

DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD

TEORÍA Y PRÁCTICA ENTRE ENFOQUES ORTODOXOS, HETERODOXOS Y ALTERNATIVOS

TOMO III

Hugo Amador Herrera Torres
René Colín Martínez
COORDINADORES



DESARROLLO Y SUSTENTABILIDAD
TEORÍA Y PRÁCTICA ENTRE ENFOQUES ORTODOXOS,
HETERODOXOS Y ALTERNATIVOS



Desarrollo y Sustentabilidad

**TEORÍA Y PRÁCTICA ENTRE ENFOQUES ORTODOXOS,
HETERODOXOS Y ALTERNATIVOS**

Tomo III

Hugo Amador Herrera Torres

René Colín Martínez

Coordinadores



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Morelia, Michoacán, México

2025

El Consejo Editorial de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo examinó el contenido de cada capítulo del libro a través de pares académicos expertos en el tema. Los dictaminadores son integrantes del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación y/o con la Distinción de Perfil Deseable de la Secretaría de Educación Pública.

Desarrollo y sustentabilidad.

Teoría y práctica entre enfoques ortodoxos, heterodoxos y alternativos

Hugo Amador Herrera Torres

René Colín Martínez

Coordinadores

Primera edición: 2025

© D.R. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Santiago Tapia 403, Centro.

58000 Morelia, Michoacán, México.

ISBN (versión electrónica): 978-607-542-354-8

ISBN de la obra completa: 978-607-542-275-6

Queda prohibido la reproducción parcial o total del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de autor, y en su caso, de los tratados internacionales aplicables, la persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones legales correspondientes.

CONTENIDO

Presentación

Hugo Amador Herrera-Torres

René Colín Martínez

9

Parte I

Planteamientos teóricos recientes sobre sustentabilidad

Enfoques heterodoxos de la sustentabilidad. Divergencias y similitudes

David Orlando Ramírez-Naranjo

Hugo Amador Herrera-Torres

23

Crítica de la economía política y medio ambiente.

Algunos conceptos fundamentales

Adolfo Lizárraga Gómez

53

Articulación conceptual entre sostenibilidad y justicia

Javier Ulises Maya-Pérez

Hilda Rosalba Guerrero García Rojas

Faustino Gómez-Sántiz

81

Parte II

Estructuras sociales, gobiernos y medio ambiente

Relaciones de género-sociedad-naturaleza

en el contexto de una comunidad pesquera p'urhépecha

María Carmen Mejía Argote

Enrique Padilla Méndez

105

Educación ambiental en el nivel preescolar en Michoacán.

Análisis introductorio desde la Inteligencia Artificial

Luis Armería Zavala

Daniela Arias-Torres

131

El desarrollo local desde la descentralización del gasto <i>Eva Grissel Castro Coria</i> <i>Rodrigo Gómez Monge</i>	161
---	-----

Parte III.

Fuentes de energía, economía y medio ambiente

Energía solar térmica de concentración: perspectivas para la sustentabilidad energética del sector industrial en México <i>Yeshúa Martín Juárez-Martínez</i> <i>Zaira Alondra Monroy-Garduño</i> <i>Ana Gabriela Rincón-Rubio</i>	185
Métodos de valoración económica y estructuras tarifarias por el consumo de agua en la agricultura de riego: el caso de la producción de fresa <i>Faustino Gómez-Santiz</i> <i>Patricia Ávila García</i>	209
Paneles solares. Desafíos y oportunidades desde la Economía Circular <i>Jovanna Carranza Maldonado</i> <i>Hilda Rosalba Guerrero García Rojas</i> <i>Carmen Cecilia García Castillo</i>	243

Presentación

Hugo Amador Herrera-Torres

René Colín Martínez

El objetivo del Tomo III de la Colección “Desarrollo y Sustentabilidad” es transmitir —a una audiencia especializada— los resultados de investigaciones científicas relacionadas con temas de desarrollo y sustentabilidad. En el Tomo se presentan resultados en materia teórica y práctica obtenidos desde enfoques ortodoxos, heterodoxos y alternativos.¹ La diversidad de perspectivas incluida en la compilación fue determinada deliberadamente por los coordinadores ante el “hecho académico” de que “[...] el desarrollo y la sustentabilidad son construcciones que no pueden estudiarse mecánicamente. Estas construcciones se retroalimentan con argumentos provenientes de la misma línea general [ortodoxia y heterodoxia], pero también se discuten con planteamientos emanados de otros paradigmas [alternativos] [...]” (Herrera *et al.*, 2023a, p. 10).

La Colección “Desarrollo y Sustentabilidad”, que estará compuesta por cuatro Tomos, se construye por iniciativa de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y por el Cuerpo Académico 169 “Economía, recursos naturales y planeación del desarrollo local sustentable” (nivel consolidado). Los coordinadores del Tomo III invitaron formalmente —en noviembre de 2024— a 11 especialistas a publicar los hallazgos de sus trabajos. Todas las contribuciones y la misma presentación y estructura de la compilación fueron evaluadas con el método doble ciego por el Consejo Editorial de la UMSNH. Fueron aceptados nueve capítulos.

¹ Esta clasificación de enfoques es sugerencia de Ramírez-Naranjo & Herrera (2023).

En el Tomo I, denominado *Crítica de la economía de mercado capitalista*, formado por Herrera et al., (2023a), se exponen manuscritos que denuncian el predominio de la racionalidad medio-fin (análisis costo-beneficio) en los estudios del desarrollo y la sustentabilidad. La racionalidad medio-fin constituye el núcleo de los procesos económicos capitalistas. Tal pareciera que el desarrollo es igual a “desarrollo capitalista” y la sustentabilidad a “sustentabilidad capitalista”. Los autores que participan en el Tomo plantean que la racionalidad ampliada de la vida (vida humana y naturaleza) es la finalidad que debe orientar a la racionalidad medio-fin en los procesos económicos. En el “desarrollo capitalista”, la racionalidad medio-fin se ha convertido en la finalidad, desplazando e invisibilizando a la racionalidad ampliada de la vida. La racionalidad medio-fin, que es la encargada de establecer las metas cuantificables, se ha convertido en la finalidad que dirige a la mayoría de las sociedades. Esta racionalidad señala solo un tipo de desarrollo: “desarrollo capitalista”. Los autores subrayan que la eliminación de la racionalidad medio-fin colapsaría a todas las sociedades. El asunto estratégico, más bien, se encuentra en subordinar la racionalidad medio-fin a la racionalidad ampliada de la vida. La subordinación abriría la existencia de múltiples tipos de desarrollos.

El Tomo II se titula *Instituciones, gobiernos y sectores económicos estratégicos*, fue integrado por Herrera et al. (2023b), tiene capítulos enlazados con el concepto de desarrollo económico que, en la lógica de los autores del Tomo I, se trataría también de “desarrollo económico capitalista”. En la presentación del Tomo II se sugiere que la economía del desarrollo (ED), formalizada prácticamente con la culminación de la Segunda Guerra Mundial, puede considerarse como sinónimo de desarrollo económico. La ED coloca dos procesos económicos secuenciales: 1) el punto de partida —en la generación de desarrollo— es el crecimiento económico, y 2) redistribuir de forma equitativa con la intervención del Estado el producto social obtenido entre los agentes participantes. Se habla de redistribución porque la distribución inicial la realiza el mercado capitalista. Los dos procesos de la ED son los mismos que definen al desarrollo económico. La ED o el desarrollo económico no son iguales al desarrollo, sino que los primeros son parte del segundo.

