

# Sustentabilidad y crisis climática global: tecnologías ambientalmente regenerativas como fuerzas productivas de la humanidad

*Sustainability and global climate crisis: environmentally regenerative technologies as productive forces of humanity*

*Itzel Cardoso-Hernández; Josemanuel Luna-Nemecio; Fleur Gouttefanjat*

## RESUMEN

Ante la crisis climática y la degradación socioambiental, pocos estudios cuestionan a la tecnología configurada históricamente en el capitalismo. A la tecnología ambiental se la presenta como una respuesta, pero sin marcar los límites terminales al modo de producción industrial actual. Además, sobre un concepto de tecnología ambiental inacabado se pretende alcanzar la regeneración socioambiental global. El estudio cualitativo de corte exploratorio se sustenta en una recuperación documental, una matriz teórica crítica y en las categorías *fuerzas productivas* de Karl Marx y *fuerzas productivas de la humanidad* para 1) especificar a las fuerzas productivas humanas; 2) desglosar a la tecnología ambiental como dimensión de las fuerzas productivas; y, 3) delimitar a las tecnologías ambientalmente regenerativas. Teóricamente y en la práctica, no toda tecnología ecológica es realmente ambiental, ni fuerza productiva de la humanidad. Se presentan bases y criterios para evaluarlas y repensarlas alineadas a la regeneración, preservación y reproducción de la vida.

**Palabras clave:** crisis ambiental; crítica de la economía política; desarrollo sustentable; cambio tecnológico; educación ambiental.

## ABSTRACT

In the face of the climate crisis and socio-environmental degradation, few studies question the technology historically configured in capitalism. Environmental technology is presented as a response, but without marking the terminal limits to the current industrial mode of production. Socio-environmental regeneration is sought but on the basis of an unfinished concept of environmental technology, incapable of integrating the heterogeneity of models and purposes that its techno-scientific practice has deployed in the last 40 years. The exploratory study is based on documentary recovery and on the elaboration of a critical theoretical matrix, whose argumentative development and categories were guided by questions from the concepts of Karl Marx's "productive forces" and of Jorge Veraza's "productive forces of humanity", to 1) specify human productive forces; 2) break down what is understood by environmental technology as a dimension of productive forces; and, 3) delimit environmentally regenerative technologies. Theoretically and in practice, not all ecological technology is truly environmental, nor is it the productive force of humanity. Bases and criteria are presented to evaluate and rethink technological innovations and inventions aligned to the regeneration, preservation, and reproduction of life.

**Keywords:** critique of political economy; environmental crisis; environmental education; sustainable development; technological change.



## INFORMACIÓN:

<http://doi.org/10.46652/rgn.v7i31.899>  
ISSN 2477-9083  
Vol. 7 No. 31, 2022. e210899  
Quito, Ecuador

Enviado: enero 07, 2022  
Aceptado: marzo 12, 2022  
Publicado: marzo 23, 2022  
Publicación Continua  
Sección Dossier | Peer Reviewed



## AUTORES:

 **Itzel Cardoso-Hernández**  
Centro Universitario CIFE - México  
[icardosoh@cife.edu.mx](mailto:icardosoh@cife.edu.mx)

 **Josemanuel Luna-Nemecio**  
Centro Universitario CIFE - México  
[josmaluna2@gmail.com](mailto:josmaluna2@gmail.com)

 **Fleur Gouttefanjat**  
Sciences Po Paris - Francia  
[fleur.gouttefanjat@gmail.com](mailto:fleur.gouttefanjat@gmail.com)

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

## Financiamiento

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

## Agradecimiento

N/A

## Nota

El artículo no es parte de un proyecto anterior.

ENTIDAD EDITORA



## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque el tema de la crisis climática está en boga desde hace varias décadas, las estrategias para atender y frenar la actual emergencia ambiental han sido insuficientes. Desde hace aproximadamente 80 años, se multiplicaron las reflexiones y estrategias en torno a ecología, tecnologías ambientales (TA) y los imaginarios de la sustentabilidad, sin alcanzarse una vía de salida lo suficientemente sólida para atender y frenar la emergencia climática y socioambiental contemporáneas. Tales reflexiones encontraron un primer hito con la llamada Conferencia Científica de las Naciones Unidas sobre Conservación y Utilización de los Recursos de 1949 (Jackson, 2021) y prosiguieron con el largo debate medioambiental propio a las décadas de 1970 y 1980, durante las cuales se pronunciaron varios organismos internacionales sobre la cuestión climática (Estenssoro, 2015). Según Toulkeridis et al. (2020), esas declaraciones lograron que los gobiernos formalizaran sus intenciones para proteger la capa de ozono (Protocolo de Montreal, 1987); una década después, firmaran el Protocolo de Kyoto (1997); y posteriormente, los Acuerdos de París (2015).

Estos últimos eventos fueron orientados por el entonces naciente concepto de desarrollo sostenible, entendido como la satisfacción de las necesidades sociales y económicas del presente sin comprometer las de las futuras generaciones (Brundtland, 1987). Hasta ahora, el Informe Brundtland así como la Agenda 2030, han definido la noción de sustentabilidad dominante (Tetreault, 2004). En términos generales, la discusión en torno a la crisis climática, TA y sustentabilidad, incluyeron no solo perspectivas y pronósticos sobre la variación del clima opuestos (Zhao et al., 2020), sino otros enfoques al concepto de sustentabilidad propiciados por los nuevos debates sobre la cuestión ambiental y tecnológica (Cardoso & Gouttefanjat, 2022).

Un primer núcleo investigativo, incluyó a las nuevas tendencias que ponen en duda al paradigma de las ciencias ambientales desde un marco crítico ante los desafíos ecosistémicos contemporáneos (González-Márquez & Toledo, 2020) así como aquellas dirigidas hacia otras visiones sobre el renacimiento, reforma y restauración socioambiental (Camrass, 2020). En este núcleo, es posible la integración de campos como la permacultura renovada (Spangler et al., 2021); la economía colaborativa o social (Sastre-Centeno & Inglada-Galiana, 2018); o la ecotecnología inclusiva y adaptada a las necesidades sociales regionales (Gavito et al., 2017).

Un segundo núcleo investigativo, desde luego hegemónico, enfoca a la generalidad de la crisis climática desde el fenómeno del calentamiento acelerado de la temperatura media del planeta. Ejemplos de estos estudios son los del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), o las de Rockström et al. (2009) para quienes en las próximas tres décadas, se estaría a punto de transgredir cinco de los nueve indicadores terminales del llamado Antropoceno; este, caracterizado porque los efectos ambientales y sociales negativos han llegado a límites irreversibles (Ripple et al., 2020).

