

P rincipio de precaución y análisis de riesgo regulatorio: dos fuerzas sociales encontradas y ejemplificadas en el caso de las nanotecnologías*

Precautionary Principle and Regulatory Risk Analysis: Two Social Forces Found and Exemplified in the Context of Nanotechnologies

 Guillermo Foladori**



* Este artículo es parte del *Proyecto CONACYT Ciencia de Frontera* 2019 No. 304320, con sede en la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.

** Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Correo electrónico: gfoladori@gmail.com

Fecha de recepción: 15 de julio de 2021

Fecha de aceptación: 26 de noviembre de 2021

Cómo referenciar / How to cite

Foladori, G. (2022). Principio de precaución y análisis de riesgo regulatorio: dos fuerzas sociales encontradas y ejemplificadas en el caso de las nanotecnologías. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, v. 14, n. 26, e2014. <https://doi.org/10.22430/21457778.2014>

Resumen: el presente artículo analizó la regulación de las nanotecnologías en el contexto de los productos y procesos químicos. El propósito fue identificar las fuerzas histórico-económicas que han impulsado los dos principales enfoques de regulación de las sustancias químicas. El procedimiento metodológico consistió en un análisis histórico y de contenido de lo que culminó jurídicamente como los dos principales instrumentos de regulación: el análisis de riesgo regulatorio y el principio de precaución. Las fuerzas histórico-económicas son, por un lado, las fuerzas del mercado, que se expresan en la política del análisis de riesgo regulatorio en lo que respecta a riesgos, salud y sustentabilidad, y que tienden a incentivar el desarrollo mercantil y buscar individualizar las relaciones técnicas y los potenciales efectos de procesos, tecnologías y productos. Por el otro están las fuerzas de la vida, aquellas que privilegian la protección de la salud de las personas y de los ecosistemas, y que se expresan en la política del principio de precaución. Aunque a primera vista no parecieran ser enfoques contradictorios, por tener diferentes alcances intrínsecos, tanto temporales y espaciales como sociales, en la práctica dichos enfoques y los conceptos y metodologías que impulsan representan fuerzas sociales eventualmente enfrentadas. Se ejemplifican ambas tendencias en el caso de las nanotecnologías. El análisis muestra, como resultado, que la expresión jurídica de aquellas fuerzas representa intereses de diferente origen: en un caso aquellas que privilegian al mercado; en el otro, de aquellas que privilegian la defensa de la vida y la salud.

Palabras clave: análisis de riesgo regulatorio, enfoque precautorio, gobernanza, nanotecnologías, principio de precaución.

Abstract: This paper analyzes how nanotechnologies are regulated in terms of chemical products and processes. It aims to identify what historical and economic forces have fueled the two primary approaches to regulating chemicals. The methodology implemented here involved a historical and content analysis of what legally resulted in the two main regulatory instruments: regulatory risk analysis and precautionary principle. Historical and economic forces, on the one hand, are market forces, which are reflected in the regulatory risk analysis approach regarding risks, health, and sustainability and which tend to encourage market development and seek to

individualize the technical relationships and potential effects of processes, technologies, and products. The forces of life, on the other hand, prioritize the protection of the health of people and ecosystems and are reflected in the precautionary approach. Although these two approaches do not appear to be contradictory because they have different intrinsic scopes (temporal, spatial, and social), they, as well as the concepts and methodologies that they promote, actually reflect social forces that eventually clash with each other. Both trends are here exemplified in the context of nanotechnologies. The results of the analysis show that the legal expression of those forces represents interests of various origins: those that favor the market in one case, and those that favor the defense of life and health in the other.

Keywords: Regulatory risk analysis, precautionary approach, governance, nanotechnologies, precautionary principle.

INTRODUCCIÓN

En este artículo se analizó la regulación de las nanotecnologías en el contexto de los productos químicos. Aunque las nanotecnologías son producto de diversas disciplinas y técnicas, la producción de la materia prima, que son los nanomateriales, es resultado de la industria química, y, por ello, se ven sometidas a las disposiciones que regulan y norman las sustancias químicas. Los nanomateriales son el primer escalón en la cadena de producción nanotecnológica de cualquier sector económico. El propósito fue identificar las fuerzas histórico-económicas que han impulsado los dos principales enfoques de la regulación de las sustancias químicas a lo largo de las últimas cuatro décadas. Ambas fuerzas obedecen a diferentes intereses sociales y, en gran medida, están enfrentadas en el proceso regulatorio, aunque aspectos parciales pueden ser considerados complementarios. Se utilizó el término fuerzas sociales para los siguientes dos tipos. Por un lado, se trata de las tendencias que se derivan de la esencia humana en el sentido biológico evolutivo (fuerzas de la vida), y cuya clave es el metabolismo y la reproducción, como en el caso de cualquier ser vivo, con la particularidad de que el ser humano tiene la capacidad de reflexionar sobre el pasado y discernir sobre el futuro, para lo cual las expresiones políticas de aquellas tendencias biológico evolutivas no solo las expresan, sino que pueden privilegiar algunas de sus manifestaciones. El otro tipo de fuerza social que se analizó es el derivado del contexto socioeconómico, en este caso el capitalismo (fuerzas del mercado), que impone una modalidad de relacionamiento entre los seres humanos diferente a las que se expresaban en contextos precapitalistas. También estas fuerzas se expresan políticamente.

Mientras las tendencias biológicas y económicas son involuntarias y objetivas, sus expresiones políticas son voluntarias y subjetivas, y quienes las elaboran enarbolan y defienden son aquellos sectores sociales que se ven más beneficiados, o que por su lugar en la división social del trabajo están más proclives a encauzarlas.

Por un lado, están las fuerzas del mercado, aquellas que tienden a incentivar el desarrollo mercantil y buscar aislar las relaciones técnicas de cualquier atisbo de tipo histórico y de clase, enarbolando la consigna de la neutralidad de la ciencia «ciencia basada en la evidencia». Estas fuerzas son históricamente determinadas, forman parte de las relaciones sociales capitalistas presentes en todos los sectores productivos. A estas fuerzas responde el concepto de análisis de riesgo regulatorio

(ARR), que es una metodología para identificar potenciales riesgos a la salud y/o el ambiente de sustancias químicas, aunque se ha extendido a muchos procesos y productos de diferentes sectores económicos. El concepto se presenta con algunas variantes en su terminología según los países e idiomas, como evaluación de impacto regulatorio, análisis de riesgo, etc. Es claro que las clases que más se benefician de la profundización de la producción mercantil son las que defienden en primera instancia esta política, y no es casual, como se verá más adelante, que toda la normativa corporativa la sustente.

