

# La crisis ecosocial bajo la perspectiva de la economía ecológica

Karina Forcinito  
Guillermo Peinado  
Pablo Varela

DOCUMENTO FARN  
DICIEMBRE 2024

  
F A R N  
FUNDACIÓN AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES

## Sobre el equipo autoral

### **KARINA FORCINITO**

Doctora en Economía por la Universidad Nacional de Rosario (UNR), magíster en Sociología y Política (FLACSO-Argentina) y licenciada en Economía por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Investigadora de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS). Miembro de la Asociación Argentino-Uruguaya de Economía Ecológica (ASAUEE).

### **GUILLEMO PEINADO**

Doctor en Economía (FLACSO-Argentina) y magíster en Economía Política (FLACSO-Argentina), y licenciado en Economía por la Universidad Nacional de Rosario (UNR). Investigador-docente de la UNR y la Universidad Nacional de San Martín. Presidente de la Asociación Argentino-Uruguaya de Economía Ecológica (ASAUEE).

### **PABLO VARELA**

Licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Buenos Aires (UBA). Consultor en I+D para empresas de diversos sectores de la cadena agropecuaria. Miembro de la Asociación Argentino-Uruguaya de Economía Ecológica (ASAUEE).

Las opiniones expresadas en este informe son de exclusiva responsabilidad de quienes escriben y no necesariamente coinciden con las de FARN.

FARN adopta la perspectiva de género en todos los aspectos de su trabajo. En ese sentido, en todas sus publicaciones se respetan la utilización del lenguaje inclusivo y las diversas formas de expresión que cada persona ha elegido para su colaboración.

Publicado en diciembre de 2024, Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN).

Para citar este trabajo: Forcinito, K.; Peinado, G. y Varela, P. (2024). La crisis ecosocial bajo la perspectiva de la economía ecológica. Buenos Aires, Fundación Ambiente y Recursos Naturales.

# Contenido

04 Prólogo

---

05 Introducción

---

06 La perspectiva de la economía ecológica ante la crisis ecosocial

06 Del mundo vacío al mundo lleno

08 La economía ecológica como marco teórico de análisis

10 ¿Qué implica conceptualizar la economía como un subsistema?

11 ¿Qué implica conceptualizar la economía como un subsistema y que este sea abierto?

13 ¿Qué implica que la economía ecológica jerarquice el carácter desigual de la economía y de sus impactos socioambientales?

16 Indicadores de la economía ecológica

19 Las fronteras planetarias como criterio de sustentabilidad

22 El principio precautorio y la anticipación responsable

25 Justicia socioambiental

25 Justicia distributiva socioambiental internacional

26 Justicia distributiva socioambiental intrageneracional e intergeneracional

---

26 Palabras finales

---

27 Bibliografía

## Prólogo

En un contexto global marcado por crisis ambientales y crecientes desigualdades socioeconómicas, se hace urgente repensar nuestras bases teóricas y nuestras prácticas económicas. Durante décadas, la economía ortodoxa ha dominado el pensamiento y la implementación de políticas económicas a nivel global. Este enfoque, centrado en el crecimiento económico y la eficiencia del mercado, ha demostrado ser insostenible al ignorar los límites biofísicos del planeta y externalizar los costos ambientales y sociales. Así, ha perpetuado un modelo de desarrollo que sobreexplota la naturaleza, degrada los ecosistemas y profundiza las desigualdades, especialmente en el Sur Global.

Desde la perspectiva de la economía ecológica se plantea un enfoque radicalmente diferente. Esta transdisciplina integra la economía y la ecología, proponiendo un marco epistémico que reconoce la interdependencia entre sistemas naturales y humanos. De esta manera, desafía la noción tradicional de que la economía y el ambiente son entidades separadas y, en esa relación, la segunda está subordinada a la primera. Mientras que la economía convencional tiende a tratar al ambiente como una mercancía, un recurso a ser explotado dentro de un sistema económico cerrado, la economía ecológica reconoce un valor intrínseco en la naturaleza que no puede ser completamente valorado en términos monetarios, al mismo tiempo que contempla a la economía como un subsistema abierto dentro del ecosistema global. Este enfoque reconfigura nuestra comprensión del desarrollo, estableciendo límites éticos y biofísicos para el crecimiento económico. En este sentido, la economía ecológica nos invita a repensar los límites y las posibilidades de sostenibilidad de nuestro mundo.

Desde FARN queremos realizar un aporte para darle visibilidad a otra manera de comprender la economía, la cual permita llegar a una forma distinta de relacionarse con el entorno, alcanzar propuestas de políticas públicas diferentes y establecer modelos productivos sostenibles a largo plazo –considerando la justicia ambiental e intergeneracional– para afrontar los desafíos actuales y venideros en términos socioambientales y económicos.

Esta es la razón por la cual se encargó la presente investigación a Karina Forcinito, Guillermo Peinado y Pablo Varela, especialistas en la temática, con el objetivo de dejar planteadas las bases de la economía ecológica y poder abordar el caso de las deudas externa y ecológica de la Argentina en un segundo documento bajo este marco teórico.

*Área de Investigación de la Fundación Ambiente y Recursos Naturales.  
Diciembre de 2024.*

## Introducción

El propósito del documento es indagar con profundidad teórica y fundamento empírico, desde el marco conceptual de la economía ecológica, en la crisis ecosocial que estamos enfrentando. A su vez, el documento constituye el punto de partida para aportar a la comprensión del problema de la deuda/acreencia ecológica de los países periféricos en relación con los centrales, con énfasis en el caso argentino<sup>1</sup>.

Para ello, se comienza con una presentación conceptual orientada a caracterizar la crisis ecosocial actual sobre la base de la evolución de indicadores biofísicos asociados a la presión ambiental de la actividad humana sobre el sistema Tierra, en una perspectiva de largo plazo<sup>2</sup>. También se desarrollan, en el primer apartado, algunas de las representaciones sociales gestadas por la actual civilización humana a partir de la expansión capitalista proveniente de Europa occidental, que resultaron funcionales a la sobreexplotación de la naturaleza hasta los límites actuales.

Se aborda la economía ecológica como campo transdisciplinar, que surge como crítica a la perspectiva de la economía ambiental de raigambre neoclásica, que sustenta en la actualidad los diagnósticos y políticas de la ortodoxia y de la heterodoxia.

Luego se exponen algunos indicadores biofísicos de la economía ecológica, de modo complementario, los cuales se desarrollan con mayor detalle para el caso argentino. Tras ello, se presenta el modelo de las fronteras planetarias como criterio de sustentabilidad compatible con la perspectiva de la economía ecológica. También se tratan los criterios de principio precautorio y anticipación responsable y, finalmente, se exponen sucintamente los conceptos y acepciones de la justicia socioambiental y sus dimensiones, a modo de introducción para la posterior discusión del problema de la deuda/acreencia ecológica<sup>3</sup>.

---

1. El concepto de deuda/acreencia ecológica es polifacético y objeto de disputas, y refiere a la suma acumulada o neta de las injusticias ambientales históricas. Puede aplicarse a diferentes escalas, contextos, actores y temporalidades. Puede entenderse como el resultado acumulado de un subsidio socioecológico, pagado o asumido ecológicamente por los países del Sur Global, que hace posible el bienestar y los estilos de vida de alto consumo de los países del Norte Global (Pérez Rincón, 2019, pág. 89).

2. La crisis ecosocial es definida como la vulneración simultánea de varios límites o umbrales de seguridad en el funcionamiento del sistema Tierra y es emergente de un momento evolutivo caracterizado por cambios cuantitativos que conllevan otros de índole cualitativa, de relevancia para la reproducción de la vida, incluida la humana (Forcinito y Varela, 2021).

3. El problema de la deuda/acreencia ecológica con foco en el caso argentino será desarrollado en un próximo documento.

# La perspectiva de la economía ecológica ante la crisis ecosocial

## Del mundo vacío al mundo lleno

La movilización y el uso de materiales junto con el consumo total de energía para las actividades humanas han experimentado una aceleración particularmente acentuada desde mediados del siglo pasado (Crutzen, 2002 y Steffen y VV. AA., 2015). El consumo global de energía primaria se ha multiplicado por 5,7 entre 1950 y 2022 (Energy Institute, 2023) y el consumo total de materiales se ha multiplicado por 3,4 entre 1970 (inicio de las mediciones estandarizadas) y 2022. Sin embargo, mientras que en este último período el consumo de materiales renovables (biomasa) se ha duplicado, el de materiales no renovables (minerales y combustibles fósiles) se ha multiplicado por cuatro (IRP, 2024).

**La aceleración del consumo material y energético asociada al crecimiento económico es el principal factor de presión humana sobre los ecosistemas y los procesos naturales.** La magnitud de este incremento no es un fenómeno meramente cuantitativo, sino que ha alterado cualitativamente la relación entre el metabolismo social y el metabolismo planetario<sup>4</sup>.

Se ha dicho al respecto que el paradigma en el cual se ha modelado históricamente la teoría económica “convencional” en Europa es una imagen de “mundo vacío”, una figura que no solamente hace referencia a la idea de vastas extensiones geográficas desconocidas o inexploradas por los europeos, sino que también remite a la creencia en una infinitud de recursos potencialmente disponibles y en la irrelevancia de los impactos de la actividad humana sobre los sistemas naturales de la Tierra, debido a la relativa insignificancia de los flujos de materia y energía antrópicos con respecto a los naturales no humanos.

Sin embargo, ese paradigma de mundo vacío, una representación antropocéntrica funcional a los intereses de las grandes potencias en expansión, resulta actualmente inverosímil e inaceptable debido a la formidable aceleración y al aumento de escala de las actividades humanas que ha tenido lugar desde mediados del siglo pasado. En un plazo de tiempo que representa casi un suspiro en términos geológicos se ha pasado a un paradigma de “mundo lleno”, en el cual las ideas de infinitud de los recursos e irrelevancia de los impactos humanos ya no resultan válidas ni operativas (Daly, 2005).

La profundidad de este cambio de orden cualitativo es tal que se ha propuesto el término Antropoceno para designar a un nuevo período geológico comenzado en la última parte del siglo XVIII, como continuación del Holoceno (iniciado hace 12.000 años), en el cual el impacto humano se ha convertido en una fuerza geológica relevante que dejará registros estratigráficos y evidencias de cambios ambientales abruptos (Crutzen, 2002). Otros autores han señalado que estos cambios se han dado fundamentalmente en los dos últimos siglos de la larga historia de la civilización humana, en coincidencia con la consolidación y expansión global del sistema capitalista, por lo cual han propuesto la denominación de Capitaloceno (Moore, 2017). En cualquier caso, la evidencia sobre la enorme magnitud de los impactos

---

4. Metabolismo social es un concepto que surgió como analogía de la noción biológica de metabolismo, y puede ser definido como el modo en que las sociedades organizan su intercambio de energía y materiales con su ambiente. Si bien el término fue utilizado por primera vez por Karl Marx, fue recién a partir de la última década del siglo XX que se convirtió en un marco de análisis de gran relevancia para los estudios enfocados en la caracterización de los flujos materiales y energéticos, su organización espacio-temporal, y su relación con los flujos propios de los procesos naturales (no antrópicos). Para una completa revisión, ver Infante Amate (2017).

producidos por la gran aceleración en el uso de recursos y la emisión de contaminantes es contundente (Steffen y VV. AA., 2015).

