



REDES

Revista de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología



Universidad
Nacional
de Quilmes

Los desafíos de la ciencia frente a la crisis ambiental planetaria

The challenges of science in the face of the planetary environmental crisis

Daniel Lew¹

 ORCID: 0000-0002-1682-355X

lewdaniellew@gmail.com

Francisco F. Herrera¹

 ORCID: 0000-0003-4354-1328

ffherrera@gmail.com

Éder Peña¹

 ORCID: 0000-0002-1002-7894

supereder@gmail.com

(1) Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC).

Palabras clave

Naturaleza
Crisis ambiental
planetaria
Ciencia
posnormal
Racionalidad

Resumen

La crisis ambiental planetaria (CAP) es una crisis del conocimiento, que solo a partir de una superación epistemológica/ontológica de la ciencia, será posible desentramar como desafío para el futuro de la civilización. Se exponen las características fundamentales de esta crisis, a partir de sus dimensiones ecológica (perturbación de los ciclos biogeoquímicos del planeta), económica (la apropiación humana de la productividad primaria neta), energética (dependiente de los combustibles fósiles), productiva (insustentable e incapaz de erradicar el hambre), social (donde una minoría provoca una crisis que padecen las mayorías) y científica (anclada en una tradición reduccionista e instrumental, superada por la complejidad de la realidad). Se analiza y discute la ciencia normal (Kuhn) como patrón de conocimiento hegemónico de la civilización moderna contemporánea, para evidenciar sus limitaciones ante la complejidad, riesgos y urgencia que caracterizan a la CAP. Se discuten las críticas y argumentos de diversos autores y autoras, para evidenciar que la ciencia normal no está facultada epistemológicamente para enfrentar la CAP, sino que además está directamente comprometida en sus causas, procurando impulsar una reflexión hacia un patrón de conocimiento que no esté reñido con la vida.

Keywords

Nature
Planetary
environmental
crisis
Post-normal
science
Rationality

Abstract

The Planetary Environmental Crisis (PEC) is a crisis of knowledge; only by moving beyond science's epistemological and ontological limitations can the challenge it poses to civilization's future be understood. The fundamental characteristics of this crisis are outlined, based on its ecological dimension (disruption of the planet's biogeochemical cycles), economic (human appropriation of net primary productivity), energy (dependence on fossil fuels), productive (unsustainable and incapable of eradicating hunger), social (where a minority causes a crisis suffered by the majority), and scientific (rooted in a reductionist and instrumental tradition, outpaced by the complexity of reality). Normal science (Kuhn) is analyzed and discussed as the hegemonic paradigm of knowledge in contemporary modern civilization, in order to highlight its limitations in the face of the complexity, risks, and urgency that characterize the PEC. The critiques and arguments of various authors are discussed to demonstrate that normal science is epistemologically ill-equipped to address the PEC and is directly implicated in its causes, seeking to promote a shift toward a paradigm of knowledge that is not at odds with life.

Información del artículo

DOI: 10.48160/18517072re62.910
Recibido: 15/12/2025
Revisado: 25/06/2026

Aceptado: 5/07/2026
Publicado: 31/07/2026

Introducción

Desde comienzos del presente siglo, el grave deterioro sistémico de las condiciones biofísicas del planeta es, sin duda, uno de los fenómenos que ha captado la mayor atención de la comunidad científica mundial. De manera fragmentada, numerosos estudios dan cuenta de la pérdida de biodiversidad, cambio climático, contaminación de las aguas continentales o derretimiento de los casquetes polares, por mencionar solo algunos de los eventos críticos (Steffen *et al.*, 2011). Más recientemente, han emergido aproximaciones que integran las características e implicaciones de estos fenómenos globales, que reconocen una crisis ambiental de escala planetaria, en la cual el cambio climático es solo uno de los nueve procesos biofísicos comprometidos, de los cuales siete ya han sido extralimitados a causa de las actividades humanas (Richardson *et al.*, 2023; Ripple *et al.*, 2024; Rockström *et al.*, 2009; Sakschewski *et al.*, 2025; Steffen *et al.*, 2015a).

Las evidencias sugieren que, tras una extraordinaria acumulación de riqueza material, la humanidad está avanzando, a partir de la segunda mitad del siglo XX, sobre una grave escasez de recursos críticos, la degradación de procesos ecosistémicos vitales –*servicios ecosistémicos*–, una decreciente capacidad para gestionar los residuos y una severa alteración de los ciclos climáticos y sus patrones meteorológicos. La magnitud de estas transformaciones tiene severos impactos sobre las condiciones de vida en el planeta, resultando en graves alteraciones de procesos ecológicos indispensables para el sostenimiento de la vida a escalas local, regional y global, que se agravarán en el futuro inmediato. La alteración ha sido de tal magnitud que las condiciones climáticas características del Holoceno –que había durado once mil setecientos años, y debía durar cincuenta mil más–, han dejado de existir abruptamente, dando lugar a una época signada por la brusca alteración de las condiciones precedentes, bajo el nombre de *Antropoceno* (*sensu* Crutzen y Stoermer, 2000) o *Capitaloceno* (*sensu* Moore, 2016). Basta señalar que las trayectorias climáticas que se vislumbran para las próximas décadas sugieren que la agricultura, tal como se conoce en la actualidad, será imposible en el clima que caracterizará al post-Holoceno (Gowdy, 2020).

La Crisis Ambiental Planetaria (CAP) es la materialización de un entramado de múltiples crisis que atraviesa la actual civilización (Lawrence *et al.*, 2024). La estabilidad de los ecosistemas depende de la pugna entre dos fuerzas antagónicas: los procesos naturales esenciales para la existencia de la vida y el productivismo económico.

No son escasos los análisis y críticas en torno al patrón de conocimiento que ha impulsado al desarrollo característico de los últimos siglos, basado en los procesos de industrialización y producción, a partir de la presunción de una disponibilidad de energía, naturaleza y trabajo baratos; con certeza una reacción ante las consecuencias sobre las actuales condiciones de vida en el planeta, el agravamiento que se avecina y la virtual inacción sobre las causas radicales de la crisis (Herrera, Lew y Peña, 2018, 2019; Leff, 2004; Moore, 2015).

Aunque no ocupan la posición central que la urgencia demanda, han emergido diversas reflexiones y análisis para abrir un debate en torno a la necesaria e impostergable transformación de algunas dimensiones del patrón dominante de conocimiento, ampliamente establecido bajo el nombre de ciencia o ciencia moderna. En este trabajo se presentan y discuten algunas de las premisas fundacionales sobre las cuales reposa la ciencia tradicional (normal *sensu* Kuhn) que la comprometen con las causas ontológicas y materiales de la CAP. Se procura, concretamente, señalar cuáles son las implicaciones de la ciencia en las causas de la crisis y argumentar por qué está limitada para contribuir a su solución. Para ello se analizan críticas epistemológicas y ontológicas, propuestas por varios autores, fundadas en la afirmación de que el dualismo sociedad/naturaleza, la universalidad, la neutralidad, y la predictibilidad de los sistemas complejos autoorganizados son pretensiones teóricas difíciles de materializar en la realidad. Emerge entre ellos un abordaje práctico, que procura superar estas limitaciones internas del patrón de conocimiento, y otras propias de la CAP, entre las que destacan la extraordinaria complejidad de los sistemas naturales, la gravedad y urgencia de los problemas, y las implicaciones éticas involucradas.

Se destaca que el conflicto ontológico que subyace en este dualismo y en la pretendida neutralidad de la práctica científica, pre-supuestos no

problematizados en el ethos de quienes la practican, permite advertir por qué sus esfuerzos por intervenir en la solución de la CAP sean ineficaces o incluso contraproducentes (Schipper, 2020). Resulta imperativo situar en el centro del debate que el aumento de gases de efecto invernadero –proveniente, sobre todo, de la quema de combustibles fósiles y de la agricultura industrial– ha desencadenado una cascada de efectos no lineales –presencia de umbrales de colapso– sobre los sistemas biofísicos de la biosfera, que a su vez incrementan los niveles de incertidumbre acerca del funcionamiento del sistema Tierra; este no es un dato menor, en tanto compromete directamente el acceso fiable a bienes como alimentos, agua dulce, salud y refugio, vitales para las poblaciones humanas (Folke *et al.*, 2021; Rockström *et al.*, 2009). Con base en este contexto, el objetivo de este trabajo se centra en poner en tensión las ontologías y epistemologías de la ciencia moderna, con los desafíos existenciales para la preservación de la vida humana y las condiciones de la biosfera en el presente, a partir de la dimensión de impredecibilidad sistémica que emerge como consecuencia de un relacionamiento deletéreo entre la cultura occidentalizada y la, así llamada, naturaleza.

Para llevar adelante esta tarea, se ha estructurado el trabajo en cuatro secciones. Primeramente se exponen las características fundamentales de la CAP, a partir de sus dimensiones ecológica –perturbación de los ciclos biogeoquímicos del planeta–, económica –la apropiación humana de la productividad primaria neta–, energética –dependiente de los combustibles fósiles–, productiva –insustentable e incapaz de erradicar el hambre–, social –donde una minoría provoca una crisis que padecen las mayorías– y científica –anclada en una tradición reduccionista e instrumental, superada por la complejidad inabarcable de la realidad–, lo que da cuenta de su complejidad, predictibilidad, gravedad y urgencia. En segundo lugar, se destaca cómo la CAP es, en esencia, una crisis del conocimiento, dado que la racionalidad instrumental, el reduccionismo y el determinismo, que hacen al núcleo de la ciencia, encuentran en esta crisis una evidencia de su contribución activa y de sus limitaciones en la procura de alternativas superadoras. En tercer término, se analizan las características de la ciencia tradicional y de algunas de las transformaciones que ha experimentado de manera “adaptativa” a los cambios

de contexto, para dar origen a “nuevas formas” que en realidad no reflejan cuestionamientos epistemológicos, sino respuestas a condicionamientos de los sistemas de clasificación institucional, cambios en las líneas y políticas de las editoriales científicas, nuevas demandas de carácter científico-técnico o simplemente tecnológicas, la direccionalidad señalada por las fuentes de financiamiento, entre otras (Abo-Rass y Bump, 2025; Echeverría, 2005; Önder, Popov y Schweitzer, 2025; Ziman, 2000). En la cuarta sección se exponen las críticas más relevantes que problematizan el dualismo y neutralidad de la ciencia normal en la creación de conocimiento; desde los cuestionamientos conceptuales fundamentales hasta prácticas concretas, se reconocen aproximaciones a una nueva forma de producción de conocimientos que apunta a la superación de los obstáculos epistemológicos y ontológicos, mismos que le impiden a la ciencia tradicional producir conocimiento eficaz para la solución de la CAP, en lugar de profundizarla. En el quinto apartado se reflexiona acerca de la necesaria emergencia de nuevas formas de conocimiento, así como el reconocimiento y aceptación de otras formas, que resulten eficaces para abordar los desafíos de la crisis ambiental planetaria. Finalmente, planteamos en el cierre del documento, el imperativo de establecer puentes o diálogos a partir de la ciencia normal imperante, que propicien la construcción de alternativas factibles, legítimas y democráticas para sortear los desafíos que nos presenta la actual crisis ecológica.