Al contrario de la afirmación anterior, según la cual el ser humano en sí es responsable de la irreversible contaminación, de la devastación del medio bio-geofísico-químico y del agotamiento de recursos; es necesario hacer hincapié en el papel preponderante que el modo de producción capitalista ha tenido históricamente en lo que respecta a la producción de una devastación ambiental global. Sus consecuencias subrayan la alta nocividad del patrón tecnoenergético del capitalismo contemporáneo (Barreda, 2019) y los límites terminales que este está alcanzando en el marco del patrón de acumulación de capital y de explotación de fuerza de trabajo de corte neoliberal (Arrizabaló, 2018). En este sentido,

el desarrollo histórico capitalista desplegó una tecnología orientada a la obtención de ganancias en vez de mediar entre las necesidades humanas y los equilibrios naturales. En lugar de contener el deterioro ambiental, lo ha complicado o incluso aumentado, hasta alcanzar la complejidad y magnitud de los problemas medioambientales actuales (Gavito et al., 2017).

Y a pesar de que la tecnología capitalista en general ha mostrado fomentar la inadecuación entre la sociedad y la naturaleza (Adelman, 2017; Barreda, 2016), ha sido poco examinada y criticada (Nicholson & Reynolds, 2020). En el escenario de la crisis ambiental, la aparición de sus nuevas propuestas como la geoingeniería, la nueva energía nuclear, la biogenética, la nanotecnología, la biología sintética o la inteligencia artificial, han sido poco revisadas. En este sentido, resultan escasas las investigaciones que cuestionan más seriamente el papel y la esencia de la tecnología en general y de la ambiental en particular por sus servicios ulteriores y los efectos profundos de sus aplicaciones (Hällström, 2008; Oyarzún, 2018).

Considerando los resultados globales de las acciones para atender la crisis ambiental actual y con base en las evidencias históricas del papel nocivo de la tecnología capitalista sobre el ambiente y el ser humano (Barreda, 2020), esta investigación pretende aportar elementos claves para la identificación y, en su caso, el surgimiento de diversas tecnologías viables para atender la actual emergencia ambiental. Particularmente, se pretende ofrecer elementos teóricos que, a partir de la crítica al patrón tecnológico capitalista actual, permitan el andamiaje conceptual para pensar unas TA acordes a las necesidades humanas y a los equilibrios ecológicos presentes y futuro. En este sentido, se pretende aportar una noción sobre TA que, en parte, resuelva la persistente confusión del término, debido entre otras cosas a sus múltiples enfoques y campos experimentales (Jabbour, 2010). Aun hace falta la construcción de un concepto unificador para las TA y especialmente para las llamadas tecnologías ambientalmente regenerativas (TAR).

Para alcanzar tal cometido y después de una amplia revisión documental, se presenta un artículo de tipo exploratorio en el cual se resignifica el concepto tecnología ambiental a la luz de la crítica de la economía política inaugurada por Karl Marx (1975) y, en particular, de sus reflexiones sobre el concepto de fuerzas productivas (FP). Una vez replanteado y a partir de esta matriz teórica crítica, se traza lo que podría ser considerada una tecnología ambientalmente regenerativa (TAR) como modelo de tecnología ambiental realmente a favor de la humanidad y del medioambiente. Además de brindar especificidad teórica al concepto, se ilustra en qué áreas se ha podido poner en práctica a este tipo de tecnologías. De este modo, se pretende: 1) precisar conceptualmente a las fuerzas productivas específicamente humanas; 2) desglosar qué se entiende por tecnología ambiental como dimensión de las fuerzas productivas; y, 3) delimitar a las tecnologías ambientalmente regenerativas.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de estudio

Se realizó un estudio cualitativo de corte exploratorio basado en dos ejes. Primero, en un análisis sustentado en la recuperación de datos sobre TA, obtenidos y registrados por investigadores en fuentes documentales impresas o electrónicas de prestigio. En segundo lugar, se buscó interpretar y criticar dichos datos a la luz del concepto fuerzas productivas tal como fue formulado por Karl Marx (1975) y desarrollado en tanto fuerzas productivas de la humanidad por Veraza (2012; 2015; 2018); lo cual implicó además, hacerse de una matriz teórica crítica mediante la recuperación bibliográfica y de la elaboración de categorías. El desarrollo argumentativo de las categorías fue guiado por preguntas de investigación con

base en la metodología de Arias (2012) y Tobón (2017).

## 2.2 Fases del estudio

### 2.2.1 Revisión documental

En torno a TA y a TAR, se utilizaron en su mayoría artículos de revistas indexadas en bases de datos científicas como *Scopus* o *Web of Science* y algunos seleccionados de *Nature*, Dialnet y Scielo. Se emplearon libros y materiales de investigación digital de universidades reconocidas, en algunos casos anteriores a 2015. Se consultaron los sitios oficiales de organismos internacionales de prestigio como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), el Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (CLACSO), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), el Sistema de Información de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SIODS), la Organización de Naciones Unidas (ONU) y el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).

Para la selección final de documentos, se utilizaron 110 algoritmos combinados a partir de la identificación y relación de palabras claves, de los cuales destacan: 1. “Technology” combinada con “environmental”, “productive forces” o “capitalism” o “neoliberalism” y “climate crisis”; 2. “Environmental technologies” con “regenerative” o “protective” o “reversible” o “restoration” o “green” o “recycling” o “clean” o “eco” o “alternative” y “climate change”; 3. “Environmental technologies” y “sustainability” y “climate crisis”.

### 2.2.2 Elaboración del marco teórico crítico y construcción de categorías guiadas por preguntas

Para llevar la interpretación crítica de los datos obtenidos sobre TA y delinear lo que podría considerarse una TAR, se construyó un marco teórico basado en la recuperación del concepto de fuerzas productivas formulado por Karl Marx (1975) y luego desarrollado por Veraza (2012) como fuerzas productivas de la humanidad, para distinguirlas de las fuerzas productivas específicamente capitalistas. La lectura y la interpretación de la obra de estos autores generó un criterio para repensar a las TA a la luz de sus efectos sobre el ambiente. Estos principios teóricos fueron complementados con las aportaciones de Barreda (1995, 2016, 2019) en torno al desarrollo histórico capitalista y sus impactos sobre la naturaleza. La interpretación se llevó a cabo mediante la elaboración de tres categorías: fuerzas productivas, tecnología ambiental y tecnología ambiental regenerativa. Para cada categoría se elaboraron las siguientes preguntas:

Tabla 1. Categorías de análisis

Categorías	Preguntas
Fuerzas productivas de la humanidad	¿De qué manera las fuerzas productivas y sus tipos, son el principio conceptual de las fuerzas productivas de la humanidad?
Tecnologías ambientales como dimensión de las fuerzas productivas	Como dimensión de las fuerzas productivas, ¿cómo se definen a las tecnologías en general y a las tecnologías ambientales en particular y qué las diferencia de aquellas consideradas tecnologías ambientales de corte capitalista o sostenibles? ¿Existe una tipología de ellas claramente definida?
Tecnologías ambientalmente regenerativas	¿De qué manera se consideran a las tecnologías ambientalmente regenerativas como una categoría cuya especificidad clarifique qué son, su propósito y el papel que ocupan en el contexto de la sustentabilidad y la crisis climática?

Fuente: Adaptación de “Manual de Investigación de CIFE”, por Tobón, 2017, p. 8.

