

# DERECHO AMBIENTAL Y NANOTECNOLOGÍAS: DESAFÍOS A LOS NUEVOS RIESGOS DE LA INNOVACIÓN

**Juliane Altmann Berwig<sup>1</sup>**

Universidad Feevale

**Wilson Engelmann<sup>2</sup>**

Universidad del Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

**André Rafael Weyermuller<sup>3</sup>**

Universidad FEEVALE / Universidad do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

## RESUMEN

Se propone evaluar la complejidad que las nuevas tecnologías representan, especialmente en el uso de nanotecnologías en múltiples productos que, a priori, se han desarrollado para proporcionar mejoras y no causar daños futuros. A través de una investigación descriptiva y bibliográfica, se pretende conocer los instrumentos tradicionales del Derecho Ambiental y evaluar las posibilidades de nuevos caminos capaces de conciliar la evolución tecnológica necesaria con la prudencia en relación a posibles resultados impredecibles del uso de elementos desarrollados en la nano escala. La protección del sistema de Derecho Ambiental

<sup>1</sup> Doctora en Derecho por UNISINOS. Máster en Derecho por UNISINOS. Experta en Derecho Ambiental Nacional e Internacional de la Universidad Federal del Estado de Rio Grande do Sul (UFRGS). Licenciada en Derecho por la Universidad de Santa Cruz do Sul (UNISC). Profesora de la Facultad de Derecho e Investigadora FEEVALE con el proyecto “Impactos humanos y ambientales generados por la nanotecnología: rediseño de los elementos estructurantes del derecho ambiental”. Presidente de la Asociación Gaucho de Abogados para el Derecho Corporativo Ambiental – AGAAE. Autora del libro *Disaster Law in Offshore Oil Exploration*. Socia-propietaria de la oficina Berwig Advocacia. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9050-8531> / e-mail: [julianeberwig@feevale.br](mailto:julianeberwig@feevale.br)

<sup>2</sup> Postdoctoral en los Retos Actuales del Derecho Público pelo Centro de Estudios de Seguridad de la Universidad de Santiago de Compostela (CESEG/USC). Doctorado y Máster en Derecho Público por UNISINOS. Licenciada en Derecho por UNISINOS. Coordinador Ejecutivo de la Maestría Profesional en Derecho de la Empresa y negocio Unisinos. Profesor e investigador del Programa de Postgrado en Derecho de UNISINOS. Profesor visitante en la Universidad Católica de Uruguay, investigador colaborador del Latin American Nanotechnology & Society Network, investigador asociado – Portucalense Institute for Legal Research, Investigador Asociado en el Centro de I&D sobre Derecho y Sociedad. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0012-3559> / e-mail: [wengelmann@unisinos.br](mailto:wengelmann@unisinos.br)

<sup>3</sup> Postdoctorado en Derecho por la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-RIO). Doctor en Derecho por UNISINOS. Máster en Derecho Público por UNISINOS. Especialista en Derecho Ambiental por FEEVALE. Licenciado en Derecho y Ciencias Sociales por UNISINOS. Investigador en el programa de postgrado FEEVALE. Profesor permanente en el Máster Profesional en Industria Creativa y en el Máster Académico en Calidad Ambiental en FEEVALE. Profesor titular del Máster Profesional en Derecho Corporativo y Empresarial de UNISINOS. Profesor de Derecho Licenciado en Feevale y Unisinos. Profesor de PRASJUR de UNISINOS. Abogado Miembro del Comité Jurídico de ICA-Novo Hamburgo. Miembro de la junta de la subsección de la OAB Sapiranga. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-6906> / correo electrónico: [andrerw@feevale.br](mailto:andrerw@feevale.br)

se desarrolló sobre una base antropocéntrica y presenta una serie de mecanismos clasificados dentro de las tres esferas de protección, administrativa, penal y civil. Con el advenimiento de nuevas demandas, especialmente la nanotecnología y sus posibles repercusiones en el futuro, se deben construir alternativas para evitar el impedimento del desarrollo tecnológico, mientras proporcione seguridad. Es posible concluir que la ausencia de una norma específica para proteger el uso de productos de nanotecnología no puede justificar el uso de nuevos instrumentos capaces de realizar esta tarea compleja. Pese a que haya la necesidad de una regla específica, la aplicación de los principios del Derecho Ambiental, tales como la precaución, la prevención, el que contamina paga y otras fuentes de la ley, representan un camino viable.

**Palabras clave:** Derecho Ambiental; nanotecnologías; nuevos riesgos; principios.

*ENVIRONMENTAL LAW AND NANOTECHNOLOGIES: CHALLENGES TO  
THE NEW RISKS OF INNOVATION*

*ABSTRACT*

*It is proposed to evaluate the complexity that new technologies represent, especially in the use of nanotechnologies in numerous products that, a priori, have been developed to provide improvements and not to cause future damages. Through a descriptive and bibliographical research, it aims to know the traditional instruments of Environmental Law and to evaluate the possibility of new ways able to reconcile the necessary technological evolution with the prudence in relation to the possible unpredictable result of the use of elements developed at the “nano” scale. The protection of the Environmental Law system was developed on an anthropocentric basis and presents a series of mechanisms classified within the three spheres of protection, administrative, criminal and civil. With the advent of new demands, especially nanotechnology and its possible repercussions in the future, alternatives need to be built to avoid impeding technological development and, at the same time, providing security. It is possible to conclude that the absence of a specific standard to protect the use of nanotechnology products can't justify the use of new instruments capable of performing this complex task. Despite the need for a specific rule, the application of Environmental Law principles such as precaution, prevention, polluter pays and other sources of law, represents a viable path.*

**Keywords:** *Environmental Law; nanotechnologies; new risks; principles.*

## INTRODUCCIÓN

El tema ambiental afecta cada vez más a la sociedad a medida que surgen diversas demandas de esta compleja relación establecida entre la sociedad y el entorno del cual se retira su existencia. Desde una realidad más predecible y desde las consecuencias más previsibles del pasado, hemos pasado a otro nivel de incertidumbre en cuanto a las consecuencias futuras de las decisiones tomadas hoy.

El derecho, un importante sistema social, tiene como principal objetivo establecer las reglas que permitan una coexistencia mínimamente organizada entre tantas posibilidades e intereses. Estas normas consisten en reglas de carácter específico y de mayor objetividad y también en principios, de carácter más general y guía de todo el sistema. El derecho ambiental, mientras una especialización del sistema legal tiene precisamente el objeto de esta compleja relación de la sociedad y sus necesidades con el medio y sus limitaciones.

Las estructuras tradicionales del Derecho Ambiental son aplicables a una amplia gama de posibilidades fácticas, donde se busca prevenir, restringir, recomponer, organizar, indemnizar y penalizar la conducta humana en relación con el medio ambiente. La responsabilidad civil, penal y la administrativa son las tres ramas o caminos principales que, por lo tanto, están así estructurados para dar cuenta de todas las posibilidades que esta compleja relación presupone.

Cada vez más, hay otras posibilidades de daños y consecuencias desconocidas en el futuro. Estas innovaciones se producen en un contexto comúnmente llamado innovación, donde existe una evolución tecnológica constante que busca satisfacer las nuevas demandas y necesidades de la sociedad. Sin embargo, innovaciones como las desarrolladas en escala nanométrica abren nuevas fronteras y proyectan posibles consecuencias futuras desconocidas en el presente. Este sería el problema al que se enfrentaría: Frente a la laguna normativa, ¿sobre qué instrumentos podría el Sistema de Derecho Ambiental de Brasil responder a los riesgos de la nanotecnología?

Las nanotecnologías serán, por lo tanto, el objeto tecnológico del enfoque de este artículo, y para una mejor comprensión, es necesario explicar su concepto. Las nanotecnologías se pueden entender principalmente por el significado de la palabra, el prefijo “nano” proviene del griego “nanos”, que significa enano, muy pequeño (MARANHÃO,

2008). Por lo tanto, el “área de conocimiento que estudia los principios fundamentales de las moléculas y estructuras, en la que al menos una de las dimensiones se encuentra entre aproximadamente 1 y 100 nanómetros, son las nanotecnologías. El nanómetro, representado por la abreviatura “nm” es la billonésima parte del medidor, es decir:  $10^{-9}$  do metro. También se puede explicar al dividir el número  $1/1,000,000,000$  o  $0.000000001m$ , o que el nanómetro es nueve órdenes de magnitud más pequeño que el metro. Luego, las nanotecnologías son la aplicación de estas nanoestructuras a dispositivos nanoescalales utilizables (ALVES, 2004). Las nanotecnologías poseen numerosas aplicaciones prácticas que ya se están comercializando, y hoy en día se mensuran en el mundo una cantidad de 8,794 productos que contienen nanotecnología (NPD, 2019).