Es oportuno referir algunos de los recursos empleados para desarrollar el argumento central de este trabajo. Se acude a las categorías modernas de “sociedad/cultura” y “naturaleza” para poder problematizar el dualismo del cual surge esta crisis. Al recurrir a ciertos autores no se desconoce la existencia de otras contribuciones sobre el tema, que en sus particularidades redundarían sobre la argumentación central y propósito del planteamiento.

La Crisis Ambiental Planetaria- CAP

Dado que los biomas dependen del flujo de energía asociado a la producción primaria neta para mantener sus funciones ecológicas, las actividades económicas basadas en la mercantilización permanentemente creciente de energía y naturaleza, que se traducen en acumulación primaria, comprometen a

futuro, de manera sistémica, su integridad; una relación causal que hoy cuenta con amplio consenso (Moore, 2015). Richardson y sus co-autores sintetizan este planteamiento al proponer la apropiación humana de la producción primaria neta de la biosfera como una variable de control para su integridad funcional (Richardson *et al.*, 2023).

La dimensión económica es un subsistema dentro de la biosfera; en la actualidad, desde las calorías de los alimentos, hasta los combustibles fósiles, toda forma de producción está implicada en la lógica del crecimiento económico, y su disponibilidad es determinada por los mercados globales. La crisis económica a su vez se manifiesta, entre otros indicadores, en la enorme brecha existente entre la productividad económica real y la deuda en la economía mundial (Salmon, 2021). A pesar de que el producto interno bruto (PIB) parece estar creciendo, la producción económica real lleva casi dos décadas estancada (Jorgenson, Fukao y Timmer, 2016); el cambio climático, el agotamiento de los recursos y la degradación de los sistemas naturales, afectan las cadenas de suministro, inducen mayores costos para las empresas y producen daños a la infraestructura y sistemas agroproductivos, todo lo cual contribuye con la ocurrencia de eventos de crisis económicas.

La economía global actual, como ocurrió con civilizaciones antiguas, amenaza con colapsar, en la medida que sus procesos se vuelven cada vez más complejos y tan pronto como no pueda continuar satisfaciendo su inevitable consumo incremental de energía, al ser víctima de una espiral de rendimientos decrecientes (*sensu* Patel y Moore, 2017; Tainter, 1996, 2006). Se adopta aquí la expresión colapso, tal como la concibe Tainter, como un proceso en la esfera sociopolítica, que resulta atrapada en la complejidad de los sistemas de resolución de problemas: “Una sociedad ha colapsado cuando muestra una pérdida rápida y significativa de un nivel establecido de complejidad sociopolítica” (Tainter, 1988: 4). Tan temprano como en 1995, el mismo autor afirma:

Los rendimientos decrecientes, en la resolución de problemas, limitaron la capacidad de las sociedades históricas para afrontar sus retos y también limitarán la capacidad de las sociedades contemporáneas para abordar el cambio global. Las soluciones a este dilema radican (a) en el conocimiento de nuestra posición histórica

en un sistema de complejidad evolutiva, y (b) en el desarrollo ulterior de la energía para financiar la resolución de problemas. (Tainter, 1995, p. 397).

En este contexto, un colapso es un proceso abrupto en escala histórica. Los riesgos localizados de colapso climático ya son evidentes en diversas regiones, y los rendimientos decrecientes de la adaptación climática, ante impactos cada vez más intensos, son claves frente a los riesgos de colapso (Steel *et al.*, 2024).

Simultáneamente, la fuente de energía, sin la cual este proceso hubiera sido imposible de sostener, ha comenzado su inevitable declive: el pico del petróleo, ya anunciado por Marion Hubbert en 1956. El vertiginoso proceso de expansión industrial, la mundialización del comercio, la revolución verde – agricultura industrial– y el extraordinario dinamismo alcanzado en todas las dimensiones de la actividad humana, se han apalancado en el avance de tecnologías basadas en la expansión del uso de esta fuente circunstancial de energía, cuya tasa de retorno energético, extraordinariamente alta, no ha podido ser sustituida por ninguna otra, y que comienza a declinar en su relación costo/beneficio (IEA, 2010).

En respuesta a los efectos perturbadores del uso de los combustibles fósiles –y a la declinación del petróleo–, la tecno-ciencia apela a los *remiendos* tecnológicos –*techno-fix*–, novedades concebidas y diseñadas para afianzar aún más el control corporativo sobre la naturaleza: la *transición verde*, para la sustitución de la energía fósil por electricidad obtenida de la energía solar y eólica es uno de ellos. Sin embargo, las energías verdes no solo no han contribuido a una transición, sino que se han sumado a una matriz energética fósil en permanente aumento, entre otros motivos, porque el 80% de la energía que consume la economía actual no es en forma de energía eléctrica (British Petroleum, 2024). Por otra parte, el Banco Mundial ha anunciado que la reducción de emisiones de carbono implicará una explotación cada vez más intensiva de minerales críticos para las tecnologías de energía limpia empleadas en la generación de electricidad: “Los objetivos de cambio climático (1.5 °C - 2 °C menos), como se describen en el Acuerdo de París, requieren instalar más de estas tecnologías y, por lo tanto, conducirá a una mayor huella material” (Hund *et al.*, 2020: 11).

La extralimitación de cada proceso biofísico, considerado en los límites planetarios, no habría sido posible sin la confluencia del petróleo y del conocimiento científico, transformado en tecnología, enlazados para la maximización de la explotación de la naturaleza –*materias primas*, entre ellas las propias fuentes de energía fósil– y de la fuerza de trabajo: los dos únicos pilares sobre los cuales reposa la economía. Este complejo proceso productivista, industrial, se aceleró marcadamente después de la Segunda Guerra Mundial, período conocido como *Gran Aceleración* (Hibbard *et al.*, 2007), y que es definido como “la naturaleza integral e interrelacionada de los cambios, posteriores a 1950, en las esferas socioeconómicas y biofísicas del sistema terrestre” (Steffen *et al.*, 2015b:). Este período se caracteriza por las mayores tasas de crecimiento económico de la historia del capitalismo, acompañadas de un drástico aumento en el uso de energía, impulsado por la inversión financiera.

Las críticas disrupciones de las dimensiones ambientales y económicas tienen un directo correlato en la esfera social, agudizando las preocupaciones. Al contrastar los indicadores biofísicos del planeta con los indicadores sociales de los países, varios autores concluyen que ninguno logra satisfacer cabalmente las necesidades básicas de sus ciudadanos, y en aquellos casos excepcionales que lo logran parcialmente –los llamados países desarrollados–, incurren en niveles de uso de recursos globalmente insostenibles (Fanning *et al.*, 2022; O'Neill *et al.*, 2018; Schlesier, Schäfer y Design, 2024). La vasta mayoría de la población mundial está muy lejos de poder satisfacer sus necesidades básicas. Esta revelación sugiere que pretender elevar las condiciones de vida de todos los habitantes del planeta a los alcanzados por los países más desarrollados, demandaría un consumo de recursos muy por encima de los niveles máximos admisibles para mantener la sostenibilidad; eso equivalía, en 2012, a disponer de los recursos producidos por cuatro planetas Tierra al año (WWF, 2012).

La actual CAP supera radicalmente cualquier crisis que otras civilizaciones pasadas hayan vivido en su relación con los entornos de los cuales dependen para su supervivencia. Esto está determinado por la velocidad con que se desarrolla la crisis, la extraordinaria complejidad tecnológica sobre la cual reposa, su enorme dependencia de los combustibles fósiles –especialmente del

petróleo y el gas—, la escala geográfica de sus impactos y la creciente cantidad de personas que están siendo y serán afectadas (Nørgaard, 1994). Baum, por su parte, concluye que, ante las discrepancias que el nivel de incertidumbre genera en torno a la gravedad de la CAP y sobre la base del conjunto de evidencias actualmente disponibles, el cambio climático, por sí solo, debería ser considerado como un riesgo catastrófico global (Baum, 2024).

Desde las dimensiones ambiental, económica y social, se puede observar un evidente desacoplamiento entre la magnitud y las potenciales consecuencias que anuncia esta profunda crisis, y las políticas que emergen desde los principales organismos multilaterales, como de los propios Estados. Más de tres décadas de evidencias e innumerables indicadores de la crisis global, cuantitativos y empíricos, permiten denunciar la poca correspondencia entre la urgencia de la crisis y el escaso y tímido compromiso de los gobiernos con las medidas adoptadas. Estas medidas han resultado insuficientes para transformar las condiciones que la generan, y menos eficaces aún para sostener la resiliencia y la adaptación a nuevos y radicales escenarios planetarios (Schipper, 2020).

Toda intervención humana en gran escala interfiere en los arreglos espontáneos de la naturaleza (Marsh, 1864), y frente a un universo complejo, los desarrollos concebidos bajo las obligantes premisas del reduccionismo científico y tecnológico, resultan inevitablemente superados por la extraordinaria complejidad de los sistemas ecológicos, provocando consecuencias subestimadas, ignoradas o impredecibles (Jonas, 2004). Atrapada en la misma limitación, la fragmentada aproximación a la solución de los problemas formula ahora alternativas basadas en una mayor complejidad tecnológica y una mayor demanda neta de energía —por lo general, directa o indirectamente de origen fósil—, para poder seguir sosteniendo los niveles de consumo que el crecimiento, la economía de mercado y el *estado de bienestar* demandan. La progresión ininterrumpida de extracción de bienes naturales —incluidas las fuentes de energía— sugiere que existen dificultades ontológicas, epistemológicas y conceptuales para racionalizar la crisis, replantear el enfoque científico-técnico convencional y trascender esta encrucijada planetaria.

Las múltiples crisis en proceso (Folke *et al.*, 2021) develan un común denominador, una crisis del conocimiento (Leff, 2004) de la manera vigente de interpretar el mundo moderno y la forma de habitarlo. Una crisis del conocimiento es una invitación a una profunda reflexión del marco epistémico de la ciencia normal (*sensu* Kuhn), el patrón de conocimiento que prevalece en el mundo moderno, occidentalizado y globalizado, toda vez que pretende resolver los problemas más acuciosos de la humanidad, desde su razón reduccionista e instrumental dominante, la misma que ha contribuido a crearlos (Einstein, 1949; Funtowicz y Ravetz, 1993a).

La crisis del patrón de conocimiento hegemónico

La promesa de la dominación de la naturaleza y su uso para el beneficio de la humanidad, como narrativa seminal de la modernidad, ha llevado, entre otras cosas, a una explotación y erosión, excesiva e irracional, de la trama de la vida (Moore, 2015). Desde hace más de un siglo, las advertencias acerca de un deterioro ambiental han acompañado el progreso industrial que lo ha propiciado (Carson, 1962; Marsh 1864). Sin embargo, la información que en la actualidad es socialmente aceptada, en torno a la magnitud y consecuencias de la crisis ambiental del planeta, compele a la reflexión crítica y exhaustiva de los determinantes históricos de esta realidad, y explorar las alternativas y las trayectorias colectivas, que pudieran favorecer transformaciones sociopolíticas, tanto plausibles como impostergables (Tainter, 1996).