Algunos indicadores seleccionados ilustran el tránsito del “mundo vacío” al “mundo lleno”. De acuerdo a las diversas estimaciones científicas, el ser humano se apropia en la actualidad de una fracción de entre el 20 y 40 por ciento de la producción primaria neta global (Haberl y VV. AA., 2007)<sup>5</sup>. Esto significa que una sola especie (la humana) entre el millón de especies animales se apropia de entre uno y dos quintos de la producción total de biomasa de la naturaleza. Ello se ha logrado a expensas del cambio de uso del suelo, originalmente ocupado por ecosistemas naturales de alta biodiversidad y producción biológica (por ejemplo, bosques y humedales), que ahora está ocupado por agroecosistemas y ecosistemas urbanos de muy baja biodiversidad, comprometiendo seriamente la diversidad biológica tanto a escala de ecosistemas como de especies.

Asimismo, las actividades humanas han acelerado los ciclos biogeoquímicos en una magnitud descomunal<sup>6</sup>. La cantidad de nitrógeno reactivo agregado cada año a la biósfera, como consecuencia de la fijación química y biológica de nitrógeno y la quema de combustibles fósiles, ya estaría superando al flujo terrestre natural no-humano (Galloway y VV. AA., 2008). Además, la cantidad de fósforo anualmente depositada en cuerpos de agua se ha multiplicado por un factor de seis con respecto a la época preindustrial (Tu y VV. AA., 2023), al tiempo que el flujo de carbono debido a la extracción y quema de combustibles fósiles supera por un factor de cien veces al flujo geológico natural, y ya representa cerca de un diez por ciento del flujo biológico de fotosíntesis-respiración global (Rothman, 2014). **El 25 por ciento de los ríos se secan antes de llegar a los océanos debido al uso de agua para las actividades humanas en sus cuencas** (Molden y VV. AA., 2007). La tasa natural de erosión de rocas sedimentarias se ha triplicado debido a diversas actividades antrópicas, especialmente por el cambio de uso del suelo para cultivos y pastoreo, y más recientemente por la ejecución de movimientos de suelos masivos para obras de infraestructura y minería, entre otros (Garrels y VV. AA., 1976).

**Hasta donde se conoce, jamás en la historia geológica se han producido cambios tan drásticos en tan breve tiempo sobre los procesos naturales que constituyen la base de la estabilidad del sistema Tierra**<sup>7</sup>. El impacto de estas bruscas alteraciones antropogénicas es impredecible, acumulativo, irreversible y potencialmente muy destructivo. Los ciclos biogeoquímicos de carbono, nitrógeno, fósforo, oxígeno y sílice, entre otros, conforman un único sistema complejo y dinámico con múltiples mecanismos de retroalimentación entre las fases endogénica (los reservorios geológicos) y exogénica (los reservorios de la biósfera, marinos y atmosféricos). Las cantidades y los equilibrios de los diversos flujos entre y dentro de cada fase del ciclo poseen una determinación recíproca con la composición química de la atmósfera y los océanos, elementos clave de la regulación del clima (Garrels y VV. AA., 1976).

---

5. Producción primaria neta (PPN) es la cantidad de materia orgánica nueva formada por los organismos productores (plantas, algas y microorganismos fotosintéticos) que se crea en un ecosistema por unidad de tiempo y área. Puede expresarse como energía química fijada por fotosíntesis (en kcal/m<sup>2</sup>/año) o bien como biomasa de organismos productores generada (g/m<sup>2</sup>/año).

6. Las graves consecuencias de esta descomunal aceleración en la velocidad de los ciclos naturales son descritas en el apartado Las fronteras planetarias como criterio de sustentabilidad.

7. En este trabajo se define al sistema Tierra como el sistema natural de escala planetaria, formado por la Tierra, los océanos, la atmósfera y los polos, incluyendo los procesos físicos, químicos y biológicos que interactúan en los ciclos naturales del planeta (el carbono, el agua, el nitrógeno, el fósforo, el azufre y otros ciclos) y los procesos de la Tierra profunda.

## La economía ecológica como marco teórico de análisis

Frente a la problemática abordada, el pensamiento hegemónico en el campo intelectual de la economía, adoptado por los organismos internacionales, las corporaciones y los Estados, sigue un enfoque antropocéntrico y propone la perspectiva de la denominada economía ambiental<sup>8</sup>. Este conjunto de teorías constituye un campo de especialización asociado al pensamiento neoclásico, que entiende a los daños ambientales como inevitables e inherentes a la acción humana y a la mercantilización de la naturaleza como el mecanismo óptimo de política orientado a limitar dichos impactos negativos.

Como respuesta al creciente agravamiento de los problemas ecológicos, esta perspectiva propone el desacople entre los impactos ambientales de la actividad humana y el crecimiento económico a través de diversas estrategias de reestructuración, entre las que se destaca la bioeconomía<sup>9</sup>. El “desacople” depende principalmente de que las políticas científica, tecnológica y de innovación llevadas adelante por Estados y empresas jerarquicen la generación e incorporación de técnicas ahorradoras de materiales o capaces de sustituir materiales escasos o altamente contaminantes por otros relativamente más abundantes o menos contaminantes. También depende de la capacidad tecnológica de morigerar o eliminar los impactos adversos tanto en el consumo como en la producción, y de generar un aumento del valor agregado por unidad de impacto ambiental. Específicamente, el aumento de la eficiencia mediante la incorporación de cambios tecnológicos ambientalmente sostenibles requiere la transformación de flujos lineales en circulares por medio de una combinación de ciclos de vida útil extendida, diseño, estandarización y reutilización inteligente de los productos, y reciclaje y remanufactura.

Para ello se propone la aplicación de esquemas de financiamiento específicos y la cooperación económica público-privada con intervención de los organismos financieros internacionales. El éxito de la estrategia de desacople (o desmaterialización débil) conduciría a una sostenida disminución del ritmo de crecimiento del consumo físico de materiales en un contexto de expansión económica. Es decir que se entiende, desde esta concepción, que la economía capitalista es susceptible de ser reestructurada política y socialmente de modo compatible con el carácter limitado del sistema global sin modificar el metabolismo sociedad-naturaleza que está vigente (Forcinito y Varela, 2021).

---

8. La economía ambiental es una subdisciplina de la economía neoclásica que estudia la economía en interrelación con las ciencias ambientales desde la década de 1970. El andamiaje neoclásico aplicado a las dimensiones ambientales que utiliza esta perspectiva se encuentra basado en conceptos microeconómicos tales como: monetización de las externalidades, asignación de derechos de contaminación o de uso de los bienes comunes entre los agentes económicos, modelos de contaminación óptima, aplicación de métodos de valoración ambiental a los activos ambientales y a los servicios de la biósfera, análisis costo-beneficio, estudios de impacto ambiental sobre la base del cálculo financiero del valor actual neto de los proyectos de inversión, etc.

9. En la actualidad, los diagnósticos y las propuestas derivados de la economía ambiental incluyen diferentes estrategias que van desde la bioeconomía, la economía circular y baja en carbono y la economía verde y la azul, entre otras. Específicamente, la bioeconomía constituye una propuesta de reestructuración productiva, con pretensión de erigirse en un nuevo paradigma, orientada a maximizar la utilización de recursos biológicos renovables en la actividad económica para producir alimentos, materiales y energía. Posee un carácter integrador, transversal, multidisciplinar y multisectorial. Además, constituye una propuesta de transformación de las funciones de producción y de consumo orientada a obtener mayores niveles de eficiencia en el uso de materiales y energía sobre la base de la intensificación del uso de las innovaciones provenientes de la convergencia entre la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías de la información y la comunicación. El mayor desarrollo de la bioeconomía compondría, en el marco de la economía ambiental, un medio para desarrollar una economía circular y baja en carbono. La economía verde y la economía azul son principios de organización bioeconómica y circular aplicados a la administración sustentable de los ecosistemas terrestres y marinos, específicamente. En relación con esto hay estudios previos que muestran cómo al tiempo que se reduce la utilización de “economía ambiental” como expresión clave en los artículos científicos, crece la aparición de “economía verde”, “bioeconomía” y “economía circular” (Passalía y Peinado, 2022).

Asimismo, el corazón de esta concepción tecno-utópica de sostenibilidad descansa en la posibilidad de sustitución del “capital natural” (recursos naturales y funciones de los ecosistemas) por el capital artificial como mecanismo de política económica ambiental a nivel global, de modo de mantener un capital total constante o creciente sin tener en cuenta los límites planetarios y/o con una idea de infinitud de recursos<sup>10</sup>. Esto es lo que la economía ambiental denomina regla de la sustentabilidad débil, basada en la sustituibilidad entre el capital natural y el capital manufacturado<sup>11</sup>. Ello dependerá de la correcta determinación de la estructura de incentivos de mercado orientada a corregir las fallas o externalidades negativas, sin necesidad de modificar el modo en el que la civilización humana se vincula con la naturaleza mediante la depredación, la superexplotación, la extinción, la mercantilización, etc.

Cabe destacar, a modo de digresión, que si bien la concepción de la economía ambiental no niega la existencia de daño ambiental ocasionado por la acción humana –como sí lo hacen las posiciones negacionistas–, plantea a la economía como un sistema de flujos reales y monetarios cerrado, es decir, concebido por fuera de las determinaciones ecológicas, así como sociológicas, antropológicas, politológicas y, fundamentalmente, de modo ahistórico. De esa manera, no reconoce las irreversibilidades y los efectos acumulativos que son intrínsecos tanto a los procesos de la historia humana como natural, elementos que resultan centrales, en contraposición, para la economía ecológica.

**La economía ecológica surge en paralelo a la economía ambiental a fines de la década de 1970 en el contexto de degradación ambiental del planeta, la crisis del petróleo y el elevado crecimiento poblacional, y constituye una crítica ecológica al planteo de la economía ambiental.** Su surgimiento estuvo influenciado por los movimientos contraculturales anticonsumo y por la falta de tratamiento de los problemas ambientales crecientes por parte de las principales corrientes que conformaban las ciencias económicas y naturales (March Corbella, 2019).

Este campo de saberes, a diferencia de la economía ambiental, no es una nueva rama de la economía, sino un nuevo planteamiento ontológico, epistemológico y metodológico que articula e integra conocimientos de las ciencias naturales y las sociales para abordar la relación sociedad-naturaleza, es decir que estudia cómo la ecología humana y el ambiente se inciden y determinan de modo dialéctico.