La plataforma Mendeley permitió organizar las lecturas y registrar las referencias, posibilitando la selección y el procesamiento de los 121 documentos más afines. De este modo, se elaboró un registro documental al recuperar las frases e ideas principales en forma de citas textuales y no textuales por categorías.

### 2.2.3 Redacción del artículo y producción de conclusiones

La última parte del trabajo fue dedicada a la sistematización de la información y su análisis, estableciendo relaciones entre los datos obtenidos con el marco teórico para la redacción final del artículo.

## 3. DESARROLLO

### 3.1 Las fuerzas productivas de la humanidad como marco de referencia y categoría para la evaluación y el diseño de tecnologías favorables al ambiente

Fuera de una perspectiva crítica, se suelen entender a las FP como un elemento más de la producción industrial. Como categoría general, las FP son así concebidas en la mayor parte de la literatura como un motor técnico del desarrollo en los procesos de creación, administración y gestión de la producción de mercancías, con el objetivo de aumentar los rendimientos en diversos campos de aplicación (Castelló, 2009; Guo & Radder, 2020). Estas fuerzas, al ser consideradas así y desde una óptica tecnologicista es como se explica la restricción en su alcance conceptual. Y al mismo tiempo, lo que justifica sean reformuladas tal como las enunció Marx (1975) y luego, Veraza (2012, 2015, 2018), para permitir evaluar mejor su significado.

Hacia una aproximación al concepto de FP entendido desde una perspectiva crítica, primero han de delimitarse los elementos a los cuales hace referencia. Según Marx (1975), las FP son constituidas de componentes heterogéneos como el cuerpo o el cerebro humanos, las herramientas y técnicas, los recursos naturales o la cooperación entre individuos. Las FP no tienen por consiguiente una sola dimensión material, sino que también abarcan aspectos subjetivos como los conocimientos, abstracciones, ideas, inspiración o creatividad. Para resaltar este último aspecto, Veraza (2012) indica cómo las FP pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: por un lado, las fuerzas productivas técnicas que tienen como objetivo la producción de objetos y, por otro, las fuerzas productivas procreativas cuya meta es la producción de sujetos. Esto, permite distinguir y rescatar los rasgos claves de las FP propiamente humanas, de las FP específicamente capitalistas.

Para fundamentarlo, Marx remite a dos autores esenciales: Charles Darwin y Giambattista Vico. Charles Darwin se especializó en estudiar los órganos vegetales y animales como fuerzas dirigidas a fomentar la reproducción y el desarrollo de la vida vegetal y animal así que, para Marx, las fuerzas productivas humanas tendrán igualmente el objetivo principal de la preservación, el desarrollo y la reproducción de la vida humana (Marx, 1975; Veraza, 2012). Esta afirmación ofrece un primer criterio desde el cual puede diferenciarse lo propiamente humano positivo de cualquier otra innovación o invento fuera de esta pretensión; desde la corriente crítica marxista, la calidad de la vida se convierte entonces en una medida para evaluar la productividad de las FP. En adición, Marx complementa este primer criterio arraigado en la historia natural con otro ligado estrechamente a la historia humana. Retomando a Vico, muestra cómo la historia humana se distingue de cualquier otra por ser autoproducidas y donde el ser humano es entendido universal y libre. Así, las FP fomentan y afirman no solamente el desarrollo de la vida sino la libertad humana.

Con estas dos referencias a Darwin y a Vico, el concepto FP de la humanidad adquiere concreción y solidez. A partir de estas bases emergen los principios que posibilitan la evaluación de todo cuanto está utilizando el ser humano para transformar a la naturaleza, preservarla y asegurar la reproducción de su vida. Estos criterios son fundamentales ya que le permitieron a Veraza (2012, 2015) establecer una distinción crítica entre fuerzas productivas humanas y fuerzas productivas capitalistas. Actualmente, las fuerzas productivas capitalistas pueden diferenciarse en dos tipos: positivas y perniciosas o nocivas o destructivas, debido a lo siguiente (Barreda, 2016; Veraza, 2015).

Las FP en principio, no se producen a sí mismas como sí lo hacen las fuerzas biológicas de la naturaleza. Las FP son resultado de la praxis humana y, por lo tanto, pueden ser consideradas un producto histórico. Ahora bien, Marx busca demostrar en su crítica de la economía política que la praxis humana se encuentra hoy en día subsumida bajo el capital (1975). El proceso de trabajo, tanto en su sentido como en su contenido material técnico, ya no tiene como meta esencial la producción de riqueza para satisfacer las necesidades de los seres humanos sino la extracción de plusvalía y la acumulación de capital.

Con base en Barreda (2016) y Veraza (2015), la finalidad humana y libertaria de las FP desplegadas históricamente, va a ser contradicha por los requerimientos del capital al trastocar cada vez más a las FP hasta volverlas nocivas para el ser humano y su entorno natural. En vez de preservar y reproducir la vida, tanto humana como animal o vegetal, se enfocan en explotar plusvalía relativa a la clase trabajadora. En este sentido, el desarrollo del conocimiento técnico-científico contemporáneo y sus distintas manifestaciones, presenta una contradicción ontológica-conceptual; debido a que su propósito primigenio ha sido alterado al derivar en la hegemonía de un conjunto de fuerzas productivas nocivas. Esto sugiere, que el modo de producción capitalista actúa como un obstáculo para el avance civilizatorio de las sociedades, al desplegar otras fuerzas productivas del tipo destructivas para el ser humano y para el ambiente.

La revisión de la obra crítica de Marx (1975), de Veraza (2018) y de Barreda (2016) en torno a las FP, permite no solamente entender la configuración actual del desarrollo tecnológico y su imposibilidad para resolver de manera perenne los desafíos medioambientales y climáticos actuales; sino también, la construcción de algunos criterios básicos para la evaluación y la creación de FP adecuadas a las necesidades humanas y a la naturaleza. Este punto resulta central para avanzar hacia un horizonte social e histórico sustentable y que permita posicionarse críticamente respecto a la crisis climática contemporánea. Así, a partir de la noción de FP humanas, es posible replantearse el concepto TA.

### 3.2 Repensar las tecnologías ambientales como una dimensión de las fuerzas productivas de la humanidad

Al revisar las nociones sobre tecnología en general y sobre TA en particular, se detectaron diversas interpretaciones para la tecnología (Herrera, 2010) y lo mismo para la TA (Jabbour, 2010). En el caso de la TA y al tratarse de un concepto relativo, cada campo o sector técnico o académico, las define y aplica de un modo particular. Hecho que suma no solo a su diversidad polisémica a décadas de iniciado el debate medioambiental, sino que ha impedido claridad cuando a ellas se refiere.