Franz Hinkelammert plantea que:

ha aparecido una racionalidad que se ha impuesto universalmente, que no es racional, y que hoy, cada vez más visiblemente, amenaza la propia sobrevivencia de la humanidad. Todo pensamiento crítico hoy no puede ser sino la búsqueda de una respuesta a esta irracionalidad de lo racionalizado. (Hinkelammert, s./f.: 331, citado en Mora, 2023: 132)

Esta racionalidad cultural que ha emergido, con carácter universalista, es la raíz de lo que denominamos comúnmente la ciencia, que algunos la distinguen con el epíteto de moderna.

Es importante destacar que, los patrones de conocimiento –las aproximaciones e interpretaciones que determinan la comprensión de la vida

humana (y no-humana), y los modos de producción y reproducción de la vida—son una dimensión constitutiva medular de todo orden social (Lander, 1992). La cultura occidental ha privilegiado, como patrón de conocimiento, a la ciencia. Este patrón de conocimiento emerge en un contexto histórico de una compleja amalgama de cristianismo —secularizado o no—, racismo, conquista territorial, saqueo de la fuerza de trabajo y de la naturaleza, y protestantismo. Su origen suele fecharse en la Europa del largo siglo XVI, destacando en su historiografía a Galileo, Bacon, Descartes, Newton, y el gran sintetizador conceptual, Hegel (Dussel, 2012).

Nuestros tiempos son el producto de la aplicación del programa baconiano, articulado hace casi 400 años por Sir Francis Bacon, que ha tenido un éxito extraordinario y ha apuntalado la expansión mundial de la civilización occidental. Sin embargo, de manera paradójica, el triunfo del programa de Bacon terminó socavando sus propios cimientos. (Sagasti, 2000: 595).

A través de la ciencia se dio legitimidad a una manera particular de interpretar la vida, la condición humana, los mitos culturales, es decir, la existencia colectiva local —europea—, de una manera muy efectiva y convincente. Los medios —prejuicios y métodos— utilizados para describir algunos fenómenos naturales, desarrollar algunas tecnologías, predecir ciertos comportamientos del cosmos y la naturaleza, por encima de otras interpretaciones culturales, contribuyeron a su establecimiento y expansión de forma totalizante. Sin embargo, el principal aporte de este particular patrón de conocimiento fue su capacidad de legitimar, desde la racionalidad moderna, apalancada en la búsqueda de conocimientos y el progreso, la explotación irracional del trabajo humano y de la naturaleza (Bautista, 2014; Moore, 2015).

Estas concepciones racionalizadas del trabajo y de la naturaleza, que se conformaron en la Europa occidental entre los siglos XV y XVIII, rápidamente tuvieron incidencia en los modos de producir alimentos, bienes y servicios, de ocupar los territorios, de relacionarse socialmente y de organizarse políticamente: y es allí donde se configura el capitalismo, no solo como modo de producción, sino como cosmogonía (Wallerstein, 1988). Así, el capitalismo y la ciencia son autodeterminados, y continuamente moldeados, desde su emergencia, pocos siglos atrás.

Lander (2005) sintetiza, a partir de numerosas reflexiones sobre la historiografía de los últimos quinientos años, que la ciencia moderna está fundada en escisiones ontológicas entre razón y cuerpo, sujeto y objeto, cultura y naturaleza, que a su vez constituyen sustentos necesarios de las nociones de progreso, así como de control y explotación de una *naturaleza* objetivada. Así, la ciencia moderna es concebida como un patrón de conocimiento que considera al ser humano separado de la naturaleza, y sujeta, esta, a sus designios: la naturaleza, dentro de la cultura europea, pasó de ser sacra, a ser inferior y cosificada (Plumwood, 1993).

Asociado a estas perspectivas, se ha destacado el carácter mecanicista y determinista de la ciencia, enfocado en la búsqueda de simplificación y certidumbre, en un mundo caracterizado por la complejidad y el caos (Capra, 1985); todo esto desde una perspectiva dominante, a favor de la instrumentalidad, el empirismo y el reduccionismo (Horkheimer, 2004).

El pre-supuesto de que el desarrollo de las bases científicas conlleva a la permanente y progresiva generación de tecnologías, presuntamente cada vez más eficientes y garantes de prosperidad, es ampliamente compartido al interior de las sociedades industriales occidentalizadas del globo; de hecho, en la praxis, es el teorema central del desarrollo capitalista (Lew, 2021). Esta relación determinista se fundamenta en un desarrollo lineal y evolucionista.

El determinismo tecnológico, las concepciones de acuerdo a las cuales el desarrollo corresponde a un desarrollo evolucionista, lineal-determinista, o que este es producto de una suma de decisiones técnicas racionales, ha estado estrechamente asociado con las concepciones objetivistas de la verdad en el terreno científico y forman parte del núcleo del pensamiento tecnocrático contemporáneo (Lander, 1992: 184-185).

Es a partir del determinismo tecnológico que se enuncia la *exitosa* historia de Europa, y más tarde, la noción arbitraria de países desarrollados y subdesarrollados. La racionalidad instrumental, como expresión de la ciencia moderna, es un fenómeno emergido de la continua transformación adaptativa del capitalismo y de sus presupuestos cognitivos, éticos y sociales.

Kant planteó la existencia de dos racionalidades: una teórica y otra práctica. La primera permitía adquirir conocimientos científicos: contemplar, descubrir los secretos del mundo y tomar contacto con lo absoluto; mientras que la segunda se centraba en la capacidad humana para funcionar eficientemente en la vida pública; una especie de instrumento de relacionamiento social. Ya para ese entonces, la racionalidad práctica había determinado los conceptos más importantes de los mecanismos económicos y muchas de sus ideas fundamentales; es de esta racionalidad de donde emana la propuesta de Adam Smith, en torno a los mecanismos de regulación de los mercados. Más de un siglo después, Horkheimer reconocía que el pensamiento moderno, basado en dos racionalidades, que había configurado al pensamiento de los movimientos filosóficos de los siglos XIX y XX, estaba adquiriendo sesgos muy marcados a favor de la razón práctica, como única aproximación al conocimiento.

Para inicios del siglo XIX, la racionalidad práctica tomó la forma del positivismo, que consideraba como hechos científicos solo aquellos fenómenos que podían demostrarse mediante experimentos empíricos o representarse mediante el uso de las matemáticas. Posteriormente, se volvió más radical con la *neutralización de la razón* a un carácter estrictamente instrumental, que no solo degradó cualquier cognición no cuantificable, sino que rechazó y descalificó cualquier necesidad de pensamiento puro, abstracción y *especulación*, que no sirviera a intereses particulares y a objetivos preconfigurados, esto bajo la instauración de una ciencia objetiva, neutra y universal, exenta de responsabilidades y conflictos éticos. Tal como lo vio Horkheimer, la reducción de la razón moderna a un mero instrumento, es una antifilosofía que socava los propios fundamentos de esa racionalidad; tanto así, que actualmente la ciencia emplea el razonamiento lógico/tecnológico para responder solamente a una dimensión de la realidad, despreocupada de las consecuencias negativas que produce la civilización dominada por la tecnología, y se *olvida* de cuestionar el sistema-mundo moderno/capitalista; sumida en la neutralidad objetiva, se distancia de la ética. La racionalidad instrumental, como epítome de la ciencia a lo largo del siglo XX, será la racionalidad que sustente, en buena medida, la llamada *ciencia normal* (*sensu* Kuhn).

La ciencia “moderna”

Ciencias formales y ciencias fácticas

Para Mario Bunge, quien afirma que “por medio de la investigación científica, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta” (Bunge, 1995: 11), la totalidad de la ciencia abarca dos *territorios* –no excluyentes–; uno donde impera la lógica y las matemáticas, ajenas a los hechos de la realidad, que crean sus propios objetos de estudio y sus relaciones, que no pueden por sí mismas explicar la realidad –aunque contribuyen decisivamente a hacerlo–, a las cuales denomina *ciencias formales*. En el otro, las *ciencias fácticas* que, recurriendo a las herramientas que le proporcionan las ciencias formales, se abocan a la comprensión de los objetos que sí forman parte de la realidad concreta, de los procesos y relaciones entre ellos, empleando el método científico como la única vía para explicar la realidad y alcanzar la “verdad”. En estas últimas se inscriben la física, la química, la economía, la ecología y los demás campos del conocimiento científico.

Bunge denuncia la pretensión de debatir en torno a la ciencia, invalidando la autoridad de quienes la han interpelado desde la reflexión crítica, y reivindica –como lo hace la institucionalidad que practica la ciencia moderna, de manera dominante en el mundo– los principios que Merton en 1942 le atribuyó a la ciencia como incuestionables de una institución llamada a cuestionarlo todo, excepto a la propia ciencia. El principio de *universalidad*, según el cual “ya que los fenómenos naturales son los mismos en todas partes, los contextos sociales, culturales y políticos son irrelevantes para la evaluación objetiva de la verdad de las aseveraciones científicas” (Vessuri, 1996: 60), es probablemente el más polémico de estos postulados, por cuanto permite interpretar que no existe otra forma de producir conocimiento que no sea a través del método científico, lo que supondría admitir como cierto que otras culturas, y personas sin formación académica, no pueden producir conocimiento.

Esa desvinculación social, que produjo la concepción universalista de Merton (1973), de acuerdo con su *estructura* normativa, reposa en su desarrollo como un fin en sí mismo, centrando su razón de ser fundamental en la expansión

de las propias fronteras del conocimiento científico y de sus disciplinas en permanente especialización y atomización. Michael Polanyi, en *La República de la Ciencia: su teoría política y económica*, sostiene:

los científicos, haciendo libremente su propia elección de problemas y persiguiéndolos a la luz de su propio juicio personal, cooperan como miembros de una organización estrechamente unida (Polanyi, 1962: 1). Tal auto-coordinación de iniciativas independientes conduce a un resultado conjunto, que no está premeditado por ninguno de los participantes. Su relación es guiada, como por una mano invisible, al descubrimiento conjunto de un sistema oculto de cosas. Dado que su resultado final es desconocido, este paso a paso, y el rendimiento total, será el mejor resultado posible. (Polanyi, 1962: 3).

Bunge calificó de “disparate” este debate filosófico que se produjo en torno a la ciencia, con mayor vigor alrededor de la década de 1960; un debate que lejos de pretender derribar sus postulados hegemónicos, hicieron de la ciencia, como cualquier otro constructo social, un objeto más de análisis.

Ciencia normal y ciencia revolucionaria

Uno de los protagonistas de este debate fue Thomas Kuhn quien, en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*, se refirió a la ciencia tradicional como *ciencia normal* y utilizó el término *paradigma* para describir el delimitador de todos los compromisos compartidos por una comunidad de científicos, en un campo disciplinar determinado, es decir, el conjunto de premisas que determinan el *espacio* dentro del cual corresponde desarrollar la práctica científica, sin violar el paradigma existente (Kuhn, 1971); básicamente constituye una estructura epistémica, de conocimiento, teorías y generalizaciones simbólicas (Echeverría, 2005). Según Kuhn, la comunidad que forma parte de un campo científico específico está abocada a la cimentación de su paradigma, confrontando argumentos y evidencias siempre hacia el *interior*, reforzando sus fortalezas y enfrentando las debilidades que la propia actividad científica pone en evidencia. Según Albornoz, el filósofo Lakatos –otro de los involucrados en estos fructíferos debates– advertía sobre la probabilidad de que los núcleos de todos los paradigmas –a los que Lakatos llamó *programas científicos*– fueran falsos –o al menos incorrectos–, lo cual no sería en absoluto incompatible con la realidad, sino una forma de comprender la dinámica de la ciencia, a través de la cual

alcanza una verosimilitud siempre creciente –la afirmación interna del paradigma (Albornoz, 2003).