Las perspectivas de futuro todavía están en investigación, si bien ya corroboran la fascinación con esta tecnología revolucionaria que se aplica y se aplicará en la agricultura, la automoción, la construcción, la cosmética, la electrónica, el medio ambiente, los alimentos, la medicina, entre otros sectores. No obstante, a eso, las nanotecnologías representan graves riesgos, en el medio ambiente, los efectos relacionados con las nanopartículas pueden darse a su mayor permeabilidad, dispersión, persistencia, absorción y potencial para transformarse o interactuar con otros contaminantes que pueden tener efectos en los ecosistemas acuáticos y terrestres cuando liberados al medio ambiente. Por lo tanto, en una escala nanométrica, las características físico-químicas tienden a sufrir modificaciones que incluso pueden generar incluso efectos tóxicos. En este punto surge la cuestión de los efectos no deseados, muchos de los cuales todavía son completamente desconocidos. Por lo tanto, existe una considerable incertidumbre científica respecto a los riesgos de daños ambientales causados por las nanotecnologías, especialmente las nanopartículas.

Se esperan diferentes eventos, nuevos tipos de efectos y nuevas posibilidades son sus resultados. Debido a esto, un elemento desarrollado con un objetivo positivo puede tener consecuencias ambientales negativas si se desecha en un entorno no premeditado en el momento de su creación, de acuerdo con las indicaciones ya señaladas en estudios toxicológicos. Como hipótesis del problema, se entiende que, para dar cuenta de esta realidad, además de todas las demás situaciones protegidas por el Derecho Ambiental, se necesitan nuevos instrumentos capaces de adaptarse rápidamente a este nuevo contexto de riesgos e incertidumbres, en lo cual también es necesario considerar la prudencia necesaria respecto a las

restricciones o impedimentos que puedan convertirse en obstáculos para la ciencia y el desarrollo, que no pueden promoverse de manera irresponsable con el futuro.

Basado en el hecho de que se vive en un contexto complejo donde las nanotecnologías se presentan como una solución a muchas de las demandas de la sociedad actual, es necesario establecer nuevas posibilidades para el sistema del Derecho, especialmente el Ambiental, para superar estas dificultades de tutela que se verifican aplicando únicamente las estructuras tradicionales de la Ley.

## **1 DERECHO AMBIENTAL Y SUS ESTRUCTURAS DE TRADICIONALES DE PROTECCIÓN**

El Derecho y sus estructuras tradicionales tienen ante sí un contexto complejo y dinámico que requiere contribuciones innovadoras constantes, también porque el entorno tecnológico tiene las mismas características de rápida evolución. Existe una clara interconexión entre los riesgos de las nuevas tecnologías, los derechos en sentido amplio y las dificultades para poder proporcionar soluciones adecuadas. El Derecho Ambiental y su especificidad juegan un papel relevante, tanto que su origen está estrechamente relacionado con los Derechos Humanos. Así, a escala internacional, el Derecho Ambiental se ha convertido en el calor de las discusiones internacionales destinadas a proteger y mejorar el medio ambiente humano, lo que ha sido alertado sobre los peligros de la degradación ambiental provocada por la Revolución Industrial (NAZO; MUKAI, 2002). Se produjeron numerosos cambios, se cumplieron y se crearon necesidades y el consumo se convirtió en un elemento más de complejidad social.

En esta conjunción, la época en la que se encuentra la humanidad es aquella identificada como la del *Antropoceno*, es decir, la “Edad del Hombre”, donde el sujeto está en el centro del universo, por lo que todo lo que se piensa y se realiza es “por sí y para sí”. El ser humano actúa como “observador y manipulador en un gran laboratorio, con dos elementos para experiencias mutacionales y tecnológicas: el Planeta y la gente” (PELLIN; ENGELMANN, 2018, p. 132).

Este contexto ha llevado a consecuencias. Tanto es así que, en Europa, desde principios de la década de 1970, los países industrializados comenzaron a reconocer que tenían problemas de contaminación.

Los graves accidentes ecológicos, con graves impactos ambientales, económicos y humanos, han demostrado la importancia del tema del medio ambiente. Tales circunstancias han obligado a los Estados a tomar medidas para controlar el daño ambiental, dándose cuenta de que cuando “los problemas ambientales adquieren grave proporciones, la intervención estatal a *posteriori*, reparar el daño, compensar a las víctimas o culpar a los contaminadores por los actos de contaminación cometidos, no es el medio más apropiado y eficiente para tratar estos problemas” (ARAGÃO, 2011, p. 36). Aragão enfatiza el aspecto económico de las discusiones internacionales sobre protección ambiental:

[...] la disparidad entre el alto coste de producción de las empresas en países con políticas ambientales estrictas basadas en el principio de que quien contamina paga y los costes de producción más bajos de sus competidores en países que no han desarrollado ninguna política para proteger el medio ambiente (o que lo desarrollen en base al principio opuesto de financiamiento público de medidas y protección del medio ambiente), genera desigualdades, la competitividad, que surge simplemente de la falta de equivalencia entre las condiciones de mercado en las que se insertan (ARAGÃO, 2011, p. 37).

Los sistemas de desarrollo se basaron únicamente en una perspectiva clásica de desarrollo y el crecimiento económico, basado en el industrialismo, donde la acumulación de capital y la producción de riqueza son las reglas, siendo que, se ignora la preservación de los recursos naturales, ya que son limitados y finitos. Leite, a su vez, acepta decir que el problema ambiental cuestiona los procesos económicos y tecnológicos que están sujetos a la lógica del mercado, lo que resulta en la degradación del medio ambiente y en el deterioro de la calidad de vida (LEITE; AYALA, 2011, p. 26-27).

Este contexto justificó, en los años 70 y 80, la adopción de medidas para proteger el medio ambiente a través de instrumentos internacionales. Así, la Declaración de Estocolmo, adoptada en la Conferencia de las Naciones Unidas (ONU) sobre el medio ambiente humano (1972) y la publicación, en la misma época, del informe del “Club de Roma” sobre los límites del crecimiento sirvió de modelo ético para la comunidad internacional, abriendo el camino para que las constituciones nacionales positivicen el medio ambiente ecológicamente equilibrado como un derecho humano fundamental (KRELL, 2013).

Brasil participó en estos movimientos de derecho internacional, y en 1981, inspirado en el Convenio de Estocolmo de 1972, se promulgó la Ley de Política Ambiental Nacional (PNMA) (BRASIL, 1981). Antes de

la PNMA, en 1973, se creó la Secretaría Especial para el Medio Ambiente (SEMA), orientada a la conservación del medio ambiente y al uso racional de los recursos naturales (BRASIL, 1973). El SEMA fue extinguido por la Ley n. 7.735/1989 que creó el Instituto Brasileño para el Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (IBAMA) (BRASIL, 1989).

PNMA tiene como objetivo preservar, mejorar y restaurar la calidad del medio ambiente para los fines del desarrollo social y económico, así como proteger la dignidad humana. En las subsecciones del art. 2 de la PNMA establece los principios que deben seguirse para lograr los objetivos establecidos en su *caput*. Los subpárrafos I, IV y VI están especialmente relacionados con los riesgos planteados por las nanotecnologías, dado el potencial de daños, pueden violar estos principios de protección del medio ambiente (BRASIL, 1981).

En el mismo sentido, el art. 4 de la PNMA prevé la compatibilidad del desarrollo económico con la preservación del medio ambiente, una realidad relevante en las discusiones sobre el desarrollo de las nanotecnologías, en que el incentivo económico está presente, pero hay una inconsciente falta de preocupación por los riesgos ambientales de los nuevos productos con nanotecnologías, puesto que ya están siendo comercializados, cuando aún no están completamente conocidos sus posibles resultados negativos (BRASIL, 1981).

Incluso con toda su amplitud, PNMA no fue suficiente para imponer la protección necesaria para el medio ambiente, y, por lo tanto, la riqueza de “tierras y arboledas” que sorprendió y encantó, Pero Vaz de Caminha en 1500 tuvo su protección fuertemente reconocida y jerarquizada sólo en la Constitución brasileña de 1988 (BENJAMIN, 2011, p. 77). Esta disposición constitucional fue un salto de “un estado de derecho tradicional a un estado que está atento a las necesidades de preservar el medio ambiente para las generaciones futuras, como el derecho y el deber de todos” (LEITE; AYALA, 2011, p. 34).

Antunes señala que la Constitución ha traído importantes innovaciones a la cuestión ambiental, ya que en las Constituciones anteriores la mención de los recursos ambientales no se hizo de manera sistemática, sin que sea posible afirmar la existencia de un sistema constitucional de protección ambiental. Esto se resultó de la falta de preocupación por la conservación de los recursos naturales o su uso racional, y el medio ambiente en ese momento no era propiedad de un concepto legal que merezca la tutela autónoma (ANTUNES, 2016).

