechnology*. New Jersey: John Wiley & Sons; 2007. p. 133-46.
67. Holsapple MP, Farland WH, Landry TD, Monteiro-Riviere NA, Carter JM, Walker NJ *et al.* Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, part II: Toxicological and safety evaluation of nanomaterials, current challenges and data needs. *Toxicol Sci*. 2005 nov;88(1):12-7.
68. Cattaneo AG, Gornati R, Sabbioni E, Chiriva-Internati M, Cobos E, Jenkins MR *et al.* Nanotechnology and human health: Risks and benefits. *J Appl Toxicol*. 2010;30(8):730-44.
69. Obersdörster G. Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: Concepts of nanotoxicology. *J Intern Med*. jan 2010;267(1):89-105.
70. Gebel T, Marchan R, Hengstler JG. The nanotoxicology revolution. *Arch Toxicol*. dez 2013;87(12):2057-62.
71. Ostrowski AD, Martin T, Conti J, Hurt I, Harthorn BH. Nanotoxicology: Characterizing the scientific literature, 2000-2007. *J Nanopart Res*. fev 2009;11(2):251-7.
72. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks. *Opinion on the appropriateness of the risk assessment methodology in accordance with the technical guidance documents for new and existing substances for assessing the risks of nanomaterials* [Internet]. Brussels: European Commission; 21-22 jun 2007 [acesso ago 2014]. p. 8-33. Disponível: http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_010.pdf
73. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. *Current strategies for engineering controls in nanomaterial production and downstream handling processes*. Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health; 2013. p. 1-7. (DHHS - NIOSH) Publication nº 2014-102). Disponível: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2014-102/>
74. Sim MR. A worldwide ban on asbestos production and use: Some recent progress, but more still to be done. *J Occup Environ Med*. jan 2013;70(1):1-2.
75. Mendes R. Asbesto (amianto) e doença: revisão do conhecimento científico e fundamentação para uma urgente mudança da atual política brasileira sobre a questão. *Cad Saúde Pública*. 2001;17(1):7-29.
76. Castro H, Giannasi F, Novello C. A luta pelo banimento do amianto nas Américas: uma questão de saúde pública. *Cien Saude Colet*. 2003;8(4):903-11.
77. European Commission. *EU Register of authorised GMOs*. [Internet]. Brussels; 2014 [acesso 1º jul 2014]. Disponível: http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm
78. Starr C. The precautionary principle versus risk analysis. *Risk Anal*. 2003;23(1):1-3.
79. Reich WT. *Encyclopedia of bioethics*. 2ª ed. New York: Macmillan Library Reference/Simon & Schuster Macmillan; 1995. p. xxi.

80. Schramm FR. A moralidade da biotecnociência: a bioética da proteção pode dar conta do impacto real e potencial das biotecnologias sobre a vida e/ou a qualidade de vida das pessoas humanas? In: Schramm FR, Rego S, Braz M, Palácios M, organizadores. Op. cit. p. 17.
81. Kuhse H, Singer P. What is bioethics? A historical introduction. In: Kuhse H, Singer P, editors. A companion to bioethics. Oxford: Wiley-Blackwell; 1998. p. 4.
82. Hottois G. Bioética [verbete]. In: Hottois G, Missa J-N, editores. Op. cit. p. 110.
83. Castiel JD. Op. cit. 1999. p. 65.
84. Pyrrho M, Schramm FR. A moralidade da nanotecnologia. Cad. Saúde Pública. 2012;28(11):2023-33. p. 2028.

La participación de los autores

Eder Torres Tavares y Fermín Roland Schramm también participaron en la preparación, lectura crítica y corrección final del artículo.



Recebido: 7.11.2014

Revisado: 25. 5.2015

Aprovado: 1. 6.2015