Dos ideas básicas apuntalan la tesis de Kuhn:

La observación y la experiencia pueden y deben limitar drásticamente la gama de las creencias científicas admisibles o, de lo contrario, no habría ciencia. Pero, por sí solas, no pueden determinar un cuerpo particular de tales creencias. Un elemento aparentemente arbitrario, compuesto de incidentes personales e históricos, es siempre uno de los ingredientes de formación de las creencias sostenidas por una comunidad científica dada, en un momento determinado. (...) esta investigación [*actúa*] como una tentativa tenaz y ferviente de obligar a la naturaleza a entrar en los cuadros conceptuales proporcionados por la educación profesional. Al mismo tiempo, podemos preguntarnos si la investigación podría llevarse a cabo sin esos cuadros, sea cual fuere el elemento de arbitrariedad que forme parte de sus orígenes históricos y, a veces, de su desarrollo subsiguiente. (Kuhn, 1971: 3).

Kuhn argumenta que la actividad científica avanza a partir de modelos adquiridos por medio de la educación y de la exposición permanente a la literatura disciplinar. Con frecuencia, los científicos no conocen, no comprenden cabalmente o incluso no necesitan conocer, las características particulares que le dan a esos modelos el estatus de paradigmas de su comunidad disciplinar. Por ello, no necesitan un conjunto completo de reglas. Todos han tenido una educación y una iniciación profesional similares, asimilando la misma bibliografía técnica y recibiendo las mismas lecciones. Los límites de esa bibliografía suelen delimitar las fronteras de un tema científico.

El rompimiento de los límites de un paradigma da lugar a lo que Kuhn denominó *ciencia revolucionaria*: la disrupción con los elementos arbitrarios que forman el complejo de creencias sobre el cual se construye el paradigma.

Cuando no se obtienen los resultados esperados, el buen científico normal reacciona intentando averiguar qué error ha cometido. (...) Para Kuhn, una "anomalía" es un enigma que se resiste a ser resuelto. Kuhn sostiene que todos los paradigmas se enfrentan a algunas anomalías en un momento dado. Mientras no haya demasiadas, la ciencia normal sigue su curso y los científicos las consideran un reto. Pero las anomalías tienden a acumularse. A veces una sola se hace especialmente prominente, resistiendo los esfuerzos de los mejores especialistas de la disciplina. Finalmente, según Kuhn, los científicos empiezan a perder la fe en su paradigma. El resultado es una crisis. (Godfrey-Smith, 2003: 82).

Cuando ocurre la revolución, el orden establecido se desordena, las ideas fundamentales son cuestionadas y surgen condiciones que permiten abordar los problemas creados por las crisis; pero una revolución científica, *sensu* Kuhn, aborda los nuevos desafíos con la misma racionalidad con que se lleva a cabo la ciencia normal.

Tecno-ciencia

Echeverría diferencia con claridad la racionalidad científica, fundada en la procura de conocimientos y el logro de la “verdad”, de la tecnológica, encomendada al logro de la eficiencia, la competencia, la utilidad; si la investigación dirigida a la expansión del conocimiento fue la plataforma fundamental de la *big science* (Price, 1968), la tecno-ciencia representa la instrumentalización del conocimiento científico para una innovación rentable. No se trata simplemente de una cómoda interjección para la larga expresión ciencia y tecnología, sino de un cambio radical ocurrido durante la primera mitad del siglo XX:

(...) en la actividad científica, en la propia estructura de lo que hacen los científicos y los ingenieros, y se manifiesta en la investigación, el desarrollo y la innovación. Ya no sólo se trata de investigar, sino de generar desarrollos tecnológicos que deriven en innovaciones puestas en práctica en el mercado, en la empresa, en la sociedad. (Echeverría, 2005: 10);

Esta realidad no formaba parte de la agenda de los científicos de comienzos del siglo XX, pero es omnipresente en la de los científicos de finales del XX y comienzos del XXI. El autor enfatiza que, aunque se habla de *revolución tecno-científica*, la naturaleza de esta transformación no es epistémica, no es del conocimiento, es apenas el resultado de un cambio en la estructura de la práctica científica.

El camino que tomaría el desarrollo científico, ahora tecno-científico, estuvo condicionado por el desarrollo de la industria bélica, las telecomunicaciones, el modelo agroalimentario y otras innovaciones alcanzadas durante la Segunda Guerra Mundial, que hicieron pensar que podría conquistarse el universo sin consecuencias, como en 1945 lo prometió Vannevar Bush (2020) en su texto *Ciencia: la frontera sin fin*. La carrera espacial y armamentista que caracterizó a

la *Guerra Fría*, inaugurada con el lanzamiento de dos bombas nucleares sobre Japón, fue, según Echeverría, la más elocuente estampa de este proceso.

La relación entre la comunidad científica y la sociedad fue cambiando, desde una cierta dificultad para comprender los asuntos esotéricos, propios de la actividad científica tradicional, hacia un creciente prestigio social, dado el impacto de las innovaciones tecno-científicas en la vida de las personas. Sin embargo, no fue un cambio exento de desconfianza, ante sus derivaciones negativas, cada vez más evidentes, y que desembocaron en la crisis ambiental de finales de la década de 1960. Antes que se acuñara el término *ecología*, Marsh alertaba sobre la necesidad de “señalar los peligros de la imprudencia y la necesidad de precaución en todas las operaciones que, en gran escala, interfieren con los arreglos espontáneos del mundo orgánico o inorgánico” (Marsh, 1864: 3); pero –cien años más tarde– con el icónico libro *La primavera silenciosa* (Carson, 1962) se inauguraría definitivamente el debate público en torno al desarrollo y su impacto sobre los procesos biofísicos que sostienen la vida en el planeta.

La tecno-ciencia vendrá entonces a prometer la satisfacción de todas las necesidades y la solución a todos los problemas –incluidos aquellos originados por los propios avances científicos. Esta particular aproximación a la generación de conocimientos se consolidó, más tarde, en los Estados Unidos y en algunos países de Europa y Asia, impulsada por el proyecto de globalización neoliberal.

Ciencia Posacadémica

Primer párrafo después de subtítulo: Arial 12. Espacio y medio, 6 pto arriba del párrafo, justificado, sin sangría. John Ziman cuestiona la “leyenda” según la cual la ciencia supone que el conocimiento científico es el paradigma de la racionalidad y la objetividad. Por el contrario, afirma que:

la ciencia no es una forma privilegiada de entender las cosas, superior a todas las demás. No se basa en fundamentos anteriores o más profundos que cualquier otro modo de cognición humana. El conocimiento científico no es una metanarrativa universal a partir de la cual se pueda llegar a deducir una respuesta fiable a cualquier pregunta significativa sobre el mundo. (Ziman, 2000: 327)

Su extensa reflexión sobre la ciencia gira en torno a una simple pregunta:

Filósofos y científicos coinciden en que la identificación de un problema significativo, pero resoluble, es una etapa vital del proceso de investigación. La cuestión es: ¿quién plantea los problemas? La ciencia académica parte del supuesto de que los investigadores son libres -dentro de unos límites razonables- de fijar sus propios problemas. (Ziman, 1996: 73).

Este autor describe a la ciencia académica (*mertoniana*) operando con premisas *darwinistas*, donde los investigadores, lejos de tener que abocarse a problemas consensuados, acometen innumerables problemas en direcciones imprevistas y sus resultados se someten a rigurosas evaluaciones por pares –arbitrajes editoriales y consejos de clasificación–; solo una fracción de los resultados *sobreviven* –pequeña con relación al total. El proceso resulta de una enorme eficacia para producir conocimientos altamente precisos y confiables, pero es extraordinariamente derrochador en detalle, arrojando resultados muy lentamente y con escasa pertinencia a las necesidades vigentes. Ese proceso, ajeno a preconcepciones orientadoras y coordinación alguna –que Polanyi en 1962 elogiaba como la principal virtud de la *República de la Ciencia*–, supone el aporte de un universo muy exacto y diversificado en conocimientos, pero limitado, para responder a un entorno muy selectivo y concreto (*sensu* Darwin), resulta, además en una costosa dilatación frente a necesidades que pueden ser urgentes. En el contexto de una sociedad postindustrial, esta virtud de la ciencia académica se habría convertido en un obstáculo para un mundo globalizado, definido por la eficiencia y la rentabilidad, conduciendo hacia una práctica diferenciada, que Ziman denomina *ciencia posacadémica*.

En el *ethos* de la ciencia académica, la norma mertoniana del desinterés responde a la pretensión de objetividad y viceversa. Pero el desinterés no tiene lugar en el contexto de una investigación postindustrial, heredada de la revolución tecno-científica. Ziman afirma que “Ni siquiera la investigación básica tiene lugar en un vacío de poder. Tiene que ser apoyada financiera y administrativamente por organismos cuyos intereses van más allá de la mera producción de conocimientos” (Ziman, 1996: 79), para concluir más tarde que, en estos contextos “los científicos posacadémicos no tendrán ejemplos de comportamiento desinteresado que emular, ni normas formales de objetividad

que cumplir.” (Ziman, 2000: 204). Las preguntas y la calificación por pares forman parte de este proceso de tamizado.

Esta nueva práctica estaría llamada a mejorar los procesos tradicionales, procurando orientar la investigación en la dirección de problemas concretos, lo que presupone: desbordar las fronteras disciplinares; disminuir el *despilfarro* de recursos, tiempo y talento, incidiendo en el diseño y orientación de los esfuerzos; promover la *colectivización* en la selección de los problemas para poder acotar las infinitas opciones de los proyectos de investigación; asegurar un retorno más rápido de una inversión cada vez más costosa; promover políticas en ciencia y tecnología que respondan a la competencia por los recursos financieros; y que los contextos tiendan a parecerse más a una empresa tecno-científica que a un centro de investigación. Ziman sugiere que “Esto puede significar que la ciencia que se hace es ‘mejor’ y más ‘relevante’ que si se dejara enteramente en manos de los juicios idiosincráticos de los científicos individuales” (Ziman, 1996: 73).

Ciencia robusta

Si la *ciencia posacadémica* descrita por Ziman, en cierto modo, es una consecuencia *inevitable* de la revolución tecno-científica, la *ciencia robusta* emerge hacia finales del siglo XX en un contexto aún más extremo, el de la globalización neoliberal como su fuerza modeladora. Las ideas precursoras de este enfoque fueron presentadas por Gibbons y sus colaboradores en 1994 y reformuladas por Nowotny, Scott y Gibbons, planteando una tesis difícil de diferenciar de aquella. El viejo paradigma del descubrimiento científico (que denominan "Modo 1"; ciencia tradicional o normal), caracterizado por la hegemonía de la ciencia disciplinaria, con su fuerte sentido de jerarquía interna entre las disciplinas, e impulsado por la autonomía de los científicos y sus instituciones, estaba siendo reemplazado —aunque no sustituido— por un nuevo paradigma de producción de conocimiento ("Modo 2"), socialmente distribuido, orientado a la aplicación, transdisciplinario y sujeto a múltiples responsabilidades (Nowotny, Scott y Gibbons, 2003).