La economía ecológica se diferencia de la economía ambiental en dos elementos centrales. En primer lugar, se trata de una transdisciplina. Es decir, no es un campo disciplinar que intenta subsumir o colonizar a otro, como hace la economía ambiental cuando trata de “economizar la ecología”, sino que hibrida conocimientos relevantes y pertinentes provenientes de otras disciplinas con el objetivo de constituir

---

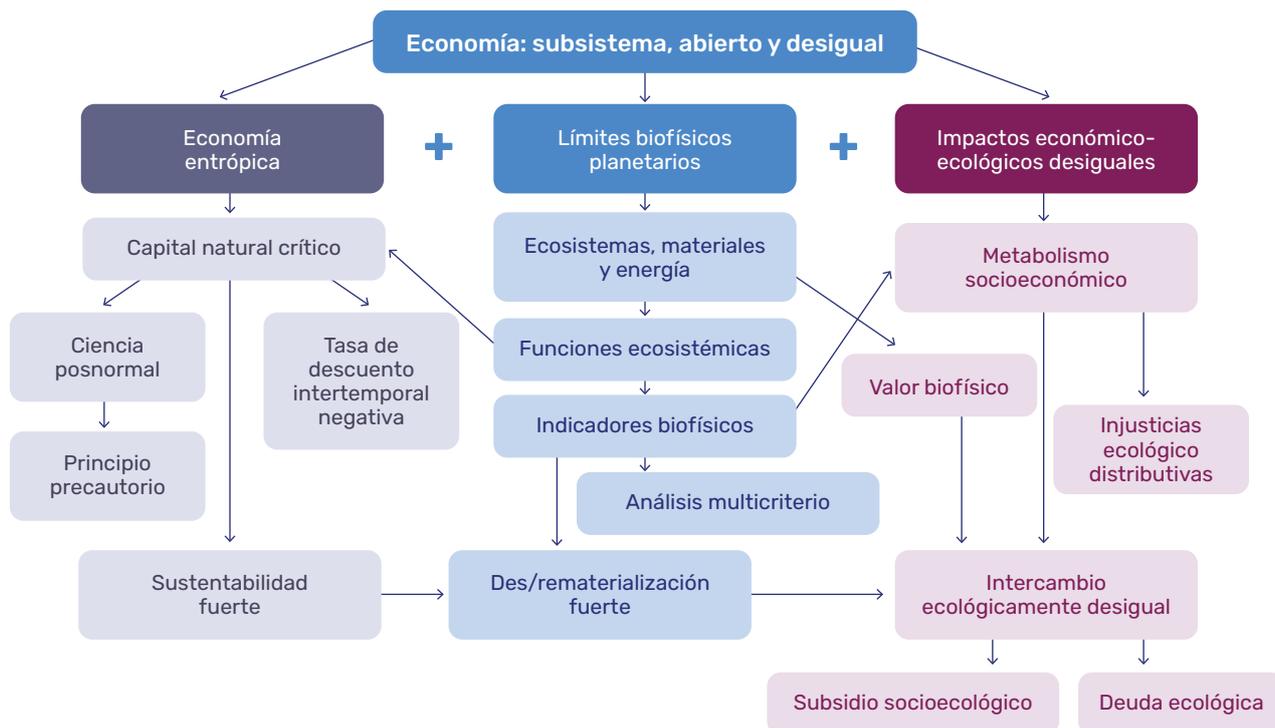
10. Los primeros desarrollos de la economía ambiental estuvieron orientados a modelizar los requerimientos de reinversión de las rentas monetarias obtenidas del denominado “capital natural” en el país de donde se extraen para mantener el consumo real constante a lo largo del tiempo. Posteriormente, se subdividió el factor “capital” en tres posibles formas y se postularon relaciones de sustitución entre las mismas, con el fin de mantener constante el *stock* total: el denominado “capital manufacturado” (máquinas, infraestructuras, etc.), el “capital humano” (*stock* de conocimientos y habilidades) y el “capital natural” (recursos naturales renovables o casi renovables valorados en términos económicos).

11. De acuerdo a Pérez Rincón (2024: 99), pueden distinguirse dos acepciones para el concepto de sostenibilidad o sustentabilidad. Por un lado, la antrópica, lineal o utilitarista (sostenibilidad débil) soportada por la economía neoclásica, caracterizada por la simplificación de la complejidad del patrimonio natural convirtiéndolo en capital natural, y por la posibilidad de sustituirlo por capital creado o fabricado por la sociedad. En este, la visión extrema es convertir a la Tierra en un planeta totalmente artificial (Gallopín, 2003). Por otro lado, la visión ecologista y de la economía ecológica (sostenibilidad fuerte), basada en la complejidad y diversidad de las funciones ambientales, que tiene muchos aspectos insustituibles y que considera a la naturaleza como un patrimonio necesario a conservar como condición para obtener el desarrollo de la sociedad.

un sistema teórico relativamente autónomo y superador en términos de eficacia explicativa y de acción sobre la realidad.

En segundo lugar, ese sistema teórico se constituye a partir de tres puntos de partida o nociones básicas en virtud de los cuales se concibe a la economía como un subsistema abierto y desigual (Peinado y Mora, 2024) (Figura 1).

FIGURA 1. PRINCIPALES TEORÍAS Y CATEGORÍAS DEL SISTEMA TEÓRICO DE LA ECONOMÍA ECOLÓGICA



Fuente: Peinado y Mora (2024).

### ¿Qué implica conceptualizar la economía como un subsistema?

La economía ecológica parte de reconocer la imposibilidad de producir bien o servicio alguno sin materiales ni energía. Es decir, la economía no es metafísica, ni se la puede reducir a un flujo circular de dinero, porque en definitiva **el proceso económico es dependiente del ingreso de materiales y energía provenientes del sistema Tierra y los ecosistemas que lo componen, así como de la salida de materiales y energía por fuera del subsistema económico hacia el mismo**. Esto es lo que se resume en el concepto de ecodependencia. Más aun, mientras más avanzado tecnológicamente sea un proceso productivo, mayor es su ecodependencia.

Esos flujos de materiales y de energía provienen de un sistema mayor que es la naturaleza, o el sistema Tierra. Se trata de un conjunto de ecosistemas articulados entre sí cuya existencia depende de complejas condiciones biogeoquímicas y que se alimenta, fundamentalmente, de energía solar. A partir de la consideración de las determinaciones del sistema natural sobre el socioeconómico, surge el reconocimiento de la existencia de una restricción biofísica a la expansión ilimitada de la economía, que ha sido y es desatendida por el pensamiento económico hegemónico, tanto ortodoxo como heterodoxo. **Se trata**

**de los límites biofísicos del sistema Tierra, es decir, el reconocimiento de la existencia de stocks y, por lo tanto, flujos de materiales y energía finitos o limitados, así como de la capacidad finita y limitada de absorción de residuos por dicho sistema. Esto pone en cuestión la idea de la posibilidad del crecimiento económico infinito.**

El economista (ecológico) Kenneth Boulding sostenía al respecto, que “quien crea que el crecimiento económico puede seguir para siempre en un mundo finito es un loco o un economista”.

Esta concepción de la economía como un subsistema embebido o enmarcado en un sistema mayor que, por lo tanto, tiene límites planetarios o biofísicos, se conecta de manera directa con el concepto de **desmaterialización fuerte**, el cual sostiene que la hoja de ruta de la sustentabilidad o bien de las transiciones socioecológicas debe estar guiada por la necesidad de una constante reducción en la cantidad de materiales y energía que utiliza el subsistema económico de manera compatible con el sistema naturaleza o sistema Tierra. Para poder cuantificar adecuadamente esa utilización de materiales y energía en relación con los límites biofísicos es que se han desarrollado los denominados “indicadores biofísicos” (ver apartado Indicadores de la economía ecológica). Como principales indicadores se pueden mencionar: la huella ecológica, la huella hídrica, la huella de nutrientes, la huella de materiales o bien los indicadores asociados con los límites planetarios que analiza constantemente el Centro de Resiliencia de Estocolmo (SRC, por su sigla en inglés), a los cuales se jerarquiza en el presente trabajo y se desarrollan con mayor detalle más adelante.

### *¿Qué implica conceptualizar la economía como un subsistema y que este sea abierto?*

Al tiempo que la actividad económica es un subsistema ecodependiente de la entrada de materiales y energía, se despliegan dos procesos que permiten afirmar que es un subsistema abierto.

Por un lado, esos materiales y energía no circulan indefinidamente dentro del subsistema económico, sino que luego de ser apropiados son transformados, distribuidos y consumidos, hasta que finalmente son desechados en la naturaleza bajo la forma de residuos o contaminación (Toledo, 2013).

Asimismo, en el marco de las dinámicas específicas del modo de producción capitalista, las funciones ecosistémicas de soporte –es decir, las fuentes de los flujos de materiales y energía– son crecientemente privatizadas y mercantilizadas; y, de modo contrapuesto, la parte relacionada con la función ecosistémica de sumidero (absorción y reciclaje) es colectivizada. De acuerdo con O'Connor (2001: 221), “la naturaleza es un grifo económico y también un sumidero, pero un grifo que puede secarse y un sumidero que puede taparse. El grifo es casi siempre propiedad privada; el sumidero suele ser propiedad común”.

De manera adicional, ese flujo de energía y materiales no puede ser circular por la presencia de un fenómeno físico insoslayable que es la entropía (Barrios, 2008). En relación con la energía, la entropía es una variable de estado de los sistemas físicos que representa una medida de la calidad de la energía, o “energía libre”, que se encuentra disponible para realizar trabajo<sup>12</sup>. De acuerdo con el primer principio de la termodinámica, en cualquier proceso real de transferencia de energía, la cantidad de energía total del sistema (energía interna) se conserva (ley de conservación de la energía), pero parte de esa energía inevitablemente se transforma y disipa en forma de calor, degradándose en cuanto a su calidad

12. En física, trabajo ( $W$ ) se define como una forma de energía asociada al movimiento de materia impulsada por una fuerza ( $F$ ), a lo largo de una distancia ( $d$ ), específicamente:  $W=F \times d$ .

o capacidad para generar trabajo. En otros términos, se puede decir que en cualquier proceso real la energía total se conserva, pero su fracción utilizable disminuye. La entropía es la variable de estado del sistema que refleja dicha cantidad de energía no utilizable. Estas definiciones indican que en cualquier sistema aislado la entropía aumenta y la energía libre (útil) disminuye por la sola ocurrencia de flujos de energía entre sus subsistemas. La entropía en cualquier subsistema solo puede disminuir a expensas de un aumento mayor en otro subsistema, tal como sucede, por ejemplo, entre los organismos vivos y su ambiente (Kauffman, 2020).

El principio de entropía impone un límite superior para la liberación de calor a la atmósfera como producto de los procesos térmicos asociados con la actividad humana, límite que está dado por la capacidad del sistema Tierra para “exportar” al espacio exterior la entropía generada en dichos procesos. Por esta razón, existe un límite superior también a los procesos de transformación y consumo de energía, mucho más si estos implican procesos de alta temperatura con liberación de calor al ambiente (centrales térmicas, quema de combustibles fósiles, e incluso el uso de la fusión nuclear, muchas veces propuesta como la tecnología “sostenible” del futuro) (Kleidon y Lorenz, 2004).

A su vez, Nicholas Georgescu-Roegen –uno de los principales precursores del campo de la economía ecológica– señalaba que también el flujo de materiales es entrópico. Durante los procesos de transformación de los materiales, una cierta fracción sufre irrevocablemente una degradación, una pérdida de su estructura guiada por el principio de la entropía. Puede pensarse por ejemplo en los materiales de construcción que podrían ser reutilizados luego de una demolición, pero jamás en su totalidad. Una fracción queda irrevocablemente degradada a un estado en el cual ya no puede ser vuelta a utilizar. Por otro lado, reciclar una parte de la materia implica también un uso adicional de energía, con las implicancias ya señaladas<sup>13</sup>. **En resumen, la economía no es circular –ni jamás podría serlo–, sino entrópica.**

**En suma, la entropía constituye un fenómeno que afecta tanto a la materia como a la energía. Es una tendencia natural a la degradación de la materia y la energía que involucra mayor dispersión y desorden.** Afecta a la materia en términos de estructura, movimientos moleculares y reacciones químicas, y a la energía en su capacidad de realizar trabajo, en la eficiencia de las conversiones energéticas y en la dirección de los procesos naturales. **Por ello, no es posible que la economía cierre totalmente los ciclos de materia y energía desde un punto de vista físico, químico y biológico.**

Ese carácter entrópico tanto de los flujos energéticos como materiales vinculados a los procesos económicos implica que **no solo resulta fundamental reducir su magnitud, sino que al mismo tiempo se debe evitar interferir en la capacidad de disipación de la entropía por parte de aquellos procesos y componentes ecosistémicos que son fundamentales para la vida humana y no humana** como base para una estrategia de “sustentabilidad fuerte”<sup>14</sup>.