Entre los artículos de CF/88, el artículo que se refiere especialmente a temas ambientales es el art. 225, que establece que “todos tienen derecho a un medio ambiente ecológicamente equilibrado, bien de uso común de la gente y esencial a la saludable calidad de vida, imponiéndose al Poder Público y a la colectividad el deber de defenderlo y preservarlo para las presentes y futuras generaciones” (BRASIL, 1988). En este corriente, el carácter legal del “medio ambiente ecológicamente equilibrado” es un bien común del pueblo. Resulta de eso, “la realización individual de este derecho fundamental está intrínsecamente vinculada a su realización social” (DERANI, 2008, p. 245). Es por lo tanto uno de los derechos humanos fundamentales (ANTUNES, 2016, p. 18).

Es menester recordar que la preocupación de los movimientos internacionales dirigidos a controlar la contaminación y someter el derecho ambiental como un derecho humano fundamental. Así, las normas disciplinarias de los problemas ambientales de primera generación se encuentran en la dimensión antropocéntrica, colocando la dignidad de la persona humana en el centro de la moral ambiental (LEITE; AYALA, 2011). Esta búsqueda de dignidad fundó estos movimientos en búsqueda de mejores condiciones de vida, frente a la contaminación, la falta de saneamiento básico, entre otras condiciones esenciales (ANTUNES, 2016).

Además, la misma constitucionalización del medio ambiente emerge, en una fórmula estrictamente antropocéntrica, una especie de componente más amplio de la vida y la dignidad humana, con el título conferido incluso a las generaciones futuras. Benjamin plantea que componentes biocéntricos ya están esparcidos en el texto constitucional (segunda generación) o en la lectura que se les hace. Especialmente cuando el vínculo normativo no es exclusivamente para intereses estrictamente utilitarios sino proteccionistas. También señala que “el legislador constitucional no dudó en reconocerla el valor intrínseco, declarando los deberes que deben recopilarse de sujetos humanos a favor de los elementos bióticos y abióticos que forman las bases de la vida”. Pero el autor señala que, de una manera u otra, “el paradigma del hombre como *prius* está irreversiblemente roto” (BENJAMIN, 2011, p. 130-131).

En la perspectiva de Antunes, el centro gravitatorio del Derecho Ambiental es el “Ser Humano”. Así, pese al intento de romper con el antropocentrismo, cuando la Ley del Medio Ambiente tiene como objetivo proteger la vida animal y vegetal, el centro de gravedad del “Ser Humano” para los nuevos sujetos de derecho (animales y plantas) no cambia. El

Derecho positiva es una construcción humana para servir a los propósitos humanos, por lo que sí bien el Derecho esté evolucionando respecto a otras formas de vida, no es suficiente desplazar el eje alrededor del orden que rodea el orden legal: el ser humano (ANTUNES, 2016).

Leite, con una posición intermedia, señala que los problemas ambientales de primera generación no son impermeables. Esto significa que, aunque sean requisitos previos para los estándares de control enfocados antrópicamente (primera generación), no están restringidos a un período. Esto significa que los problemas ambientales o la interpretación de estos problemas sean de primera o segunda generación, no están excluidos, sino actualmente coexisten, lo que requiere un sistema jurídico con mecanismos de compatibilidad (LEITE; AYALA, 2011). En estos términos, Ayala se refiere a los riesgos de la segunda generación que exigen la protección de la sociedad actual y futura, además también del futuro deseado:

Los riesgos de segunda generación requieren respuestas en el plan de protección reforzada para las generaciones presentes y futuras, pero también para los proyectos existenciales diferenciados, integrados en una nueva cultura constitucional que adquiere importancia en este escenario plural y moralmente abierto, capaz de integrar comunidades morales diferenciadas y para satisfacer demandas de protección hasta ahora desconocidas o de consideración tímida, al menos por parte de la comunidad jurídica nacional (AYALA, 2013, p. 244).

La CF/88, además de las disposiciones de protección establecidas en el art. 225, proporciona una armonía entre los diferentes dispositivos que tienen como objetivo proteger el medio ambiente, así como la sistematización de la protección los demás entes federados (Unión, Estados, Municipios y Distrito Federal), en los artículos 23 y siguientes (BRASIL, 1988). Frente a la competencia común prevista en dicho artículo, la Ley Complementaria n. 140/2011 estableció para la cooperación entre la Unión, los Estados, el Distrito Federal y los Municipios en las acciones administrativas derivadas del ejercicio de la competencia común relativas a la protección de los paisajes naturales notables, a la protección del medio ambiente, la lucha contra la contaminación en cualquiera de sus formas y la conservación de los bosques, la fauna y la flora (BRASIL, 1981). Con la llegada del CF/88, el art. 225 posibilitó la elaboración de legislación específica, frente a las previsiones establecidas en los incisos del artículo mencionado (BRASIL, 1988).

Se observa que el Sistema de Derecho Ambiental de Brasil tiene como objetivo evitar la ocurrencia de daños ambientales y recuperar las

consecuencias negativas causadas por el evento. De esta manera, “el daño ambiental debe entenderse como cualquier daño intolerable causado por cualquier acción humana (culpable o no) al medio ambiente, directamente, como un macro-bien de interés de la colectividad, en una concepción totalizadora e, indirectamente, a terceros” (LEITE; AYALA, 2011, p. 104).

La licencia ambiental es un importante instrumento de control ambiental para actividades que, debido a sus características y dimensiones, pueden potencialmente causar degradación ambiental (ANTUNES, 2016, p. 205). Los procedimientos de concesión de licencias ambientales aplican la Ley Complementaria n. 140 (BRASIL, 2011), la Resolución de CONAMA n. 237/1997 (BRASIL, 1997) y otras resoluciones de CONAMA, así como estatales y municipales, según las competencias definidas en CF/88 y la Ley Complementaria n. 140/2010 (BRASIL, 1988; 2010).

Dada la importancia de este instrumento, en violación de las condiciones de la licencia ambiental (BRASIL, 1997) o la comisión de conductos o actividades consideradas perjudiciales para el medio ambiente, los infractores, ya sean personas físicas o jurídicas, están sujetos a sanciones penales y administrativas, la obligación de reparar los daños causados en el ámbito civil, según el art. 14 § 1, en la PNMA (BRASIL, 1981), lo cual fue confirmado en la constitución del § 3, del art. 225 (BRASIL, 1988). Es decir, CF/88 determina la triple responsabilidad en casos de infracciones/daños ambientales. En la Ley de delitos ambientales, las sanciones van desde multas hasta la privación de libertad y restricciones de derechos (BRASIL, 1998). Las infracciones administrativas ambientales, según el art. 3 del decreto ley n. 6.514/2008, también son castigados con diversas sanciones (BRASIL, 2008). Como una tercera parte de esta hélice, la responsabilidad ambiental se aplica como un instrumento de reparación y se aplica sin la necesidad de demostrar culpabilidad para generar el deber de indemnizar, es decir, sigue la teoría de la responsabilidad objetiva (MACHADO, 2014, p. 403).

Resulta que, a pesar de un complejo Sistema de Derecho Ambiental, los riesgos ambientales de las nuevas tecnologías, incluidas las nanotecnologías, no forman parte de los hechos jurídicos. Tampoco las actividades que utilizan las nanotecnologías requeridas para la concesión de licencias ambientales o el cumplimiento de requisitos especiales para controlar los riesgos de daños ambientales. Esto resulta en un problema importante que debe superarse para tener más seguridad, previsibilidad y control sobre el uso de productos que contengan la tecnología. Vale la pena

señalar algunas aperturas normativas que ya están en desarrollo, sin que lo tengan todavía, una normalización específica para las nanotecnologías y que contempla la perspectiva del riesgo.

Un primer punto culminante se puede hacer para una iniciativa lanzada en 2013, denominada Iniciativa Brasileña de Nanotecnología (IBN), cuyo objetivo es “integrar las acciones gubernamentales para promover el aumento de la competitividad de la industria brasileña”, vinculada al Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovación y Comunicaciones. La iniciativa está vinculada a las “actividades de investigación y desarrollo en los laboratorios del Sistema Nacional de Laboratorios de Nanotecnologías (SisNANO)”, con el objetivo de mejorar las “infraestructuras y la apertura de laboratorios para usuarios de los sectores académico y empresarial, promoviendo la interacción y la transferencia de conocimiento entre el mundo académico y las empresas “. Las estrategias de implementación son: (i) soporte a SisNANO; (ii) promoción del sistema de Redes Temáticas PD & I; (iii) estimulación de la investigación aplicada en nanotecnología; (iv) proposición, monitorear y evaluación un modelo piloto de nanoseguridad; (v) incentivo a las acciones de internacionalización de actores públicos y privados de la nanotecnología; (vi) promoción de modelos y programas que fomenten la interacción entre el sector productivo y las ICTs en el área de la nanotecnología (BRASIL, 2019).