El abordaje multidisciplinario y de redes interinstitucionales sería facilitado por las tecnologías del conocimiento y la explosión de recursos informáticos, que caracterizaron este período. Pero quizá el rasgo más relevante sería que el

conocimiento ahora viene determinado por la premisa de *la aplicación*, e incluso más allá, de *lo social*. Esto representa una ruptura radical con la tradición académica, entre otras cosas con la autonomía en la elección de los problemas, algo que en realidad Ziman describe como un proceso ya en curso. “El ‘Modo 2’ se caracteriza por un alejamiento de la búsqueda de principios fundamentales, para avanzar hacia modos de investigación orientados a resultados contextualizados.” (Gibbons *et al.*, 1997: 33).

Los problemas, proyectos o programas son ahora focos temporales de atención, que se desarrollan más directamente en el campo de la aplicación o del uso. Esta forma desconcentrada y transitoria de producción de conocimiento conduce a resultados que son cada vez menos conceptuales y abstractos, y están cada vez más contextualizados, para responder a demandas económicas, políticas o sociales. La palabra *ciencia* va siendo sustituida por *investigación* (Cupani, 2012) y al criterio tradicional de la excelencia científica, ahora se anteponen los de eficiencia o utilidad: el éxito.

La ciencia se ha vuelto tan omnipresente, aparentemente tan central para la generación de riqueza y bienestar, que la producción de conocimiento se ha convertido (...) en una actividad social, altamente distribuida y radicalmente reflexiva. La ciencia ha tenido que asumir las consecuencias de su propio éxito, tanto por sus potencialidades como por sus limitaciones. (Nowotny, Scott y Gibbons, 2001: 1).

Para Nowotny y sus colaboradores, la principal consecuencia ha sido la polarización, entre quienes han abandonado toda epistemología para entregarse a una ciencia normada por la oferta y la demanda, donde la *pertinencia* de la investigación lo es todo, y aquellos replegados en defensa de las banderas tradicionales de la *estructura normativa de la ciencia mertoniana* y de los postulados de *La República de la Ciencia* de Polanyi. La ciencia robusta sería una tercera vía;

[con] una epistemología más matizada y sociológicamente más sensible, que incorpore las visiones individuales, sociales y culturales de la ciencia, así como el conjunto de sus conocimientos. En un entorno más amplio, en el que tendrá que trabajar la ciencia en el futuro, que hemos denominado el *ágora*, una ciencia inconexa y autoorganizada, que se esfuerce por descubrir reglas invariables y acumular conocimientos, tendrá que ser complementada, si no sustituida, por una

nueva visión de la ciencia, ricamente contextualizada, socialmente robusta y epistemológicamente ecléctica. (Nowotny, Scott y Gibbons, 2001: 198).

Lo que resulta claro en la tesis de la *ciencia robusta* es que la autoridad científica conserva el liderazgo en la conducción del proceso y que los fondos en disputa para la investigación adquieren un peso diferenciado en el *ágora*. Esto revela un claro sesgo, al privilegiar el rol de las fuerzas del mercado –y sus actores– en el *ágora* y atribuirles a estas la representación social a la hora de priorizar las *necesidades*.

Ciencia ciudadana y ciencia abierta

Otros dos *tipos* de *ciencia*, denominadas ciencia ciudadana y ciencia abierta, merecen ser mencionadas por su difusión reciente, pero están fuera de este contexto, por cuanto se trata de iniciativas que se mantienen al margen de una problematización epistémica de la ciencia normal –y las variantes que hemos referido–, y se limitan únicamente a adaptaciones instrumentales en el levantamiento de datos, en un caso, y en la difusión de las bases y resultados de la investigación, en el otro.

Crítica a la ciencia “moderna”

El núcleo conceptual de la crítica

Varios autores han desarrollado extensas críticas a la ciencia tradicional –normal– fundada en el presupuesto de la escisión artificial entre sociedad y naturaleza, señalando las consecuencias sociales y ambientales derivadas del conflicto que se produce en ese “territorio híbrido” (*sensu* Latour) que se crea a partir de una interacción inevitable entre ambos. Destacan, a los efectos de esta discusión, los trabajos de Fritjof Capra, Donna Haraway, Bruno Latour, Val Plumwood y de Silvio Funtowicz y Jerome Ravetz, cuyos planteamientos comienzan, casi de manera sincrónica, en las dos últimas décadas del siglo XX, sin duda marcados por los tiempos de la agudización de la crisis socio-ambiental, a la cual remiten todos de manera central.

Desde la década de 1980, Capra viene desarrollando su tesis de que los problemas críticos de “nuestro tiempo” –energía, medio ambiente, cambio climático, seguridad alimentaria– son sistémicos, están interconectados y son

interdependientes, por lo cual el paradigma mecanicista y reduccionista de la ciencia occidental necesita ser reemplazado por una visión sistémica y holística que integre saberes tradicionales y espirituales, porque la realidad no puede ser explicada mediante un modelo mecánico, sino de redes.

La gran revelación de la ciencia del siglo XX ha sido que los sistemas vivos no pueden entenderse mediante el análisis. Las propiedades de las partes no son intrínsecas, sino que solo pueden entenderse en el contexto del conjunto más amplio. En el enfoque sistémico, las propiedades de las partes solo pueden entenderse a partir de la organización del todo. (Capra, 2014: 120).

En su libro *Nunca fuimos modernos*, Latour reconoce que la escisión sociedad/naturaleza que propone la modernidad es irrealizable, al crear “dos zonas ontológicas por completo distintas, la de los humanos, por un lado, la de los no-humanos, por el otro” (Latour, 2007: 28). De la interacción entre estas dos surgen híbridos que no pertenecen ni a uno ni a la otra, una realidad que la modernidad debe negar, disfrazar o esconder, entre ellas la crisis ambiental, por ser la evidencia de la imposibilidad de su postulado fundante. Este mismo autor descarta la posibilidad del invento de nuestro mundo moderno, un mundo en donde la representación de las cosas por intermedio del *laboratorio* está dissociada para siempre de la representación de los ciudadanos regidos por un contrato social (Latour, 2007). Allí el nudo de la crisis entre el sujeto de derecho –moderno– y el objeto de la ciencia –la naturaleza– (Monterrosa, 2024). Lejos de reclamar la reunificación de estas dos fracciones de la realidad, tal como existe en otras culturas, a las que califica como “premodernas”, Latour propone una mediación para investigar, comprender y gestionar el territorio nebuloso donde se produce la crisis, la guerra contra la naturaleza, su sometimiento, proponiendo una simetría de necesidades y concesiones mutuas entre la sociedad y la naturaleza: una paz mediada por una de las partes. Si bien Latour reconoce que existen ontologías “premodernas” que no conciben el dualismo –categoría exclusivamente moderna–, sino un mundo de híbridos –naturales y sociales–, descarta como imposible el “retorno” a una ontología “premoderna”, razón por la cual no invoca una ontología unificada.

Compartiendo la crítica al dualismo, Donna Haraway presenta un enfoque notablemente diferente. Mientras Latour propone un pacto de coexistencia para construir redes, Haraway introduce un cuestionamiento radical, central para su tesis: la “política de conocimiento situado”, una teoría epistemológica que critica la pretensión de una ciencia neutral, objetiva y universal (Haraway, 1988, 1991). Afirma que todo conocimiento es parcial y que está inexorablemente condicionado por la posición social, histórica y corporal de quien lo produce –en especial alusión a su enfoque feminista. Revela esta condición insalvable cuando afirma que la verdadera objetividad no es alcanzable pretendiendo ignorar al sujeto y su subjetividad –una falsa neutralidad a la que se refiere como “la mirada de Dios” o “punto de vista del amo” –, una visión supuestamente neutral que históricamente ha correspondido a la del hombre blanco, occidental y propietario, que impone su percepción particular como una “verdad” absoluta y universal: “una verdad para todos” (Haraway, 1991: 15). Por ese motivo afirma que, únicamente admitiendo la subjetividad que emana de la posición específica desde la cual se produce el conocimiento es posible construir una visión responsable y crítica del mundo. Propone así la “objetividad encarnada” para dar lugar al “conocimiento situado”, que niega la posibilidad del conocimiento universal. Renunciar a la pretensión de una objetividad neutral sería la condición de posibilidad para una verdadera objetividad, una mayor precisión y verosimilitud –al reconocerse las condiciones de producción del saber– y una responsabilidad ética, que ya no puede permanecer oculta y evadida bajo el manto de la neutralidad.

Val Plumwood complementa este enfoque al revelar que el modelo dualista no solo es una escisión problemática en sí, sino que se manifiesta en la negación de una dependencia a un otro subordinado, una cierta lógica, donde la dominación/subordinación configuran la identidad de ambos y determina a su vez los términos de su relación. A pesar de existir una absoluta dependencia de la naturaleza, la niega sistemáticamente y la trata como un simple “recurso” sin valor intrínseco, se esgrime la independencia y superioridad frente a la naturaleza, y se ocultan los límites ecológicos bajo la ilusión del crecimiento infinito.

El dualismo no solo ha moldeado nuestra concepción de la identidad humana y la concepción de las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza, sino que también ha moldeado la concepción mecanicista occidental de la naturaleza. (...) El desarrollo del dualismo humano/naturaleza destruye, por así decirlo, las características que tienden puentes entre ambos extremos, y elimina la continuidad. (Plumwood, 1993, p. 104).

Ciencia para la complejidad y la incertidumbre

En 1993, Funtowicz y Ravetz presentan su polémica propuesta titulada *Ciencia para la era posnormal*, una era en que visualizan y califican a la CAP y los problemas de la equidad, como los más importantes que debe enfrentar la humanidad. Se trata de un contexto que emerge para responder a las principales consecuencias desencadenadas por la revolución tecno-científica, la *Gran Aceleración* y la consecuente irrupción del *Capitaloceno*. Su mayor aporte fue conducir las críticas conceptuales a una forma concreta de intentar perforar, en la praxis, la arbitraria frontera del dualismo y la neutralidad, pero yendo más allá, al abordar de manera muy enfática el problema de la complejidad y la incertidumbre en los sistemas autoorganizados, como son los sistemas ecológicos.

La propuesta responde a tres premisas: “Reconocer a los sistemas naturales reales, como complejos y dinámicos, implica moverse hacia una ciencia cuya base es 1) la impredecibilidad, 2) el control incompleto y 3) la pluralidad de perspectivas legítimas” (Funtowicz y Ravetz, 1993a: 23). Tres variables estarían limitando las posibilidades de abordar efectivamente la solución de problemas desde la ciencia tradicional: 1) el grado de incertidumbre implicado en el problema, 2) la magnitud del riesgo comprometido y 3) la inminencia del riesgo. Un enfoque con serias consecuencias epistemológicas.

Los autores describen el ámbito en el que la ciencia tradicional –normal– se desarrolla, donde lo relevante es la técnica: la incertidumbre se limita a la precisión instrumental y la adecuación metodológica; el riesgo es mínimo y el problema se circunscribe a un entorno de alta certidumbre. Aquí la competencia técnica es la clave del proceso, es instrumental, y la urgencia no forma parte del contexto de decisión.