Mientras la visión de la economía ambiental propone una sustentabilidad débil basada en la idea de la intersección de tres sistemas (el social, el ambiental y el económico), la economía ecológica –al entender a **la economía como un subsistema embebido en el subsistema social que se desenvuelve dentro del sistema natural–, sostiene que la sustentabilidad económica debe ser ante todo ecológica.** En este sentido es necesario volver a la idea de subsistema abierto: si no hay actividad económica posible sin

---

13. De manera complementaria, en los materiales opera un fenómeno económico/social crecientemente relevante como es la obsolescencia planificada que termina siendo, junto a la mercadotecnia, un “anabólico” de los volúmenes de materiales y energía consumidos y por lo tanto de la entropía generada.

14. Ver nota 11.

materiales y energía, al tiempo que la actividad económica acelera la producción de entropía, se deriva como evidente que es necesaria una sustentabilidad de base ecológica como condición de posibilidad para la actividad económica.

Adicionalmente, la economía ecológica con su criterio de sustentabilidad fuerte agrega la centralidad del reconocimiento de que esa sustentabilidad de base ecológica debe buscarse en un contexto de ciencia posnormal y por ello se da la preeminencia del principio precautorio en relación con la introducción de nuevos proyectos e innovaciones en materia económica y tecnológica (ver el apartado El principio precautorio y la anticipación responsable).

### *¿Qué implica que la economía ecológica jerarquice el carácter desigual de la economía y de sus impactos socioambientales?*

Esta dimensión es fundamental para un cabal entendimiento de la posición epistémica de la economía ecológica, especialmente porque existen ciertas miradas a su interior que tienden a invisibilizar el hecho de **que fenómenos como el cambio climático, las inundaciones o las olas de calor extremo afectan de manera muy desigual a las personas. Es decir, mientras una pequeña parte de la humanidad es la responsable de dichos fenómenos y obtiene crecientes ganancias monetarias en virtud de los procesos que los generan (por ej. extracción de combustibles fósiles) y/o de la producción y comercialización de las tecnologías/elementos destinados a la adaptación o mitigación de los daños (por ej. la venta de equipos de aire acondicionado frío/calor), otra parte de la humanidad sufre la mayoría de los impactos por estar ubicada en las regiones de mayor afectación y, adicionalmente, no contar con recursos monetarios suficientes para intentar mitigar estos fenómenos.**

En este sentido, resultan relevantes y complementarios los aportes que la ecología política ha realizado cuando analiza la apropiación desigual de los costos y beneficios socioambientales de las actividades económicas, así como los conflictos derivados de ella; o bien los aportes realizados por la economía política en relación con los conflictos de clases o fracciones de clases por la apropiación, también profundamente desigual, del excedente económico.

Sin embargo, la economía ecológica introduce una serie de elementos conceptuales innovadores y fundamentales de cara a la crisis ecosocial respecto de las disciplinas mencionadas. Uno de ellos remite a la conceptualización de la naturaleza de esos impactos desiguales. La economía ecológica les asigna el atributo de ser económico-ecológicos, en unidad dialéctica y no como dimensiones independientes. Esto está fuertemente presente en el comercio internacional. Así como la teoría económica neoclásica sostiene que el comercio internacional es beneficioso para ambas partes (amparada en la teoría de las ventajas comparativas) y que las transacciones voluntarias son siempre igualitarias (en la medida que se intercambia valor determinado por la utilidad y la escasez, por dinero en una proporción en la que acuerdan ambas partes), la economía ecológica basada en una teoría del valor biofísico<sup>15</sup> plantea que ese comercio internacional está generando una serie de intercambios ecológicamente desiguales (Peinado, 2018). E indica que estos intercambios son reflejo y condición de continuidad de esas desigualdades

---

15. Sobre la base de los aportes de Nicholas Georgescu-Roegen, Herman Daly, Robert Costanza y Eugene Odum entre otros referentes de la economía ecológica, la teoría del valor biofísico valora y cuantifica los bienes y servicios en términos de su base biofísica, es decir, utilizando unidades físicas de energía, materiales y flujos ecológicos en lugar de unidades monetarias, así como discute si la fuente del valor es la utilidad/escasez, el trabajo asalariado o la misma naturaleza, en tanto el trabajo asalariado no es más que una forma de trabajo en el sentido físico, aplicado sobre materiales y energía.

económico-ecológicas al implicar una transferencia unidireccional de materiales y energía que es escasamente remunerada, al tiempo que el dinero poco o nada sirve para remediar los impactos ecológicos desiguales.

**Detrás de ese flujo unidireccional y entropizado de materiales y energía se deriva una serie de desigualdades internacionales adicionales.**

**En primer término, la disociación de los patrones de producción y los patrones de consumo** (Peinado, Mora y Passalía, 2022). Mientras los países centrales publicitan internacionalmente el uso creciente de tecnologías “verdes” y, por caso, reemplazan los vehículos a combustión por los eléctricos sobre la base del uso de baterías de litio, lo hacen sin modificar sus patrones de consumo que dependen de la importación de crecientes volúmenes de materiales y energía provenientes fundamentalmente de los países periféricos (como es, en este ejemplo, de la minería del litio en los humedales altoandinos de América del Sur). Se trata de un nuevo rol para los países periféricos, como exportadores de “sustentabilidad artificial” (Belloni y Peinado, 2013), al dotar de materiales y energía que permitan patrones de producción más “verdes” en el centro, a costa de una mayor insustentabilidad de los patrones de producción en la periferia, la cual por tanto tiene escaso o nulo nexo con los patrones de consumo de sus poblaciones locales. Esto constituye parte de la deuda ecológica.

La otra cara de la moneda es que en varios países periféricos especializados en la provisión de materiales y energía, los gobiernos –especialmente los de corte neoliberal– reprimen el consumo interno de dichos elementos (o incluso priorizan el consumo de agua dulce por parte de estas actividades extractivas por sobre el consumo de sus propias comunidades) para maximizar los saldos exportables necesarios para importar y pagar las deudas externas o, incluso, importar esa tecnología “verde”. Es decir, los países periféricos se constituyen en importadores de “deuda social”.

**En definitiva, desde la perspectiva de la economía ecológica, la deuda social y la sustentabilidad artificial, con su correlato en la deuda ecológica, constituyen las dos caras de la misma moneda.**

Asociado a ello, la economía ecológica adiciona a la inserción subordinada de la periferia en la división internacional del trabajo una segunda funcionalidad. Mientras durante mucho tiempo se sostuvo que la división internacional del trabajo era un mecanismo de extracción del excedente económico diferencial por parte del centro desde la periferia (Prebisch, 2012, y Marini, 1974), el intercambio ecológicamente desigual visibiliza que esa nueva división internacional del trabajo tiene como fin la extracción de un excedente diferencial, pero también implica la extracción de materiales y energía. A modo ilustrativo, mientras las exportaciones de la Argentina son intensivas en materiales y energía con escasa contrapartida monetaria por unidad de impacto ambiental<sup>16</sup>, las importaciones son escasas en materiales y energía con altísima contrapartida monetaria. Como para dimensionar: la Argentina paga la unidad de huella hídrica de importaciones casi 18 veces más cara que la misma unidad en sus exportaciones (39,93 USD/M<sup>3</sup> vs. 2,27 USD/M<sup>3</sup>), al tiempo que la unidad de huella ecológica de las exportaciones se cobra más de 22 veces más barata que la misma unidad de absorción doméstica (0,065 USD/Gha vs. 1,46 USD/Gha) (Peinado, 2019).

---

16. En el caso argentino involucra “territorios de sacrificio ecológico” asociados a la extracción de bienes primarios (por ejemplo, porotos de soja), manufacturas de origen agropecuario (por ejemplo, aceite o pellets de soja); manufacturas de origen industrial (por ejemplo, oro sin industrializar separado por lixiviación de otros minerales) o combustibles y energía (por ejemplo, el gas natural proveniente de Vaca Muerta).



en la teoría del valor heredada de algunos pensadores preclásicos y clásicos, así como el de la escasez basada en la finitud del sistema Tierra (jerarquizado por los clásicos de la economía política y que las teorías del crecimiento postulaban que se había logrado superar a través de la introducción del cambio tecnológico). También le otorga centralidad a la flecha del tiempo, a la historicidad e irreversibilidad y al carácter acumulativo de los procesos sociales y naturales. Por otro lado, la economía ecológica sustenta científicamente la existencia de límites ecológicos frente a la acumulación de capital y al crecimiento económico ilimitado<sup>18</sup>. Finalmente, jerarquiza los criterios de dignidad de la naturaleza, ecoeficiencia, justicia socioambiental y democracia.

## Indicadores de la economía ecológica

Para la economía ambiental, los precios no son solamente la fuente de la asignación eficiente de los recursos, sino que pueden resumir en ellos una serie múltiple de características: escasez y utilidad, por ejemplo, así como también el valor de los impactos ambientales mediante su internalización.

La economía ecológica rechaza los análisis monocriteriales (crematísticos) que buscan cuantificar todo en unidades monetarias y, alternativamente, recurre a los indicadores biofísicos que en conjunto con el análisis multicriterio (Falconí y Burbano, 2004) permiten describir el grado de (in)sustentabilidad y sus posibles trayectorias temporales.

Concretamente, en lo que refiere a la necesidad de los análisis multicriteriales, la economía ecológica postula la existencia de una comparabilidad débil (pluralidad de valores que pueden ser comparables pero en escalas diferentes) o una inconmensurabilidad de valores (donde esa pluralidad es tan fuerte que los hace incomparables) en los procesos de evaluación de los impactos de cualquier iniciativa o proyecto económico.

Mientras la economía ambiental requiere escenarios de conmensurabilidad fuerte (donde se pueden establecer medidas cardinales) o en todo caso conmensurabilidad débil (el ordenamiento es ordinal), la economía ecológica parte de caracterizar a la realidad como un escenario en el que nos movemos entre una comparabilidad débil y una inconmensurabilidad de valor (Ibid).

Ahora bien, esa inconmensurabilidad o comparabilidad débil deviene de la pluralidad de valores en juego. En especial, en escenarios en los que intervienen escalas de valores diferentes es que se las busca reflejar a partir de una base racional a través del análisis multicriterio (Martínez Alier, 1998), tal como se hace en el debate entre deuda monetaria/deuda ecológica.