La ED se paralizó en los primeros años de la década de 1980 con la crisis de la deuda externa en los países subdesarrollados. “[...] La gestión de la crisis se hizo con los planes de ajuste estructural del Fondo Monetario Internacional y del Banco Mundial. Los planes obligaban a que los países subdesarrollados se unieran al nuevo liberalismo económico con su consecuente apertura de mercados [...]” (Herrera, *et al.*, 2023, pp. 10-11). Los capítulos del Tomo II discurren sobre:

1. Recursos endógenos de los territorios para el crecimiento económico (desarrollo local).
2. Reutilizar los residuos de las producciones (economía circular).
3. Políticas ambientales para contener los procesos de producción (economía ambiental).
4. Convergencia entre innovación tecnológica y características socio-económicas en las regiones (desarrollo local).
5. Gobiernos liberales en democracias participativas (elección pública).

En el Tomo III se reafirma que “[...] el desarrollo y la sustentabilidad son categorías extraordinariamente dinámicas en el debate académico contemporáneo [...]” (Guerrero *et al.*, 2018, citados por Herrera & Colín, 2019, p. 11). La analéctica, en esta dirección, es un método de investigación que hace acercamientos planeados a las categorías analíticas (desarrollo y sustentabilidad) mediante vaivenes dialécticos. La idas y venidas tienen el propósito de generar una propuesta analógica (Ramírez-Naranjo, 2025; Herrera & Arias, 2025). La analéctica mezcla analogía y dialéctica. Esta mezcla va más allá de la dialéctica cíclica de tesis, antítesis y síntesis (Dussel, 1973, 1974). Las categorías analíticas, en la analéctica, se consideran en una “totalidad” analógica. Esta consideración permite detectar en “totalidad” conceptos semejantes, diferentes y contrapuestos. Los conceptos no son entonces unívocos (Dussel, 1973, 1974; Ramírez-Naranjo, 2025; Herrera & Arias, 2025).

Herrera & Arias (2025), con base en Dussel (1973, 1974), al respecto, escriben:

“[...] Algunos conceptos, siguiendo la analéctica, vienen de partes de la “totalidad” negadas por los conceptos de las partes dominantes de la “totalidad”.

Ambas partes se encuentran dentro de la “totalidad”. Los conceptos de las partes negadas son externos de aquellos que sostienen a la parte dominante de la “totalidad”, tienen la tarea de realizar la crítica interna para habilitar reformas en la “totalidad”. Hay otros conceptos que se originan en las partes subsumidas por la “totalidad”, Dussel (1973, 1974) señala a estas partes como la nada de la “totalidad”. Los conceptos de las partes subsumidas por la “totalidad” buscan constituir una nueva “totalidad”. No son lo mismo los conceptos por negación externa que los conceptos por negación de la “totalidad” (Dussel, 1973, 1974)” (p. 3).

Los conceptos dominantes constituyen la ortodoxia, mientras que los negados con perspectiva reformista a la heterodoxia. Los conceptos subsumidos están relacionados con lo alternativo (Herrera & Arias (2025); Ramírez-Naranjo, 2025; Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023). El desarrollo y la sustentabilidad —en tanto categorías analíticas examinadas a partir del método analógico— cuentan con diferentes concepciones y prácticas. Unas versiones del desarrollo sustentable (DS), por ejemplo, se encuentran ancladas a conceptos dominantes propios de la ortodoxia (economía ambiental), otras adaptaciones del DS se hallan sostenidas en conceptos por negación externa, activando la heterodoxia (diversas posturas de la economía ecológica). Y, los conceptos por negación de la “totalidad”, dan entrada a la sustentabilidad mediante la “Vida en Plenitud” (Buen Vivir), que viene de *suma qamaña* (aymara) o de *sumak kawsay* (quechua) (Huanacuni, 2010), o bien, el “Ubuntu”, una postura sudafricana tradicional referida al “yo soy porque nosotros somos”.

Este Tomo reúne investigaciones teóricas y estudios prácticos que se apoyan en una o varias de las plataformas conceptuales mencionadas. En la compilación sobresalen los análisis de ramas de la heterodoxia. El Tomo se divide en tres partes. La primera se titula “Planteamientos teóricos recientes sobre sustentabilidad”, incluye tres capítulos. La segunda se denomina “Estructuras sociales, gobiernos y medio ambiente”, se encuentra integrada por tres contribuciones. La tercera, y última, se nombra “Fuentes de energía, economía y medio ambiente”, compuesta por tres manuscritos.

David Ramírez-Naranjo y Hugo Herrera-Torres, en el primer capítulo, exponen que la heterodoxia de la sustentabilidad comprende diversas propuestas. Los autores las clasifican en dos grupos: 1) aquellas con inclinación hacia la ortodoxia, destacando la economía ecológica y la economía ecológica radical, y 2) las que tienen orientación a los patrones alternativos, subrayando al ecologismo de los pobres y al marxismo ecológico. Ambos grupos comparten una postura crítica del modo de producción vigente y utilizan nociones de sistemas abiertos y complejos; sin embargo, según Ramírez-Naranjo y Herrera-Torres, carecen de planteamientos concretos que rompan con la lógica moderno-colonial del capitalismo.

La heterodoxia con dirección a la ortodoxia conserva ciertos elementos de la síntesis neoclásica-keynesiana, como la maximización de utilidades y el uso de herramientas cuantitativas, mientras que la heterodoxia alternativa adopta epistemologías del sur global y metodologías cualitativas. El capítulo destaca que, aunque los estudios académicos de la sustentabilidad se han nutrido de la heterodoxia, su influencia en la política económica, en particular, el planteamiento alternativo, sigue siendo limitada.

En la segunda contribución, Adolfo Lizárraga explica la visión del pensamiento marxista —desde la Crítica de la Economía Política de la Comunicación (CEP)— sobre medio ambiente y ecología. El autor toma como base analítica los aportes de Christian Fuchs. La CEP se diferencia, sin omitir algunas convergencias, de otras corrientes del pensamiento crítico, como la “teoría de la sociedad del conocimiento”, el “autonomismo” y “capitaloceno”. Estas corrientes critican al capitalismo desde diferentes aristas, ya sea por el impacto ecológico o las contradicciones sociales, la CEP se coloca en una postura más ortodoxa respecto a la obra de Marx, preservando los conceptos de ley del valor y dialéctica.

Los enfoques funcionalistas o institucionales, como los promovidos por la UNESCO o por autores como Drucker o Stehr, apuestan por adaptarse a la era del conocimiento con su respectiva racionalidad medio-fin. Frente a esta óptica, con base en Lizárraga, la CEP retoma las tesis de la Escuela de Frankfurt, anotando la relación entre ser humano-naturaleza y criticando la racionalidad medio-fin como eje de la devastación ecológica producto

del capitalismo. En el capítulo se recalcan dos conceptos de la CEP para superar la enajenación capitalista: trabajo y bienes comunes.

El tercer manuscrito, que cierra la primera parte del Tomo, elaborado por Javier Maya-Pérez, Hilda Guerrero y Faustino Gómez-Sántiz, presenta un análisis comparativo sobre cómo los enfoques ortodoxo, heterodoxo y alternativo relacionan teórica, epistémica y metodológicamente a la sostenibilidad y la justicia. La perspectiva ortodoxa, enlazada con la economía ambiental y la sostenibilidad débil, admite la sustitución de capital natural por capital manufacturado. Su noción de justicia, siguiendo a los creadores del capítulo, está cimentado en el concepto de equidad de Rawls. El concepto proyecta mecanismos institucionales que aseguren libertades y oportunidades. Por su parte, la perspectiva heterodoxa, basada en la economía ecológica y la sostenibilidad fuerte, enfatiza la preservación de recursos naturales. Su idea de justicia, inspirada en Sen, resalta la importancia de fortalecer las capacidades individuales y colectivas. La visión alternativa, fundamentada en trabajos como los de Dussel, propone una sostenibilidad orientada a la reproducción de la vida y una justicia centrada en la liberación humana.