Por otro lado, están las fuerzas de la vida, que son aquellas que buscan priorizar la salud de las personas y de los ecosistemas sobre las fuerzas del mercado. Estas fuerzas de la vida han plasmado en el concepto principio de precaución (PP), que también implica una metodología para identificar potenciales riesgos a la salud y/o el ambiente de sustancias químicas, pero a partir de criterios teórico-metodológicos diferentes al análisis de riesgo y partiendo de intereses de clase también distintos, porque al PP se «afilian» aquellos sectores que no lucran de la producción mercantil y, por tanto, son más proclives a privilegiar las tendencias intrínsecas a la vida sobre las acotadas al momento histórico capitalista en particular. El horizonte de futuro es muy diferente para cada uno de los dos tipos de fuerza.

Como en todo aspecto de la vida humana, no solo hay una expresión objetiva derivada de fuerzas naturales y/o históricas, y sus diferentes expresiones políticas, sino que también la educación, ideología y otras expresiones culturales tienen un lugar importante, pero nunca del calibre de las anteriores, porque mientras aquellas son tendencias objetivas, estas últimas son expresiones subjetivas y es algo que en este artículo no se analizó.

A primera vista ambas fuerzas no parecieran ser contradictorias en su objetivo explícito final, que es evitar los peligros y riesgos de procesos, tecnologías y productos. Ambos conceptos están presentes en la jurisprudencia, aunque mientras el ARR es parte del cuerpo legislativo de la mayoría de los países, plasmado como la metodología indiscutible por las organizaciones internacionales, y ampliamente reconocido como el criterio científico para dirimir juicios, el PP es un lineamiento político-ético, aunque también tiene su expresión metodológica basada en la experiencia histórica para orientar la toma de posición frente a procesos, productos y tecnologías que afectan de manera significativa la vida en términos generales, y

que en muchas legislaciones está restringido a una toma de posición que no tiene mayor peso en los tribunales.

El artículo está dividido en cuatro apartados con sus conclusiones. En el segundo, que sigue a esta introducción, se analizaron las dos fuerzas sociales en juego. En el tercero se trató específicamente a las nanotecnologías como producto de la industria química. Y finalmente, en el cuarto apartado, se consideraron los principales avances en la regulación de las nanotecnologías en el mundo.

METODOLOGÍA

El análisis que llevó a este artículo parte de la crítica de la economía política. Aunque su desarrollo metodológico es muy amplio y rebasa las posibilidades del espacio aquí disponible, es conveniente resaltar algunos de los conceptos clave.

El primero de ellos, sobre el cual se basó el análisis, es el de *tendencia necesaria*. Una tendencia necesaria es el resultado de una o varias contradicciones que en su confrontación expresa un camino o tendencia. No se trata de tendencias estadísticas. Un manzano presenta la tendencia necesaria de producir manzanos de su semilla, no mangos; aunque en un caso concreto puedan todas sus semillas morir sin germinar. En el caso de la vida existen dos fuerzas que son tendencias y necesarias. Una es la reproducción y la otra el metabolismo. Sin metabolizar los seres vivos no se reproducen, y sin reproducirse no lo hacen evolutivamente. Por ello han tomado las fuerzas de la vida como fuerzas sociales, porque el ser humano es un ser vivo que también debe metabolizar y reproducirse. En este sentido, toda política que privilegie el bienestar, el acceso a los recursos necesarios para metabolizar y vivir en sociedad es un objetivo forzoso y necesario de la especie humana.

El segundo concepto es el de *determinación histórica por las relaciones objetivas*. Este concepto coloca a la sociedad humana en un momento histórico determinado, en este caso el modo capitalista de producción, que además supone que la organización de la vida social responde a diferentes contradicciones en la base de ella, contradicciones en las relaciones sociales de producción que son diferentes según lo históricamente determinadas. En este orden de ideas, las relaciones sociales históricamente determinadas, son las capitalistas, y la política que las representa con relación a riesgo, salud y ambiente, es el análisis de riesgo.

Esos dos conceptos clave, cuya explicación remite a la biología evolutiva y a la crítica de la economía política, respectivamente, constituyen el punto de partida del análisis. El resto se basa en el análisis de contenido de las dos políticas en discusión, que remite a reglas que permiten estudiar conceptos más allá de su significado evidente. Tanto para los conceptos clave, como para el análisis de contenido, existe una inmensa bibliografía que incluirla significaría una desviación del objeto de análisis.

RESULTADOS

Las dos fuerzas sociales en juego

Regular las nanotecnologías significa establecer procedimientos normativos que condicionan, limitan o prohíben la investigación, producción y/o venta de productos de esas tecnologías por los organismos públicos oficiales de los países. La regulación se plasma en normas, decretos y, eventualmente, en reglamentaciones de procedimiento obligatorio, y también en normas voluntarias como pueden ser algunas guías de manipulación de equipos en el marco de la salud ocupacional y elaboradas por un ministerio del trabajo, y hasta reglamentaciones específicas como son los contenidos nutritivos y calóricos de los alimentos que deben aparecer en el etiquetado y elaborados por los ministerios de salud.

También existen variadas normas voluntarias de carácter privado destinadas a incidir en la orientación del desarrollo científico-tecnológico y de la producción, mismas que se desarrollan paralelamente a la regulación pública, como son los códigos de conducta, acuerdos internacionales, o las normas sobre procesos y productos y sus certificaciones. Estas normas voluntarias privadas son elaboradas por organizaciones sin fines de lucro, instituciones y organismos privados nacionales o internacionales, y asociaciones comerciales.

En las últimas décadas se ha utilizado el término gobernanza para abarcar tanto las regulaciones públicas, sean obligatorias o voluntarias, como las normas voluntarias emitidas por el sector privado; y existe una amplia discusión sobre los efectos y eficacia de unas y otras. En algunos casos la frontera entre lo oficial público y lo voluntario privado se vuelve difusa; así, por ejemplo, un país puede establecer acuerdos de comercio internacional que tienen reconocimiento legal

bilateral, pero, frente a querellas y juicios se reconocen instituciones privadas para dirimirlos. En tal caso se combina la fuerza pública con la fuerza de las organizaciones privadas. En este artículo solo se consideró la evolución de la regulación pública, aunque hará mención ocasional a normas voluntarias privadas.

La regulación de los productos de la actividad humana ha obedecido a diferentes causas y razones a lo largo de la historia. En la medicina, por ejemplo, surgieron reglamentaciones como la *Apothecaries Wares, Drugs and Stuffs Act* en Inglaterra en 1540, tendiente a impedir la producción de medicamentos adulterados y supervisar que la producción fuese realizada según recetas oficialmente registradas (van Boxtel et al., 2008, p. 65; Rågo y Santoso, 2008). Se trataba de una reglamentación básicamente comercial que defendía el monopolio de ciertos productores y que obedecía a causas económicas más que de salud.