Por un lado, la noción actual de tecnología, toma su forma en la llamada Revolución Industrial durante el siglo XIX. Como concepto general, sus raíces etimológicas aluden a cuatro aspectos básicos que delinean una definición llana: τεχνολογία tecnología, de τεχνολόγος tecnológicos, de τέχνη téchnē ‘arte’ y λόγος lógos ‘tratado’. En cambio, a la tecnología moderna, se la define como el conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico (Real Academia Española, s.f.). Desde el mundo anglosajón, se la entiende como la aplicación del conocimiento de un área en particular o como la capacidad otorgada a algo por tal aplicación. En el idioma inglés, se hace una distinción entre tecnología como sustantivo y como resultado de; además, se incluyen dos acepciones: una forma de llevar a cabo una tarea utilizando procesos técnicos, métodos o conocimientos; o como los aspectos especializados de un campo particular de esfuerzo (Merriam-Webster Incorporated, s.f.).

Entre las sutiles diferencias conceptuales, es importante señalar que en el idioma inglés ya no se define a la tecnología como arte, sino que se desarticula de él y se le otorga una relación directa a las ingenierías. Las cuales, al aplicar la ciencia y las matemáticas, las propiedades de la materia y los recursos de energía en la naturaleza, se hacen útiles a la gente a través del diseño y manufactura de productos complejos (MWI, s.f.). En el idioma español, la TA está ligada directamente al conocimiento científico (RAE, s.f.) pero que en lo ambiental, se observa un propósito reducido y un talante sostenible: para que en el caso, se sometan a las materias desechadas a determinados tratamientos para su reutilización. Como se observa, las diferencias conceptuales y lingüísticas mencionadas sugieren la direccionalidad epocal y regional de diseño y uso conferido a la tecnología.

Por otro lado, la TA al ser considerada como un elemento de una cadena productiva-organizativa principalmente, debe su aparición histórica a los impactos de la toxicidad medioambiental, la devastación del entorno natural y a los efectos socioambientales de la crisis climática contemporánea.

Así, la noción TA se desarrolla alrededor de la década de 1970, entre los efectos que el avance civilizatorio produce en el ambiente y entre las conferencias de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano de 1972; hasta llegar a los trabajos de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible (CDS) en 1995. Las tecnologías ecológicamente racionales, como se les llamó inicialmente a las TA (Brundtland, 1987), han evolucionado con el propósito de mejorar la capacidad industrial al adaptar, mantener y perfeccionar nuevas técnicas. A través de la innovación y la creación de nuevos mercados, estas tecnologías pretendieron impactar no solo al interior de una micro empresa, sino, a una sociedad o región (CDS, 1998). La TA, por lo mismo, dependió de los problemas considerados prioritarios en el campo del discurso hegemónico sobre el desarrollo sostenible. Y precisamente, en este contexto, la tecnología fue considerada uno de los medios para resolver los problemas ambientales y motor predilecto del desarrollo; que, en esta nueva versión, aspiraba a desacoplar el crecimiento económico de la devastación de la naturaleza (Cardoso & Gouttefanjat, 2022).

En congruencia con el concepto tecnologías ambientalmente racionales, el Plan de Acción de Tecnologías Ambientales y el Pacto Verde de la Comisión Europea en 2004, las definió como todas las tecnologías cuyo uso causan menos daño ecológico que las alternativas. En años recientes se considera a la prevención como una característica necesaria a ellas; de cuyos ejemplos dan cuenta las tecnologías de producción más limpia. A través de controlar la contaminación, los productos y los servicios desde la ecoeficiencia hasta la llamada ingeniería del ciclo de vida (Hauschild et al., 2020), se pretende mitigar los efectos del cambio climático, el deterioro del medio ambiente, la escasez de recursos y otros conflictos socioambientales descritos por Stein (2018). Desde hace más de dos décadas, estas TA, ensayan su inclusión como el cuarto pilar del desarrollo armónico entre economía, medio ambiente y sociedad (CDS, 1995) sin que esto implique marcar algún límite al tipo de acumulación de capital y al desarrollo de las diferentes FP técnicas y procreativas instaladas durante el neoliberalismo (Luna-Nemecio, 2020).

Para profundizar en el significado de las TA más allá del discurso hegemónico, es importante mencionar que se trata de un concepto inacabado y aun confuso. Se trata de un concepto polisémico bien ilustrado por términos como la biotecnología ambiental o la ecotecnología. Asimismo, el trabajo de Jabbour (2010), identifica más de una decena de nomenclaturas y su consecuente imprecisión. A la fecha, se contabilizan más de 40 nominaciones para las tecnologías que incorporan algún aspecto ambiental (Tabla 2). Tal dispersión, justifica una redefinición que abarque su diversidad y las una especificando un qué, un quién y un para qué integradores.

Tabla 2. Hacia una tipología de la Tecnología Ambiental

Aspectos	Nominaciones
Presencia	Ingeniería ambiental, ecotecnología ambiental, biotecnología ambiental, bioingeniería ambiental, ingeniería industrial ambiental, tecnología natural.
Por su propósito	Descontaminantes de aire, agua o suelo; producción alimentos naturales u orgánicos; limpias, final del ciclo, saludables, amigables, bio, innovadoras, renovables, energía solar, energía renovable, eficiente energéticamente, conversión, tratamiento, remediación, de recuperación, desalinización, térmica, conversión de biomasa, convencional, actual, nueva ingeniería, viable, adaptativa, de reuso, procesamiento de desechos, de separación y purificación, de emisión negativa, mejorada, alta, protectiva, doméstica, nuevos materiales, eco, verde, 4.0, sostenible, sustentable, del espacio interior, sustitución.
Por su origen disciplinar o desde las ciencias ambientales	Física, química verde, agronómicas, ingeniería del ciclo de vida, arquitectura del paisaje, biodiseño, ecodiseño, geografía, geoingeniería, biogenéticas, bioingeniería, biotecnología, biotecnología genética, ecología, ecotecnología, de gestión ambiental y monitoreo, geotermia, nano, energías renovables o alternas y de nuevos materiales.
Por su pertinencia o contexto	Apropiadas, emergentes, restaurativas y de recuperación.
Organizativas	Ancestrales, permacultura, ecovillas, ecoaldeas, ecotecnias, social, mixtas.
Desde las ciencias críticas	Precapitalistas, capitalistas, transcapitalistas. Fuerzas productivas.
Impacto	Nocivas, grises, destructivas. Positivas, para la vida, regenerativas.

Fuente: Elaboración con base en 110 algoritmos de búsqueda en las bases de datos electrónicas Web of Science y Scopus. Listado no limitativo ni jerárquico (2021).

Aunque el término TA parte de la fusión de dos palabras aparentemente excluyentes entre sí: tecnología y ambiente; ambos se unen en un concepto general que primordialmente trata del conocimiento científico aplicado —con sus complejos artificios— sobre el entorno naturaleza con diferentes propósitos.