Los tres enfoques, cada uno a su manera, convergen en la necesidad de garantizar condiciones ecológicas y sociales que hagan posible la vida digna. Los autores especifican que la vida digna se configura como núcleo articulador entre sostenibilidad y justicia. El texto concluye que, en las posturas ortodoxa y heterodoxa, se corre el riesgo de tecnificar la sostenibilidad y desvincularla de la justicia, y en la óptica alternativa hay mayor integración entre ambos conceptos al tener la afirmación de la vida como eje normativo.

En el cuarto documento, que abre la segunda parte de la compilación, María Mejía y Enrique Padilla analizan las relaciones entre género, sociedad y naturaleza en la isla de Yunuén, una comunidad indígena pesquera p'urhépecha localizada en Pátzcuaro, Michoacán. Los autores explican que las actividades productivas tradicionales, como la pesca y la agricultura, han perdido importancia frente a otras de implementación reciente, por ejemplo, el ecoturismo y el comercio en mercados domésticos. Esta transformación se debe principalmente a la contaminación del lago y al régimen de propiedad comunal.

Mejía y Padilla apuntan que la división sexual del trabajo, aprendida desde la infancia, produce accesos desiguales a los recursos naturales y económicos. Los hombres heredan la tierra y el conocimiento de la pesca, mientras que las mujeres, en general, solo pueden usar la tierra sin tener decisión sobre ella. Aunque hay algunas excepciones, el control masculino sigue predominando sobre el trabajo productivo, la tierra y el espacio público. En el documento se argumenta que el régimen de propiedad comunal y los usos y costumbres perpetúan la exclusión de las mujeres de la propiedad de la tierra. En este contexto, los autores subrayan la participación del colectivo “Mujeres sin tierra” en Yunuen, cuyas integrantes realizan actividades productivas alternativas: cultivo en huertos y trueque en mercados locales.

Luis Armería y Daniela Arias-Torres, en el quinto manuscrito, abordan referentes básicos de la Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS) y su relación con el modelo educativo de la Nueva Escuela Mexicana. La investigación explora la percepción de 120 educadoras de preescolar en Michoacán con respecto a la educación ambiental y sus enlaces con el desarrollo sostenible. En el capítulo se muestran tres hallazgos. Primero, el profesorado asocia con la EDS, independientemente del nivel de marginación de sus municipios, dos ejes: conciencia ambiental y cuidado de la naturaleza. Segundo, la participación comunitaria y la educación familiar en municipios de alta marginación se consideran sustanciales. En contraste, el crecimiento económico, la equidad en la distribución de la riqueza y los derechos humanos, que son temas ligados a la EDS, se encuentran ausentes en el discurso docente. Y, tercero, en municipios con baja marginación y actividad económica, se observa mayor comprensión del vínculo entre educación ambiental y sostenibilidad. Armería y Arias-Torres acentúan que, a pesar de que la implementación del nuevo modelo educativo es reciente, ya se evidencian diferencias en la apropiación del enfoque ambiental por parte del profesorado.

En el sexto documento, que cierra la segunda parte de la compilación, Eva Castro y Rodrigo Gómez plantean que la transferencia de gestión y responsabilidad del gasto público a los gobiernos municipales podría adaptarse a las necesidades específicas de las comunidades, mejorando la efectividad de las políticas públicas. Sin embargo, acentúan que el gobierno

federal mantiene una centralización presupuestaria que impide una verdadera descentralización política y fiscal hacia el ámbito municipal. Los autores anotan que el gasto por tipo de contratación en los gobiernos locales se hace principalmente en obra pública (vialidades, servicios de agua, alcantarillado). El gobierno federal, por su parte, prioriza adquisiciones. La inversión municipal responde a necesidades básicas de la población, situación que contribuye al desarrollo económico. Castro y Gómez afirman que la gestión local es sustancial para garantizar la universalidad de derechos, pero sin recursos suficientes, los gobiernos municipales no pueden revertir las desigualdades estructurales. Los autores, además, revelan 1) las variaciones en la ejecución del gasto federalizado, 2) las Entidades que ejercen mayor gasto, 3) cómo se distribuye este gasto, y 4) las prioridades locales.

Yeshúa Juárez-Martínez, Zaira Monroy-Garduño y Ana Rincón-Rubio, en la séptima publicación, que habilita la tercera parte del Tomo, comunican que la energía solar térmica de concentración (CST) es una alternativa con potencial; empero, todavía no se aprovecha lo suficiente. Los autores estiman que la CST podría cubrir hasta el 28.81% de la demanda térmica industrial, especialmente de los sectores alimentario, petroquímico, metalúrgico y cementero, evitando la emisión de una cantidad considerable de dióxido de carbono. Subrayan que, más allá de los beneficios ambientales, la CST permitiría 1) diversificar la matriz energética, 2) reducir la dependencia de combustibles fósiles, y 3) avanzar hacia la autonomía energética. La implementación de la CST, indican Juárez-Martínez, Monroy-Garduño y Rincón-Rubio, requiere hacerse con base en los principios de la economía ecológica crítica para evitar externalidades sociales negativas.

La adopción de la CST, explican los autores, enfrenta, sin embargo, barreras como el bajo financiamiento, la falta de difusión y la poca investigación. En el documento, sugieren un modelo de despliegue descentralizado, enfocado en pequeñas y medianas empresas, e insisten en el diseño de políticas que impulsen esquemas de generación distribuida y un marco regulatorio favorable.

En el octavo capítulo, Faustino Gómez-Santiz y Patricia Ávila hacen una revisión de literatura acerca de los métodos de valoración económica y

las estructuras tarifarias aplicadas al consumo de agua en la agricultura de riego. Destacan la necesidad de integrar dimensiones económicas, ambientales y sociales en la determinación del valor del recurso. Entre los métodos evaluados se subrayan a) valor residual y b) programación matemática. Los autores, en el rubro de estructuras tarifarias, registran la discrepancia entre las tarifas cobradas y el valor económico del recurso, que impacta en la eficiencia hídrica y en la sostenibilidad del uso del agua.

Gómez-Santiz y Ávila muestran que el cultivo de fresa tiene un alto consumo de agua y opera con bajas tarifas que no consideran el costo real de suministro ni el valor de escasez. El estudio realza que la valoración del agua debe ajustarse a condiciones locales —incluyendo disponibilidad, demanda, clima y factores socioeconómicos— para desarrollar esquemas de tarificación adecuados. En contextos de escasez, se recomienda priorizar el uso del agua en sectores con mayor valor social, más allá de la rentabilidad económica al corto plazo.

Finalmente, Jovanna Carranza, Hilda Guerrero y Carmen García, en el noveno manuscrito, señalan que los paneles solares han ganado terreno en las industrias y los hogares; sin embargo, aun cuando permiten ahorrar hasta un 75% en costos energéticos, su producción tiene implicaciones ambientales. El uso del silicio y de químicos tóxicos, así como el problema de los residuos al final de su vida útil, son retos significativos. Las autoras plantean que la economía circular (EC) constituye un modelo para enfrentar estos retos con la promoción de la reutilización y el reciclaje de materiales a lo largo del ciclo de vida del panel, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. La aplicación de la EC a las tecnologías de la energía solar no solo optimiza la gestión de residuos, sino que refuerza la sustentabilidad del sistema energético en su conjunto.

Carranza, Guerrero y García indican que, para lograr una transición en el sector energético, se requiere el desarrollo de regulaciones específicas, políticas públicas eficaces e incentivos económicos que impulsen el diseño circular, la extensión de la vida útil de los componentes y el reciclaje. En México, si bien, aún falta infraestructura para el tratamiento de residuos fotovoltaico, ya existen iniciativas desde diversos ámbitos orientadas hacia esta transformación.