Esa reconocida pluralidad de valores es la que ha permitido la proliferación de indicadores biofísicos que sirven para reflejar los impactos de las actividades económicas en distintas escalas y, sobre todo, la escala de dichos procesos. **Estos indicadores biofísicos no buscan negar la existencia del dinero y de los indicadores monetarios, sino reflejar lo que ellos invisibilizan en relación con el metabolismo socioeconómico.**

---

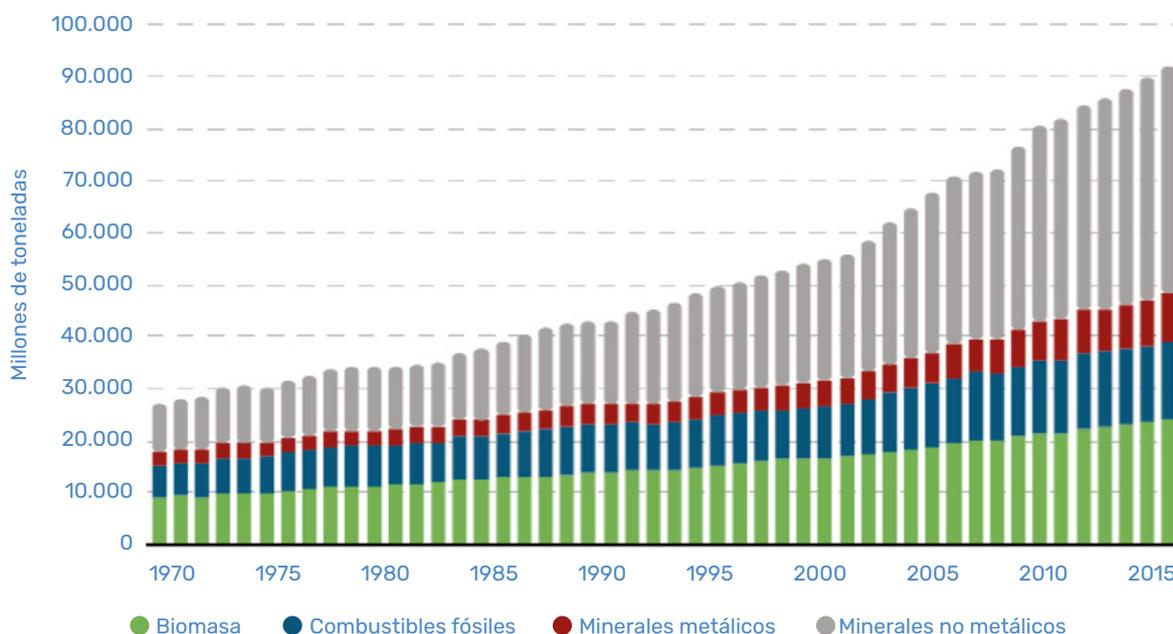
18. Entre las contribuciones más significativas a la construcción de este campo de conocimiento se encuentran los aportes de Howard y Eugene Odum, Robert Costanza, Joan Martínez Alier, Herman Daly, Martin O'Connor, Renne Passet, Charles Perrings, Richard Norgaard, entre otros. En 1989, se fundó la International Society for Ecological Economics, institución que publica la revista *Ecological Economics*.

En términos interpretativos es necesario remarcar que no son necesariamente indicadores de contaminación ni de agotamiento de los ecosistemas. Son indicadores de presión, carga o impacto ambiental y expresan una magnitud en la que un determinado metabolismo socioeconómico depende de ellos y en la que ese metabolismo los altera. A su vez, permiten visibilizar la distribución desigual de esos impactos ambientales intertemporalmente, así como espacialmente.

A título de ejemplo, mencionaremos algunos indicadores biofísicos utilizados por la economía ecológica e ilustraremos su evolución temporal, que manifiesta las tendencias descritas hacia una creciente incompatibilidad con los límites naturales del sistema Tierra.

La **huella material** es un indicador de flujos materiales que expresa la masa total (en toneladas equivalentes) de materias primas necesarias para satisfacer el consumo de un país o territorio a lo largo de un año. A diferencia de otros indicadores, como la extracción doméstica (las toneladas de materias primas extraídas anualmente en un país o territorio), la huella material (y como veremos, en general todos los indicadores denominados "huellas") está basada en el consumo y para calcularla se considera el balance entre el contenido en materias primas incorporado directa e indirectamente en las importaciones y las exportaciones. De este modo, permite apreciar las responsabilidades de las diferentes sociedades en el agotamiento de recursos y en la generación de los impactos asociados a su extracción y uso. En el Gráfico 1 se muestra la evolución de este indicador a nivel global para sus cuatro categorías principales de materiales (a nivel global agregado, la huella material y la extracción doméstica resultan equivalentes).

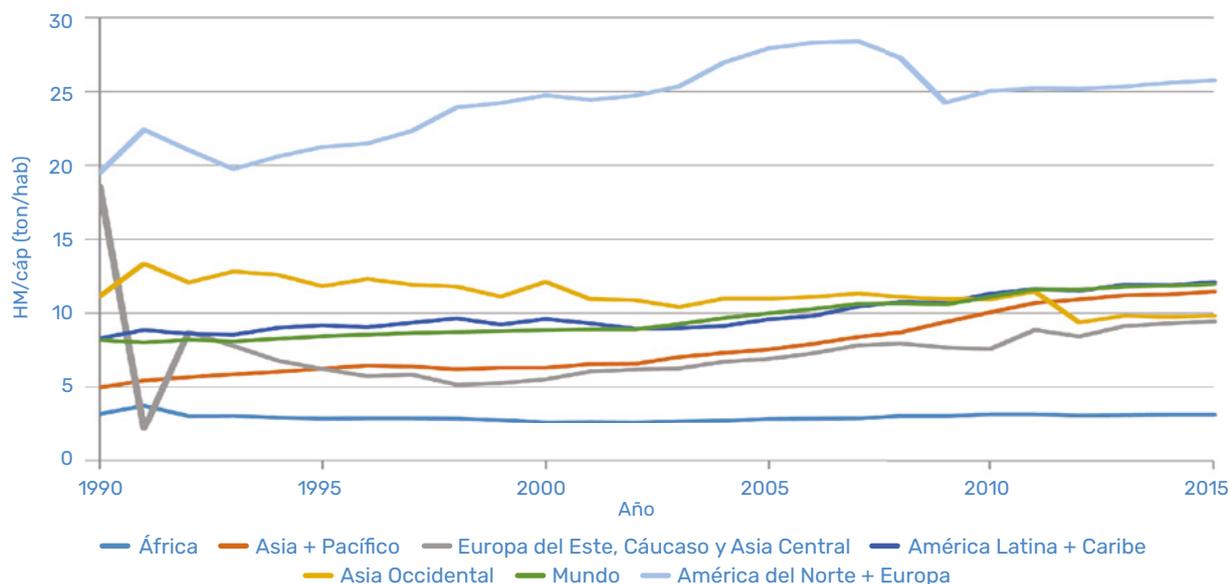
GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES, ENTRE 1970 Y 2017, A NIVEL GLOBAL



Fuente: UNEP & IRP (2018).

La huella material puede ser calculada también en una base per cápita, lo cual revela las enormes desigualdades a nivel global: mientras que en 2023 la huella material per cápita se ubicaba en 32,4 toneladas en América del Norte y en 20,4 en Europa, en África alcanzaba apenas a 4,1.

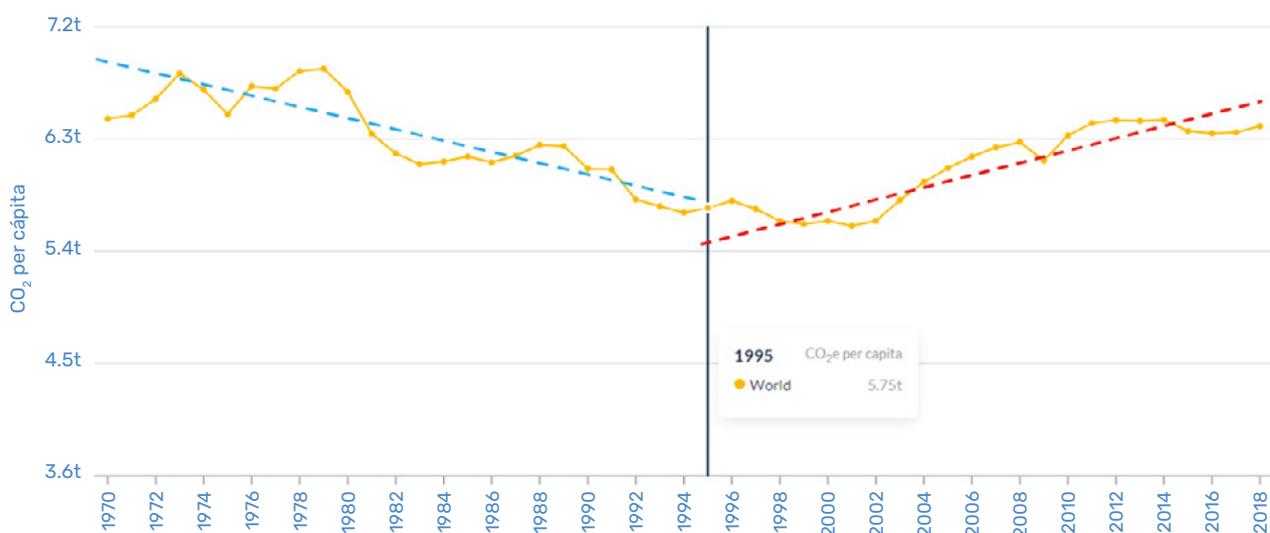
GRÁFICO 2. EVOLUCIÓN DE LA HUELLA MATERIAL (HM) PER CÁPITA POR GRUPOS DE PAÍSES, ENTRE 1990 Y 2015 (EN TONELADAS POR HABITANTE)



Fuente: Forcinito y Varela (2021).

**Los indicadores relativos a los gases de efecto invernadero (GEI) también son ampliamente utilizados, dada la centralidad de la agenda del cambio climático.** Al igual que sucede con el caso de los flujos materiales, las emisiones de GEI (las cuales se expresan normalizadas como equivalentes a CO<sub>2</sub>) pueden ser expresadas desde un punto de vista de su generación territorial (emisiones), o bien desde su consumo (huella de carbono). El Gráfico 3 muestra la evolución global de emisiones de GEI per cápita entre 1970 y 2018, ilustrando la escasa eficacia que han tenido los acuerdos climáticos que se iniciaron en 1995.

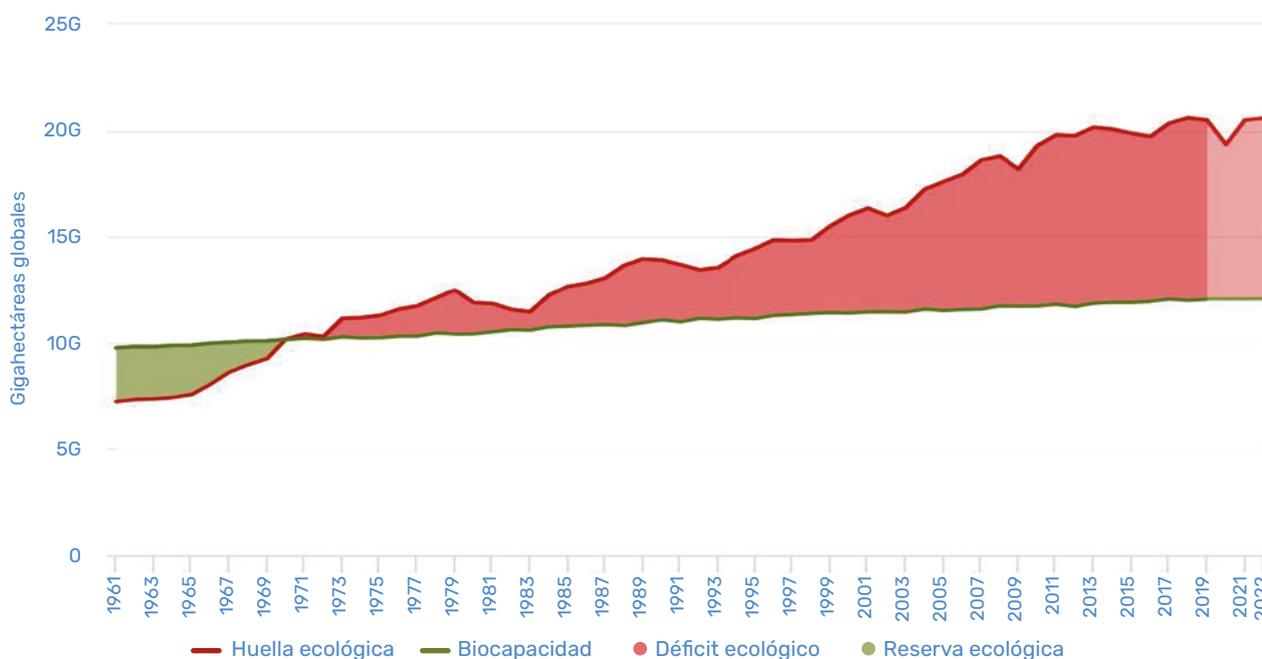
GRÁFICO 3. EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS DE LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR HABITANTE, ENTRE 1970 Y 2018, A NIVEL GLOBAL