En esencia, este tipo de tecnología alineada a la noción de sostenibilidad económica, al mismo tiempo que trabaja pro naturaleza, la utiliza como el medio-objeto al cual se le puede reservar, extraer, transformar, reparar o sustituir gracias al aprovechamiento del tipo tecnológico disponible. Para satisfacer las necesidades del ser humano-sociedad y de sus complejos procesos transformativos, la naturaleza es la fuente principal de los insumos y destino favorito de los desechos. En este sentido, la naturaleza, ha sido metabolizada mayoritariamente por la industria en cada etapa del proceso de producción de bienes o servicios: antes, durante y después. En general, la TA despliega sus conocimientos, métodos y herramienta, no solo para mejorar los procesos económico-industriales, sino para gestionar los impactos que estas actividades tienen sobre el ambiente, a través de sus múltiples campos de aplicación y metas, incluidas las de la investigación científica.

Precisamente, como ya no se puede observar el papel de las tecnologías a la luz solo de la idea de progreso y del desarrollo productivo capitalista (Nogueira, 2019); y porque la sola realización técnico-industrial no puede igualar los procesos metabólicos de los ecosistemas naturales, ni ha podido reestablecer los equilibrios socioambientales perdidos, es necesario profundizar en la esencia de las TA desde otra perspectiva.

Como respuesta, el concepto de fuerzas productivas de la humanidad sirve aquí como base teórica para conferir a la TA un propósito de mayor envergadura respecto a la recuperación de los equilibrios naturales y a la satisfacción de las necesidades humanas concretas. Primero, la TA habría de ser considerada FP y como tal, en su sentido original, tiene el propósito de la preservación, reproducción y desarrollo irrestricto de la vida vegetal, animal y humana; así como el fomento de la libertad humana, es decir, su autodeterminación.

Así, se puede redefinir a las TA como la aplicación práctica de todo tipo de conocimiento estructurado, cuyos medios, métodos y manifestaciones técnicas de alta o media complejidad que inciden en y para la naturaleza, están orientadas a prevenir, detener la degradación ecosistémica y, a regenerar, preservar y reproducir la vida planetaria comprendiendo la complejidad de sus procesos productivos y sus relaciones implícitas. Desde esta perspectiva, la naturaleza se entiende de otro modo. La naturaleza forma parte del ambiente total, es la esencia, orden y entorno bio-geofísico-químico que circunda a todas las formas de vida mutuamente integradas (Veraza et al., 2018). De la cual, el ser humano es parte consustancial y su praxis, el modo de relación con ella.

Desde el marco crítico de las fuerzas productivas de la humanidad, para las TA quedan más claros su cómo, su quién y su para qué. De este modo, en sus partes subjetiva y material, toda TA incorpora en su concepción, diseño y aplicación al menos: a) todo tipo de capacidad, ingenio y conocimiento estructurado; b) el método, la técnica, el artificio, el instrumento, la herramienta y la infraestructura para la producción de bienes de valor positivo y valor de uso social; c) el modo de articulación de quienes las gestionan, cooperan y se autorregulan en pequeños grupos o en grandes comunidades y, d) el contexto geográfico, histórico y natural en el que inciden y se despliegan desde una práctica ética. Estos tipos de conocimiento estructurado se refieren al conocimiento práctico-utilitario, al teórico-científico, artístico y al místico-espiritual. Sin predeterminedar a uno u otro como más o menos importante, en conjunto o por separado, participan en los procesos racionales humanos y en la conformación de sus conciencias (Covarrubias, 2000).

Al practicar cuanto es necesario para preservar la vida y no las reglas del capital, estas fuerzas incorporan a otros modos económicos de producción identificados como precapitalistas, capitalistas

o postcapitalistas (Cardoso & Gouttefanjat, 2022); ya se llamen locales, emergentes, convergentes, disruptivos o alternativos. Los integra. Segundo, son capaces de potenciar y en su caso, de transformar el desarrollo económico y cultural de una sociedad, basándose en las reservas de conocimiento, ingenio, tradición; y, en la fuerza de trabajo, los recursos culturales y naturales disponibles al interior de un territorio determinado (Barreda, 1995; Garc et al., 2017). Representan en conjunto, la posibilidad de superar la visión destructiva, limitada y en su caso, paliativa de las actuales TA insostenibles.

De este modo, al entender y asumir a las TA como FP técnicas de la humanidad, se concede el despliegue de múltiples artificios, invenciones, creatividad e impulso material y/o económico diverso; un tanto más favorables a la resolución real y permanente de la crisis climática y la degradación socioambiental considerando su perspectiva histórica, positiva, diversa, autodeterminada y universal.

### **3.3 Tecnologías ambientalmente regenerativas: un ejemplo de tecnologías ambientales a favor de la humanidad y del ambiente**

Una aproximación crítica al concepto de TAR tendría en primer lugar que diferenciar entre FP ambientalmente regenerativas de tipo capitalista de aquellas ligadas a proyectos civilizatorios transcapitalistas (Carral, 2015) lo cual en las circunstancias del colapso societal actual, marca el punto nodal de las zonas críticas (referidas a la palabra, sentimientos y acción humanas. Las primeras tienden a la creación de mercados y nuevos procesos de producción de bienes y servicios ambientales o de salud, justificados en la promesa de satisfacer necesidades sociales y humanas, pero especialmente dirigidas a la acumulación de capital. En cambio, las TAR al pretender el sostenimiento y reproducción de la vida y la autodeterminación humana, responden a fundamentos y fines más amplios.

Pero, si en el campo de la acción este tipo de TA expresara algún aspecto del modo de producción capitalista, es porque se manifiesta necesariamente en su versión positiva. Es decir, crean valor y valor de uso social (Veraza, 2012). Las TAR exploran qué implica de facto, el cambio tecnológico hacia la regeneración y especialmente hacia la reinención de aquellas TAR que practican la transición hacia una nueva organización social y productiva, basadas en el principio de retribución, tal como lo demuestran algunas comunidades del continente americano (Garc et al., 2017).

Por otro lado, y aunque del concepto TAR no se encuentra una referencia nominal idéntica, sí existe evidencia empírica que demuestra su existencia. Como FP regenerativas de la humanidad, pueden conceptualizarse sobre la base del concepto de TA previamente delineado. Sobre estas bases, tienen el propósito de utilizar por separado o de forma integrada el conocimiento estructurado para desarrollar toda técnica, herramienta o instrumento o método de cualquier campo, cuya actividad central sea rescatar, recuperar, restaurar y regenerar la vida animal, vegetal y humana en el corto o largo plazo. Recuperar las fuerzas biológicas de la naturaleza y las relaciones sociales de producción hacia una relación equilibrada, implica regresar al medio ecológico y social a su estado óptimo de equilibrio, para luego, preservarlo una vez alcanzado el nuevo estadio. Esto, en un contexto particular y bajo condiciones humanas y culturales específicas.

En la acción de regenerar, esencialmente, se otorga nuevo ser a algo para restablecerlo (RAE, s.f.), a partir de restaurar su fuerza y propiedades originales (MWI, s.f.). Estas tecnologías representan la primera etapa del complejo proceso regenerativo ecosistémico que, por el momento, es distinto a lo que la ciencia médica nomina como tecnología regenerativa desde la bioingeniería, donde por ejemplo, un órgano humano dañado, puede ser sustituido por un artificio sintético o artificial (Tenreiro et al., 2021).