Además de la participación de Brasil en NanoReg, se emitieron Ordenanzas e Instrucciones Normativas sobre el tema. Ordenanza n. 245/2012 establece a SisNANO como uno de los elementos del Programa Nacional de Nanotecnología, dentro del alcance de la Estrategia Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y asociado al Plan Brasil Maior (BRASIL, 2012a). Instrucción Normativa n. 2/2012 que confiere el Reglamento Técnico para la integración de Laboratorios Estratégicos y Laboratorios Asociados a SisNANO (BRASIL, 2012b). Ordenanza n. 03/2015 establece el Comité de Asistencia Técnica de Nanotecnología (CAT NANOTEKNOLOGIA) con el objetivo de ofrecer asistencia técnica al personal de la Secretaría de Desarrollo Tecnológico e Innovación en la preparación de un diagnóstico opinativo sobre el desempeño de las actividades técnicas y administrativas y las propuestas para mejorar las Redes SIBRATEC de Centros de Innovación en Nanomateriales y Nanocompuestos y de Nanodispositivos y Nanosensores, y la iniciativa Modernit-SisNANO (BRASIL, 2015). Ordenanza n. 2.228/2017 (BRASIL, 2017) extiende el trabajo de CAT Nanotechnology por 24 (veinticuatro)

meses a partir de la expiración de la Ordenanza SETEC n. 3/2015 (BRASIL, 2015).

También cabe destacar el Protocolo de Establecimiento del Centro Brasileño-Argentino de Nanotecnología (CBAN), entre los gobiernos de Brasil y la República de Argentina, firmado el 30 de noviembre de 2005, con la Ordenanza n. 259/2016, que prevé la Coordinación Nacional de la Sección Brasileña de CBAN (BRASIL, 2016). En el mismo sentido, el Centro Brasil-China de Investigación e Innovación en Nanotecnología fue creado por la Regla Administrativa núm. 117/2012, y sus objetivos son: (i) coordinar actividades relacionadas con la cooperación Brasil-China en áreas de nanotecnología; (ii) promover el avance científico y tecnológico de la investigación y las aplicaciones de materiales nanoestructurados; consolidar y ampliar la investigación en nanotecnología, expandiendo la capacidad científica, con el objetivo de explotar los beneficios resultantes de los desarrollos asociados con las implicaciones tecnológicas; (iii) desarrollar programas para movilizar a las empresas ubicadas en Brasil para posibles desarrollos en el campo de los nanomateriales (BRASIL, 2019).

Hay iniciativas legislativas en curso. Dos proyectos de ley se presentan a la Cámara Federal de Diputados: uno de ellos es el proyecto de ley n. 5.133/2013 que tiene como objetivo regular el etiquetado de productos de nanotecnología y productos que utilizan nanotecnología (BRASIL, 2013a). El otro es el proyecto de ley n. 6.741/2013 que contempla la Política Nacional de Nanotecnología, investigación, producción, eliminación de residuos y el uso de la nanotecnología en el país, entre otras medidas (BRASIL, 2013b).

Junto a la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), existe una Comisión de Estudio Especial sobre Nanotecnología (ABNT/CEE-089), cuyo alcance es: (i) la estandarización en el campo de las nanotecnologías, que incluye: comprensión y control de materiales y procesos a gran escala nanométricos, típicamente pero no exclusivamente, por debajo de 100 nanómetros, en una o más dimensiones donde la aparición de fenómenos dependientes del tamaño generalmente conduce a nuevas aplicaciones; uso de propiedades materiales en una escala nanométrica que difiere de las propiedades de los átomos individuales, las moléculas y la materia (*bulk matter*) para crear mejores materiales, dispositivos y sistemas que exploten estas nuevas propiedades; (ii) con respecto a la terminología y

nomenclatura; metrología e instrumentación, incluidas especificaciones de materiales de referencia; métodos de prueba; modelado y simulaciones; y prácticas de salud, seguridad y medio ambiente con base científica (ABNT, 2019).

Como se nota a través de la descripción expuesta, el Sistema de Derecho Ambiental brasileño presenta huecos, una vez que lo nanotecnológico no están incluido en ninguna norma, especialmente en lo que se refiere al control de los riesgos y daños ambientales. Para tanto, estos riesgos se los presenta como un verdadero desafío al Derecho puesto que la velocidad del desarrollo de las tecnologías no se acompaña por el Derecho.

## **2 TUTELA DE NANOTECNOLOGÍAS PARA EL SISTEMA DE DERECHO AMBIENTAL: DIFICULTADES Y POSIBILIDADES**

Debido a la laguna jurídica que revela el sistema, es necesario profundizar las dificultades que enfrenta el Sistema de Derecho Ambiental de Brasil para incorporar los riesgos nanotecnológicos. Dada la falta de una norma legal específica sobre nanotecnologías, se buscará, utilizando los principios del Sistema de Derecho Ambiental de Brasil, para demostrar un posible camino de aplicación empírica.

El enfoque de Mota sobre el tema revela una importante retrospectiva para comprender el escenario actual en relación con la responsabilidad civil frente a los riesgos tecnológicos. Explica que, durante el siglo XIX, la obligación moral de cada ciudadano en relación consigo mismo y con los demás era más importante que las obligaciones jurídicas. El ciudadano era responsable y prudente con su libertad, lo que implicaba tomar medidas para protegerse y proteger a su familia. Así, las víctimas de infortunios siempre fueron consideradas como las únicas autoras de su destino, debiendo actuar con prudencia. En el siglo XX, con el sistema de seguridad social, “las obligaciones legales han tendido a ser más importantes que las obligaciones morales”. Los nuevos derechos sociales emergieron el sentimiento de que cada ciudadano tenía derecho a ser compensado por los daños resultantes de los acontecimientos en su vida. Esta nueva visión del pensamiento se ha traducido en gran medida en un sentimiento utópico sobre la capacidad de la ciencia y la tecnología para predecir y controlar todos los riesgos. Esto ha permitido la estructuración de los sistemas de protección social, que se basan en el supuesto de que todos los riesgos son medibles. “De esta manera, un sentido de solidaridad social basado en

riesgos medibles reemplazó el sentimiento individual de obligación moral” (MOTA, 2008, p. 180-211).

De esta manera, el sistema se estructuró bajo el signo de una igualdad económica en la que todos tienen derecho a estar protegidos, una medición generalizada de los riesgos y la consiguiente posibilidad de una reparación total de daños y la atribución no restringida de nexo causal. Sin embargo, hoy en día, esta estructura institucional se ha vuelto inadecuada ante los nuevos riesgos de las sociedades industriales complejas que, especialmente las relacionadas con el medio ambiente, son imposibles de medir por la ciencia. “La noción de incertidumbre ha reemplazado a la noción de probabilidad, lo que significa una admisión de la incapacidad de la sociedad para predecir pérdidas catastróficas irreversibles” (MOTA, 2008, p. 180-211). Si bien la sociedad moderna está comprometida con la adquisición continua de conocimiento, surge una situación paradójica: “el conocimiento nuevo y mayor a menudo revela una ignorancia nueva y mayor” (HOFFMANN-RIEM, 2015, p. 17).

Los riesgos asociados con la tecnología o los procesos permeados por altos grados de incertidumbre científica suponen debates y diálogos nacionales e internacionales sobre su capacidad para comprometer la existencia de todas las formas de vida (AYALA, 2013, p. 244). Sin embargo, existe la conciencia de que los llamados riesgos de ignorancia o incertidumbre no pueden evitarse. “El beneficio esperado aún no es seguro; del mismo modo, no se sabe si los riesgos para el bien común o para el logro de los intereses individuales se resolverán. La ley debe tener en cuenta tal incertidumbre” (HOFFMANN-RIEM; 2015, p. 27).

La gestión de los riesgos ecológicos comienza como un problema científico y técnico, iniciado con la identificación de la situación y desarrollado a través de la creación de estrategias o alternativas de acción disponibles “cuándo”, “cómo” y “en la medida en que” los presupuestos efectos de riesgo se verifican. Por esta razón, es necesario incorporar la incertidumbre en la ley, lo que implica en su reinterpretación y la búsqueda de formas más flexibles de manifestar, desde el principio, los principios generales y el uso de cláusulas generales (GARCIA, 2015, p. 421).

Se percibe que la ciencia jurídica es renuente a explorar el papel de la ley en la prevención, control y monitoreo de las innovaciones, y se contenta con indicar las condiciones que hacen que una decisión judicial sea legítima; sin embargo, esto frente a las nanotecnologías no es lo suficiente (HOFFMANN-RIEM, 2015, p. 12). Por lo tanto, esta comprensión de la

ley frente a las incertidumbres de los riesgos tecnológicos, especialmente las nanotecnologías, requiere una consideración reforzada de la nueva configuración de los problemas ambientales (AYALA, 2013, p. 244). Así, si por un lado la ley tiende a ser conservadora, por otro lado, este conservadurismo se ve desafiado por la velocidad acelerada de la difusión del conocimiento, promovida por las tecnologías (SILVA, 2017, p. 160).