La compilación incluye varios capítulos con primacía de revisión de literatura, concentrados principalmente en la tercera parte, que integran e interpretan el conocimiento de frontera en las áreas de fuentes de energías y recursos hídricos. Estas contribuciones identifican vacíos de investigación, orientan trabajos académicos, proporcionan puntos estratégicos de análisis para la comunidad científica, fortalecen la comprensión crítica de temas mediante el contraste de metodologías y resultados empíricos, apoyan la toma de decisiones en la práctica profesional, y fomentan la creación de marcos teóricos.

Por último, el contenido de los nuevos capítulos de la compilación provee insumos técnicos relevantes para continuar con el debate teórico y práctico sobre el desarrollo y la sustentabilidad desde diferentes enfoques (ortodoxo, heterodoxo y alternativo). Los manuscritos mencionan varias líneas de investigación emergentes:

- Nuevas configuraciones entre ortodoxia y heterodoxia en el marco del desarrollo sustentable post-2030.
- Limitaciones ontológicas y epistemológicas que dificultan la traducción de los enfoques alternativos de la sustentabilidad en políticas económicas formales.
- Integración del trabajo con el medio ambiente en el sentido de Marx y en visiones posmarxistas.
- Estrategias didácticas relacionadas con la sustentabilidad adaptadas a la educación infantil en contextos diferenciados por grado de marginación.
- Buenas prácticas administrativas en la contratación pública en los tres ámbitos de gobierno.
- Enfoques participativos y de justicia espacial en la transición de fuentes de energía en procesos productivos.
- Innovaciones metodológicas para el estudio de la transición hacia economías sustentables mediante la energía solar.
- Aplicaciones y limitaciones de los métodos de valoración económica del consumo de agua.

El Tomo III de la Colección contribuye a la difusión de conocimientos originales y revisado-reelaborados tanto en el medio académico como en los sectores productivo y público, en cumplimiento con uno de los objetivos fundamentales de la UMSNH.

Referencias

- Dussel, E. (1973). “El método analéctico y la filosofía Latinoamericana”. *Nuevo mundo*, Vol. 3, No. 1, 116-135. https://docs.enriquedussel.com/txt/Textos_Articulos/54.1973_espa.pdf
- Dussel, E. (1974). *Método para una filosofía de la liberación. Superación analítica de la dialéctica hegeliana*. Salamanca: Ediciones Sígueme.
https://docs.enriquedussel.com/txt/Textos_Libros/18.Metodo_para_filosofia_liberacion.pdf
- Herrera, H., & Arias, D. (2025). “Contenido trascendental de la competencia perfecta en el neoliberalismo de Hayek. Crítica de Hinkelammert”. Inédito. Morelia: UMSNH.
- Herrera, H., Colín, R., & Guerrero, H. (2023a). “Presentación”, en: H. Herrera, R. Colín, & H. Guerrero (coordinadores), *Desarrollo y sustentabilidad. Crítica de la economía de mercado capitalista* (pp. 9-17), Tomo I, Colección Desarrollo y Sustentabilidad. Morelia: UMSNH.
<https://hugoamadorherreratorres.com/wp-content/uploads/2024/01/Desarrollo-y-Sustentabilidad-Tomo-I.pdf>
- Herrera, H., Colín, R., & Guerrero, H. (2023b). “Presentación”, en: H. Herrera, R. Colín, & H. Guerrero (coordinadores), *Desarrollo y sustentabilidad. Instituciones, gobiernos y sectores económicos estratégicos* (9-13), Tomo II, Colección Desarrollo y Sustentabilidad. Morelia: UMSNH.
<https://hugoamadorherreratorres.com/wp-content/uploads/2024/01/Desarrollo-y-Sustentabilidad-Tomo-II.pdf>
- Herrera, H., & Colín, R. (2019). “Presentación”, en: H. Herrera, R. Colín, & M. Romo, *Desarrollo, sustentabilidad y gestión pública. Aportes teóricos y casos prácticos* (pp. 9-12), Morelia: UMSNH.
<https://hugoamadorherreratorres.com/wp-content/uploads/2022/12/15-Desarrollo-sustentabilidad-y-gestion-publica-2019.pdf>
- Huanacuni, F. (2010). *Buen Vivir / Vivir Bien. Filosofía, políticas, estrategias y experiencias regionales andinas*. Lima: Coordinadora Andina de Organizaciones Indígenas.

https://dhls.hegoa.ehu.eus/uploads/resources/5182/resource_files/Vivir_Bien_1_.pdf

Ramírez-Naranjo, D. (2025). *Marco de variaciones de la sustentabilidad alternativa. Identificación de criterios secundarios (prácticos) y transversales (complejidad)*. Tesis en el Doctorado en Desarrollo y Sustentabilidad. Morelia: UMSNH.

Ramírez-Naranjo, D., & Herrera, H. (2023). “Concepto de sustentabilidad. Revisión crítica de enfoques”. en: H. Herrera, R. Colín, & H. Guerrero (coordinadores), *Desarrollo y sustentabilidad. Crítica a la economía de mercado capitalista* (pp. 87-120). Tomo I, Colección Desarrollo y Sustentabilidad. Morelia: UMSNH. <https://hugoamadorherreratorres.com/wp-content/uploads/2024/01/Desarrollo-y-Sustentabilidad-Tomo-I-capitulo.pdf>

PARTE I.

PLANTEAMIENTOS TEÓRICOS SOBRE SUSTENTABILIDAD

ENFOQUES HETERODOXOS DE LA SUSTENTABILIDAD. DIVERGENCIAS Y SIMILITUDES

*David Orlando Ramírez-Naranjo**

*Hugo Amador Herrera-Torres ***

Introducción

Las ciencias de la sustentabilidad es un campo del conocimiento que emergió con fuerza a finales del siglo XX, como respuesta a la creciente preocupación por los impactos ecológicos y sociales del desarrollo. Su origen se vincula con hitos como el informe *Nuestro Futuro Común* de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo de Naciones Unidas (1987), que definió el desarrollo sustentable, y la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro de 1992, que impulsó la agenda ambiental a nivel internacional. Académicamente, la disciplina se consolidó en la primera década del siglo XXI, con trabajos fundacionales como los de Kates et al. (2001), que propusieron un marco interdisciplinario para abordar los problemas de los sistemas socioecológicos, y Clark y Dickson (2003), quienes enfatizaron la conexión entre epistemología y sustentabilidad. Estas ciencias emergieron como un campo multi e interdisciplinar que combinó los avances de los distintos enfoques de la economía, con las disciplinas de la ecología y sociología (Folke *et al.*, 2011; Komiyama & Takeuchi, 2006).

* Doctor en Desarrollo y Sustentabilidad. Profesor de Asignatura en la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, de la Universidad Nacional Autónoma de México, e integrante del Grupo de Pensamiento Crítico (GPC). david.ramirez@umich.mx

** Doctor en Economía. Profesor e Investigador Titular en la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, e integrante del GPC. hugo.herrera@umich.mx

De acuerdo con Ramírez-Naranjo y Herrera (2023) las ciencias de la sustentabilidad se pueden clasificar en las corrientes: ortodoxa, heterodoxa y alternativa. Las dos primeras corrientes, la ortodoxia y la heterodoxia construyen en síntesis dialéctica la concepción dominante de las ciencias de la sustentabilidad, el desarrollo sustentable, interpretada hoy en la política global como “Agenda 2030” u Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS); que son un plan de 17 objetivos para “poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo” (Asamblea General de Naciones Unidas, 2015, p. 1).