Fuente: Climate Watch con datos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

La **huella ecológica** es un indicador biofísico de carácter integrador basado en el consumo que mide, en términos de superficie requerida (hectáreas globales), los activos ecológicos que una población o producto determinado requieren para producir los recursos naturales que consumen (incluidos los alimentos y productos de fibra de origen vegetal, los productos ganaderos y pesqueros, la madera y otros productos forestales y el espacio para la infraestructura urbana) y para absorber sus residuos, especialmente las emisiones de carbono. La huella ecológica (en cuanto a indicador desde la demanda) debe compararse con la biocapacidad (indicador de “oferta” ecológica), la cual representa la productividad de sus activos ecológicos (incluidas las tierras de cultivo, las tierras de pastoreo, las tierras forestales, los caladeros y las tierras edificadas). Estas áreas, especialmente si no se cosechan, también pueden servir para absorber los desechos que se generan, sobre todo las emisiones de carbono por la quema de combustibles fósiles. En el Gráfico 4 se muestra la evolución de la huella ecológica y la biocapacidad a nivel global, la cual revela que la insustentabilidad del metabolismo social planetario data de principios de la década de 1970 y se ha ido agravando desde entonces.

GRÁFICO 4. SUPERÁVIT Y DÉFICIT ECOLÓGICO COMO DIFERENCIA ENTRE HUELLA ECOLÓGICA Y BIOCAPACIDAD, A NIVEL GLOBAL (EN GIGAHECTÁREAS GLOBALES)



Fuente: Ecological Footprint Network.

## Las fronteras planetarias como criterio de sustentabilidad

Los ecosistemas terrestres y marinos, y la biósfera en su conjunto, conforman un elemento fundamental que ha modelado la evolución de las condiciones del sistema Tierra, contribuyendo de modo decisivo a dotar al planeta de una capacidad homeostática, esto es, de mantener sus condiciones dentro de un rango estable de valores, particularmente en cuanto a la composición atmosférica y marina y al clima. Al considerar estos procesos, Lovelock y Margulis han postulado que la vida le otorga una de sus características esenciales, la de homeostasis, al sistema Tierra en su conjunto<sup>19</sup>.

19. Postulado conocido como Hipótesis de Gaia (Lovelock y Margulis, 1974).

A lo largo del eón Fanerozoico (600 millones de años) la vida macroscópica ha evolucionado y se ha desarrollado bajo condiciones muy diferentes a las actuales, pero siempre manteniendo condiciones relativamente constantes a lo largo de decenas de millones de años. El surgimiento y desarrollo de la civilización humana se ha dado dentro de un determinado conjunto de valores de las variables atmosféricas, oceánicas y climáticas estables durante los últimos 10.000 años, que se han llamado las “condiciones del Holoceno”. El mantenimiento y la estabilidad de dichas condiciones ha determinado la posibilidad de que el ser humano haya intervenido crecientemente en su ambiente vital, al punto que dichas acciones han devenido esenciales para la organización económica y social y para el progreso técnico y, por ende, para el sostenimiento de la vida humana tal como la conocemos (Van Der Leeuw, 2008). Sin embargo, la violenta disrupción antropogénica de los ciclos biogeoquímicos, sumada a la acelerada destrucción de los ecosistemas y la extinción de especies, socavan de manera peligrosa las bases naturales de la capacidad homeostática del sistema Tierra y, con ello, amenazan la estabilidad de las condiciones del Holoceno (Rockstrom y VV. AA., 2009).

Sobre esta constatación, en 2009 un grupo de más de 20 equipos de investigación de diversos países, liderados por el SRC, propusieron una nueva aproximación conceptual a la sostenibilidad global basada en la definición de ciertas fronteras planetarias dentro de las cuales la humanidad puede operar de manera segura (Ibid). Las fronteras o límites planetarios refieren a valores límite de seguridad que pueden adoptar las variables de control de un conjunto de procesos del sistema Tierra fundamentales para mantener la estabilidad de sus condiciones y que están siendo modificados por la acción humana.

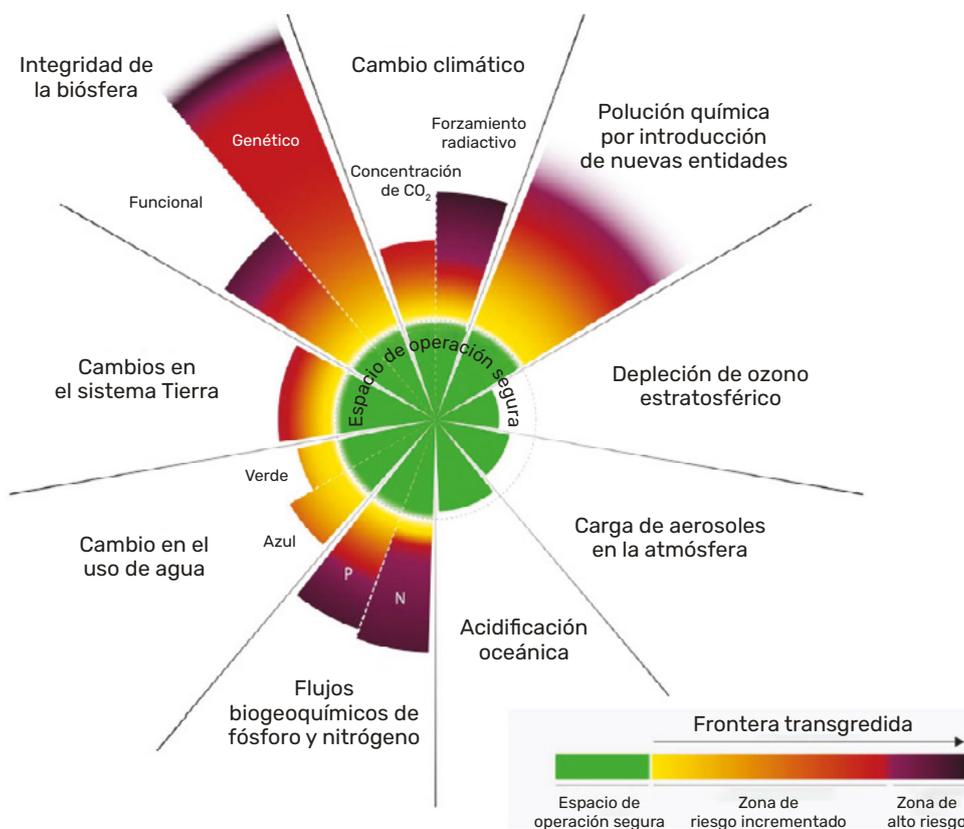
En la actualidad, el conjunto se compone de nueve procesos/sistemas, cada uno con sus indicadores específicos<sup>20</sup>. En base a la información disponible se han propuesto los valores límite o puntos de inflexión (*tipping points*) de cada uno de esos indicadores, cuya transgresión implicaría, con una alta probabilidad, una desestabilización del sistema y una transición de estado hacia una condición desconocida, pero diferente de la del Holoceno, con gran probabilidad de que sea mucho menos hospitalaria o directamente incompatible con la civilización humana. En función de estos valores límite han estimado para cada variable un valor (frontera planetaria) que se considera un margen de seguridad para garantizar un “espacio de operación segura” para la civilización humana, y que no debería transgredirse para no ingresar en una zona de peligro.

Como muestra la Figura 3, los resultados de las investigaciones realizadas por el SRC son alarmantes: la última revisión, de 2023, indica que de los nueve procesos o sistemas de soporte, seis ya se hallan transgredidos (el cambio climático, la integridad de la biósfera, el cambio de uso del suelo, el cambio en el uso de agua, los flujos biogeoquímicos del fósforo y del nitrógeno, y la polución química por introducción de nuevas entidades).

---

20. Los nueve procesos identificados son el cambio climático, la integridad de la biósfera, el cambio de uso del suelo, el cambio en el uso de agua, los flujos biogeoquímicos del fósforo y nitrógeno, la acidificación oceánica, la carga de aerosoles en la atmósfera, la depleción de ozono estratosférico y la polución química por introducción de nuevas entidades (Richardson y VV. AA., 2023).

FIGURA 3. ESTADO DE LOS PROCESOS CRÍTICOS DEL SISTEMA TIERRA EN RELACIÓN A SUS LÍMITES PLANETARIOS



Fuente: Richardson Y VV. AA. (2023).

**Indudablemente, el proceso más conocido a nivel público es el que corresponde al ciclo del carbono, debido a la centralidad de la agenda internacional del cambio climático.** El indicador utilizado es la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, cuyo valor de frontera planetaria ha sido establecido en 350 partes por millón (ppm), mientras que actualmente (2023) dicha variable arroja un valor de 417 ppm, transgresión que implica un aumento de la temperatura media planetaria y la consecuente alteración del sistema climático global, además de un incremento de la acidificación oceánica con graves impactos sobre la vida marina. Cabe señalar que ambas consecuencias predichas ya están siendo verificadas empíricamente.

**A pesar de la centralidad de la “agenda del carbono”, existen otros indicadores de alarma que no por menos conocidos revisten menor importancia.** De acuerdo a la revisión de 2023 del estudio del SRC, la cantidad de nitrógeno atmosférico capturada y transformada en nitrógeno reactivo por procesos industriales o inducidos por el ser humano alcanza 190 teragramos o millones de toneladas métricas (Tg) de nitrógeno por año, dos veces y media más que el valor de la frontera planetaria calculado en 62 Tg/año (Richardson y VV. AA., 2023). La transgresión de este límite implica un riesgo inaceptable de eutrofización<sup>21</sup> difundida de cuerpos de agua dulce, especialmente en las regiones agrícolas con elevado consumo de fertilizantes sintéticos, como lo es, por caso, el territorio argentino.

21. La eutrofización es el aumento de la concentración de nutrientes, especialmente fósforo y/o nitrógeno, en cuerpos de agua dulce, que conduce a una excesiva proliferación de algas y microorganismos con impacto sobre la calidad del agua y el equilibrio del ecosistema acuático.

Con respecto al fósforo, la cantidad de este elemento que termina depositada por los ríos en los mares —luego de ser minada y aportada a los suelos y aguas principalmente como fertilizantes— ascendía según esta revisión a 22,6 Tg anuales. Esta cifra duplica el valor calculado para la frontera planetaria, establecido en 11 Tg anuales, que indica el valor prudente para prevenir un evento anóxico masivo en los océanos, un escenario catastrófico que podría implicar la extinción de gran parte de la vida marina, incluyendo invertebrados, peces y mamíferos (Richardson y VV. AA., 2023).

En cuanto a la biodiversidad, los estudios arrojan también señales de alarma. La tasa de extinción actual estimada oscila entre 100 y 1000 especies extintas por millón de especies/año, superando por dos a tres órdenes de magnitud el valor basal de una especie extinta por millón de especies/año.