La regulación que obedece a riesgos a la salud humana, de otros seres vivos, o del mismo ecosistemas es moderna, y corresponde al periodo entre las guerras mundiales en el siglo XX, pero más marcada después de la segunda (van Boxtel et al., 2008, p. 65). Luego de décadas de incremento de sustancias químicas en el mercado sin ningún tipo de regulación se hicieron sentir los efectos a la salud de diversos medicamentos y, claro está, de los materiales bélicos. En 1937, por ejemplo, el uso de un elíxir que utilizaba un solvente venenoso en los Estados Unidos llevó a la emisión del decreto *Federal Food, Drug and Cosmetic Act* y la creación de la institución gubernamental de igual nombre con el propósito de reglamentar ciertos productos (Geiser, 2015, p. 21; Rågo y Santoso, 2008, p. 65). Este tipo de regulación, dirigido a evitar riesgos a la salud y/o el ambiente es uno de los temas centrales en discusión en las nanotecnologías. Los nanomateriales son mayoritariamente producto de la industria química y se inscriben en dicha normativa.

Entre las regulaciones comerciales y las que obedecen a la protección a la salud y el ambiente hay una frontera nebulosa, como lo enseña el análisis de cualquier caso. Durante la pandemia del coronavirus, por ejemplo, se desató una guerra comercial en torno a la apropiación de vacunas por los países centrales, al punto que la Organización Mundial de la Salud debió pronunciarse reclamando una distribución equitativa (Aristegui Noticias, 2021); era una fuerza claramente comercial. Paralelamente, los órganos de salud pública de los países aprobaban a

diferente velocidad y amplitud las diversas vacunas, según como cumplieran con los requerimientos de seguridad a la salud de sus respectivas agencias de control de medicamentos; era una fuerza clara de salud pública (Bokemper et al., 2021).

La distinción entre la fuerza de mercado y la fuerza por la salud no es una distinción administrativa y formal, es analítica y requiere una contextualización histórica, económica y sociopolítica para comprenderla, porque en la realidad, y en cada caso concreto, ambas están presentes con límites borrosos.

La Segunda Guerra Mundial fue un parteaguas en el tema regulación. Como consecuencia del empleo bélico de la energía nuclear y la catástrofe humana y ambiental provocada, quedó al desnudo que determinadas tecnologías, productos y procesos de investigación debían ser cuestionados con relación al potencial efecto sobre la salud humana y el ambiente.

A la conexión real entre tecnología bélica y consecuencias a la salud y ambiente se sumaron los movimientos sociales, pacifistas, ambientalistas, de derechos humanos y otros exigiendo la prohibición y regulación de sucesivas tecnologías. Uno de los principales focos fueron las sustancias químicas. Además de los hechos fácticos y de la movilización de organizaciones civiles algunas investigaciones científicas auparon los reclamos. Es el caso del libro *Silent Spring*, de Carson (1964), de principios de los años sesenta, y hoy en día un icono del pensamiento ambientalista, donde se denuncia el efecto perjudicial sobre la vida silvestre por la aplicación de agrotóxicos, y, lo que resultó más alarmante: su incidencia sobre la salud humana.

Cuando algunos países institucionalizaron la regulación de las sustancias químicas y los medicamentos comenzando los años setenta, como es el caso de los Estados Unidos con la *United States Environmental Protection Agency* (EPA) y la *Food and Drug Administration* (FDA), habían pasado dos siglos de desarrollo capitalista con las fuerzas comerciales actuando libremente sin regulación por sus efectos a la salud de los productos y tecnologías; es decir, entraban los productos al mercado sin que se evaluara si ellos provocaban daños a la salud o el ambiente, y allí donde ocurría se trataba como aislado o se acudía a limitadas restricciones¹.

¹ Es el caso en los Estados Unidos de la *Pure Food and Drug Act* de 1906, que solo obligaba al etiquetado de ciertos alimentos y medicamentos (Geiser, 2015, p. 4).

La institucionalización de la regulación guiada por las fuerzas de defensa de la vida y la salud surgió en un contexto económico y político dominado por las fuerzas del mercado, y luego de medio siglo de crecimiento exponencial de las sustancias químicas sintéticas y las consecuencias a la salud de muchas de ellas².

El caso de las sustancias químicas es el más importante porque su ubicuidad hace que se incorporen a todas las ramas productivas, pues los químicos están en todas las cosas. Cuando para los años setenta comienza a institucionalizarse la regulación, ya existen en el mercado miles de sustancias químicas, y a la fecha no se sabe cuántas hay. El informe del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo de 2013 estima en cerca de 140 mil sustancias químicas diferentes presentes en las mercancías, y que solo en los Estados Unidos hay una media de 700 nuevas sustancias químicas peligrosas que son registradas anualmente; dicho de forma más contundente: es imposible analizar todas las sustancias química en el mercado, muchas de ellas posiblemente sean peligrosas³; y, mientras unas pocas se analizan y, eventualmente se prohíben o limitan, muchas otras entran al mercado sin ningún tipo de restricción, además de que la mayoría de las sustancias químicas registradas no cuentan con suficiente información ofrecida por las empresas productoras para poder ser evaluadas (Geiser, 2015, p. 17; Kemf, 2013, p. 10). De las decenas de miles en el mercado se estima que 30 mil sustancias químicas son las más utilizadas, pero la cantidad no hace a su peligrosidad y algunas producidas en pequeña escala pueden ser altamente peligrosas para la salud y ecosistemas, o afectar determinados grupos. Una ilustración de que esto aún sucede, y los productos entran al mercado sin regulación, es el caso señalado en la siguiente cita y fechado en 2011:

La Asociación Estadounidense de Centros de Control de Envenenamientos informó, en 2011, que más de 2 334 000 personas en los Estados Unidos, incluidos 1 145 000 niños, buscaron ayuda debido a exposiciones a productos que contienen sustancias químicas peligrosas y resultaron dañinos, incluidos productos de cuidado personal, agrotóxicos, suministros para pasatiempos y pinturas (Geiser, 2015, p. 6)⁴.

² «Dos grandes guerras mundiales [...] gigantescos motores comerciales para convertir químicos sintéticos en miles de productos comerciales baratos, útiles y atractivos» (Geiser, 2015, p. 13).

³ «Según Eurostat, el 62% de la producción total de productos químicos son tóxicos» (Center for International Environmental Law y ClientEarth, 2014, p. 1).

⁴ Todas las citas son de traducción libre de originales en inglés.

Las dos fuerzas en juego, la del mercado y la de la vida se expresan en clases sociales y agentes que las impulsan. Las corporaciones químicas y sectores empresariales promueven la entrada de su producción al mercado sin o con la mínima regulación posible, ya que cualquier tipo de norma significa una barrera al mercado (Wolfe, 2005). Los ministerios de salud pública, eventualmente algunas ONG ambientalistas, por la paz, de derechos humanos y otros sectores sociales, pueden representar y defender las fuerzas por la vida al no tener conflicto de interés comercial. El poder estatal se mueve según las presiones de los diferentes sectores, pero en términos generales se inclina por privilegiar al mercado porque expresa los intereses de las clases empresariales, no si contradicciones interinstitucionales. El caso de los académicos y científicos es más incierto y depende en mucho del tipo de relación laboral y de la concepción política e ideológica individual.