Las tres corrientes conviven epistemológica y metodológicamente dentro del campo de la sustentabilidad, unas con más dominancia que otras. Sin embargo, la corriente heterodoxa es la más dispar internamente. Heterodoxia es un término que etimológicamente se conceptualiza como *heteros* (diferente) y *doxa* (opinión o doctrina), es decir, opinión o doctrina diferente. Dentro de las ciencias económicas se refiere a enfoques teóricos y metodológicos que se apartan de la corriente principal (ortodoxia), representada principalmente por la economía neoclásica.

La heterodoxia de la sustentabilidad, a diferencia de la ortodoxia y la alternativa, se caracteriza por su alto dinamismo y diversidad. Debido a su apertura epistemológica y diversidad metodológica, su categorización como heterodoxia resulta limitada y permite una subcategorización. La heterodoxia en la sustentabilidad no es simplemente el opuesto analítico de la corriente ortodoxa o alternativa (esta última en menor medida); va más allá, ya que la heterodoxia de la sustentabilidad está entretejida de manera compleja con las otras corrientes, principalmente con la corriente ortodoxa. Abordar la diversidad y el dinamismo dentro de la heterodoxia de la sustentabilidad requiere un análisis específico de su comportamiento.

De manera que este trabajo tiene como objetivo principal identificar las divergencias y similitudes entre los enfoques heterodoxos de la sustentabilidad, encontrando que estos enfoques pueden subcategorizarse en heterodoxia con tendencias ortodoxas y heterodoxia con tendencias alternativas. Siendo sus principales diferencias y similitudes construidas a través de aspectos como: el enfoque de sistema abierto en términos de materia y energía; su principio metodológico general basado en diseños de

investigación de tipo mixto (sin un formalismo matemático absoluto); su contenido epistemológico plural separado de los supuestos prevalecientes de maximización de la utilidad y equilibrio general; postura ontológica basada en el estudio de instituciones económicas; y limitación a realizar ajustes internos y no ofrecer propuestas concretas para superar el sistema dominante basado en la explotación de los seres humanos y la naturaleza.

Para abordar el análisis en el primer apartado se trató de manera específica la categoría heterodoxia de la sustentabilidad, a través de una revisión de literatura científica referida a las distinciones entre los términos heterodoxia, ortodoxia y alternativa desde las ciencias económicas. Seguido, se desarrollaron los diferentes enfoques heterodoxos de las ciencias de la sustentabilidad y se bosqueja un primer acercamiento a las distinciones y semejanzas entre los enfoques analizados. Finalmente se presentan algunas reflexiones finales y líneas de investigación por explorar.

1. Construcción de la heterodoxia de la sustentabilidad

Los dualismos ortodoxia-heterodoxia y heterodoxia-alternativa, en la sustentabilidad, no son absolutos, existen áreas intermedias importantes para el desarrollo académico. Sin embargo, empezaremos este apartado con un análisis dual para delinear las corrientes de la sustentabilidad y así acercarnos a la heterodoxia de esta disciplina. Es importante tomarse el tiempo para considerar la sustancia detrás de los términos “ortodoxo”, “heterodoxo” y “alternativo”.

La propuesta de una categorización ortodoxa, heterodoxa y alternativa de la sustentabilidad, como primer abordaje la encontramos en Ramírez-Naranjo y Herrera (2023), los autores deducen esta categorización del comportamiento de las distintas corrientes o paradigmas de las ciencias económicas. De manera que, dilucidar la distinción entre ortodoxia-heterodoxia y heterodoxia-alternativa en economía, permitirá encontrar las fronteras de demarcación que se busca.

1.1. Ortodoxia y heterodoxia

La distinción entre ortodoxa y heterodoxa es un tema en debate, no existen criterios claros o consenso unánime en esta materia (Hodgson, 2021; Laera, 2024; Mearman *et al.*, 2023). Lawson (2006, p. 485) menciona que “en economía, al menos, más allá de este rechazo de la ortodoxia, no hay un solo elemento unificador que podamos discernir que caracterice a la economía heterodoxa de manera unánime”. Sin embargo, de los trabajos académicos que han abordado este asunto se pueden agrupar al menos cuatro puntos generales, no unánimes, que permiten orientar la diferenciación ortodoxia-heterodoxia:¹

- Enfoque de sistema cerrado y abierto: este punto es ampliamente mencionado por Castaño (2001) y Dow (2000), quienes afirman que la mayoría de los autores de la teoría ortodoxa son partidarios de un enfoque de sistema cerrado, en el cual se supone que todas las variables relevantes y las relaciones entre las variables son cognoscibles y, por lo tanto, susceptibles de ser representadas por un único sistema matemático formal.

Al enfoque cerrado se le contrapone el enfoque de sistema abierto que no concibe todas las variables y relaciones relevantes como cognoscibles. El conocimiento se construye por medio de sistemas parciales que utilizan métodos que no son lo suficientemente proporcionales para la representación por medio de un sistema matemático formal, de manera que las heterodoxias emplean algún tipo de enfoque de sistema abierto.

En este camino, Eichacker (2024, p. 1705) menciona que “el manual de economía heterodoxa expone visiones impulsadas por la realidad y metodológicamente diversas sobre cómo opera la economía, y por qué los mercados no deberían ser el único árbitro de cómo se asignan los recursos, bienes y servicios”.

¹ Estos criterios se encuentran en debate académico, si se quiere profundizar en este tema consultar a Hodgson (2021) y (Mearman *et al.*, 2023).

- Principio metodológico general: derivado del punto anterior Dow (2000), Lawson (2006) y Lee (2008) mencionan que la ortodoxia se caracteriza por su formalismo matemático. Para muchos economistas ortodoxos, el alcance de la expresión matemática es tan grande que los argumentos que no pueden ser respaldados, por muy vagamente que sean, por argumentos matemáticos se consideran mal expresados o no son económicos en absoluto. La heterodoxa que se basa (sin expresión matemática) en la historia, la sociología, la política, las instituciones, la ecología, etc., a menudo se considera que está fuera de los límites de la ortodoxia.²
- Contenido epistemológico: Dow (2000), Hodgson (2021) y Mearman et al. (2023) caracterizan a la ortodoxia en términos de los supuestos prevalecientes de maximización de la utilidad y equilibrio general. Por lo tanto, la heterodoxa podría definirse principalmente en términos de oposición a la maximización de la utilidad.³ La teoría del equilibrio general asume que los agentes económicos actúan racionalmente para maximizar su utilidad (consumidores) o beneficios (empresas), bajo restricciones presupuestarias o tecnológicas. Esta postura emergió de los trabajos de Walras (1887), y fue formalizada matemáticamente por Arrow y Debreu (1954) en su artículo “Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy”.

La ortodoxia esta generalmente asociada a crear resultados que apoyen el statu quo, el sistema capitalista en su versión neoclásica (Hodgson, 2021; Lawson, 2006); esto implica negar el ámbito de aplicación de las instituciones, ya que se considera un factor

² Este punto de distinción es ampliamente desarrollado en la crítica que hace Hinkelammert (2002) a la metodología de las ciencias empíricas de Karl Popper. El falsacionismo propuesto por Popper (1983) propone que una teoría científica es válida mientras no sea refutada por evidencia empírica. Para Popper, el método científico no se basa en verificar teorías (inductivismo), sino en falsarlas mediante pruebas rigurosas. Aquí, la deducción, a través de la lógica matemática, juega un rol central.

³ Esta postura es criticada por (Hodgson, 2021) ya que menciona que la teoría de juegos, por ejemplo, no contribuye directamente al proyecto de equilibrio general; La economía experimental cuestiona la especificación del comportamiento racional; y eso no quiere decir que no sean posturas consideradas ortodoxas.

distorsionador del equilibrio general del mercado. Mientras que la heterodoxia acepta grados de intervencionismo del Estado, con el propósito de corregir las fallas del mercado. De la postura que critica el anti-intervencionismo y la planificación surge la heterodoxia (Hinkelammert, 2002).