En un segundo nivel de aproximación, donde las variables se tornan cada vez más numerosas y complejas, Funtowicz y Ravetz reconocen la *experticia profesional* como la estrategia que contribuye a superar las limitaciones que la práctica tradicional no puede afrontar: en la medida que los riesgos se incrementan y aumenta la incertidumbre, la competencia técnica entra en el ámbito de la experiencia, el análisis cuantitativo no es capaz de abarcar la complejidad –incertidumbre– y el riesgo impone celeridad a la decisión asociada al problema.

Finalmente, en contextos de muy alta incertidumbre, alto riesgo y creciente urgencia –emergencia–, los esquemas tradicionales de la ciencia se ven superados y no son capaces de ofrecer respuestas idóneas y oportunas. La inclusión de nuevos actores se torna ineludible, muchos de ellos sin vinculación formal con la ciencia, pero con cabal conocimiento del problema, sus orígenes y determinantes, así como de las alternativas factibles: “Las formas de conocimiento distintas de aquellas que se nutren en la civilización occidental moderna, también son relevantes para un diálogo exploratorio, tendiente a la resolución de problemas.” (Funtowicz y Ravetz, 1993b: 24).

De este modo, se desbordan los límites ontológicos del conocimiento científico, se desbordan las restricciones disciplinares de la ciencia normal, se reconoce el derecho de todos los afectados de participar en el abordaje del problema, y de manera explícita, se pone en entredicho la autoridad epistemológica de la ciencia sobre otros conocimientos; “El triunfo del método científico, que ha usufructuado el conocimiento técnicamente esotérico de sus expertos, ha llevado al dominio de la ciencia sobre otros modos de conocimiento... La experiencia del sentido común y las destrezas para hacer y vivir, han perdido su pretensión de realidad.” (Funtowicz y Ravetz, 1993b: 26).

Cuando otras ontologías no conciben a la naturaleza escindida del ser humano, sus contribuciones son radicalmente diferentes y en consecuencia altamente pertinentes a los problemas que se originan del conflicto que provoca el dualismo sociedad/naturaleza.

A partir de la propuesta de *ciencia posnormal* se establecen las bases de una *nueva metodología*, donde 1) la *calidad de la información* sea valorada en

términos de los diferentes tipos de incertidumbre del propio conocimiento y de los usos que se pretende dar a dicha información y 2) las *estrategias de resolución de problemas* sean conscientes de, y respondan en consecuencia a, las incertidumbres tanto cognoscitivas como éticas del problema en cuestión: “Cuando la ciencia se aplica a temas políticos, no puede proporcionar certeza en las recomendaciones públicas, y los valores en conflicto, en cualquier proceso de decisión, no pueden ser ignorados siquiera en la propia resolución de problemas.” (Funtowicz y Ravetz, 1993b: 24).

Para referirse a estos actores, hasta ahora omitidos, los denominarán *Comunidades de Pares Extendidas* (CPE).

Precisamente, se la ha denominado ciencia posnormal para indicar que “los ejercicios de resolución de problemas de la ciencia normal (en el sentido *kuhneano*), que fueron tan exitosamente extendidos desde el laboratorio hasta la conquista de la naturaleza, ya no son apropiados para la solución de nuestros problemas ambientales globales.” (Funtowicz y Ravetz, 1993b: 48).

La *ciencia posnormal* emerge cuando las incertidumbres son epistemológicas o éticas, y/o cuando las decisiones implican conflictos entre aquellos que arriesgan algo en la decisión, especialmente cuando los riesgos son graves y urgentes. Precisamente cuando se trata de una crisis. Cabe acotar que, desde que Funtowicz y Ravetz hiciesen sus primeros aportes en este sentido han transcurrido más de tres décadas. En este lapso de tiempo, tanto las tasas de acumulación de dióxido de carbono en la atmósfera como las trayectorias de cambio climático han tenido un comportamiento exponencial y, de manera concomitante, ha incrementado la incertidumbre asociada a las dinámicas de los ecosistemas, el clima y el funcionamiento integral de la biosfera (Folke *et al.*, 2021; Richardson *et al.*, 2023).

Como se ha señalado, las formulaciones de todos estos autores críticos de la modernidad y su patrón de conocimiento, apuntan de manera directa a sus contradicciones e imposibilidades epistemológicas, pero también a sus inconsistencias ontológicas, políticas y éticas. En lo epistemológico al pretender producir conocimiento válido, partiendo de la premisa de la neutralidad –ante una realidad que no es estrictamente natural o puramente social– y de universalidad

—que desconoce y niega la subjetividad que constituye a todo sujeto—; en lo ontológico al no otorgar realidad a los elementos híbridos naturaleza/sociedad, por no pertenecer a ninguna de estas dos realidades que son mutuamente excluyentes para el mundo moderno; en lo político, al confundir la experticia del sujeto con sus aptitudes, competencia o autoridad para definir los problemas y tomar decisiones, especialmente cuando hay valores comprometidos; y en lo ético, al desconocer su responsabilidad ante las entidades no-humanas que produce y los fenómenos que desencadena —materiales, tecnologías, organismos genéticamente modificados (OGM), calentamiento global, contaminación.

La propuesta de la ciencia posnormal tiene la virtud de proponer una praxis concreta, procurando abordajes metodológicos que trascienden a los planteamientos conceptuales de los críticos de la modernidad. Su propuesta es explícitamente una prescripción normativa para la actividad científica en condiciones posnormales. Abrazar esta aproximación en los espacios de “investigación normal”, podría abrir las puertas a una práctica científica más eficaz en sus propósitos, más responsable con sus desarrollos, más comprometida con la atención de las causas radicales de la CAP —no de sus síntomas—, y también más útil para enfrentar las consecuencias.

Hacia un conocimiento eficaz frente a la crisis ambiental planetaria

Funtowicz y Ravetz sostienen que, a la suposición universalmente extendida de que el experto científico es la autoridad al momento de la toma de decisiones, tanto en el campo natural como en el social, se contraponen el hecho de que los expertos, o al menos las bases de sus contextos disciplinares, están directamente involucradas con las causas de los problemas socio-ecológicos de la CAP. Dado que la metodología científica empleada para abordar problemas emergentes es la misma que ayudó a crearlos, con mucha frecuencia fracasa en sus intentos por mitigar los efectos no esperados, no deseados o subestimados, de sus propias innovaciones (Schipper, 2020). En el contexto actual, la experticia científica no es capaz por sí sola de resolver las crisis sociales y políticas que ha

provocado: “No solo hemos perdido control y predictibilidad; enfrentamos una incertidumbre radical e incluso ignorancia, así como incertidumbres de carácter ético que yacen en el corazón mismo de los problemas de política científica.” (Funtowicz y Ravetz, 1993b: 29).

A diferencia de la ciencia normal, de la tecno-ciencia, de la ciencia posacadémica y de la ciencia robusta, que responden a una necesidad “adaptativa” de la comunidad científica, su institucionalidad y sus instituciones, frente a una sociedad de consumo, la ciencia posnormal emerge de una reflexión crítica en torno a los problemas socio-ecológicos que ya comenzaban a hacerse evidentes en las últimas décadas del siglo XX, globales en su escala geográfica, extensos en su escala temporal, alarmantes y urgentes por su magnitud, radicalmente diferentes de los abarcables problemas científicos convencionales. De allí que la ciencia posnormal procure dar respuesta a las limitaciones de un patrón de conocimiento concebido para la productividad y, por lo tanto, inhabilitado para comprender e intervenir sobre sistemas no lineales, autoregulados, altamente complejos e incluso caóticos. Dada la imposibilidad de la ciencia normal de trascender los límites de su propio determinismo e instrumentalidad, las consecuencias desbordan más allá de las fronteras artificiales que ha creado para delimitar su campo de investigación, conduciendo a la crisis civilizatoria actual.

Por lo general, la ciencia en condiciones de *normalidad* se acota al ámbito específico de su disciplina, enfocada a los asuntos que emanan de su propia motivación, curiosidad, interés o preocupación, mientras que un abordaje posnormal responde a un problema práctico, relevante, socialmente apremiante, donde la transdisciplinariedad resulta imprescindible, pero también insuficiente (Funtowicz y Ravetz, 1994).

Ziman afirma que, quitarles a los científicos el monopolio en la decisión de los problemas a ser abordados, permite avanzar hacia una “ciencia más relevante”, pero a su vez, pone en evidencia que los actores financieros empezaban a intervenir activamente en la priorización de la “relevancia”, bajo el supuesto de que el mecanismo de la oferta y la demanda sería suficiente para revelar lo *socialmente relevante*. Cabe preguntarse, entonces, si la relevancia

responde a necesidades sociales o a intereses económicos particulares. Aun cuando el campo de investigación se circunscriba a temas de salud, alimentación u otros socialmente centrales, sus enfoques, ahora influidos por el financiamiento, pueden fácilmente derivar a un interés rentable más que a una urgencia social; de hecho, esta es la crítica a la gran fuerza financiera condicionante, ejercida desde los conglomerados corporativos de la energía, la salud o la alimentación, entre otros. Es, ante este dilema, que Ziman se pregunta: ¿quién debe formular las preguntas?

La propuesta de ciencia robusta de Gibbons, resemantizada por Nowotny y colaboradores, propone institucionalizar lo que Ziman describe como un hecho dado: podría sintetizarse en el reconocimiento que hace de la necesidad de ampliar el espacio de consenso, sobre los asuntos que deben tomar la atención de la actividad científica: el *ágora*. Sin embargo, recibe fundadas críticas en el sentido de que ese nuevo *consenso social*, según los proponentes, debería estar intermediado por los actores de relevancia económica, por cuanto son los que en definitiva aportan los recursos a la investigación en el mundo global. Se trata de implantar el espíritu –o *ethos*– empresarial, en la procura de que los resultados científicos se conviertan en innovaciones pertinentes para su inserción en los mercados y, en consecuencia, una oferta pertinente a la demanda. Se trataría de una respuesta funcional a la premisa neoliberal de que todo es sujeto a mercantilización, donde la *ética* de los servicios públicos –como la salud, la educación, la alimentación, o la gestión del conocimiento, entre otros– es transformada en negocios, gracias a un Estado devenido en simple mediador, entre la sociedad y el mercado. Un Estado mínimo frente a un mercado omnipotente.

A diferencia de la ciencia robusta, que apenas propone que los actores sociales mediados por el mercado, participen en la escogencia de los asuntos a ser investigados por los científicos, la ciencia posnormal propone ampliar la base social, no para simplemente multiplicar la mano de obra (*sensu* ciencia ciudadana) o para solo reducir la incertidumbre, sino para poner en entredicho la hegemonía de la autoridad epistemológica de la ciencia sobre el conocimiento, en el entendido de que ese nuevo actor social, involucrado, puede tener un

conocimiento más fundado que aquel del científico ajeno al contexto. Sin embargo, es necesario admitir que los cambios climáticos acelerados y los consecuentes cambios socio-naturales que estos producen, pueden descontextualizar o conducir a la obsolescencia de los conocimientos y prácticas explícitas tradicionales, que ayudan a las personas a interpretar la realidad, de acuerdo con sus percepciones climáticas históricas, aprendidas y heredadas (Meisch *et al.*, 2022).