De este modo, las TAR como FP de la humanidad, al estar orientadas al cuidado, restauración o regeneración ecosistémica, *reorganizan* la complejidad de los problemas ambientales con visión histórica, a partir de diálogos y prácticas inclusivas. En conjunto, son capaces de co-generar conocimientos y experiencias de acuerdo a las necesidades formativas del entorno; considerando el azar, a la complejidad y al conflicto mismo. Su *instrumentación* requiere comprender las relaciones implicadas no solo en lo económico, técnico, social y natural; sino replanteando crítica y éticamente el papel que juegan los creadores respecto a tales innovaciones y sus impactos. La *visión* en todas ellas, es retributiva, lo que implica reconocer a la vida humana y planetaria como un todo en equilibrio dinámico; que como FP de la humanidad, aseguren un horizonte cultural y de existencia viables según el contexto (Cardoso & Gouttefanjat, 2022).

Casos concretos de la ciencia y la tecnología aplicadas a la regeneración o rehabilitación de suelo, agua o clima, se encuentran en las tecnologías de recuperación ecológica centradas en las causas de la degradación a detalle, identificando qué tecnologías y técnicas son las más eficaces para cada situación (Zhen et al., 2020). Por su parte, la TA para la biorremediación, ha trabajado con organismos y microorganismos vivos para degradar o bioacumular compuestos tóxicos o para reestablecer la microbiología natural de la biomasa de un sector (Cota-Ruiz et al., 2018).

Asimismo, la llamada química verde, aporta aplicaciones sobre procesos agroindustriales o sobre cómo reducir la emisión de desechos y controlar los residuos peligrosos (Instituto Politécnico Nacional [IPN], 2021). Por su parte, la permacultura sugiere superar el modelo hegemónico de la sostenibilidad -economía verde-, por un concepto de administración de la tierra tendiente a la regeneración de los determinantes de la vida humana y natural, como principio y base iniciales (Rhodes, 2015). En este modelo, el uso de tecnología para resolver los problemas ambientales se volvería más colectivo y democrático, ya que se considera innecesario dejarlos solo en manos de una ciencia costosa y demasiado compleja (Lettinga, 2006).

Otros ejemplos se encuentran en el campo de la biología y la ecología, siguiendo los procesos aprendidos del ecosistema natural, y a veces, con mínima intervención humana. La reintroducción del lobo en el Parque Nacional de Yellowstone en 1995 fue posible y con él, la regeneración de una cadena ecológica importante (Fritts et al., 1994). Daniel Janzen, con 12 mil toneladas de cáscaras de naranja, recuperó un bosque luego de 16 años de abandono (Rice, 2020). Las culturas ancestrales del mundo son un ejemplo claro de la integración del ser humano a su entorno (Hansen & Antsanen, 2018). El conocimiento indígena, enseña algo más sobre la administración ambiental y los ciclos. Algunas de sus tecnologías son consideradas tanto fuerzas productivas civilizatorias y ancestrales, lo mismo que FP regenerativas: la chinampa mexicana opera prácticamente como se diseñó. Este tipo tecnológico sigue aportando un valor creciente al medio ecológico, a la población y al desarrollo de la economía local (Robles et al., 2019).

Si bien estos ejemplos parten de conocimientos técnicos y científicos universales, de otros paradigmas o de los objetivos de la sostenibilidad oficial; no hay que confundir a la ciencia y la tecnología, con la ciencia y la tecnología ya subordinadas al capital (Uzunidis, 2003; Veraza, 2020); ni con aquellas innovaciones tendientes a desatar las fuerzas destructivas del capital (Chertkovskaya & Paulsson, 2020). Las TAR, reflejan la utilidad práctica del conocimiento estructurado, para establecer y crear modos y relaciones de producción-organización consistentes con la cooperación y regeneración de la vida. Permiten el rescate

de los saberes y prácticas ancestrales. Incluso permite rescatar otras fuerzas productivas humanas y civilizatorias como el maíz nativo, al encontrarse en un proceso de vulnerabilidad cultural y degradación genética (Chapella & Quist, 2001).

La TA específicamente regenerativa y en tanto fuerza productiva de la humanidad, también es histórica, positiva, diversa, autodeterminada y universal. Su visión como TA, implica considerar el largo plazo y relativizar el alto costo o la dependencia a intrincados sistemas de alta complejidad o de los conocimientos científicos y paradigmas tecnológicos legitimados. Es parte de su propósito dirigirse hacia la retribución ecosistémica y social; incluso, a la creación de civilizaciones ecológicas como ya lo ha planteado Zhen et al. (2020) o al desarrollo de un sin número de ecotecnologías a partir de laboratorios sin muros, donde la ciencia y la tecnología son un articulador capaz de atender las necesidades regionales de manera socialmente participativa y transdisciplinar (Fraga-Castillo, 2021; Gavito et al., 2017).

Así, nada impide a las resistencias trascendentales en esta oportunidad histórica, la regeneración ecológica y socioambiental regional o planetaria, donde el sujeto puede desplegar todo tipo de invención, articulando otras experiencias atrevidas, revolucionarias pero positivas, acciones prácticas y relaciones colectivas (Veraza, 2012); así como alcanzar un empleo diferente de la ciencia y de la tecnología a partir de un diseño reformado y mejorado de las mismas (Veraza, 2018).

#### 4. CONCLUSIONES

Desde hace 40 años al paradigma ambiental hegemónico enmarcado en los imaginarios de la sustentabilidad ha marcado la necesidad de integrar perspectivas teóricas, epistemológicas y metodológicas en miras de resolver la actual emergencia socioambiental. Sin embargo, el llamado desarrollo sostenible no ha logrado ser más que una perspectiva teórica incapaz de evaluar e hilar propuestas tecnológicas ya existentes y que actualmente se encuentran desarticuladas entre sí.

Así, rumbo a una sustentabilidad real y de acuerdo a la línea trazada por los objetivos de la investigación, se puede concluir que: Los trabajos de Karl Marx, Jorge Veraza y Andrés Barreda, permiten precisar conceptualmente a las fuerzas productivas de la humanidad; y, ofrecer un criterio para evaluar y pensar la creación de tecnologías realmente adecuadas para la preservación y reproducción de la vida vegetal, animal o humana; así como para el fomento de la libertad humana.

Al determinar qué se entiende por tecnología ambiental como dimensión de las fuerzas productivas, se marcaron las potencialidades y los límites conferidos de origen a las tecnologías ambientales desde el desarrollo sostenible clásico. Así, desde un sentido retributivo en lo económico, lo social y ambiental, se confirma que no toda tecnología llamada ecológica es realmente ambiental, ni tampoco fuerza productiva de la humanidad; lo que implica llevar a cabo importantes cambios tanto en las concepciones como en las prácticas. Incluso, la noción TA críticamente configurada, en retrospectiva, aclara el propósito ulterior de toda tecnología una vez devuelta a sus bases. En principio, toda tecnología habría de guardar la vida, como fuerza productiva técnica y procreativa de la humanidad.