Algunos conceptos clave ilustran esa pugna entre ambas fuerzas, la comercial y la por la salud. Es el caso del término tóxico o toxicidad. Lo que eso significa ha ido variando a lo largo del tiempo. Mientras en los años sesenta un producto o sustancia tóxica era evaluada según el efecto en un hombre de mediana edad, o en niñas y para una determinada cantidad de partículas por gramo o por metro cúbico en el aire, y en referencia a si producía cáncer u otras enfermedades conocidas, las luchas sociales y la evolución científica, junto con la de equipos y procedimientos, ha llevado a que se analice la toxicidad, no solo por sexos, sino para varios grupos de edades y étnicos -que por costumbre alimenticia pueden metabolizar los químicos de diferente forma-, y también han llevado a variar las cantidades y los umbrales de toxicidad, así como prestar atención no solo a enfermedades conocidas sino a cambios en biomarcadores (Tesh, 1996, 2000); en definitiva, el concepto de toxicidad cambia como resultado de las luchas sociales.

Semejante al de toxicidad es el concepto de peligro. Lo peligroso no es una cualidad específica de una cosa desprendida del contexto, además de que algo peligroso fuera del contacto humano puede no ser de interés para la regulación sanitaria. El concepto de peligro es relativo y, por ello, se utiliza asociado al término riesgo. Este último es otro concepto también relativo, ya que el riesgo de un producto para una embarazada puede no serlo para una mujer que no esté en tal situación. Una sustancia peligrosa como el arsénico en el agua puede considerarse de riesgo solamente a partir de una cierta cantidad por unidad de medida, pero esto suponiendo que es el único tóxico en análisis y un único consumidor, pues en la realidad sucede una confluencia de tóxicos y una sucesión temporal de

consumidores que puede invalidar el análisis reduccionista de laboratorio sobre umbrales. En este sentido, peligro y riesgo no son conceptos absolutos, son relativos y altamente discutibles, y su incorporación a la reglamentación dependerá de las luchas sociales y los avances técnico-científicos⁵.

El enfrentamiento entre las fuerzas del mercado y las fuerzas por la vida se manifiesta en que mientras las primeras buscan reducir la caracterización del riesgo, del peligro, de la toxicidad, y aumentar los umbrales establecidos, las fuerzas por la vida tienden a aumentar esos indicadores y reducir los valores para hacerlos más restrictivos y reducir el peligro y riesgo. Como la reglamentación es una cuestión jurídica, cada detalle cuenta, y esos y otros términos marcan la diferencia en la correlación de fuerzas. Foladori e Invernizzi (2021) analizan las diferentes posiciones de los actores que disputan un aspecto de la regulación de las nanopartículas de plata en locales de trabajo, y que ilustra la posición de dichos actores representantes de las fuerzas del mercado y de las fuerzas por la vida y la salud, respectivamente.

Nanotecnologías en contexto

Cuando los productos de las nanotecnologías irrumpen, en los primeros años del 2000, el grado de desarrollo y profundidad del mercado es mucho mayor -globalización- que veinte años antes cuando comenzó la regulación de los químicos. Productos potencialmente tóxicos entran al mercado sin o con mínimas restricciones. Esto ocurre porque la normativa combina dos criterios claramente favorables a las fuerzas del mercado: que los productos son inocuos hasta que no se demuestre lo contrario -lo cual significa que entran al mercado sin restricción⁶-; y que la carga de demostrar el peligro o riesgo de un producto recae sobre las instituciones gubernamentales -lo que constituye una tarea imposible para cientos

⁵ «En sistemas complejos como los organismos vivos es improbable que se pueda determinar de forma mecánica la relación causal entre una sustancia y determinadas consecuencias. Y, cuando las consecuencias se manifiestan por bioacumulación a través del tiempo la distancia entre causa y efecto puede perderse» (Geiser, 2015, p. 15).

⁶ «En el sistema actual, se presume que las sustancias químicas son inofensivas hasta que se demuestre que son peligrosas. Como resultado, la falta de datos se malinterpreta como prueba de seguridad, y se asume que los productos químicos no probados y no identificados son seguros» (Thornton, 2000, p. 326).

o miles de nuevas sustancias químicas que entran anualmente al mercado mundial, mientras deja con las manos libres a las empresas para vender casi sin restricción-.

Durante las primeras dos décadas del siglo XXI la Unión Europea ha hecho esfuerzos tendientes a modificar su reglamentación de químicos (REACH), con el propósito de cambiar aquellos criterios (European Commission, 2006)⁷. Este avance no evita, sin embargo, que las fuerzas del mercado se expresen en un tercer criterio que toda legislación recoge: el ARR como único procedimiento científico-técnico con carácter obligatorio para determinar el riesgo/peligrosidad y su grado de los productos en el mercado⁸.

Como se destaca arriba, el criterio de lo que es peligroso o de riesgo es relativo, y depende de las luchas sociales. La jurisprudencia de todos los países y los acuerdos voluntarios internacionales han aceptado desde la década de los ochenta que el ARR sea el procedimiento para saldar diferencias en controversias y juicios. Aunque técnicamente se trata de procedimientos que deben ser adaptados a cada situación, el ARR se caracteriza por algunos lineamientos generales presentes en todos los casos, como la amplia revisión bibliográfica científica sobre el tema, el uso de equipos y técnicas de investigación estandarizadas y certificadas, la posibilidad de replicación de las pruebas, el análisis cuantitativo y probabilístico, y la evaluación costo-beneficio.

Existe un término que se utiliza corrientemente y también en la literatura jurídica para identificar el proceso de ARR: «evidencia científica». Este concepto, que fue introducido por la industria del tabaco para justificar su análisis supuestamente neutro y científico, y en su larga lucha contra los afectados que reclamaban de daños a la salud, cristalizó luego en la nomenclatura internacional como clave para dirimir controversias sobre peligro/riesgo de sustancias y productos. El término tiene la fuerza ideológica de presentar al ARR como un proceso científico, y, con

⁷ Importantes avances fueron realizados en el Anexo sobre nanomateriales en enero del 2020. «bajo el REACH se aplican requisitos legales explícitos a las empresas que fabrican o importan nanoformas. Estos reportes obligatorios abordan requisitos de información específicos, descritos en los anexos revisados del reglamento REACH: caracterización de nanoformas o conjuntos de nanoformas cubiertos por el registro (Anexo VI); evaluación de seguridad química (Anexo I); requisitos de registro de información (Anexos III y VII-XI); y obligaciones de los usuarios (Anexo XII)» (European Chemicals Agency, s.f., parr. 6).

⁸ La definición y distinción entre peligro y riesgo ha sido realizada por las cortes durante juicios. Escribe Geiser (2015): «En 1980 en un juicio entre la AFS-Cio y la American Petroleum Institute se introducen los criterios: "significant Risk", "substantial evidence"» (p. 30).

ello, de hacer aparecer un producto de la investigación y el trabajo humano con sus limitaciones, defectos e inclinaciones económico-políticas como algo neutro y exacto, que en un mundo donde la ciencia y la tecnología tienen un peso tan importante como la religión en la Edad Media, resulta de gran apoyo para las fuerzas del mercado. Para aupar aún más el concepto de evidencia científica, la industria del tabaco estigmatizó a las demandas de los pacientes como basadas en ciencia basura (*junk science*).