- Contenido ontológico: Potts (2021) y Dequech (2021) en sus trabajos expresan que cuando la crítica hacia la economía ortodoxa se expande al ámbito ontológico, se obtiene un marco analítico en el que la economía se conceptualiza en su ser como hecha de ideas, reglas y conocimiento, en lugar de factores de producción como lo entienden los economistas clásicos, o mercancías en el espacio de los mercados equilibrados, como lo hacen los neoclásicos. La ontología heterodoxa llega a una ciencia con enfoque en el diseño institucional y sus dinámicas. Por lo tanto, un enfoque ontológico en el diseño institucional de las economías es un tema importante y valioso para el análisis económico heterodoxo.

Los puntos anteriores permiten describir a la ortodoxia, como un pensamiento académico de sistema cerrado, que se centra en la maximización de la utilidad mediante metodologías basadas principalmente en la lógica deductiva y los modelos matemáticos, que permiten o facilitan la permanencia del sistema económico dominante (capitalismo) y sus modelos económicos clásico y neoclásico. Aunque esta concepción proviene de ideas y creencias que se construyen antes del contacto de los científicos económicos con las ciencias sociales y biológicas (Almeida, 2024).

En contraste, la heterodoxia actúa como un término general que permite abarcar diversos proyectos o tradiciones académicas que no consideran la maximización de la utilidad como el único objetivo de la economía, presentando críticas al sistema económico dominante, y que prefieren no usar exclusivamente formas matemáticas-deductivas de razonamiento para analizar los fenómenos sociales. Además de desarrollar alternativas a la maximización de la utilidad y el equilibrio d mercado, la heterodoxia se enfoca en las instituciones económicas desde múltiples disciplinas.

1.2. *Heterodoxia y alternativa*

Hasta acá se bosquejaron los límites entre la ortodoxia y la heterodoxia. Ahora se abordarán los límites, tan bien permeables, entre la dualidad heterodoxia-alternativa. Esta relación es prácticamente eliminada de la literatura científica del norte global (sintetizada en bases de datos como Scopus o Clarivate); más bien hace parte del avance teórico-conceptual del sur global epistemológico.

En términos generales la mayoría de las posturas alternativas, en economía, concuerdan que “lo alternativo se alcanza cuando una propuesta presenta formas de producción, distribución y consumo de bienes y servicios diferentes al hegemónico, de acuerdo con el momento histórico de referencia.” (Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023, p. 99). Lo alternativo se concibe cuando se presentan propuestas diferentes a la estructura económica capitalista. Los avances en la corriente alternativa los podemos encontrar dentro de marcos que no solo critican la ortodoxia, sino que la refutan, no se espera desarrollar una crítica a la ciencia económica (moderna) desde su interior (crítica interna o heterodoxia), ya que las propuestas ortodoxas se consideran estructuras fracasadas, más no incompletas, que deben superarse (Dussel, 2014; Escobar, 2011; Quijano, 2014).

Respecto a esto, Potts (2021, p. 590) menciona que “la economía heterodoxa se ha perdido. [...] en una postura que estaba en contra de algo (el capitalismo de mercado, ahora el neoliberalismo) en lugar de construir un marco científico alternativo unificado”. En este sentido, la economía heterodoxa evolucionó principalmente en una posición crítica de la ortodoxia, lo que no ha permitido proponer alternativas analíticas concretas (Almeida, 2024).

Aunque la heterodoxia reúne enfoques que reivindican la intervención institucional de la economía, aceptan la existencia de imperfecciones del mercado, y la no centralidad de los modelos matemáticos formales como único método para hacer ciencia; no cuestionan críticamente la generación y distribución de las utilidades y beneficios dentro la estructura económica imperante (Coraggio, 2011; Katz, 2010). La heterodoxia en la mayoría de los casos omite el problema de la explotación, a los ser humanas (plusvalía

apropiada) y la naturaleza, rasgo central del capitalismo (Hinkelammert & Mora, 2005). Cada vertiente heterodoxa critica alguna peculiaridad del capitalismo, algunas llegan a criticar su carácter injusto, pero ninguna presenta propuestas de cambio fuera de la estructura económica capitalista dominante, y este es su rasgo distintivo principal con la corriente alternativa.

1.3. Heterodoxia de la sustentabilidad

Usando los límites proyectados entre la ortodoxia-heterodoxia y heterodoxia-alternativa, dentro de las ciencias económicas, con algunos ajustes, se pueden empezar a delinear los límites que encierran o caracterizan a la heterodoxia de la sustentabilidad. Para empezar este camino debemos recordar que la categoría de la sustentabilidad en su forma dominante progreso por medio de idas y venidas dialécticas, entre los enfoques ortodoxos y heterodoxos de la economía.

A partir de las posturas económicas ortodoxas que defienden la acción racional individual (equilibrio óptimo del mercado) para garantizar la producción, circulación y consumo de bienes y servicios, y con ello generar riqueza para la sociedad en general, se configuró la ortodoxia de la sustentabilidad. La ortodoxia de la sustentabilidad tiene como fin último desarticular de la curva de crecimiento económico los impactos negativos a los ecosistemas, es decir, maximizar las utilidades, pero al menor costo por contaminar el planeta Tierra (Chen *et al.*, 2020; Figge & Thorpe, 2023).

El ciclo de acumulación capitalista defendido por los ortodoxos de la sustentabilidad presenta algunos fallos como: los rendimientos decrecientes de la tierra, el aumento de precios de los bienes y servicios, la inflexibilidad a la baja de los salarios de subsistencia y la caída de los beneficios con el uso real de los salarios (Ros, 2004). Las preocupaciones de la comunidad heterodoxa fueron mostrar la fragilidad y los errores de la corriente ortodoxa (Almeida, 2024). De la atención/corrección de los fallos de mercado, surgen las posturas heterodoxas que se fundamentan en criticar a la ortodoxia. De la heterodoxia económica surgen como subdisciplinas los enfoques heterodoxos de la sustentabilidad.

El punto central en la heterodoxia de la sustentabilidad es ajustar la escala/límite al cual la economía de mercado capitalista ya no es nociva

para los ecosistemas y la civilización humana, es decir, procurar por un crecimiento económico necesario y en tanto planeado a través de la intervención de las instituciones (Constanza *et al.*, 1999; Rockström *et al.*, 2009). Esto significa no dejar a la estructura económica capitalista a las fuerzas naturales del libre mercado, corrigiendo el rumbo cuando sea necesario y procurar situaciones ecológicas y socialmente justa.

La heterodoxia de la sustentabilidad es amplia en la diversidad de propuestas, la mayoría de ellas soportadas sobre las leyes de la termodinámica y la crítica de la economía política, admitiendo mayor ortodoxia (crítica interna heterodoxa) o menor ortodoxia (crítica interna heterodoxa con tendencias alternativas), pero siempre dentro de la crítica interna que no espera trascender la estructura económica capitalista, aspecto que distingue la corriente heterodoxa de la corriente alternativa de la sustentabilidad.

Algunas de las propuestas más relevantes de la heterodoxia se gestaron en la Escuela de Negocios de Harvard, donde Georgescu-Roegen escribe “La ley de la entropía y el proceso económico”, base de todos los desarrollos posteriores de la economía ecológica (Georgescu-Roegen, 1996); el Departamento de Economía de la University College of London, cuna conceptual anglo de la economía ecológica y métodos como el Material Flow Analysis (MEFA), base de las evaluaciones de sustentabilidad ortodoxas como el Life-Cycle Assessment (LCA) (Constanza *et al.*, 1999; Haberl *et al.*, 2019); la Facultad de Economía de la Universidad de Barcelona, cuna conceptual castellana de la economía ecológica y marcos ampliamente utilizados como el MuSIASEM o el EJAAtlas de conflictos ambientales (Alier *et al.*, 1998; Giampietro & Mayumi, 2000); y la Universidad de Oregón, lugar donde se propuso conceptualmente el ecomarxismo o marxismo ecológico (Foster, 2000).