Una cuestión merece más consideración: el entendimiento que uno debe poseer sobre la nueva configuración de los problemas ambientales (AYALA, 2013). En este sentido, el término “interrupción” mencionado por Clayton Christensen, profesor de la Universidad de Harvard, significa la ruptura o superación de algo preexistente, dando lugar a una nueva solución que es más eficiente y de fácil acceso, desde un punto de vista económico, o desde el punto de vista operacional (SILVA, 2017). Con una visión crítica, García expone la posición del Derecho ante los desafíos tecnológicos:

La alianza entre la ecología como ciencia, en la etapa de evolución en la que se encuentra y la realidad de la acción comunitaria, en particular la técnica-industrial, ha dado lugar a un *saber hacer*, a una acción dirigida y adaptada a la preservación de la calidad del patrimonio natural y los ciclos de vida en la Tierra [...] Si el “ser” de la ley, como sistema normativo, está en la ley – problema ontológico – y si esta, por la estructura general y abstracta, resulta inadecuada para responder a la situación de ignorancia e incertidumbre científica, entonces el problema ontológico del Derecho se renueva pertinente. Continuando el discurso técnico-legal basado en la norma general y abstracta, su interpretación y aplicación a casos concretos, y enseñándolo sin críticas en las universidades, recuerda la historia del accidente mientras que el capitán y su equipo reciben lecciones de navegación (GARCIA, 2015, p. 66; 419).

Los procesos de innovación muestran que las premisas de los instrumentos legales ya no se basan en el derecho tradicional (HOFFMANN-RIEM, 2015, p. 25). Esto se debe en gran parte a que las normas jurídicas no contienen alternativas para la acción. García sostiene que la gestión del riesgo ecológico no puede ser parte del sistema de normas jurídicas porque la coherencia interna del sistema no produce un marco predecible para la acción ordenada de sus destinatarios, como lo requiere la gestión del riesgo ecológico. “La norma puede dar a los expertos el poder de decisión. Pero no puede asumir el resultado del ejercicio de ese poder en el momento en que se ejerce y con el conocimiento disponible en ese momento” (GARCIA, 2015, p. 428).

Como ejemplo para comprender la diferencia entre el sistema jurídico y las normas técnicas frente a las nuevas tecnologías, García plantea que

una norma se cuestiona cuando el desarrollo científico la ha superado o se ha demostrado un contraste entre la experiencia derivada de su aplicación y lo que es el conocimiento empírico de situaciones paralelas. Por lo tanto, la revisión de la norma es una consecuencia de este cuestionamiento y de la evidencia producida como resultado de este cuestionamiento. De ello se deduce que las normas técnicas tratan la incertidumbre científica como un fenómeno natural, ya que este cambio no implica ruptura, no requiere un movimiento patológico, como ocurre en las normas jurídicas (GARCIA, 2015).

Por lo tanto, el sistema de Derecho Ambiental brasileño debe estar alineado para adaptar (WEYERMÜLLER, 2014) las necesidades prácticas impuestas por la nanotecnología, para buscar las mejores posibilidades disponibles hoy en día para controlar los riesgos de daños ambientales graves. La medida en que el Derecho puede cubrir este potencial es incierta y siempre se discutirá sobre los métodos de interpretación del Derecho y la correcta aplicación de las leyes, ya que las tecnologías y el conocimiento sobre ellas están a menudo sufriendo transformaciones (HOFFMANN-RIEM, 2015).

En resumen, en el marco del sistema legal normativo es imposible concluir por el significado, la relevancia y los efectos jurídicos de las transformaciones de conocimiento y los desarrollos científico-técnicos. Entendida como un sistema normativo, la Ley permite a la comunidad confiar en la previsibilidad, como resultado de su integridad, coherencia y no contradicción, pero no puede, sin que pierda sus rasgos, incorporar la gestión de riesgos. Así, hay que tener claro la noción de que absorber la gestión de riesgos en el sistema jurídico significa establecer no solo brechas de conocimiento en el sistema del Derecho, sino también ambigüedades e incertidumbres que reemplazarían su integridad, coherencia y no contradicción. Por lo tanto, la pérdida de autonomía del Derecho y del sentido de orden de validez sería su consecuencia (GARCIA, 2015).

Entonces, se verifica que los hechos nanotecnológicos no están incorporados en ninguna norma que pertenezca al Sistema de Derecho Ambiental de Brasil. Por lo tanto, ¿cuáles son las respuestas del Derecho en caso ocurrencia de los daños ambientales con la nanotecnología? ¿Cómo lidiar con esta incertidumbre cuando la realidad impone la necesidad de investigar daños, responsabilidades y reparaciones?

Esta imagen de incertidumbre se basa en el hecho de que el daño nanotecnológico al medio ambiente todavía se desconoce. Además, parece

que hay una gama de productos que ya están en el mercado (como se menciona en la Introducción) y que están compuestos por nanotecnologías. Para este fin, la pregunta sin respuesta todavía permanece: ¿cómo se posicionaría el Sistema de Derecho Ambiental de Brasil en caso de daños causados por las nanotecnologías al medio ambiente?

Es notorio que el sistema del Derecho define “los problemas que el sistema de Derecho puede observar y decidir. Los problemas que no forman parte del sistema de Derecho no son problemas, no existen” (ROCHA, 2017, p. 180). ¿Pero será que los problemas de riesgo nanotecnológico no son problemas reales y requieren una respuesta del Sistema de Derecho Ambiental de Brasil?

Además hay que señalar, todavía, que en el caso de las nanotecnologías, los riesgos que se presentan están estrechamente relacionados con los riesgos asociados a otros productos químicos y métodos de fabricación. Los riesgos difieren según sus características específicas. Por ejemplo, la nanoplata tiene diferentes propiedades que la plata estándar. Por lo tanto, una ley aplicable a la nanotecnología debe reconocer que el tamaño puede afectar a las propiedades. Pronto se necesitarán más diagnósticos sobre cómo se gestionan los productos cuyos riesgos aún se están investigando (MOSES, 2013).

Se puede decir que una ley aplicable a la nanotecnología debe actualizarse o adaptarse constantemente (WEYERMÜLLER, 2014, p. 402), dados los descubrimientos tecnológicos de los nuevos productos y los riesgos mayores o menores que los conocidos anteriormente. Moses se refiere a la crítica del desajuste de la evolución en la relación entre la ley y la tecnología, donde “la tecnología cambia como una liebre y el marco regulatorio como una tortuga”. Por lo tanto, una regulación dirigida a la nanotecnología casi inevitablemente se volverá obsoleta (MOSES, 2013).

La innovación tecnológica hace los procesos de producción más complejos y se los acelera el ritmo de los cambios (FRYDMAN, 2016). Estas modificaciones pertenecen y están vinculadas a las racionalidades de cada subsistema social, y cuanto más inexacto se construye el sistema, más fuerte es la normatividad que surge del análisis de la relación del sistema con la realidad empírica dada. Esta normatividad es aún más pronunciada en los sistemas asociados a las leyes de la naturaleza. Fenómenos como la gravedad, la termodinámica, la fotosíntesis, entre otros, crean sistemas de conocimiento sobre cómo opera la naturaleza en varias áreas. Tales normas son invisibles y desconocidas antes de que sean articuladas por la ciencia (HYDÉN, 2015).

En las primeras etapas, sin embargo, poco se sabe sobre la nueva tecnología, los riesgos inherentes y el daño que puede causar. Así surge la paradoja de la “incertidumbre”. Además, incluso ante la falta de conocimiento sobre los riesgos de cada producto de nanotecnología, el Estado no podría asumir la responsabilidad total de su seguridad. Por esta razón, los actores privados – productores, distribuidores y usuarios industriales – están siendo cargados demasadamente con responsabilidades. Por lo tanto, estos actores “a lo largo de la cadena de valor” deben estar vinculados a través de la comunicación común, así como la cooperación de información con el fin de asumir una mayor responsabilidad en el control de riesgos. En este escenario, son los actores privados quienes deberían ayudar a identificar los riesgos potenciales de antemano a través de soluciones innovadoras. Esto lleva a un proceso de generación de conocimiento entre las partes interesadas bajo la amenaza estimulante de que es posible prohibir el uso de productos químicos si no se logra el control de riesgos (HOFFMANN-RIEM, 2015).

Engelmann sugiere que se defiende la responsabilidad civil anclada en el “Derecho al Daño, que se proyecta hacia el futuro y la incertidumbre del daño sobre los efectos reales que la nanotecnología puede generar”. La formulación “Derecho al Daño” es oportuna debido a la declaración de precaución como una conexión de puente en una forma probable de estabilización de las expectativas cognitivas a través del sistema del Derecho (ENGELMANN, 2018, p. 245). El “Derecho al Daño” cambiaría así la perspectiva del intérprete al cambiar el alcance de la conducta del agresor al daño (*in dubio pro-víctima*) (FROTA, 2008, p. 158).

Hay que admitir que donde hay tecnología hay riesgo. Para este fin, desde la perspectiva de la responsabilidad civil, una nueva visión de la responsabilidad en relación con el Derecho al Daño es apropiada con la relajación del vínculo causal. Esto se debe especialmente a la naturaleza grave e irreversible del daño potencial que la nanotecnología podrá producir (ENGELMANN; PORTO BORJES; GOMES, 2014).