A pesar de la fuerza ideológica del término «evidencia científica» o «evidencia substancial», el ARR no es ni exacto ni neutral ni libre de inclinaciones político-económicas; por el contrario: es política, económica e ideológicamente influenciada como cualquier producción científica. El ARR es un proceso claramente reduccionista en su metodología, alcance temporal, espacial, técnico e histórico. En la Tabla 1 se sistematizan los principales elementos que caracterizan tal reduccionismo de manera auto explicativos.

Tabla 1. Características reduccionistas del ARR

Reducción	Característica del ARR
Temporal	No analiza contaminantes persistentes. Marca límites para que los contaminantes no sobrepasen la capacidad del ecosistema de metabolizar, pero no está pensado para contaminantes sintéticos bioacumulables y resistentes a la degradación natural ⁹ .
Espacial	No analiza la contaminación acumulativa global. Previene que la ingestión, contacto, etc., del contaminante no rebase un nivel determinado. Pero no considera que, aun no rebasándolo, la sustancia se junta con la contaminación generada por otros productores a nivel global. De esa forma estimula la contaminación global.
Causa-efecto	No analiza el efecto sinergia. No se puede predecir la manera como todos los químicos individuales interactúan entre ellos, y con el metabolismo, creando novedosas toxicidades ¹⁰ .
Contextual	No considera el contexto comercial. La velocidad de producción de elementos químicos, por ejemplo, es 50 veces mayor que la capacidad del programa de toxicología de USA para evaluarlos.
Técnica	No considera mezclas químicas y resultados no intencionales ¹¹ .
Ciclo de vida	No considera el destino final de la sustancia o producto y los potenciales cambios.
Enfoque	No considera criterios cualitativos. Al basarse en criterios cuantitativos tiende a desconsiderar el peligro y privilegiar el riesgo.
Ideológico	No considera el carácter ideológico que encierran sus supuestos. Supone, por ejemplo, que todo puede medirse en precios, inclusive animales silvestres, átomos, moléculas y hasta ecosistemas. El concepto de costo-beneficio, que la ARR utiliza para homogeneizar diferentes elementos y cantidades en precios es tomado como una reducción «natural» despreciando las especificidades materiales y de la vida ¹² .
Socioeconómico	No considera impactos más allá del costo-beneficio técnico. No es parte del ARR evaluar si un proceso, equipo o sustancia tiene impactos en el empleo, las condiciones de vida, etc.

Fuente: elaboración propia basada en Thornton (2000)¹³.

⁹ «Los efectos crónicos a largo plazo sobre la salud de la exposición a sustancias químicas son más difíciles de determinar» (Geiser, 2015, p. 15).

¹⁰ «Este enfoque reduccionista se centra en sustancias individuales como compuestos únicos divorciados de la clase o grupo de productos químicos similares. El enfoque no está en cambiar los peligros intrínsecos que presentan los productos químicos, sino en gestionar las exposiciones humanas o ambientales» (Geiser, 2015, p. 60).

¹¹ «Actualizando este argumento a un escenario contemporáneo, podríamos decir que nada observado por el microscopio electrónico o el microscopio de túnel de barrido, o cualquier otra técnica de visualización, es capaz de explicar la fenomenología del comportamiento macroscópico de los cuerpos físicos» (Bensaude-Vincent y Simon, 2012, p. 130).

¹² «El análisis costo-beneficio se utiliza para determinar si los beneficios de una gestión de productos químicos, como una regulación, superan o son superados por los perjuicios. Dado que estos cálculos suelen ser cuantitativos tienden a sobrevalorar factores que pueden monetizarse e infravalorar factores como buena salud y calidad ecológica a las que es difícil poner precio» (Geiser, 2015, p. 50).

¹³ Thornton (2000) resume en seis puntos varias limitaciones del análisis de riesgo para los ecosistemas, que eufemísticamente llama «paradigma del riesgo».

En resumen, el ARR se limita, por defecto, a evaluaciones de corto plazo y riesgos inmediatos, y a aquellos que son resultado del funcionamiento técnico de los productos o tecnologías, pero no incluye resultados sociales. Así, como muestra de ello, una nueva máquina robotizada es analizada en su eficiencia técnica, pero el desempleo que genera la automatización del proceso no es objeto del ARR¹⁴. Un contaminante es analizado con el instrumental técnico de laboratorio, pero la historia de acumulación de casos de enfermos no es considerada evidencia científica o substancial. El ARR es un heredero del triunfo de la ciencia al servicio del capital sobre trabajadores y consumidores, pero no por su eficiencia técnica, sino por lo que oculta debido a su carácter reduccionista y su imposición legal.

A la par del desarrollo del ARR como paradigma de las fuerzas del mercado creció el (PP). Este principio es la expresión de las fuerzas de la vida por introducir en la evaluación de los productos químicos y otras tecnologías y productos el criterio de experiencia histórica, que recoge la acumulación de casos de riesgo e impactos como resultado de determinados productos y procesos, aunque no se pueda determinar de manera exacta la relación causal, o bien el análisis de laboratorio allí donde se pueden suponer sólidos indicios de riesgo. Con reconocimiento no plasmado jurídicamente de forma obligatoria, sino como lineamiento de política de precaución, el PP como expresión de las fuerzas por la vida aparece relegado a un segundo plano frente al ARR.

Cabe resaltar que la discusión teórica, política e ideológica entre el análisis de riesgo y el PP es una polémica de casi cuarenta años. Pero, hasta donde se sabe, no hay en la literatura un análisis de las fuerzas sociales tendenciales que expliquen tales políticas. La riqueza de esta novedad no es solo de carácter teórico especulativo, sino que también da luz sobre la enorme dificultad de diálogo entre los sectores sociales que representan de manera más conectada las fuerzas en juego, sobre la manera como los diferentes sectores se manifiestan, y, de esa forma, se deja al desnudo contradicciones sociales que de otra manera se ocultan.

¹⁴ La siguiente cita bien podría aplicarse a un AR: «cuando los empleadores toman decisiones sobre sustitución de los trabajadores por máquinas, no tienen en cuenta el trastorno social causado por la pérdida de puestos de trabajo, especialmente los buenos» (Acemoğlu, 2021, pp. 6-7). De más está decir que el desempleo implica impactos en la salud, y esto tampoco es objeto de análisis del AR.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La regulación de las nanotecnologías en el contexto del ARR y el PP

A primera vista puede ser conveniente distinguir las nanociencias, que estudian las particularidades fisicoquímicas y biológicas de la materia en escala por debajo de 100 nanómetros; y de las nanotecnologías, que se refieren a la producción de nanomateriales, dispositivos y su incorporación a los más diversos productos.