Otra variable monitoreada es la contaminación química introducida por las “nuevas entidades”, las cuales incluyen “nuevas sustancias, nuevas formas de las sustancias existentes y de las formas de vida modificadas, productos químicos y otros nuevos tipos de materiales de ingeniería u organismos no conocidos previamente por el sistema de la Tierra, así como elementos naturales (por ejemplo, metales pesados) movilizados por actividades antropogénicas” (Steffen y VV. AA., 2015). En esta categoría se incluyen los plásticos, los contaminantes orgánicos tóxicos y persistentes, los pesticidas y los organismos genéticamente modificados, entre otros. Solo a título ilustrativo, cabe señalar que actualmente existen más de 350.000 compuestos químicos sintéticos y casi medio millar de eventos transgénicos comercializados en el mercado mundial. **La probada y extendida presencia de microplásticos, agrotóxicos y otros compuestos xenobióticos en muestras de sangre, orina y tejidos humanos, animales y en matrices ambientales, y la formación de enormes “islas de plástico” en océano abierto, entre otros impactos probados, permiten visualizar —sin necesidad de mayores precisiones cuantitativas— el grado de diseminación y persistencia de la contaminación química a nivel planetario<sup>22</sup>.**

En el presente trabajo se considera que el modelo de las fronteras planetarias es consistente con el sistema teórico de la economía ecológica como marco del análisis de “sustentabilidad en sentido fuerte”, y resulta de utilidad para avanzar en el análisis y las propuestas vinculadas con la deuda ecológica, objeto de la que será la segunda parte de este trabajo.

## El principio precautorio y la anticipación responsable

La investigación del SRC y otras con similar temática señalan los graves riesgos y proponen límites biofísicos concretos, cuya observancia permitiría prevenirlos. Los márgenes de precaución propuestos implican un reconocimiento de las grandes incertidumbres existentes sobre la evolución futura del sistema Tierra ante la eventualidad de una evolución brusca hacia un nuevo estado diferente al del Holoceno, disparado por la transgresión de estos límites biofísicos.

Cabe señalar que, de acuerdo a las modelaciones realizadas, la escala temporal en la cual se manifestaría la transición de estado (el cambio en el sistema Tierra desde el estado del Holoceno hacia un estado diferente y desconocido) como consecuencia de la transgresión de las fronteras planetarias varía entre un año y más de 300 años, dependiendo del proceso transgredido (Lenton y VV. AA., 2008). En otras palabras, **el proceso de transición o cambio de estado podría ser disparado de modo irreversible**

---

22. En el caso de la contaminación química por “nuevas entidades”, Richardson y VV. AA. (2023) han propuesto un indicador social y no biofísico para establecer la frontera planetaria, el cual consiste en que la velocidad de su introducción no supere a la velocidad en la cual la sociedad puede evaluar consistentemente y democráticamente sus efectos.

**décadas o cientos de años antes de que sus efectos se manifiesten, relativizando la eficacia de una posible estrategia de prevención basada en el monitoreo de las variables de estado (por ejemplo, las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>).**

Por otra parte, el mejor conocimiento disponible sobre la dinámica de los procesos del sistema Tierra no resulta suficiente para elaborar predicciones aceptables, y probablemente nunca lo sea por una limitación teórica. La historia del sistema Tierra y sus transiciones de estado, además de ser solo muy parcialmente conocida, constituye un hecho singular, lo cual impide validar posibles modelos predictivos basados en el conocimiento existente sobre sus componentes y procesos. La mejora en la capacidad predictiva de los modelos climáticos solo fue posible, en primer lugar, porque opera en el contexto de un sistema climático relativamente estable (el estado del Holoceno) y, en segundo lugar, porque se pueden validar las predicciones del modelo mediante observaciones empíricas actuales, mejorando así iterativamente su capacidad predictiva. Ninguno de estos dos supuestos se aplica a la modelización y predicción de las transiciones entre estados diferentes del sistema Tierra.

Las consideraciones anteriores nos llevan a exponer la necesidad de una posición epistémica compatible con los riesgos e incertidumbres en juego. En línea con lo planteado por los estudios de las fronteras planetarias en el campo de las ciencias de la Tierra, desde la epistemología Funtowicz y Ravetz (1993) plantean que las acciones que pueden impactar sobre estos sistemas complejos (por ejemplo los ecosistemas, los sistemas sociales y el propio sistema Tierra) pertenecen a una categoría de cuestiones prácticas y políticas que resisten la simplificación de la ciencia moderna y ponen en cuestión la legitimidad del ideal político de “control y gestión racional”. Son los que denominan “problemas de ciencia posnormal”, los cuales se aplican ante situaciones donde los hechos son inciertos (incertidumbre), existe una pluralidad irreductible de valores (usualmente en conflicto), el riesgo es elevado y las decisiones son urgentes. En estos casos, el foco en la certeza o verdad como criterio de decisión debe ser desplazado hacia la calidad, lo cual denota la relación o correspondencia entre la producción de conocimiento y un propósito, que debe ser el resultado de un proceso de movilización política, y que determina la intención en relación con un problema político práctico.

A diferencia de la certeza científica, la calidad en la información para decidir sobre situaciones encuadradas como problemas de ciencia posnormal requiere la participación de lo que denominan “la comunidad extendida de pares”, que resulta de la ampliación de los estamentos de evaluación y decisión incorporando de modo eficaz a los actores que representan esa pluralidad de valores en conflicto. **Cuanto mayor sea el riesgo y la incertidumbre, mayor centralidad cobra la necesidad de dicha ampliación.**

Los autores señalan que la imposibilidad de controlar o predecir no quiere decir que no podamos anticipar responsablemente y plantean la necesidad, para tal tipo de situaciones, de **elaborar una “ciencia para la anticipación responsable” capaz de integrarse como parte de los procesos de elaboración de “calidad” para las decisiones, sustituyendo el ideal de la ciencia y tecnología para la predicción y el control.**

El llamado de advertencia sobre la incertidumbre y el riesgo asociados a los crecientes impactos ambientales antrópicos ha tenido su recepción institucional y legal bajo la forma del “principio de precaución”. Este importante principio fue formalizado por primera vez en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada en 1992 en Río de Janeiro, que produjo entre sus resultados el acuerdo en torno a la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Se trata de un conjunto de 27 principios en los que se definían los derechos civiles y las obligaciones de los Estados como base de un acuerdo internacional justo que permitiera proteger la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial.

El principio 15 de la Declaración de Río establece:

Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

El principio de precaución fue incorporado en las diferentes legislaciones nacionales y supranacionales como uno de los principios fundamentales en materia de política ambiental. No obstante, deben puntualizarse algunas limitaciones en el campo de su aplicación específica, que han conspirado contra su eficacia.

En primer lugar, la Declaración de Río, como así también los acuerdos vinculantes alcanzados en la Conferencia, enfatizan la necesidad de considerar a la protección ambiental como parte integrante del proceso de desarrollo y no de forma aislada (Principio 4). Pese a ello, ha habido una clara tendencia en la mayoría de los países periféricos a establecer una legislación ambiental sobreimpuesta, y no integrada, a las normativas aplicables a los sectores de la actividad. Esto ha generado una tendencia a considerar que el alcance del principio precautorio se limitaría a la fase de evaluación de impacto ambiental de proyectos, y no a las decisiones de política vinculadas al desarrollo integralmente entendido. La falta de adopción por parte de los Estados de la herramienta de **Evaluación Ambiental Estratégica** (destinada a incorporar el proceso de evaluación ambiental a las políticas y planes de gobierno) es una expresión de dicha limitación. Más allá de que con mucha frecuencia el principio precautorio es deficientemente aplicado aun en el mismo proceso específico de evaluación ambiental de proyectos individuales, la falta de integración de la política ambiental con la política de “desarrollo” opera, conceptualmente y en la práctica, como un obstáculo contra su efectiva aplicación conforme los principios de Río<sup>23</sup>.

En segundo lugar, y asociado con lo anterior, la fenomenal aceleración del cambio tecnológico ha producido un desfasaje entre el ritmo de los cambios técnicos y sus impactos en contraposición al ritmo al cual la sociedad puede procesarlos y realizar una evaluación de sus efectos. Este desfasaje queda muy bien ilustrado por el surgimiento de lo que algunos autores denominan “tecnologías extremas”, que implican impactos cada vez de mayor extensión y/o profundidad (Svampa y Viale, 2020). Ejemplos de tecnologías extremas pueden verse en la extracción de hidrocarburos no convencionales (*fracking*), la megaminería metalífera a cielo abierto, las centrales nucleares de potencia, la aplicación masiva de agrotóxicos, etc. Pero también refieren a tecnologías que penetran en profundidad, modificando los fundamentos mismos de la vida, como por ejemplo las tecnologías de transgénesis y la introducción de xenobióticos. Estas tecnologías extremas representan un salto cuantitativo relevante en el proceso ya señalado por Marx por el cual el ser humano, a través de la tecnología, modifica a la naturaleza no humana pero también a sí mismo, generando un proceso de creciente alienación que se manifiesta en una contradicción sociedad-naturaleza cada vez más acentuada.

---

23. En un clásico trabajo, el ecólogo William E. Odum (1982) aplicó la premisa de “la tiranía de las pequeñas decisiones”, originalmente planteada en el campo de la economía por Alfred Kahn (1966), para demostrar la ineficacia de la evaluación ambiental aplicada a proyectos individuales, enfatizando la necesidad de adoptar enfoques holísticos.

## Justicia socioambiental

La vulneración de los límites planetarios descrita impele a adoptar un posicionamiento político-intelectual radical que privilegie la sustentabilidad fuerte en detrimento de la débil, pues lo que está en juego ya no es de orden cuantitativo sino cualitativo. Es decir, **los impactos de la crisis ecológica afectan no solo la disponibilidad de recursos o la calidad ambiental de las generaciones futuras, sino la propia posibilidad de supervivencia de la civilización humana y de diversas formas de vida no humana.**

Más aún, el enfoque de los límites planetarios torna inadecuado e insuficiente a la vez al concepto de “capital natural crítico”<sup>24</sup> y conduce a privilegiar lo que Dobson denomina como la concepción de la irreversibilidad, o de la “naturaleza irreversible” (Riechmann, 2003). En vinculación con ello es posible filiar dos posicionamientos filosóficos alternativos actualmente en disputa: el proveniente de la ética antropocéntrica y el de la biocéntrica<sup>25</sup>, entendidos como sustratos ético-políticos que apuntalan concepciones diferentes y contrapuestas de justicia ambiental y con respecto a los derechos humanos y de la naturaleza.

### *Justicia distributiva socioambiental internacional*

Asimismo, la perspectiva de los límites planetarios conduce a una operacionalización concreta del principio de “responsabilidades comunes pero diferenciadas” planteado en los acuerdos climáticos a nivel internacional.

La responsabilidad común podría traducirse en términos de la no transgresión de los límites planetarios, mientras que las responsabilidades diferenciadas hacen referencia a la distribución de esfuerzos y costos relacionados a dicha responsabilidad común, concepto basado en un criterio de distribución de “cuotas justas” de bienes y pasivos ambientales.

Los Estados-nación tienen soberanía sobre sus recursos y, al mismo tiempo, responsabilidades sobre los impactos ambientales en sus territorios. En ese sentido, a nivel internacional la determinación de las “cuotas justas” debe basarse –en referencia a los impactos globales– en las contribuciones de cada nación, en función de su población, al deterioro de los procesos del sistema Tierra en su conjunto. Esto debe realizarse de manera consistente con la perspectiva de los derechos humanos que postula la integralidad e inescindibilidad de los mismos, por caso, entre el derecho humano al desarrollo y al ambiente sano.