Frydman está de acuerdo en que el sector privado debe cuidar cómo se fabrican y entregan sus productos y servicios. Siguiendo condiciones ambientales y laborales aceptables, sin violar o incitar violaciones a los derechos fundamentales de las personas en lo que se refiere a sus actividades (FRYDMAN, 2016, p. 63). Esta responsabilidad está relacionada con el surgimiento de la gobernabilidad a través de la evaluación: evaluaciones de tecnología para predecir la evolución social y los impactos negativos de

las nuevas tecnologías. Estas evaluaciones deben realizarse *ex ante* antes de la decisión de adoptar la nueva tecnología, y este es un paso importante. Sin embargo, está claro que ha habido poca investigación empírica de los impactos reales de las nuevas tecnologías, ya que varios productos sobre los cuales se sabe poco ya se están comercializando (WIENER, 2004, p. 483-500). Engelmann Añade que “debemos pensar en una ética de responsabilidad para el futuro que busque una responsabilidad ‘nueva’, no solo dirigida a hechos pasados, sino principalmente a daños futuros, un requisito de prevención y precaución” (ENGELMANN; PORTO BORJES; GOMES, 2014).

Respecto al contexto de la regulación, es importante considerar el impacto de la regulación en la innovación tecnológica, por lo que debemos mirar más allá de la regulación de la tecnología. Los problemas se encuentran en todos los aspectos históricos, doctrinales y tecnológicos a medida que la tecnología cambia. Así que se pregunta sobre la efectividad de la prevención. Asimismo, uno puede considerar cómo los reguladores deben abordar una nueva tecnología que cambia rápidamente ante la incertidumbre sobre el riesgo, tanto desconocida como desconocida. Considere los problemas de ámbito institucional, en particular cómo las instituciones existentes, como las agencias de instituciones especializadas, pueden ayudar a los responsables de la formulación de políticas y los reguladores a gestionar el cambio tecnológico en general o en contextos específicos. Todas estas cuestiones están vinculadas a la idea del cambio tecnológico. El estudio del impacto de un cambio en el ámbito legal y normativo presenta problemas relevantes (MOSES, 2013).

En el ámbito de las nanotecnologías, no es sorprendente encontrar leyes específicas de tecnología siendo propuestas y promulgadas. Varias ciudades y estados en los Estados Unidos están adoptando la nanotecnología como una categoría reguladora. En Europa, cosméticos que contienen nanomateriales ya están sujetos a disposiciones específicas (EUR-LEX.EUROPA. REGULATION (EC) n. 1223/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 November 2009 on cosmetic products), Incluyendo seguridad, requisitos de etiquetado (MOSES, 2013). El fundador de Nanoreg, Diloreto, menciona que “las ruedas lentas del gobierno federal han evolucionado para ser más reactivas que proactivas [sic] y es por eso que los problemas importantes a menudo deben alcanzar una etapa crítica antes de tomar cualquier acción” (DILORETO, 2010).

En la misma línea, Brownsword y Yeung entienden que el “desafío de la conexión regulatoria” es un dilema novedoso. Describen el desajuste entre las leyes actuales y los enfoques regulatorios diseñados para el panorama tecnológico del pasado, que requieren una “reconexión” constante. Esto se puede ver cuando las “nuevas” tecnologías (como la nanotecnología) entran en un “vacío regulador” y cuando las tecnologías más antiguas, como la fertilización in vitro, se convierten en regímenes reguladores anteriores. El concepto de desconexión regulatoria de los autores es útil porque permite observar la desconexión incluso cuando no hay una desconexión ‘legal’ (BROWNSWORD; YEUNG, 2008).

Si bien es un deber tratar de desarrollar acciones probadas y confiables para responder a los desafíos, “el simple hecho de trasplantar una respuesta reguladora particular de una tecnología a otra no siempre es apropiado” (BROWNSWORD; YEUNG, 2008). Esto se debe a que los espacios son dinámicos, incluso si existe una preocupación pública acerca de una nueva tecnología, con una aceptación cada vez mayor, la impugnación puede pasar de los problemas de seguridad, precaución y legitimidad a los problemas de cumplimiento y eficacia (MOSES, 2013). Por lo tanto, una nueva tecnología plantea la pregunta: ¿Necesitamos desarrollar una regulación específica para la nanotecnología? ¿Es este reglamento o es necesario que se ajuste a un escenario legal y regulatorio preexistente?

Esto se explica en el sentido de que el desafío de la conexión/evolución regulatoria es continuo. Buenos mecanismos de adaptación continua y dinámica son esenciales. “La tecnología no siempre será nueva, pero siempre estará cambiando, presentando nuevos problemas legales y regulatorios” (MOSES, 2013). Ahora, está claro que las evoluciones legales pasaron de las etapas del derecho formal/autónomo al derecho sustantivo/material y luego a algo que Nonet y Selznick denominaron derecho responsivo y Teubner de derecho reflexivo, es decir, con mayor flexibilidad y apertura para hacer frente a los retos de la sociedad contemporánea (HYDÉN, 2015). La ecología ocupa un lugar destacado, extiende la noción de sistema legal. Además de las normas, también se compone de reglas y principios. La ley, entonces, ya no puede escapar al contacto, que siempre ha existido, dentro de la complejidad, con otros sistemas, en particular el sistema político y el sistema económico, que también manifiestan otros tipos de problemas, especialmente en virtud de sus propias racionalidades y distintas al medio (ROCHA, 2017).

Por lo tanto, en este escenario, el caos y la crisis que enfrenta el

ser humano, la técnica instrumental combinada con el capital ha sido el matrimonio perfecto. La ley no ha podido abordar esto al quedar atrapada en un callejón sin salida institucional debido al contraste entre la alta globalización de los subsistemas sociales y la insuficiencia de la globalización de la política. Y, para gestionar este avance desequilibrado, el principio de precaución se presenta como una posibilidad de delimitar los espacios de acción, pero debe sufrir las irritaciones para convertirse en un principio activo (PELLIN; ENGELMANN, 2018).

Pontes de Miranda (apud ENGELMANN, 2012, p. 319-344) contribuye aquí describiendo el mundo legal bajo tres planos: existencia, validez y efectividad. La entrada de un hecho social en el mundo legal se produce a través de la entrada en el Plan de Existencia, subdividida en: (a) momento abstracto, que viene dado por la descripción de la hipótesis fáctica por la norma jurídica; (b) momento de concreción, incidencia de la hipótesis normativa sobre hechos o complejos de hechos de la vida; (c) El momento del nacimiento del hecho jurídico, que es la subordinación del hecho o conjunto de hechos en la concepción preliminar, insertado de manera abstracta dentro de la norma jurídica.

Con esta interpretación, Engelmann propone una revisión de la teoría del hecho jurídico de Pontes de Miranda para contestar a las preguntas de la nanotecnología. Aclara que no se propone sustituir la teoría, sino una realineación creativa para dar a la teoría de los puentes más flexibilidad y apertura, mejorando la producción de efectos jurídicos a partir de los desafíos nanotecnológicos. En este sentido, el autor argumenta que, en el momento del surgimiento de la Teoría de los puentes y Kelsen, la referencia era la aplicación de las ciencias de la naturaleza, a las cuales no respetaban las especificidades del derecho y las humanidades. Hoy en día, el escenario también es desafiante, ya que las ciencias duras desempeñan un papel importante en la formulación de supuestos científicos (ENGELMANN, 2011).

Luego, una revisión de la teoría del hecho jurídico no significa que estén necesariamente previstas por la ley. Pero pueden encontrarse en otras fuentes del derecho: doctrina, costumbres, negociaciones (mediación y arbitraje), tratados internacionales, principios generales del derecho internacional, entre otros. Por lo tanto, es necesario “superar el paradigma positivista – en particular el de una raíz legalista –, que aún reina en el Derecho que apoya la Teoría del Hecho Jurídico pontesiano” (ENGELMANN, 2011).

Por lo tanto, un enfoque del Sistema de Derecho Ambiental de Brasil basado en los principios parece ser adecuado a los desafíos planteados por los riesgos nanotecnológicos. Incluso la realización del derecho del ambiente a través de principios jurídicos tiene dos efectos: acortar la distancia entre el Derecho y la realidad, y producir cambios en la comprensión de la acción de abogados, técnicos del derecho. El nuevo paradigma de la ley, al que se refiere la pregunta como una cuestión jurídica, no es tanto que el jurista elimine la distancia entre la norma y los hechos, sino que lleve a cabo el proceso racional creativo de encontrar la solución justa, inscrita en o en los principios que los hechos apelan, todo lo que se entiende en el complejo marco de intereses en conflicto donde los derechos y deberes están inscritos (GARCIA, 2015).