Un enfoque más general, y que considere el contexto y momento histórico del desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías permite constatar que, junto al proceso de globalización acelerado desde la década de los noventa, la distancia temporal entre ciencia y producción industrial se ha acortado significativamente si se compara con las décadas anteriores del desarrollo capitalista. Mientras en la primera mitad del siglo XX podían pasar 30 o 50 años entre los inventos y su aplicación industrial y mercantil (Menahem, 1977), para principios del siglo XXI esta distancia puede reducirse a pocos años y algunos meses en determinadas ramas económicas. Las principales variantes de nanotubos de carbonos, que son un ícono de estructuras nanotecnológicas, fueron descubiertas entre 1991 y 1993, y diez años después se producían en escala industrial y mediante diversos métodos y con diferentes características (Zhang et al., 2011). Lo mismo ocurrió con la mayoría de los nanomateriales, que han requerido de los microscopios de tunelación y electrónicos de finales de los años ochenta para poder obtener mediciones precisas, pero luego de una década de investigación eran producidos en masa industrialmente. El acortamiento entre investigación y desarrollo (I&D) y producción industrial es un resultado de la evolución del mercado, del incremento del capital necesario para las modernas investigaciones científico-técnicas que exigen financiamiento cuyos volúmenes solo puede cubrirse una vez que se vendan los resultados de la I&D, y el incremento de la competitividad y de las diversas formas de propiedad intelectual que representan una carrera por ganar espacios en el mercado. El resultado es el acortamiento de los plazos.

La interrelación más estrecha entre nanociencias y nanotecnologías también puede visualizarse en el hecho de que muchas de las investigaciones incorporan ingenieros y técnicos, porque la orientación al mercado es algo intrínseco a estas nuevas ciencias/tecnologías. En lo que sigue se utilizará el término

nanotecnologías en el sentido amplio de incorporar a las nanociencias, al igual que lo hacen diversas instituciones (European Commission, 2004, p. 4)¹⁵.

Existen varias definiciones de nanotecnologías, pero todas tienen en común referirse a las propiedades de la materia en nanoescala, que son diferentes a los mismos materiales en tamaño mayor. La peculiaridad de las propiedades de la materia en nanoescala significa que también pueden implicar riesgos toxicológicos nuevos, desconocidos y no contemplados por la reglamentación de los productos químicos en tamaño mayor.

Al menos desde los años ochenta se investiga sobre las propiedades novedosas de los materiales en tamaño nanométrico y se les llama partículas ultrafinas. Para finales del siglo XX se comienza a usar el término nanopartículas. Varias publicaciones científicas alertan desde los años noventa de la potencial toxicidad de algunos de esos nanomateriales, pero la voz de advertencia pública para que tal preocupación fuese más allá del restringido ámbito científico no provino de las empresas que investigaban e incorporaban los nanomateriales a sus productos comerciales, ni de los gobiernos, sino de una organización ambientalista. En 2002, el *Action Group on Erosion, Technology and Concentration* [ETC Group]¹⁶, lanzó un llamado público de moratoria a la comercialización de productos de las nanotecnologías hasta no tener certeza de no implicar riesgos, en la Cumbre de Sudáfrica de Desarrollo Sustentable y a «promover un proceso global transparente de evaluación de las implicaciones de esta tecnología en la sociedad, la economía, la salud y el ambiente» (Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración [ETC Group], 2002, p. 1)¹⁷. Era un llamado de atención de que «el mercado [avanza] más rápidamente que la seguridad de los productos y procesos, lo cual atenta contra el bienestar [de] la población en general» (Foladori, 2010, p. 48), de los trabajadores y consumidores en particular y también de los ecosistemas.

¹⁵ «El término 'nanotecnología' se utilizará aquí como un término colectivo, que engloba las diversas ramas de las nanociencias y las nanotecnologías. Conceptualmente, la nanotecnología se refiere a la ciencia y la tecnología a nanoescala de átomos y moléculas, y a los principios científicos y las nuevas propiedades que se pueden comprender y dominar al operar en este dominio. Estas propiedades pueden luego ser observadas y explotadas a micro o macro escala, por ejemplo, para el desarrollo de materiales y dispositivos con funciones y desempeños novedosos» (European Commission, 2004, p. 4).

¹⁶ Previamente denominado *Rural Advancement Foundation International* (RAFI).

¹⁷ Nótese que el llamado no se restringe a toxicología, sino que se extiende a los impactos sociales y económicos en sentido amplio.

Durante la primera década del siglo XXI, y ante los varios reclamos de algunas ONG y sindicatos sobre riesgos e implicaciones socioeconómicas de las nanotecnologías¹⁸, ciertas corporaciones y gobiernos lanzaron códigos de conducta voluntarios o guías de seguridad voluntarias para nanoproducción¹⁹, y sectores económicos frágiles al consumidor y mecanismos de salvaguarda²⁰, mientras el capital especulativo se pronunciaba contra cualquier regulación²¹.

Para finales de la primera década, más de cien organizaciones sociales lanzaron el documento Lineamientos para la Reglamentación de las Nanotecnologías (NanoAction, 2007) y, paralelamente, algunas instituciones oficiales de países comenzaron a emitir reglamentaciones parciales; aunque, salvo excepciones puntuales, iban dirigidas a la obligatoriedad del registro de las empresas que utilizaban nanocomponentes, o al etiquetado de productos de las nanotecnologías correspondientes a los sectores de alimentación, cosméticos y biocidas (Foladori y del Barco, 2020).

Analizar la peligrosidad y riesgo de un nanomaterial para el organismo humano u otro ser vivo resulta un desafío. Tanto la toxicidad como la biopersistencia de un nanomaterial depende de muchas propiedades de la partícula (p. ej.: tamaño, morfología, estructura química, carga electrostática, efectos sobre la corona proteica, aglomeración), sumadas a la ruta de exposición, la dosis y la combinación con otros elementos en el proceso metabólico en el organismo (Tan et al., 2018). Estas características agregan dificultades para la regulación de los nanomateriales (Nature Nanotechnology, 2020; Faria et al., 2018).

Luego de veinte años de desarrollo de las nanotecnologías, tanto en investigación como en producción de mercancías que contienen la nanomateria prima, la

¹⁸ Sobre riesgos de las nanopartículas en cosméticos (Miller et al., 2006), para la salud y el ambiente de las nanotecnologías aplicadas a alimentación y agricultura (ETC Group, 2004; Miller y Senjen, 2008), para el comercio internacional (ETC Group, 2005), sobre varios sectores económicos y sociales (ETC Group, 2002, 2003), para implicaciones en el trabajo (European Trade Union Confederation, 2008, 2010; Invernizzi y Foladori, 2013).

¹⁹ Ver por ejemplo BASF (2021), CropLife International (s.f.), Commission of the European Communities (2008), Department for Environment, Food and Rural Affairs (2006).