En este sentido, la heterodoxia de la sustentabilidad se caracteriza por los siguientes puntos básicos:

- Enfoque de sistemas abiertos: a través de los postulados termodinámicos, la heterodoxia de sustentabilidad se interesa en las interacciones energéticas y materiales entre un sistema y su entorno. Los sistemas abiertos, definidos como aquellos que intercambian energía y materia con su entorno, contrastan con los

sistemas cerrados (solo intercambian energía) y los aislados (sin intercambios). Esta interacción es clave en el estudio de sistemas sustentables, puesto que, físicamente el proceso económico produce, distribuye y consume materia y energía (Georgescu-Roegen, 1996).

- Metodología mixta: la forma de abordar los fenómenos relacionados con la sustentabilidad de la vida se hace a través de enfoques metodológicos cuantitativos y cualitativos, no existe una preferencia irrestricta por alguno de estos, se pueden encontrar desde marcos metodológicos con técnicas cualitativas como el EJAtlas (Martínez-Alier, 2021), modelos que utilizan técnicas cuantitativas como el MEFA (Fischer-Kowalski, 1998), e incluso metodologías de enfoque mixto como MuSIASEM (Giampietro & Mayumi, 2000) o MESMIS (Matera *et al.*, 1999).
- Contenido epistemológico pluralista: los dos puntos anteriores abren la puerta hacia la diversidad epistemológica y metodológica, dentro de la heterodoxa de la sustentabilidad, diferentes escuelas de pensamiento toman caminos que reflejan disímiles principios rectores para elegir teorías y métodos. Los diferentes caminos reflejan diferentes comprensiones de la naturaleza de la realidad, lo cual es un resultado inevitable de una posición inicial de que la realidad es un sistema abierto y, por lo tanto, incapaz de ser entendido categóricamente en términos de un sistema de modelado por la matematización formal. El pluralismo epistemológico de la heterodoxia de la sustentabilidad abre las puertas a diversas disciplinas del conocimiento, como la biología, la química, la física, la política, etc. Configurando una perspectiva interdisciplinaria.
- No trascendencia del estatus quo: finalmente, a pesar de la pluralidad, en la heterodoxia se presenta un límite claro en su capacidad para producir propuestas distintas a la forma dominante de concebir la organización social, y por tanto de la posibilidad de la vida más allá de las estructuras creadas por la modernidad-colonialidad (Dussel, 2011; Hinkelammert, 2008), por ejemplo: como el capitalismo, el patriarcado, el racismo, el eurocentrismo, el especismo, etc.

A diferencia de la ortodoxia y la alternativa, la heterodoxia de la sustentabilidad es altamente dinámica, producto de su apertura epistémica y diversidad metodológica. La heterodoxa de la sustentabilidad no es simplemente el dual analítico de la corriente ortodoxa o alternativa (esta última en menor medida); es más que eso, la heterodoxia de la sustentabilidad está entretejida con las otras corrientes. Principalmente se superpone con la corriente ortodoxa. Del debate ortodoxia-heterodoxia de los años 80 del siglo pasado, surgió el concepto de desarrollo sustentable, paradigma dominante en las ciencias de la sustentabilidad (Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023).

Si bien los heterodoxos de la sustentabilidad son críticos con los elementos del capitalismo contemporáneo y sus ideologías de apoyo, no se definen por esto. De hecho, la sustentabilidad heterodoxa no parece estar asociada a ningún concepto teórico específico, es decir, no está definida teóricamente, no se mueve en una dirección particular de síntesis clara (Almeida, 2024; Potts, 2021). La heterodoxia de la sustentabilidad parece ser un proyecto positivo, fuertemente definido en términos de la corriente ortodoxa. La heterodoxia de la sustentabilidad encarna el pluralismo que incluye conocimiento de múltiples disciplinas y elementos de la ortodoxia cuando éstos son coherentes con las características identificadas por los diversos enfoques heterodoxos existentes. Una ventaja del diálogo contante con la ortodoxia de la sustentabilidad es la capacidad de la heterodoxia de impactar en la construcción dialéctica de ideas hegemónicas.

El relacionamiento dialectico entre la ortodoxia y la heterodoxia de la sustentabilidad ha sido productivo para ambas corrientes, juntas han configurado el orden epistemológico actual de la sustentabilidad. Leer esta relación a través de un marco de análisis Kuhniano, permite entender que la ortodoxia y heterodoxia de la sustentabilidad se codeterminan, se necesitan mutuamente para progresar como paradigmas científicos, Kühn (1962) considera que la ciencia progresa cuando un paradigma desafía/crítica los principios de otro paradigma, con miras a reemplazarlo como paradigma dominante.

La heterodoxia de la sustentabilidad tiene una forma particular de actuar, en términos de no solo trabajan en los márgenes, por así decirlo,

con el paradigma dominante. La codeterminación consiste en poner el paradigma ortodoxo a la defensiva y aumentar el éxito persuasivo de las posturas heterodoxas. Gran parte de los cambios históricos dentro de la ortodoxa de la sustentabilidad se pueden entender desde el abordaje de las críticas planteadas dentro de la heterodoxa, la economía circular como síntesis entre la economía ecológica y la economía ambiental es un ejemplo de esto (Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023).

En el proceso de síntesis dialéctica, los enfoques heterodoxos parecen estar construyendo al propio paradigma ortodoxo. Un aspecto casi inevitable producto del pluralismo epistemológico y metodológico propio de la corriente heterodoxa de la sustentabilidad. La pluralidad en la heterodoxa está en el corazón de la corriente y no es una respuesta a las insuficiencias percibidas por los ataques de la ortodoxia; surge de la naturaleza de las disciplinas que la conforma como un sistema abierto.

2. Principales enfoques de la heterodoxia de la sustentabilidad

La heterodoxa de la sustentabilidad no se constituye como una unidad sólida, sino que consiste en una coalición de enfoques de pensamiento que tienen como fin disputar la hegemonía epistemológica de las ciencias de la sustentabilidad a la ortodoxia. Como ya se ha sugerido en el apartado anterior, se trata de una especie de frente común pluralista, con el compromiso críticos de persuadir/cambiar aspectos específicos de la corriente dominante. Dentro del paraguas de la heterodoxia de la sustentabilidad se encuentran la economía ecológica y su divergencia radical (heterodoxia con tendencias ortodoxas), el ecologismo de los pobres y el ecomaxismo o marxismo ecológico (heterodoxia con tendencias alternativas). A continuación, se abordará cada uno de estos enfoques.

2.1. Economía Ecológica

La Economía Ecológica (EE) se presentó formalmente como una disciplina científica durante la inauguración de la Sociedad Internacional de Economía Ecológica (AIEE) en 1989, acompañada de la revista científica *Ecological*

Economics, que en su primer número recopiló los avances alcanzados a la fecha y sentó las bases teórico-conceptuales del enfoque (Armsworth & Roughgarden, 2001; Kish & Farley, 2021). El referente principal de la EE es el arquitecto Robert Costanza, quien siendo presidente de la recién creada AIEE estableció en 1991 su agenda científica (Armsworth & Roughgarden, 2001; Ozkaynak & Rigby, 2002).

A diferencia de la Economía Ambiental (EA) que nació de la preocupación de los economistas neoclásico de buscar una solución para la emergente contaminación de los ecosistemas (externalidad), la idea de la EE nace de la preocupación de científicos y ambientalistas, muchos de ellos integrantes del Club de Roma, que preocupados por la situación ambiental de los años 70 y apoyados en las categorías conceptuales de Nicholas Georgescu-Roegen y Herman Daly, empiezan el camino hacia la construcción de un enfoque que se basa en los flujos de producción y consumo de materiales y energía o “Ley de entropía y el proceso económico” (Kish & Farley, 2021; Lawn, 2002).