Pese a que el Sistema de Derecho Ambiental no tenga códigos internos capaces de identificar y racionalizar los riesgos nanotecnológicos, dentro del sistema hay comandos de Principios que pueden servir como instrumentos para gestionar los riesgos nanotecnológicos. Por lo tanto, la aplicación se llama Principio de Prevención/Precaución, Contaminador Pagador y Adaptación Ambiental, para proporcionar Respuestas al Sistema de Control del Derecho de Riesgo Nanotecnológico. Además, el apoyo en otras fuentes del Derecho, tales como: doctrina, costumbres, negociaciones (mediación y arbitraje), tratados internacionales, principios generales del derecho internacional, entre otros, debe servir para dar mayor flexibilidad al sistema legal, permitiendo un monitoreo dinámico de la evolución y transformaciones tecnológicas. Por lo tanto, se propone no desviarse completamente del positivismo legal, sino emprender una realineación creativa del sistema legal para darle más flexibilidad y apertura a las novedades tecnológicas, y así mejorar la producción de efectos jurídicos a los desafíos de los riesgos nanotecnológicos.

## CONCLUSIÓN

Las posibilidades que representan las nanotecnologías no pueden ser ignoradas, ya que indican un nuevo paradigma tecnológico para el futuro. Hubo varias revoluciones tecnológicas ya experimentadas por la humanidad, pero las nanotecnologías significan una nueva frontera cruzada sin posibilidad de retorno.

Las nanotecnologías no solo son una nueva etapa en la evolución humana y una clara novedad de los riesgos futuros. Muchas otras

innovaciones aún no pueden considerarse seguras como en el caso de los transgénicos, por ejemplo. Sin embargo, la amplitud de las aplicaciones de la nanotecnología supera a cualquier otra en términos de números y multiplicidad de aplicaciones. Esta es precisamente la razón por la que el tema se vuelve urgente y de gran importancia para el sistema de Derecho Ambiental.

La ausencia de una norma jurídica, más precisamente una regla, indica que incluso dentro de la perspectiva aquí designada como tradicional del Derecho, existe una respuesta adecuada a las posibilidades futuras de daños que puedan surgir del uso generalizado de esta tecnología. Los instrumentos tradicionales de tutela también tienen dificultades para conciliar adecuadamente las necesidades de la sociedad con la carga ambiental que representan. Por lo tanto, incluso si ya existiera una respuesta objetiva del Derecho Ambiental a través de una Ley, por ejemplo, probablemente tampoco habría seguridad.

Desde esta perspectiva, es necesario adaptar instrumentos jurídicos que puedan hacer frente a tal complejidad, al menos reduciendo en gran medida la posibilidad de daños en el futuro. Dentro del conjunto de elementos disponibles para el Derecho, parece que los principios son posiblemente la respuesta más apropiada y estructurada que se puede usar para proteger las nanotecnologías. El daño que puede surgir de los posibles efectos desconocidos de los productos en una escala nanométrica no puede ser controlado por la noción tradicional y positivista del Derecho civil, por ejemplo. Así, ver el amplio contexto de los riesgos de la nanotecnología es el primer punto a considerar. Esta complejidad no puede ser contrarrestada simplemente por una regla restrictiva. Una Ley Ambiental adaptada a estas nuevas demandas debe considerar efectivamente la aplicación de los principios fundamentales del orden legal ambiental, con especial énfasis en la precaución. No solo una precaución formal sino, sobre todo, una postura verdaderamente anticipatoria basada en la premisa de la incertidumbre científica.

Al final, debe recordarse que el problema esbozado al principio de este artículo: en vista del hueco normativa, ¿sobre qué instrumentos podría el Sistema de Derecho Ambiental de Brasil presentar respuestas a los riesgos de la nanotecnología?

La hipótesis de una solución esbozada inicialmente surgió del entendimiento de que, para hacer frente a la realidad de la nanotecnología, se necesitan nuevos instrumentos creativos que puedan adaptarse

rápidamente a las novedades y al contexto de riesgos e incertidumbres. Al fin y al cabo, los riesgos incluyen la aplicación del Principio de Prevención/Precaución, Contaminador Pagador, pertenece a una lógica de adaptación ambiental, así como a otras fuentes de derecho (doctrina, costumbres, tratados internacionales, principios generales de derecho internacional) que apuntan a respuestas a riesgos nanotecnológicos. Dichos instrumentos, adaptados a cada realidad de los riesgos nanotecnológicos, permiten una flexibilidad adaptativa al Sistema Jurídico que permite seguir la dinámica evolutiva de las nanotecnologías. Por lo tanto, se puede concluir que la hipótesis de la solución inicialmente prevista fue confirmada.

Se necesitan reformulaciones del papel del Derecho Ambiental, así como una amplia aplicación de instrumentos flexibles (principios, doctrina, tratados) pueden ser un importante paso adelante para hacer frente al inexorable avance de la nanotecnología. El logro de un nivel óptimo de reconciliación entre la defensa del derecho a un futuro más seguro en términos ambientales y los beneficios de la tecnología parece ser el mayor desafío que enfrenta el Derecho Ambiental actual.

## REFERENCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Comissão de Estudo Especial de Nanotecnologia (ABNT/CEE-089)*. Disponible en: <http://www.abnt.org.br/cee-89>. Acceso en: 3 de junio de 2019.

ALVES, O. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre presente e futuro não é apenas questão de tempo. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 9, n. 18, 2004. Disponible en: [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/view/138](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/138). Acceso en: 17 de marzo de 2018.

ANTUNES, P. B. *Direito Ambiental*. 18. ed. rev. ampl. e atual. São Paulo: Atlas, 2016.

ARAGÃO, A. Direito Constitucional do Ambiente da União Europeia. In: CANITOLHO, J. J. G.; LEITE, J. R. M. *Direito Constitucional Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 32-76.

AYALA, P. A. Direito ambiental da sustentabilidade e os princípios de um direito ambiental de segunda geração na PNMA. In: LOPEZ, T. A.;

LEMOS, P. F. I.; RODRIGUES JUNIOR; O. L. (Orgs). *Sociedade de Direito e Direito Privado: desafios normativos, consumeristas e ambientais*. São Paulo: Atlas, 2013. p. 243-272.

BENJAMIN, A. H. Direito Constitucional Ambiental Brasileiro. In: CANITOLHO, J. J. G.; LEITE, J. R. Morato. *Direito Constitucional Ambiental Brasileiro*. São Paulo: Saraiva, 2011. p. 77-155.

BRASIL. Presidência da República. *Decreto n. 73.030, de 30 de outubro de 1973*. Cria, no âmbito do Ministério do Interior, a Secretaria Especial do Meio Ambiente – SEMA, e das outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1973. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=495670&id=14320885&idBinario=15670954&mime=application/rtf>>. Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Presidência da República. *Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Presidência da República. *Lei n. 73.030, de 22 de fevereiro de 1989*. Dispõe sobre a extinção de órgão e de entidade autárquica, cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/17735.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/17735.htm). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Conselho Nacional Do Meio Ambiente. *Resolução n. 237, de 19 de dezembro de 1997*. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Presidência da República. *Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1998. Disponível em: <http://www>.

planalto.gov.br/ccivil\_03/Leis/L9605.htm. Acceso en: 2 de junio de 2019.

BRASIL. Presidência da República. *Decreto 6.514 de 22 de julho de 2008*. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente, estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2008. Disponible en: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acceso en: 2 de junio de 2019.

BRASIL. Presidência da República. *Lei Complementar n. 140 de 08 de dezembro de 2011*. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora; e altera a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, DF: Presidência da República, 2011. Disponible en: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LCP/Lcp140.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LCP/Lcp140.htm). Acceso en: 2 de junio de 2019.

BRASIL. Gabinete do Ministro do Ministério da Ciência, Tecnologia da Inovação. *Portaria n. 245, de 5 de abril de 2012 (SisNANO)*. Brasília, DF: Presidência da República, 2012a. Disponible en: [http://www.lex.com.br/legis\\_23138521\\_PORTARIA\\_N\\_245\\_DE\\_5\\_DE\\_ABRIL\\_DE\\_2012.aspx](http://www.lex.com.br/legis_23138521_PORTARIA_N_245_DE_5_DE_ABRIL_DE_2012.aspx). Acceso en: 2 de junio de 2019.

BRASIL. Gabinete do Ministro do Ministério da Ciência, Tecnologia da Inovação. *Instrução Normativa n. 2, de 15 de junho de 2012 (SisNANO)*. Brasília, DF: Presidência da República, 2012b. Disponible en: [http://www.lex.com.br/legis\\_23461758\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_2\\_DE\\_15\\_DE\\_JUNHO\\_DE\\_2012.aspx](http://www.lex.com.br/legis_23461758_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_2_DE_15_DE_JUNHO_DE_2012.aspx). Acceso en: 2 de junio de 2019.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei n. 5.133/2013*. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Brasília, DF: Presidência da República, 2013a. Disponible en: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=567257>. Acceso en: 2 de junio de 2019.