Al delimitar las características generales de las tecnologías ambientalmente regenerativas, se permitió distinguir un tipo tecnológico necesario. Como dimensión de las fuerzas productivas y de los consiguientes replanteamientos que eso ha conllevado, se delineó a las TAR como tecnologías capaces de

aportar soluciones a los desafíos climáticos y socioambientales en curso; sin embargo, en lo particular, se requerirá avanzar en la observación empírica su despliegue según los contextos y complejidad de las problemáticas socioambientales específicas.

Como parte de la oportunidad histórica para este campo en desarrollo, queda pendiente el desarrollar mayores estudios para determinar cómo es que se pueden articular sus distintos elementos (conocimiento, desarrollo técnico-práctico, gestión social y contexto ético-ambiental), con las entidades que son parte en la práctica (gobiernos, poblaciones, comunidades educativas, agrupaciones científicas, organismos laborales). Finalmente, se recomienda avanzar en la taxonomía de las TA y las TAR, para organizar y aportar mayor delimitación, caracterización e integración al campo.

## REFERENCIAS

- Adelman, S. (2017). Geoengineering: Rights, risks and ethics. *Journal of Human Rights and the Environment*, 8(1), 119–138. <https://doi.org/10.4337/jhre.2017.01.06>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6a.). Editorial Episteme, C. A.
- Arrizabalo, X. (2018). Imperialismo, destrucción de fuerzas productivas y crisis crónica del capitalismo: El Capital, instrumento imprescindible para comprender la economía mundial actual. *Economía y Desarrollo*, 160(2), 1–21. [http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=So252-85842018000200002](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So252-85842018000200002)
- Barreda, A. (1995). El espacio geográfico como fuerza productiva estratégica en El capital de Marx. En D. Álvarez (Ed.), *La internacionalización del capital y sus fronteras tecnológicas* (pp. 129–180). Ediciones El Caballito, S. A. <http://ru.iiec.unam.mx/1976/>
- Barreda, A. (2016). *El problema histórico de la destrucción ambiental del capitalismo actual* (1a.). UNAM, FE.
- Barreda, A. (2019). Anatomía de la decadencia de la relación capitalista entre la sociedad y la naturaleza. En L. Enríquez, A. Barreda, & R. Espinoza (Eds.), *Economía política de la devastación ambiental y conflictos socio-ambientales en México* (1a ed., pp. 23–141). Editorial Ítaca.
- Barreda, A. (2020). Toxitour México: Un registro geográfico de la devastación socioambiental. *Diálogos Ambientales, Invierno*, (1), 35–40. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538900/13\\_ToxitourD.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538900/13_ToxitourD.pdf)
- Brundtland, G. H. (1987). Brundtland Report: Our Common Future. In *World Commission on Environment and Development* (1). Oxford University Press.
- Camrass, K. (2020). Regenerative futures. *Foresight*, 22(4), 401–415. <https://doi.org/10.1108/FS-08-2019-0079>
- Cardoso, I., & Gouttefanjat, F. (2022). Sustentabilidad, tecnología ambiental y regeneración ecosistémica: retos y perspectivas para la vida. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 142–157. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2687/2643>
- Carral, G. T. (2015). La transición civilizatoria. *Mundo Siglo XXI, Revista Del CIECAS-IPN*, 10(36), 79–96. <https://www.mundsigloxxi.ipn.mx/pdf/v10/36/07.pdf>
- Castelló, F. Q. (2009). Sociocognitive activity and postfordist contexts. *Revista Internacional de Sociología*, 67(2), 347–371. <https://doi.org/10.3989/ris.2006.06.08>
- Chapella, I., & Quist, D. (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*, 414(10), 541–543. <https://bit.ly/3qilprl>
- Chertkovskaya, E., & Paulsson, A. (2020). Countering corporate violence: Degrowth, ecosocialism and organising beyond the destructive forces of capitalism. *Organization*, 28(3), 405–425. <https://doi.org/10.1177/1350508420975344>
- Comisión sobre el Desarrollo Sostenible. (1998). Agenda 21: La ciencia para el desarrollo sostenible. *Naciones Unidas*. (05385). <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter35.htm>
- Consejo Económico y Social. (1995). Transferencia de tecnologías ecológicamente racionales, cooperación y fomento

- de la capacidad. *Naciones Unidas*. (05251). <https://bit.ly/34V9UOV>
- Cota-Ruiz, K., Nuñez-Gastelúm, J. A., Delgado-Ríos, M., & Martínez-Martínez, A. (2018). Biorremediación: Actualidad de conceptos y aplicaciones. *Biocencia*, 21(1), 37–44. <https://doi.org/10.18633/biotech.v21i1.811>
- Covarrubias, F. (2000). *Las herramientas de la razón. La teorización potenciadora intencional de procesos sociales*. Colegio de Investigadores de Oaxaca SC.
- Fraga-Castillo, C. (2021). Agua en la ciudad de México: diseconomías de escala y tecnologías intermedias. *Perfiles Latinoamericanos*, 29(58), 1–20. <http://doi.org/10.18504/pl2958-006-2021>
- Fritts, S. H., Bangs, E. E., & Gore, J. F. (1994). The relationship of wolf recovery to habitat conservation and biodiversity in the northwestern United States. *Landscape and Urban Planning*, 28(1), 23–32. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)90040-X)
- Garc, S., Ram, J. M., & Santill, A. (2017). Sumak kawsay y economía comunitaria en la amazonía ecuatoriana. *Revista Economía*, 69(169), 111–126. <https://doi.org/10.29166/economia.v69i109.2033>
- Gavito, M. E., van der Wal, H., Aldasoro, E. M., Ayala-Orozco, B., Bullén, A. A., Cach-Pérez, M., Casas-Fernández, A., Fuentes, A., González-Esquivel, C., Jaramillo-López, P., Martínez, P., Masera-Cerruti, O., Pascual, F., Pérez-Salicrup, D. R., Robles, R., Ruiz-Mercado, I., & Villanueva, G. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectivas en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 150–160. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.09.001>
- González-Márquez, I., & Toledo, V. (2020). Sustainability science: A paradigm in crisis? *Sustainability (Switzerland)*, 12(7), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su12072802>
- Guo, Y., & Radder, H. (2020). The chinese practice-oriented views of science and their political grounds. *Zygon*, 55(3), 591–614. <https://doi.org/10.1111/zygo.12635>
- Hällström, N. (2008). What Next? Climate change, technology and development. *Development*, 51(3), 375–381. <https://doi.org/10.1057/dev.2008.37>
- Hansen, J. G., & Antsanen, R. (2018). What can traditional indigenous knowledge teach us about changing our approach to human activity and environmental stewardship in order to reduce the severity of climate change? *International Indigenous Policy Journal*, 9(3), 1–16. <https://doi.org/10.18584/iipj.2018.9.3.6>
- Hauschild, M. Z., Kara, S., & Røpke, I. (2020). Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering. *CIRP Annals*, 69(2), 533–553. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.05.004>
- Herrera, R. (2010). Tecnología/Ingeniería: un resumen de conceptos. *Ingeniería* 21(2), pp. 41–52. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/2684/2633>
- Instituto Politécnico Nacional. (19 de septiembre 2021). *Posgrados*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. <https://www.cinvestav.mx/Investigación>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014): *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC. <https://bit.ly/3qmuFun>
- Jabbour, C. J. C. (2010). Tecnologías ambientais: em busca de um significado. *Revista de Administração Pública*, 44(3), 591–611. <https://doi.org/10.1590/s0034-76122010000300003>
- Jackon, P. (7 de marzo de 2021). *De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático*. Naciones Unidas. <https://bit.ly/3CW11kP>
- Lettinga, G. (2006). A good life environment for all through conceptual, technological and social innovations. *Water Science and Technology*, 54(2), 1–9. <https://doi.org/10.2166/wst.2006.517>
- Luna-Nemecio, J. (2020). Neoliberalism and environmental devastation: from the planetary boundaries to sustainability as a historical possibility. *Resistances*, 1(2), 89–107. <https://doi.org/10.46652/resistances.v1i2.24>
- Marx, K. (1975). *El capital* (tomo 1/vol.1) (P. Scaron (ed.); 1a ed.). Siglo XXI.