La ciencia normal y sus variantes ofrecen respuestas objetivas y certeras, pero los problemas acuciantes, complejos, graves y urgentes, como la CAP, no pueden ser acometidos con objetividad, porque los valores implicados impiden abstraerse de su gravedad y su inminencia, y menos aún con certidumbre, ante la imposibilidad concreta de abarcar, cuantitativa y exactamente, la enorme complejidad de los sistemas implicados; a medida que la incertidumbre aumenta, aumenta la imprecisión:

El mito de la exactitud ilimitada en las ciencias cuantitativas tiene muchos usos, principalmente para mantener la plausibilidad de proyectos que han perdido casi todo o todo contacto con la realidad (...) Con la proliferación de "modelos" de todo tipo en las ciencias naturales y sociales, debemos reconocer un nuevo tipo de pseudociencia, que podemos llamar GIGO (Garbage In, Garbage Out). Se puede definir como una ciencia en la que las incertidumbres en los datos de entrada deben suprimirse, para que los resultados no se vuelvan indeterminados. Cualquiera cuyo trabajo haya sufrido por depender de información cuantitativa de baja calidad, tendrá una idea de cuánto daño puede causar, y una idea de cuán extendida está esta forma particular de incompetencia en nuestra sociedad. (Ravetz y Funtowicz, 2002).

Es decir,

(...) los sistemas de retroalimentación no lineales y autoorganizados son inherentemente impredecibles. No son controlables. Son comprensibles solo en la forma más general. El objetivo de prever exactamente el futuro y prepararse perfectamente para él es irrealizable. (...) Nunca podremos entender completamente nuestro mundo, no en la forma como nuestra ciencia reduccionista nos ha hecho creer. (Meadows, 2009: 168).

La idea contraintuitiva que desarrollan los proponentes de la ciencia posnormal parte del hecho de que "la incertidumbre no puede desaparecer de la ciencia y por ello, la buena calidad de la información depende del buen manejo de las

incertidumbres científicas” (Funtowicz y Ravetz, 1993b: 25). Ante la imposibilidad manifiesta de alcanzar la exactitud que la ciencia normal exige, para poder dar respuestas a las principales preocupaciones de la sociedad, es imprescindible ponderar la incertidumbre como un enfoque capaz de iluminar, mucho más, ese oscuro territorio que amenaza la permanencia de la vida humana. Consciente de esta limitación insalvable, Meskens (2024) afirma que, en tales contextos, la ciencia no podrá aportar pruebas irrefutables, sino hipótesis razonables.

Los tiempos posnormales están signados por niveles de incertidumbre que condicionan las decisiones y aumentan los riesgos para los individuos, la sociedad y el planeta; a su vez reclaman desechar las ideas de “control y gestión” y problematizar críticamente las nociones de progreso, modernización y eficiencia. (Sardar, 2020, p. 1).

Funtowicz y Ravetz (1993b) sostienen que, la realidad se ha encargado de que las dimensiones sociales de la ciencia hayan ido quitándole a los científicos el carácter de expertos exclusivos; ya fuera del laboratorio son ciudadanos que, como cualquier otro, pueden aportar su conocimiento especializado, pero frente a la complejidad de los problemas ambientales globales, ya no ejercen una autoridad dominante sobre otros conocimientos involucrados, que pueden aportar enfoques complementarios, igualmente legítimos y necesarios.

Meisch expone con gran claridad la ética implícita en la ciencia posnormal, cuando afirma que:

el conocimiento producido en comunidades de pares extendidas (CPE) es epistemológicamente mejor y más justo. La ciencia posnormal introdujo las CPE para operacionalizar un conocimiento de mejor calidad para la toma de decisiones, en condiciones en las que los hechos son inciertos, los valores están en disputa, hay mucho en juego y las decisiones son urgentes. En tales contextos, las formas tradicionales de garantía de calidad en la ciencia están destinadas a fallar e incluso corren el riesgo de convertirse en una fuente de daño para las personas, su entorno social y natural. En consecuencia, la comunidad de pares, que evalúa la calidad del conocimiento, debe ampliarse para incluir una pluralidad de perspectivas y comunidades epistémicas. (Meisch, 2024: 1).

Comentario final

La CAP es, posiblemente, el acontecimiento disruptivo que, por su urgencia, complejidad, gravedad y globalidad, obligue al surgimiento de una nueva epistemología de la ciencia, capaz de dar frente al más grave desafío que deba enfrentar la especie humana. Se trata de avanzar en un pensamiento crítico sobre los resultados de más de quinientos años de razón moderna, núcleo ontológico de esta crisis. El carácter determinista, tecnológico, lineal y fragmentado de la racionalidad instrumental –como manifestación hegemónica de la ciencia en la actualidad– tiene sus fundamentos en un patrón de conocimiento esencialmente jerárquico, dominador y totalizante. Como plantea el pensador Franz Hinkelammert, este relacionamiento irracional entre los seres humanos y la naturaleza ha determinado la disrupción de los procesos biofísicos del planeta, en un breve período de tiempo. Por tanto, la ciencia constituye un elemento esencial para comprender la aparición de la CAP como fenómeno epocal y cultural, con incidencia global. Trascender este patrón de conocimiento lleva consigo el reconocimiento de sus elementos epistemológicos y ontológicos esenciales, de lo contrario mantendrá la impronta de continuar reproduciendo las condiciones que han determinado la presente crisis ecológica.

A pesar de lo anteriormente expuesto, la preeminencia del conocimiento científico en Occidente, y en las sociedades occidentalizadas, se manifiesta en la toma de decisiones públicas, las cuales descansan en su autoridad legitimadora, percibida como incuestionable. Aunque los debates académicos reflejan un creciente escepticismo hacia las instituciones científicas y sus representantes, cuestionando su dogmatismo, su fundamento materialista, su estatus de autoridad fundada en la neutralidad, la objetividad y en su superioridad epistemológica sobre otras formas de conocimiento (Harambam y Aupers, 2021), también admiten que la confianza pública en los métodos científicos se mantiene firme, no así en sus instituciones (Achterberg, de Koster y van der Waal, 2014). El reconocimiento de una adhesión de la ciudadanía al valor del conocimiento científico para el progreso económico y la calidad de vida (Miller, 2004) y una clara dependencia cada vez mayor de las instituciones

modernas para legitimar sus actuaciones, ratifican la vigencia de la autoridad cultural de la ciencia (King y Short, 2017).

Progresivamente, el tiempo y la realidad se han encargado de poner en duda este rol que ha venido cumpliendo la academia en el mundo moderno: “estamos en el fin de un ciclo de hegemonía de un cierto orden científico” (Santos, 2009: 20). Pocas disciplinas, como la ecología y la economía, principales implicadas directamente en la CAP, se desarrollan en mayores niveles de incertidumbre, por su íntima relación con los procesos que determinan las dinámicas de la vida en el planeta. A pesar de las múltiples evidencias, las nociones de progreso, desarrollo y crecimiento aún sirven de sustento cultural para la extracción de infinitas cantidades de energía y materia –en forma de capital– del finito sistema Tierra; la sola promesa de un desarrollo tecnológico futuro, que asegura resolver sus desvíos o daños colaterales, permite mantener un rumbo firme hacia el irrealizable desafío del crecimiento infinito.

La propuesta de la ciencia posnormal es sugerida como una aproximación que, aunque no establece una crítica radical al patrón científico hegemónico, incorpora la complejidad e incertidumbre propias del momento histórico, que abren una brecha para la búsqueda de alternativas que amerita trascender la CAP. Como vemos, existen suficientes fuentes de reflexión en el propio campo de la ciencia, además de enormes reservas culturales custodiadas por diversos pueblos originarios en todo el mundo, y remanentes tradicionales que aún resisten, arraigados en los pueblos sometidos a una permanente colonización moderna global, para poder descifrar el laberinto de esta crisis civilizatoria. Por este motivo, se vuelve impostergable generar mecanismos, espacios o canales para que, desde la ciencia normal imperante, se establezcan diálogos, amplios, masivos y democráticos, admitiendo sus limitaciones inherentes y reconociendo la riqueza de racionalidades alternativas, que emergen como posibilidades ciertas para sortear la crisis ecológica, que es también humanitaria.

Referencias bibliográficas

- Abo-Rass, F. y J. B. Bump (2025), "The discriminatory politics of knowledge production", *Globalization and Health*, 21, 72. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12992-025-01173-w>
- Achterberg, P., W. de Koster y J. van der Waal (2017), "A science confidence gap: Education, trust in scientific methods, and trust in scientific institutions in the United States, 2014", *Public Understanding of Science*, 26, (6), pp. 704-720. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963662515617367>
- Albornoz, M. (2003), "Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 1, (1), pp. 225-230. DOI: <https://doi.org/10.2307/3089636>
- Baum, S. D. (2024), Climate change, uncertainty, and global catastrophic risk. *Futures*, 162, 103432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2024.103432>
- Bautista, J. J. (2014), *¿Qué significa pensar desde América Latina?*, Madrid, Ediciones Akal.
- British Petroleum. (2024), *BP Energy Outlook: 2024 edition*, Londres, BP p.l.c. <https://www.bp.com/api/files/6cqieughq4no/master/2fYd97b7pvkNcGjkwE/Vbp3/83eeae5fc1a15c17bc47af9cb6ac7cb1/bp-energy-outlook-2024.pdf>
- Bunge, M. (1995), *La ciencia, su método y su filosofía*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana.
- Bush, V. (2020 [1945]), *The Endless Frontier: The Next 75 Years in Science*, Washington DC, The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25990>
- Capra, F. (1985), *El punto crucial. Ciencia, sociedad y cultura naciente*, Barcelona, Integral.
- Capra, F. y P. L. Luisi (2014), *The Systems View of Life. A Unifying Vision*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Carson, R. (1962), *Silent Spring*, Boston, Houghton Mifflin.

- Crutzen, P. y E. Stoermer (2000), "The Anthropocene", *Global Change Newsletter*, 41, pp. 17-18.
- Cupani, A. (2012), "Ciencia socialmente robusta: algunas reflexiones epistemológicas", *Principia: An International Journal of Epistemology*, 16, (2), pp. 319-340. DOI: <https://doi.org/10.5007/1808-1711.2012v16n2p319>
- Dussel, E. (2012), *Hipótesis para el estudio de Latinoamérica en la historia universal*, Buenos Aires, Editorial Docencia.
- Echeverría, E. J. (2003), *La revolución tecnocientífica*, Madrid, Fondo de Cultura Económica.
- Echeverría, E. J. (2005), "La revolución tecnocientífica", *CONfines de Relaciones Internacionales y Ciencia Política*, 1, (2), pp. 9-15.
- Einstein, A. (1949), "Why socialism?", *Monthly Review*, 1(1), pp. 9-15.
- Fanning, A. L. et al. (2022), "The social shortfall and ecological overshoot of nations", *Nature Sustainability*, 5, (1), pp. 26-36. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00799-z>
- Folke, C. et al. (2021), "Our future in the Anthropocene biosphere", *Ambio*, 50, pp. 834-869. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8>
- Funtowicz, S. O. y J. R. Ravetz (1993a), "Science for the post-normal age". *Futures*, 25, (7), pp. 739-755. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L)
- Funtowicz, S. O. y J. R. Ravetz (1993b), *La ciencia posnormal: ciencia con la gente*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.
- Funtowicz, S. O. y J. R. Ravetz (1994), "Uncertainty, complexity and post-normal science", *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13, (12), pp. 1881-1885. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.5620131203>
- Gibbons, M. et al. (1997), *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Barcelona, Ediciones Pomares-Corredor.