BRASIL. Câmara dos Deputados. *Projeto de Lei n. 6.741/2013*. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino

de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2013b. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=600333>. Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Gabinete do Ministro do Ministério da Ciência, Tecnologia da Inovação. *Portaria n. 03, de 6 de maio de 2015 (CAT Nanotecnologia)*. Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: [http://www.lex.com.br/legis\\_26758638\\_PORTARIA\\_N\\_3\\_DE\\_6\\_DE\\_MAIO\\_DE\\_2015.aspx](http://www.lex.com.br/legis_26758638_PORTARIA_N_3_DE_6_DE_MAIO_DE_2015.aspx). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Gabinete do Ministro do Ministério da Ciência, Tecnologia da Inovação. *Portaria n. 259, de 3 de março de 2016*. Brasília, DF: Presidência da República, 2016. Disponível em: [http://www.lexeditora.com.br/legis\\_27110541\\_PORTARIA\\_N\\_259\\_DE\\_23\\_DE\\_MARCO\\_DE\\_2016.aspx](http://www.lexeditora.com.br/legis_27110541_PORTARIA_N_259_DE_23_DE_MARCO_DE_2016.aspx). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Gabinete do Ministro do Ministério da Ciência, Tecnologia da Inovação. *Portaria n. 2.228, de 6 de abril de 2017 (Prorroga CAT Nanotecnologia)*. Brasília, DF: Presidência da República, 2017. Disponível em: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/migracao/Portaria\\_SETEC\\_n\\_2228\\_de\\_26042017.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/migracao/Portaria_SETEC_n_2228_de_26042017.html). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BRASIL. Ministro do Ministério da Ciência, Tecnologia da Inovação. *Centro Brasil-China de Pesquisa e Inovação em Nanotecnologia*. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/tecnologias\\_convergentes/paginas/nanotecnologia/NANOTECCNOLOGIA.html](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/tecnologias_convergentes/paginas/nanotecnologia/NANOTECCNOLOGIA.html). Acesso em: 2 de junho de 2019.

BROWNSWORD, R.; YEUNG, K. *Regulating technologies: legal futures, regulatory frames and technological fixes*. Oxford: Hart, 2008.

DERANI, C. *Direito ambiental econômico*. São Paulo: Saraiva, 2008.

DILORETO, J. We should have seen it coming: states regulating nanotechnology. *Nanotechnology Now*, 7 set. 2010. Disponível em: <http://www.nanotech-now.com/columns/?article=484>. Acesso em: 2 de junho de 2019

ENGELMANN, W. A (re)leitura da teoria do fato jurídico à luz do “diálogo entre as fontes do direito”: abrindo espaços no direito privado constitucionalizado para o ingresso de novos direitos provenientes das nanotecnologias. In: STRECK, L. L. MORAIS, J. L. B. (Orgs.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica*: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011. p. 289-308.

ENGELMANN, W. O diálogo entre as fontes do Direito e a gestão do risco empresarial gerado pelas nanotecnologias: construindo as bases à juridicização do risco. In: STRECK, L. L.; ROCHA, L. S.; ENGELMANN, W. (Orgs.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica*: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2012. p. 319-344.

ENGELMANN, W. As nanotecnologias e o meio ambiente: entre os riscos e a autorregulação regulada. In: STRECK, L. L.; ROCHA, L. S.; ENGELMANN, W. (Orgs.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica*: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos: mestrado e doutorado. São Leopoldo: Karywa, Unisinos, 2018. p. 245-269.

ENGELMANN, W.; PORTO BORJES, I. C.; GOMES, T. *Responsabilidade civil e nanotecnologias*. São Paulo: Atlas, 2014.

EUR-LEX.EUROPA. *REGULATION (EC) No 1223/2009 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 30 November 2009 on cosmetic products*. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1223&rid=1>. Acceso en: 2 de junio de 2019.

FROTA, P. M. C. *Danos morais e a pessoa jurídica*. São Paulo: Método, 2008.

FRYDMAN, B. *O fim do Estado de Direito: governar por standards e indicadores*. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2016.

GARCIA, M. G. F. P. D. *O lugar do Direito na proteção do ambiente*. Coimbra: Almedina, 2015.

HOFFMANN-RIEM. W. Direito, tecnologia e inovação. In: MENDES, G. F.; SARLET, I. W.; COELHO, A. Z. P. *Direito, inovação e tecnologia*. São Paulo: Saraiva, 2015. p. 11-32.

HYDÉN, H. Perspectivas em sociologia do Direito. In: SCHWARTZ, G.; COSTA, R. A. (Orgs). *Sociology of law on the move*. Canoas: UnilaSalle, 2015. p. 67-92.

KRELL, A. J. O meio ambiente nas Constituições estrangeiras e no direito internacional. In: CANOTILHO, J. J. G. et al. (Orgs). *Comentários à Constituição do Brasil*. São Paulo: Saraiva/Almedina, 2013. p. 2079.

LEITE, J. R. M. L.; AYALA; P. A. *Dano ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial*. 4. ed. rev. ampl. e atual. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2011.

MACHADO, P. A. L. *Direito Ambiental Brasileiro*. 22. ed. rev. ampl e atual. São Paulo: Malheiros, 2014.

MARANHÃO, R. A. História da nanotecnologia. In: 1º CONGRESSO DE HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS E DAS TÉCNICAS E EPISTEMOLOGIA, 1., 2008, Rio de Janeiro. *Anais [...]*. Rio de Janeiro: UFRJ/HCTE, 2008. Disponível em: <http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh1/Artigos/68.pdf>. Acesso em: 17 de marzo de 2019.

MOSES, L. B. How to think about law, regulation and technology: problems with technology as a regulatory target. *Law, Innovation and Techonology*, 2013. Disponível em: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2464750](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2464750). Acesso em: 2 de junio de 2019.

MOTA, M. O Princípio da Precaução no Direito Ambiental: uma construção a partir da razoabilidade e da proporcionalidade. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 50, p. 180-211, abr./jun., 2008. Disponível em: <http://www.revistadoatribunais.com.br/maf/app/trail/document?docguid=I4678fb80f25511dfab6f010000000000>. Acesso em: 2 de junio de 2019.

NPD – NANOTECHNOLOGY PRODUCTS DATABASE. *Source of information about nanotechnology products*. Disponível em: <http://product.statnano.com/>. Acesso em: 20 de junio de 2019.

NAZO, G. N.; MUKAI, T. O direito ambiental no Brasil: evolução histórica e a relevância do direito internacional do meio ambiente. *Revista de Direito Ambiental*, São Paulo, v. 28, p. 70-100, out./dez. 2002. Disponível em: <http://www.revistadoatribunais.com.br/maf/app/resultList/document?&src=rl&rguid=i0ad82d9a0000016289b41e3ce3b59a0a&docguid=I45c3dc50f25511dfab6f010000000000&hitguid=I45c3dc50f25511dfab6f010000000000>

&spos=1&epos=1&td=1&context=82&crumb-action=append&crumb-label=Documento&isDocFG=false&isFromMultiSumm=&startChunk=1&endChunk=1. Acceso en: 2 de junio de 2019.

PELLIN, D.; ENGELMANN, W. A política, a economia e o direito para a efetividade do princípio da precaução: uma visão pluralista. In: RUSCHEINSKY, A.; CALGARO, C.; WEBER, T. (Orgs.). *Ética, direito socioambiental e democracia*. Caxias do Sul: Educs, 2018. p. 131-146.

ROCHA, L. S. Observações sobre autopoiese, normativismo e pluralismo jurídico. In: STRECK, L. L. MORAIS, J. L. B. (Orgs.). *Constituição, sistemas sociais e hermenêutica*: anuário do Programa de Pós-Graduação em Direito da Unisinos: mestrado e doutorado. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2017. p. 168-181.

SILVA, J. B. L. O efeito disruptivo das inovações tecnológicas frente às ciências jurídicas e sociais. In: FREITAS, R. V.; RIBEIRO, L. C.; FEIGELSON, B. (Orgs.) *Regulação e novas tecnologias*. Belo Horizonte: Fórum, 2017. p. 155-164.

WEYERMÜLLER, A. R. *Água e adaptação ambiental*: o pagamento pelo seu uso como instrumento econômico e jurídico de proteção. Curitiba: Juruá, 2014.

WIENER, J. B. The regulation of technology, and the technology of regulation. *Technology in Society*, v. 26, p. 483-500, 2004. Disponible en: [https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1960&context=faculty\\_scholarship](https://scholarship.law.duke.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1960&context=faculty_scholarship). Acceso en: 2 de junio de 2019.

Artículo recibido el: 06/06/2019.

Artículo aceptado el: 11/07/2019.

### **Cómo citar este artículo (ABNT):**

BERWIG, J. A.; ENGELMANN, W.; WEYERMULLER, A. R. Derecho ambiental y nanotecnología: desafíos para los nuevos riesgos de innovación. *Veredas do Direito*, Belo Horizonte, v. 16, n. 36, p. 217-246, sep./dic. 2019. Disponible en: <http://www.domhelder.edu.br/revista/index.php/veredas/article/view/1553>. Acceso en: día mes. año.