Con respecto a los impactos territoriales, la justicia socioambiental implica reconocer que los impactos locales deben ser proporcionales a las contribuciones de las sociedades al deterioro ambiental. La intensidad de los impactos ambientales sufridos en cada territorio debe ser comparada con las “huellas” (indicadores biofísicos basados en el consumo, como por ejemplo huella ecológica, hídrica, material, etc.) y no meramente con indicadores de extracción o emisión “territorial” de contaminantes, que no tienen en cuenta los impactos asociados a los flujos de comercio exterior. En tal sentido, cabe anticipar una crítica

---

24. Por capital natural se entiende cualquier acervo o *stock* de recursos naturales que produce un flujo de bienes y servicios valiosos para el futuro. Capital natural crítico refiere al mínimo de “capital natural” que resulta imprescindible para la producción y la reproducción de la vida humana. Para ampliar sobre el concepto, ver Costanza y Daly (2001).

25. Por ética antropocéntrica entendemos aquella según la cual la naturaleza merece una consideración moral, porque la forma en que la naturaleza es tratada afecta a los seres humanos, mientras que la ética ecocéntrica se basa en que la naturaleza merece consideración moral por ser portadora de valores intrínsecos.

al sistema de inventarios de emisiones de CO<sub>2</sub> utilizado en el contexto de los acuerdos climáticos, ya que considera las emisiones territoriales en lugar de las emisiones basadas en consumo.

La distribución de responsabilidades diferenciadas implica desarrollar criterios de asignación objetivos y justos susceptibles de alcanzar consensos entre las partes involucradas, sin lo cual la aspiración a una justicia ambiental internacional resultaría utópica.

Finalmente, dado el carácter acumulativo de la aproximación o vulneración de los límites planetarios, los criterios de justicia ambiental internacional deben ir más allá de las responsabilidades de consumo y emisión actuales, e incorporar un análisis de las contribuciones históricas de las diferentes naciones, lo cual implica la dificultad de establecer y consensuar internacionalmente los criterios racionales y justos para recortar los horizontes temporales para su asignación.

### *Justicia distributiva socioambiental intrageneracional e intergeneracional*

Al interior de las naciones, la vulneración de los límites planetarios y sus impactos implican la construcción de políticas destinadas a la preservación y construcción de la sustentabilidad en sentido fuerte sobre la base de la profundización democrática de los procesos de toma de decisiones y el respeto a la autodeterminación de las comunidades, es decir, de justicia distributiva ambiental.

Ello involucra impactos aceptables, minimizados y sin inequidades en función de los grupos de ingresos, clase, etnia, edad o género; además de los criterios de equidad transgeneracional para los territorios.

De esta manera, la economía ecológica incorpora la dimensión intergeneracional de la asimetría entre beneficiados y perjudicados por los crecientes impactos ambientales, al tiempo que esta dimensión intertemporal se cruza y retroalimenta con la dimensión intrageneracional.

## Palabras finales

El presente documento introduce elementos preliminares de economía ecológica, en tanto campo transdisciplinar novedoso, emergente desde mediados del siglo pasado, cuando la crisis ecosocial en curso comenzó a manifestarse de modo evidente. Se presentan elementos que conforman su base filosófica, científica e instrumental. También, los criterios de intervención en la realidad que la economía ecológica postula como campo de conocimiento.

Su carácter fuertemente disruptivo con respecto a las concepciones económicas ortodoxas y heterodoxas hegemónicas plantea un desafío mayor para pensar los procesos de transición ecosocial en curso: el de construir un diálogo transformador de dichas concepciones con centro en la sostenibilidad de la vida. Este texto constituye, entonces, una invitación en ese sentido.

## Bibliografía

- Barrios, M. Á. (2008). La economía ecológica política. Una revisión de los principales elementos para su debate. *Análisis Económico*, 23(54), 239-265.
- Belloni, P., y Peinado, G. (2013). Inserción externa, capitales transnacionales e intercambio ecológicamente desigual en la América del Sur posneoliberal. *Sociedad y Economía*, (25), 15-38.
- Costanza, R. y Daly, H. E. (1992). Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*, 6, 37-46. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415(6867), 23. <https://doi.org/10.1038/415023a>
- Daly, H. (2005). Economics of the full world. *Scientific American*, 293, 100-107. doi:10.1038/scientificamerican0905-100
- Ecological Footprint Network. Disponible en: <https://api.footprintnetwork.org/v1/data/5001/all/BCtot,EFCtot>
- Energy Institute (2023). Disponible en: <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>. Consultado el 4/6/2024.
- Falconí, F. y Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: Decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *Revista Iberoamericana de economía ecológica*, 1, 11-20.
- Forcinito, K. y Varela, P. (2021). "La ineficacia de la estrategia hegemónica de desmaterialización: un abordaje teórico y de la evidencia empírica entre 1990 y 2015 como base para la acción política". En: Azamar Alonso, A., Silva Macher, J. C. y Zuberman, F. (comps.): *Una mirada desde la economía ecológica latinoamericana frente a la crisis socioecológica*. Colección Miradas Latinoamericanas. Un estado del debate. Buenos Aires: CLACSO-Siglo XXI Editores.
- Funtowicz S. y Ravetz, J. (1993). Science for the post-normal age, *Futures*, 25, Issue 7: 739-755. ISSN 0016-3287. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L).
- Galloway J. N., y VV. AA. (2008). Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions. *Science* 320,889-892(2008). doi:10.1126/science.1136674
- Garrels, R. M., Lerman, A., y Mackenzie, F. T. (1976). Controls of Atmospheric O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>: Past, Present, and Future: Geochemical models of the earth's surface environment, focusing on O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> cycles, suggest that a dynamic steady-state system exists, maintained over time by effective feedback mechanisms. *American Scientist*, 64(3), 306-315. <http://www.jstor.org/stable/27847256>
- Georgescu-Roegen, N. (1975). Energy and Economic Myths. *Southern Economic Journal*, 41, No. 3, pp. 347-381
- Gudynas, E. (2011). Desarrollo y sustentabilidad ambiental: Diversidad de posturas, tensiones Persistentes. En Matarán Ruíz, A. y López Castellano, F. (eds.) *La Tierra no es muda: diálogos entre el desarrollo sostenible y el postdesarrollo*. Granada: Universidad de Granada, págs. 69-96.
- Haberl, H. y VV. AA. (2007). Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(31), 12942-12947. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704243104>
- Infante-Amate y VV. AA.. (2017). El metabolismo social. Historia, métodos y principales aportaciones. *Revista Iberoamericana de economía ecológica*, 27: 130-152
- Kahn, A. E. (1966). The tyranny of small decisions: market failures, imperfections, and the limits of economics. *Kyklos*, 19: 23-47. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6435.1966.tb02491.x>
- Kauffman, S. (2020). Answering Schrödinger's "What Is Life?". *Entropy* (Basel). 2020 Jul 25;22(8):815. doi: 10.3390/e22080815. PMID: 33286586; PMCID: PMC7517386.
- Kleidon, A. y Lorenz, R. D. (eds.) (2004). Entropy production by Earth System processes. En: Non-equilibrium thermodynamics and the production of entropy: life, Earth, and beyond. Springer Verlag, Heidelberg.

- Lenton y VV. AA. (2008). Tipping elements in the Earth's climate system. *Proc. Natl. Acad. Sci (USA)*, 105(6):1786-1796. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- Lovelock, J. y Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: The Gaia hypothesis. *Tellus* 26:2-10.
- March Corbella, H. (2019). *El surgimiento de la economía ecológica*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Marini, R. (1973). Dialéctica de la dependencia. En: CLACSO (2008) *América Latina, dependencia y globalización*. Buenos Aires y Bogotá: Siglo del Hombre Editores.
- Martínez Alier, J. (1998). *Curso de economía ecológica*.
- Molden, D. y VV. AA. (2007). Trends in water and agricultural development, pag 57-58. IWMI Books, Reports H040195, International Water Management Institute.
- Moore, J. W. (2017). The Capitalocene, Part I: on the nature and origins of our ecological crisis. *The Journal of Peasant Studies*, 44(3), 594-630. <https://doi.org/10.1080/03066150.2016.1235036>
- Mora, A., Peinado, G., y Passalía, C. (2022). EL metabolismo socioeconómico argentino bajo los distintos patrones de acumulación. *Realidad Económica*, 52(346), 43-a.
- O'Connor, J. R. (2001). *Causas naturales: ensayos de marxismo ecológico*. México: Siglo XXI Editores.
- Odum, W. E. (1982). Environmental Degradation and the Tyranny of Small Decisions. *BioScience*, 32: 728-729.
- Passalia, C., y Peinado, G. (2022). Economía ecológica latinoamericana en el siglo XXI. Rasgos distintivos en el marco de las diferentes corrientes económico-ambientales. En: *Economía ecológica latinoamericana*. México: CLACSO-Siglo XXI.
- Peinado, G. (2018). Economía ecológica y comercio internacional: el intercambio ecológicamente desigual como visibilizador de los flujos ocultos del comercio internacional. *Revista Economía*, 70(112), 53-69.
- Peinado, G. (2019). Inserción internacional e intercambio ecológicamente desigual: el desarrollo de un subdesarrollo desigual e insustentable en Argentina. Tesis de maestría. FLACSO. Sede Académica Argentina, Buenos Aires.
- Peinado, G., y Mora, A. H. (2024). La economía ecológica como sistema teórico. *Revista iberoamericana de economía ecológica*, 36(2), 41-58.
- Pérez Rincón, M. (2024). Economía ecológica para América Latina y el Caribe: bases conceptuales y perspectivas de política pública para la sostenibilidad. En: Sanchez, J., León, M. Recursos naturales y desarrollo sostenible: propuestas teóricas en el contexto de América Latina y el Caribe. CEPAL - Serie Recursos Naturales y Desarrollo N° 220.
- Prebisch, R. (2012). *El desarrollo económico de la América Latina y algunos de sus principales problemas*. Santiago de Chile: Libros y Documentos Institucionales, CEPAL.
- Richardson, K. y VV. AA.. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Sci. Adv.* 9adh2458. DOI:10.1126/sciadv.adh2458
- Riechmann J. (2006). Tres principios básicos de Justicia Ambiental. *Revista internacional de filosofía política*, 21, 2003 (Ejemplar dedicado a: Naturaleza y sentido de la guerra de hoy), págs. 103-120.
- Rockström, J. y VV. AA. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461, 472-475. <https://doi.org/10.1038/461472a>
- Rothman, D. H. (2014). Earth's Carbon Cycle: A Mathematical Perspective. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 52, no. 1: 47-64.
- Steffen, W., y VV. AA. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2(1), 81-98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Svampa, M. y Viale, E. (2020). *El colapso ecológico ya llegó. Una brújula para salir del (mal)desarrollo*. Siglo XXI Editores.
- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, 34(136), 41-71.

Tu Luyau y VV. AA. (2023). Anthropogenic modification of phosphorus sequestration in lake sediments during the Holocene: A global perspective. *Global and Planetary Change*, 229, 2023, 104222, ISSN 0921-8181, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104222>.

Van der Leeuw, S. (2008). Climate and Society: Lessons from the Past 10000 Years, *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 37(sp14), 476-482, (1 November 2008). <https://doi.org/10.1579/0044-7447-37.sp14.476>



## Fundación Ambiente y Recursos Naturales

Sánchez de Bustamante 27 - Piso 1° (C1173AAA) CABA - Argentina  
[www.farn.org.ar](http://www.farn.org.ar) | [info@farn.org.ar](mailto:info@farn.org.ar)      /farnargentina