²⁰ Agencias de seguro preocupadas por riesgos no reglamentados (Nanowerk News, 2009; Swiss Reinsurance Company, 2004), vendedores al consumidor preocupados por el potencial rechazo y exigiendo responsabilidad del productor (Innovation Society, 2008).

²¹ «El enfoque inteligente es dejar el desarrollo de la nanotecnología solo y, en cambio, permitir que las agencias reguladoras individuales evalúen productos y aplicaciones específicas antes de que se introduzcan en el mercado» (Wolfe, 2005).

regulación está limitada a algunas nanoestructuras (p. ej.: nanotubos de carbono) a algunos países (mayoritariamente en la Unión Europea), a algunos requisitos para comercializar (p. ej.: etiquetado de alimentos, cosméticos y biocidas). Esta lentitud de avance de la reglamentación se ampara en dos argumentos no siempre explícitos.

El primero y más importante es de orden económico. La revolución de las nanotecnologías supone un importante aumento de la competitividad internacional por parte de los países que tienen las condiciones para desarrollarlas; y los gobiernos apuestan al crecimiento económico antes que al cuidado de la salud y ambiente. El segundo es de orden técnico. Las nanopartículas tienen muchas características individuales que hace difícil tanto la definición de qué son, como el establecimiento de regulaciones amplias, debido al comportamiento fisicoquímico y biológico prácticamente individual de cada una de ellas en contacto con organismos y ecosistemas y la falta de información al respecto.

El resultado conjunto es que las fuerzas del mercado han sido hegemónicas, imponiéndose sobre las fuerzas por la vida y la salud, de tal forma que los productos de las nanotecnologías entran al mercado prácticamente sin regulación, mientras que se investiga lentamente los potenciales efectos tóxicos mediante ARR, pero sin contemplar otros impactos socioeconómicos. Paralelamente a la escasez de regulación, una ola de medidas de gobernanza voluntaria se ha ido implantando, como códigos de conducta y certificaciones²².

CONCLUSIONES

En la literatura sobre regulación de riesgos y peligros, y particularmente cuando se trata de sustancias químicas, términos como análisis de riesgo regulatorio o evaluación de análisis regulatorio, y otros semejantes, se relacionan a veces en oposición al PP. Ambos conceptos y sus metodologías de análisis asociadas son parte de la literatura y la jurisprudencia de los países, aunque el primero con mayor presencia legislativa que el segundo.

²² En América Latina las normas voluntarias de la ISO han avanzado en algunos países, de la mano de la presión de la OECD por aceptarlas en las versiones locales. Para mayor detalle véase Foladori (2016), Anzaldo Montoya y Chauvet (2016).

Existe abundante literatura sobre estos tópicos, pero enraizar aquellos conceptos con las fuerzas sociales presentes en el desarrollo es el aporte novedoso de este análisis. Aquí se estableció una correspondencia entre las fuerzas del mercado y su expresión regulatoria en el concepto de ARR y, de igual forma, una correspondencia entre las fuerzas por la vida de la salud humana y ecosistemas y el lineamiento regulatorio denominado PP. El propósito fue mostrar esa ilación, no muy explícita en la literatura.

Al resaltar las fuerzas sociales por detrás de las apariencias discursivas se les da a estas últimas una contextualización económica, política e ideológica que pierden al ser tratadas como simple conceptos técnico-administrativos.

Las nanotecnologías como procesos de investigación, desarrollo y técnicos de producción, sirvieron para ejemplificar, con casos de actualidad, los análisis precedentes, y, por estas ser prácticamente ajenas a la regulación, el artículo cobra importancia para la elaboración de políticas de ciencia y tecnología, así como de regulación de procesos y productos.

CONFLICTOS DE INTERÉS

El autor declara que no presenta conflictos de interés financiero, profesional o personal, que pueda influir de forma inapropiada en los resultados obtenidos o las interpretaciones propuestas.

REFERENCIAS

- Acemoğlu, D. (2021). *Remaking the Post-Covid World. To reverse widening inequality, keep a tight rein on automation*. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2021/03/COVID-inequality-and-automation-acemoglu.htm>
- Action Group on Erosion, Technology and Concentration. (2003). *The Big Down. Atomech: Technologies Converging at the Nano-scale*. <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/thebigdown.pdf>
- Action Group on Erosion, Technology and Concentration. (2005). *The Potential Impacts of Nano-Scale Technologies on Commodity Markets: The Implications for Commodity Dependent Developing Countries*. <http://www.etcgroup.org/content/potential-impacts-nano-scale-technologies-commodity-markets-implications-commodity-dependent>

- Anzaldo Montoya, M., Chauvet, M. (2016). Technical standards in nanotechnology as an instrument of subordinated governance: Mexico case study. *Journal of Responsible Innovation*, v. 3, n. 2, 135-153. <https://doi.org/10.1080/23299460.2016.1196098>
- BASF. (2021). *Código de Conducta*. <https://www.basf.com/co/es/who-we-are/sustainability/we-produce-safely-and-efficiently/resources-and-ecosystems/nanotechnology/safety/code-of-conduct.html>
- Bensaude-Vincent, B., Simon, J. (2012). *Chemistry: The impure science* (2da ed.). Imperial College Press.
- Bokemper, S. E., Huber, G. A., Gerber, A. S., James, E. K., Omer, S. B. (2021). Timing of COVID-19 vaccine approval and endorsement by public figures. *Vaccine*, v. 39, n. 5, 825-829. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.12.048>
- Carson, R. (1964). *Silent Spring*. Fawcett Publications.
- Center for International Environmental Law, ClientEarth. (2014). *Toxic Partnership. A critique of the ACC-CEFIC proposal for trans-Atlantic cooperation on chemicals*. http://www.ciel.org/Publications/ToxicPartnership_Mar2014.pdf
- Commission of the European Communities. (2008). *Commission Recommendation of 07/02/2008. On a code of conduct for responsible nanosciences and nanotechnologies research*. https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/fp7/89918/nanocode-recommendation_en.pdf
- CropLife International. (s.f.). *CropLife International Statement on the Use of Nanomaterials in Plant Science*. https://croplife.org/wp-content/uploads/pdf_files/CropLife-International-Statement-on-the-Use-of-Nanomaterials-in-Plant-Science.pdf
- Department for Environment, Food and Rural Affairs. (2006). *UK Voluntary Reporting Scheme for Engineered Nanoscale Materials*. http://ethics.iit.edu/NanoBank/docs/UK_Voluntary_Reporting_Scheme.pdf
- European Chemicals Agency. (s.f.). *Nanomaterials*. <https://echa.europa.eu/regulations/nanomaterials>
- European Commission. (2004). *Towards a European Strategy for Nanotechnology*. http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/policy/nano_com_en.pdf