- Godfrey-Smith, P. (2003), *Theory and reality: an introduction to the philosophy of science*, Chicago, University of Chicago Press.
- Gowdy, J. (2020), "Our hunter-gatherer future: Climate change, agriculture and uncivilization", *Futures*, 115, 102488. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2019.102488>
- Harambam, J. y S. Aupers (2015), "Contesting epistemic authority: Conspiracy theories on the boundaries of science", *Public Understanding of Science*, 24, (4), pp. 466-480. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963662514559891>
- Haraway, D. (1988), "Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective", *Feminist Studies*, 14, (3), pp. 575-599.
- Haraway, D. (1991), *Simians, Cyborgs and Women: The Reinvention of Nature*, Nueva York, Routledge.
- Herrera, F. F., D. Lew y E. Peña (2018), "La Ecología académica en América Latina ante la crisis ambiental. I. Elementos históricos constitutivos de su posicionamiento actual", *Interciencia*, 43, (11), pp. 799-807.
- Herrera, F. F., D. Lew y E. Peña (2019), "Ecología académica en América Latina vista desde la crisis ambiental. II. Aportes y alternativas desde el Sur global", *Interciencia*, 44, (1), pp. 48-55.
- Hibbard, K. A. et al. (2007), "Decadal interactions of humans and the environment", en Costanza, R., L. Graumlich y W. Steffen (eds.), *Integrated History and Future of People on Earth. Dahlem Workshop Report 96*, Cambridge, The MIT Press, pp. 341-375.
- Hinkelammert, F. (s. / f.), *Raíces del pensamiento crítico*, Antiguo Cuscatlán, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Horkheimer, M. (2004), *Eclipse of Reason*, Londres, Continuum.
- Hund, K. L. et al. (2020), *Minerals for climate action: The mineral intensity of the clean energy transition. International Bank for Reconstruction and Development (English)*, Washington DC, World Bank Group. <https://documents.worldbank.org/curated/en/099052423172525564>

- International Energy Agency – IEA (2010), *World Energy Outlook 2010*, Paris, OECD/IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2010>
- Jonas, H. (2004), *El principio de responsabilidad: ensayo de una ética para la responsabilidad tecnológica*, Barcelona, Editorial Herder.
- Jorgenson, D. W., K. Fukao y M. P. Timmer (eds.) (2016), *The world economy: growth or stagnation?*, Cambridge, Cambridge University Press.
- King, B. y M. Short (2017), “Science: How the Status Quo Harms its Cultural Authority”. *Bioessays*, 39, (12). DOI: <https://doi.org/10.1002/bies.201700154>
- Kuhn, T. (1971 [1962]), *La estructura de las revoluciones científicas*, México D.F., Fondo de Cultura Económica.
- Lander, E. (1992), *Los límites de la democracia en la sociedad tecnológica. La ciencia y la tecnología como asuntos políticos*, Caracas, Editorial Nueva Sociedad.
- Lander, E. (2005), *La ciencia neoliberal*. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 11, (2), pp. 35-69.
- Latour, B. (2007), *Nunca fuimos modernos, Ensayo de antropología simétrica*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.
- Lawrence, M. et al. (2024), “Global polycrisis: the causal mechanisms of crisis entanglement”, *Global Sustainability*, 7, e6:1–16. DOI: <https://doi.org/10.1017/sus.2024.1>
- Leff, E. (2004), *Racionalidad ambiental. La reapropiación social de la naturaleza*, México D. F., Siglo XXI.
- Lew, D. (2021), “Un espejismo llamado ‘desarrollo sustentable’”, en Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología (ed.), *Ciencia, innovación y la Venezuela productiva: hacia una economía propia que respete la vida*, (Colección Ciencia para la Comuna), Caracas, Ediciones Mincyt, pp. 47-79.
- Marsh, G. P. (1864), *Man and nature; or, Physical geography as modified by human action*, Nueva York, Scribner.

- Meadows, D. H. (2009), "Living in a World of Systems", en Wright, D. (ed.), *Thinking in Systems - A Primer*, London, Earthscan, pp. 166-185.
- Meisch, S. P. et al. (2022), "Extended Peer Communities: Appraising the contributions of tacit knowledges in climate change decision-making", *Futures*, 135, 102868. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2021.102868>
- Meisch, S. P. (2024), "Extended peer communities: Creating good and fair knowledges", *Futures*, 163, 103455. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2024.103455>
- Meskens, G. (2024), "The ethical motivation for post-normal science", *Futures*, 163, 103457. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2024.103457>
- Merton, R. K. (1973 [1942]), "The normative structure of the science", en Merton, R. K. (ed.), *The Sociology of Science - Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 267-278.
- Miller, J. D. (2004), "Public understanding of, and attitudes toward, scientific research: What we know and what we need to know", *Public Understanding of Science*, 13 (3), pp. 273-294. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963662504044908>
- Monterrosa, L. A. (2024), "Bruno Latour, la modernidad y las ciencias: ¿dónde aterrizar?", *Realidad: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 163, pp. 106-124. DOI: <https://doi.org/10.51378/realidad.v1i163.8181>
- Moore, J. W. (2015), *Capitalism in the Web of Life: Ecology and the Accumulation of Capital*, Londres, Verso Books.
- Moore, J. W. (2016), "Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism", *Sociology Faculty Scholarship* 1, Binghamton, SUNY. https://orb.binghamton.edu/sociology_fac/1
- Mora, J. H. (2023), "Racionalidad y ética en Franz Hinkelammert: La crítica hinkelammertiana a la teoría ortodoxa de la acción racional", *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, 62, (162), pp. 131-142. DOI: <https://doi.org/10.15517/revfil.2023.53477>

- Nørgaard, R. B. (1994), *Development betrayed: The end of progress and a coevolutionary revisioning of the future*, Londres, Routledge.
- Nowotny, H., P. Scott y M. Gibbons (2001), *Re-thinking science. Knowledge and the public in an age of uncertainty*, Cambridge, Polity Press.
- Nowotny, H., P. Scott y M. Gibbons (2003), "'Mode 2' Revisited: The New Production of Knowledge", *Minerva*, Special Issue, 41, (3), pp. 179-194. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1025505528250>
- Önder, A. S., S. V. Popov y S. Schweitzer (2025), "Leadership in Scholarship: Editors' Appointments and Scientific Narrative", *Scottish Journal of Political Economics*, 72, e12413. DOI: <https://doi.org/10.1111/sjpe.12413>
- O'Neill, D. W. et al. (2018), "A good life for all within planetary boundaries", *Nature Sustainability*, 1, pp. 88-95. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>
- Patel, R. y J. W. Moore (2017), *A history of the world in seven cheap things*, Berkeley, University of California Press.
- Plumwood, V. (1993), *Feminism and the Mastery of Nature*, Nueva York, Routledge.
- Polanyi, M. (1962), "The Republic of Science: its Political and Economic Theory", *Minerva*, 1, pp. 54-73. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01101453>
- Price, D. J. de Solla (1968), *Little science, big science... and beyond*, Nueva York, Columbia University Press.
- Ravetz, J. R. y S. O. Funtowicz (2002), *NUSAP – The Management of Uncertainty and Quality in Quantitative Information*, NUSAP. <https://www.nusap.net/sections.php?op=viewarticle&artid=14>
- Richardson, K. et al. (2023), "Earth beyond six of nine planetary boundaries", *Science advances*, 9, (37), pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Ripple, W. J. et al. (2024), "The 2024 state of the climate report: Perilous times on planet Earth", *BioScience*, 74, (12), pp. 812-824. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/biae087>

- Rockström, J. *et al.* (2009), "A safe operating space for humanity", *Nature*, 461, (24), pp. 472-475. DOI: <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Sagasti, F. (2000), "The twilight of the Baconian age and the future of humanity", *Futures*, 32, (6), pp. 595-602. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(00\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(00)00010-0)
- Sakschewski, B. *et al.* (2025), *Planetary Health Check 2025: A Scientific Assessment of the State of the Planet*, Potsdam, Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). DOI: <https://doi.org/10.48485/pik.2025.017>
- Salmon, J. (2021), "The impact of public debt on economic growth", *Cato Journal*, 41, (3), pp. 487-509. DOI: <https://doi.org/10.36009/CJ.41.3.2>
- Santos B. de S. (2009), *Una epistemología del sur: la reinención del conocimiento y la emancipación social*. México D. F., Siglo XXI / CLACSO.
- Sardar, Z. (2010), "Welcome to postnormal times", *Futures*, 42, (5), pp. 435-444. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.028>
- Schipper, E. L. F. (2020), "Maladaptation: When adaptation to climate change goes very wrong", *One Earth*, 3, (4), pp. 409-414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.014>
- Schlesier, H., M. Schäfer y H. Desing (2024), "Measuring the Doughnut: A good life for all is possible within planetary boundaries", *Journal of Cleaner Production*, 448, 141447. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141447>
- Steel, D. *et al.* (2024), "A forward-looking approach to climate change and the risk of societal collapse", *Futures*, 158, 103361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2024.103361>
- Steffen, W. *et al.* (2011), "The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship", *AMBIO*, 40, pp. 739-761. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0185-x>
- Steffen, W. *et al.* (2015a), "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", *Science*, 347, 6226. DOI: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>

- Steffen, W. *et al.* (2015b), "The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration", *The Anthropocene Review*, 2, (1), pp. 81-98. DOI: <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Tainter, J. (1988), *The Collapse of Complex Societies*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Tainter, J. (1995), "Sustainability of complex societies", *Futures*, 27, (4), pp. 397-407. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(95\)00016-P](https://doi.org/10.1016/0016-3287(95)00016-P)
- Tainter, J. (1996), "Complexity, problem solving, and sustainable societies", en Costanza, R., O. Segura y J. Martínez Alier (eds.), *Getting down to earth: Practical Applications of Ecological Economics*, Washington DC, Island Press, pp. 61-76.
- Tainter, J. (2006), "Social complexity and sustainability", *Ecological Complexity*, 3, (2), pp. 91-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2005.07.004>
- Vessuri, H. (1996), "¿Estilos nacionales de antropología?: Reflexiones a partir de la sociología de la ciencia", *Maguare*, (11-12), pp. 58-73.
- Wallerstein, I. (1988), *El capitalismo histórico*, México D. F., Siglo XXI.
- World Wildlife Fund for Nature – WWF (2012), *Living Planet Report 2012*, Gland, WWF International. <https://www.worldwildlife.org/publications/living-planet-report-2012-biodiversity-biocapacity-and-better-choices>
- Ziman J. (1996), "Post-academic science': constructing knowledge with networks and norms", *Science & Technology Studies*, 9, (1), pp. 67-80. DOI: <https://doi.org/10.23987/sts.55095>
- Ziman J. (2000), *Real Science. What it is, and what it means*, Cambridge, Cambridge University Press.

Agradecimiento

Los autores hacen un especial reconocimiento a los debates establecidos en las sucesivas cohortes del taller “Qué significa pensar la ciencia desde América Latina”, basado en la obra del filósofo Juan José Bautista “Qué significa pensar desde América Latina”. De igual forma agradecemos los aportes y comentarios de los árbitros que permitieron mejorar una versión preliminar de este texto.