- Merriam-Webster Incorporated. (s.f.). *Tecnhnology*. En Merriam Webster Dictionary. Recuperado 20 de julio, 2021 de <https://www.merriam-webster.com/dictionary/technology>
- Nicholson, S., & Reynolds, J. L. (2020). Taking technology seriously: Introduction to the special issue on new technologies and global environmental politics. *Global Environmental Politics*, 20(3), 1–8. [https://doi.org/10.1162/glep\\_e\\_00576](https://doi.org/10.1162/glep_e_00576)
- Nogueira, C. (2019). Contradictions in the concept of sustainable development: An analysis in social, economic, and political contexts. *Environmental Development*, 30, 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2019.04.004>
- Oyarzún, P. (2018). Ecology and ethics. In R. Rozzi, S. T. A. Pickett, C. Plamer, J. Armesto, & J. Baird Callicott (Eds.), *Magallania* (1). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.4067/S0718-22442018000100279>
- Real Academia Española. (s.f.). *Tecnología*. En Diccionario de la Lengua Española. <https://dle.rae.es/tecnología?m=form2>
- Rhodes, C. J. (2015). Permaculture: Regenerative—not merely sustainable. *Science Progress*, 98(4), 403–412. <https://doi.org/10.3184/003685015X14467291596242>
- Rice, M. E. (2020). Daniel H. Janzen: Forever the Rebel. *American Entomologist*, 66(3), 14–19. <https://doi.org/10.1093/aet/maa047>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., & Moomaw, W. R. (2020). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, 70(1), 8–12. <https://doi.org/10.1093/biosci/bizo88>
- Robles, B., Flores, J., Martínez, J. L., Herrera, P., Luis Martínez, J., & Herrera, P. (2019). The Chinampa: An Ancient Mexican Sub-Irrigation System. *Irrigation and Drainage*, 68(1), 115–122. <https://doi.org/10.1002/ird.2310>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2), 32. <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- Sastre-Centeno, J., & Inglada-Galiana, M. E. (2018). La economía colaborativa: un nuevo modelo económico. *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 94, 219–250. <https://doi.org/10.7203/CIRIEC-E.94.12109>
- Spangler, K., McCann, R. B., & Ferguson, R. S. (2021). (Re-)defining permaculture: Perspectives of permaculture teachers and practitioners across the united states. *Sustainability (Switzerland)*, 13(10), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su13105413>
- Tenreiro, M. F., Louro, A. F., & Alves, P. M. (2021). Next generation of heart regenerative therapies: progress and promise of cardiac tissue engineering. *Npj Regenerative Medicine*, 6(30), 1–30. <https://doi.org/10.1038/s41536-021-00140-4>
- Tetreault, D. (2004). Una taxonomía desarrollo sustentable. *Espiral, Estudios Sobre Estado y Sociedad*, 10(29), 45–77. <https://bit.ly/34Xv5Ao>
- Tobón, S. (2017). *Manual de investigación*. CIFE.
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-baile, D., Reyes-yunga, D. F., Viera-torres, M., & Heredia, M. (2020). Climate change according to Ecuadorian Academics-Perceptions versus facts. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida*, 31(1), 21–46. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/31.2020.02>
- Uzunidis, D. (2003). Les facteurs actuels qui font de la science une force productive au service du capital le quatrième moment de l'organisation de la production. *Innovations*, 17(1), 51–78. <https://doi.org/10.3917/inno.017.0051>
- Veraza, J. (2012). *Karl Marx y la técnica desde la perspectiva de la vida. Para una teoría marxista de las fuerzas productivas* (D. Moreno (ed.); 1a ed., pp. 1-383). Editorial Itaca.
- Veraza, J. (2015). Dialéctica histórica de la superación de la crisis del marxismo, evidencia apodíctica y condiciones de posibilidad. *Pensar Desde Abajo*, (4), 201–271. <https://bit.ly/3wlkwBR>
- Veraza, J. (2018). Subsunción formal y subsunción real del proceso de trabajo bajo el capital y medida geopolítica de capital. A 150 años de la publicación del tomo 1 de El Capital de Marx. In D. Alvarado & M. Revererón (Eds.), *El vuelo del fénix* (pp. 227–258). CLACSO. <https://doi.org/10.2307/j.ctvn5tzff.12>

- Veraza, J. (2020). Crisis de los intelectuales y del intelecto en la era de la intelectualización de la sociedad. *Ecuador Debate*, 8.
- Veraza, J., Flores, G., & Barreda, A. (2018). Teoría del valor, fuerzas productivas y la perspectiva humanista de Marx respecto a la naturaleza. Discusión en torno al artículo “Karl Marx: Naturaleza y crítica de la economía política. *Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(11) 151–157. <https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/174>
- Zhao, X., Soon, W., & Velasco Herrera, V. M. (2020). Evidence for solar modulation on the millennial-scale climate change of earth. *Universe*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/UNIVERSE6090153>
- Zhen, L., Ishwaran, N., Luo, Q., Wei, Y., & Zhang, Q. (2020). Role and significance of restoration technologies for vulnerable ecosystems in building an ecological civilization in China. *Environmental Development*, 34(19). <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100494>

---

#### AUTORES

- Itzel Cardoso-Hernández.** Doctoranda en Socioformación y Sociedad del Conocimiento (Instituto Universitario CIFE). Maestra en Ciencias en Planificación de Empresas y Desarrollo Regional (ITO).
- Josemanuel Luna-Nemecio.** Profesor-Investigador del Centro Universitario CIFE. Post-Doctorado en Estudios del Desarrollo (UAZ). Doctor en Geografía (UNAM). Sistema Nacional de Investigadores México (CONACYT).
- Fleur Gouttefanjat.** Maestra y licenciada en Ciencias Políticas (Sciences Po París). Área de concentración: Teoría Política.