- European Commission. (2006). *Q and A on the new Chemicals policy, REACH*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_06_488
- European Trade Union Confederation. (2008). *ETUC Resolution on Nanotechnologies and Nanomaterials*. https://www.etuc.org/sites/default/files/ETUC_resolution_on_nano_-_EN_-_25_June_08_2.pdf
- European Trade Union Confederation. (2010). ETUC 2nd resolution on nanotechnologies and nanomaterials, 175-188. En *ETUC Resolutions 2010*. https://www.etuc.org/sites/default/files/CES_resol_EN6_Am_2010_2.pdf
- Faria, M., Björnmalm, M., Thurecht, K. J., Kent, S. J., Parton, R. G., Kavallaris, M., Johnston, A. P. R., Gooding, J. J., Corrie, S. R., Boyd, B. J., Thordarson, P., Whittaker, A. K., Stevens, M. M., Prestidge, C. A., Porter, C. J. H., Parak, W. J., Davis, T. P., Crampin, E. J., Caruso, F. (2018). Minimum information reporting in bio-nano experimental literature. *Nature Nanotechnology*, v. 13, n. 9, 777-785. <https://doi.org/10.1038/s41565-018-0246-4>
- Foladori, G. (2010). Las nanotecnologías en contexto. *Sociología y Tecnociencia. Revista Digital de Sociología del Sistema Tecnocientífico*, v. 2, 35-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3715576>
- Foladori, G. (2016). Implicaciones para trabajadores y consumidores de las Normas ISO en nanotecnología. Una visión desde América Latina. *Sociología del Trabajo*, n. 88, 47-61. <https://recyt.fecyt.es/index.php/sociologiatrabajo/article/view/53013>
- Foladori, G., del Barco, R. (2020). Socio-economic and environmental implications of nanotechnologies. En *Workshop: Nanomateriales. Estado de Situación en Bolivia y Latinoamérica*. <https://relans.org/wp-content/uploads/NanoAndes2.pdf>
- Foladori, G., Invernizzi, N. (2021). AgNano, the Construction of Occupational Health Standards: A Status Update. En S. Kumar, P. Kumar, C. S. Pathak (eds.), *Silver Micro-Nanoparticles—Properties, Synthesis, Characterization, and Applications*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96104>
- Geiser, K. (2015). *Chemicals without Harm: Policies for a Sustainable World*. The MIT Press.
- Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración. (2002). *¡No es poca cosa! Las partículas nanotecnológicas penetran las células vivas y se acumulan en los*

órganos animales. <http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/191/01/nanocommunic76.pdf>

Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración. (2004). *La invasión invisible del campo. El impacto de las tecnologías nanoscópicas en la alimentación y la agricultura*. <https://www.etcgroup.org/es/content/la-invasi%C3%B3n-invisible-del-campo-el-impacto-de-las-tecnolog%C3%ADas-nanosc%C3%B3picas-en-la>

Innovation Society. (2008). *Code of Conduct Nanotechnology by Swiss Retail Organizations Published*. <http://innovationsgesellschaft.ch/en/code-of-conduct-nanotechnology-by-swiss-retail-organizations-published/>

Invernizzi, N., Foladori, G. (2013). Posições de Sindicatos e ONGs sobre os riscos e a regulação da nanotecnologia. *Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia*, v. 1, n. 4, 72-84. <https://visaemdebate.incqs.fiocruz.br/index.php/visaemdebate/article/view/128>

Kemf, E. (ed.). (2013). *Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals*. United Nations Environment Programme. <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=1966&menu=35>

Menahem, G. (1977). *La ciencia y la instrucción militar. El ejército, el sistema de fuerzas destructivas y el desarrollo científico-técnico*. Icaria.

Miller, G., Archer, L., Pica, E., Bell, D., Senjen, R., Kimbrell, G. (2006). *Nanomaterials, Sunscreens and Cosmetics: Small Ingredients, Big Risks*. https://foe.org/wp-content/uploads/2017/legacy/Nanomaterials_sunscreens_and_cosmetics.pdf

Miller, G., Senjen, R. (2008). *Out of the Laboratory and on to our Plates: Nanotechnology in Food & Agriculture* (2da ed.). https://foe.org/wp-content/uploads/2017/legacy/Nanotechnology_in_food_and_agriculture_-_web_resolution.pdf

NanoAction. (2007). *Principios para la supervisión de las nanotecnologías y nanomateriales*. https://www.centerforfoodsafety.org/files/081403_icta_span_low_86441_82005.pdf

Nanotechnology: Balancing Risk and Opportunity. (2009, 27 de marzo). *Nanowerk News*. <https://www.nanowerk.com/news/newsid=9842.php>

- OMS acusa a 'algunos países ricos' de boicotear el mecanismo de distribución equitativa de vacunas Covid-19. (2021, 22 de febrero). *Aristegui Noticias*. <https://aristeguinoicias.com/2202/mundo/oms-acusa-a-algunos-paises-ricos-de-boicotear-el-mecanismo-de-distribucion-equitativa-de-vacunas-covid-19/>
- Rägo, L., Santoso, B. (2008). Drug Regulation: History, Present and Future. En C. J. van Boxtel, B. Santoso, I. R. Edwards (eds.), *Drug Benefits and Risks: International Textbook of Clinical Pharmacology* (2da ed., pp. 65-77). Ios Press.
- Swiss Reinsurance Company. (2004). *Nanotechnology. Small matter, many unknowns*. <https://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report93.pdf>
- Tan, K. X., Barhoum, A., Pan, S., Danquah, M. K. (2018). Risks and toxicity of nanoparticles and nanostructured materials. En A. Barhoum, A. S. H. Makhoulouf (eds.), *Emerging Applications of Nanoparticles and Architecture Nanostructures* (pp. 121-139). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-51254-1.00005-1>
- Tesh, S. N. (1996). *Hidden Arguments: Political Ideology and Disease Prevention Policy*. Rutgers University Press.
- Tesh, S. N. (2000). *Uncertain Hazards: Environmental Activists and Scientific Proof*. Cornell University Press.
- The risks of nanomaterial risk assessment. (2020). *Nature Nanotechnology*, v. 15, n. 3, 163-163. <https://doi.org/10.1038/s41565-020-0658-9>
- Thornton, J. (2000). Beyond Risk: An Ecological Paradigm to Prevent Global Chemical Pollution. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, v. 6, n. 4, 318-330. <https://doi.org/10.1179/oeh.2000.6.4.318>
- van Boxtel, C. J., Santoso, B., Edwards, I. R. (eds.). (2008). *Drug Benefits and Risks: International Textbook of Clinical Pharmacology* (2da ed.). Ios Press.
- Wolfe, J. (2005). Nanotech Vs. The Green Gang. *Forbes*. https://www.forbes.com/2005/04/06/cz_jw_0406soapbox_inl/?sh=4350b0092f2d
- Zhang, Q., Huang, J.-Q., Zhao, M.-Q., Qian, W.-Z., Wei, F. (2011). Carbon Nanotube Mass Production: Principles and Processes. *ChemSusChem*, v. 4, n. 7, 864-889. <https://doi.org/10.1002/cssc.201100177>