La EE es un esfuerzo científico de académicos de las disciplinas naturales y sociales, que desde sus respectivos campos no lograron comprender y gestionar los desafíos ecológicos y sociales que se empezaban a visibilizar durante toda la década de los setenta. La ecología tradicional se centraba en los sistemas naturales no afectados por los humanos, lo que no tenía sentido en el mundo moderno ya altamente industrializado, mientras que la economía, desde su subdisciplina ambiental, suponía que la producción era una función únicamente del trabajo y el capital, ignorando en gran medida los insumos de materia, energía y producción de desechos.

Según Ramírez-Naranjo y Herrera (2023), la EE presenta tres críticas principales a la EA, influenciadas por las ideas de Georgescu-Roegen:

- La primera crítica se relaciona con la idea de que el libre mercado asigna los recursos de manera eficiente. La tarea consiste en valorar los daños ecológicos (poner precio a los recursos naturales) mediante métodos como la valoración contingente y el costo de viaje. Básicamente, se busca corregir la distorsión del mercado relacionada con los recursos sin precio (bienes comunes sin derechos de propiedad).

- La segunda crítica considera que el crecimiento económico, medido por el Producto Interno Bruto (PIB), no puede ser sinónimo de bienestar ecológico. El crecimiento no aborda necesariamente las externalidades ambientales y sociales del mercado.
- La tercera crítica aborda la cuestión del crecimiento económico ilimitado en un planeta finito, mediante estrategias como la negociación de Coase, los estándares máximos y los permisos de contaminación.

Es así como rápidamente durante la década de los ochenta aparecieron economistas como Herman Daly, quienes encontraron que las contribuciones de los economistas ambientales eran demasiado ortodoxas (neoclásicas) e inadecuadas para resolver los problemas crecientes de contaminación a los ecosistemas (Kish & Farley, 2021; Li & Yang, 2019). A principios de la década de 1990 el campo de la EE comenzó a generar y adoptar una variedad amplia de categorías como: socio-ecosistema, interdisciplina, metabolismo social, vulnerabilidad, entre otras categorías, que ofrecían más variedad para los análisis de los economistas ecológicos (González & Toledo, 2014).

Esto condujo al desarrollo de numerosas sociedades y revistas que ofrecían opciones de crecimiento epistemológico al enfoque de la EE, mientras que la EA por el contrario siguió siendo altamente disciplinaria (Armsworth & Roughgarden, 2001; Ozkaynak & Rigby, 2002). Durante la década de los noventa e inicios del siglo XXI, el factor de impacto de la revista *Ecological Economics* aumentó constantemente, atrayendo a economistas de la EA con intereses interdisciplinarios a la revista y, por tanto, al enfoque (Kish & Farley, 2021).

Es en esta época, inicios del siglo XXI, que la Agenda del Milenio para el desarrollo sustentable ve la luz como síntesis epistemológica entre los debates EA-EE, ocurridos durante los años ochenta y noventa del siglo pasado (Ramírez-Naranjo, 2021). Los principales marcos teóricos y metodológicos propuestos por el enfoque de la EE en este periodo fueron:

- MEFA y HANNP (Human Appropriation of Net Primary Production), métodos para medir el flujo de materia y energía principalmente en

contextos industriales, propuesto por en el Departamento de Ecología Social del Interdisciplinary Institute of Research and Continuing Education (IFF), en Viena, Austria. Su referente principal es Marina Fisher-Kowalski (Fischer-Kowalski, 1998; Haberl *et al.*, 2019)

- MUSIASSEM (Multi-Scale Integrate Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism), método que permite hacer evaluaciones de sustentabilidad a través de identificar compatibilidades entre los contextos ecológicos, económicos y culturales. Esta es una propuesta nacida en el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA), de la Universidad de Barcelona, siendo su referente principal Mario Giampietro (Giampietro & Mayumi, 2000).
- MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad), es un método que permite evaluar la gestión sustentable de sistemas, principalmente enfocado en contextos rurales campesinos. Propuesta del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), de la Universidad Nacional Autónoma de México, siendo su principal referente Omar Masera (Masera *et al.*, 1999).

La EE en su esfuerzo por tener un mayor impacto en las decisiones políticas de la Agenda 2030 que se empezaba a gestar entre 2010 y 2015, cedió espacio a las ideas de la economía neoliberal (EA) y su fuerte visión dependiente del equilibrio óptimo de mercado y uso de herramientas matemáticas cuantitativas, comenzando una especie de alianza entre economistas ecológicos y ambientales que resultó en la formalización del enfoque de la Economía Circular (EC) (Kish & Farley, 2021); de esta síntesis epistemológica nacen marcos conceptuales como la ecología industrial, la biomímesis, el pensamiento de ciclo de vida, e instrumentos como:

- El LCA, que permite evaluar la sustentabilidad a través de cuantificar los aspectos e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio, desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, uso, tratamiento final,

reciclado, hasta su disposición final. Este método fue presentado como estándar internacional ISO 14040:2006 y convirtiéndose hasta la actualidad en la evaluación de sustentabilidad más utilizada en el mundo (Bjørn *et al.*, 2018).

- Los Límites Planetarios, que son una propuesta que permiten medir a través de nueve indicadores la sustentabilidad del planeta, es decir, delimitan un ámbito de actividad seguro para los seres humanos respecto de la resiliencia de la biosfera. Estos indicadores fueron publicados por Rockström *et al.* (2009) y actualizados en 2015 y 2023 (Richardson *et al.*, 2023).

Si bien, la EC es elogiada por su papel en la mejora de la reciclabilidad y la reutilización de la materia y energía, hay críticas generales que demuestran que no contribuye lo suficiente a un cambio fundamental de comportamiento, y su objetivo de cero desperdicios es inherentemente inalcanzable de acuerdo con las reglas de la entropía (Kish & Farley, 2021). Este es el caso estrella de la relación codeterminada entre heterodoxia y ortodoxia de la sustentabilidad. En los años 90 del siglo pasado, las críticas de la EE a la EA sirvieron de plataforma para formular las bases de la EC, que en la actualidad es el enfoque de sustentabilidad dominante, aunque algunos economistas ecológicos la sigan criticando.

Según el expresidente de la AIEE, Clive Spash, el enfoque de la EE se puede dividir en tres escuelas de pensamiento resultantes de los acercamientos dialecticos ortodoxia-heterodoxia: los nuevos economistas de los recursos naturales, basados en modelos de equilibrio, análisis marginales e internalización de los costos ecológicos en las decisiones económicas; los nuevos pragmáticos ambientales, dispuestos a adoptar cualesquiera teorías, herramientas y métodos que puedan atender a los problemas ambientales; y los economistas ecológicos sociales radicales que se centran en alternativas al capitalismo y recomiendan medidas sociales transformadoras (Spash, 2012, 2013). Spash (2013) sostiene que quienes hacen algo que no esté dentro del tercer grupo, la economía social ecológica radical, en realidad no se adhieren a los principios fundacionales de la economía ecológica.

En nuestra postura, las dos primeras corrientes de la clasificación de Clive Spash, son los economistas ecológicos con tendencias ortodoxas, aquellos que dialogan y retroalimenta positivamente a los enfoques de la corriente ortodoxa, y por tanto al desarrollo sustentable y su Agenda 2030; mientras que los terceros, son los economistas ecológicos con tendencias alternativas que en efecto promueven ideas más radicales. Estos economistas ecológicos radicales están buscando camino sobre el comportamiento de sistemas complejos como una parte integral de la economía ecológica, lo que sugiere la necesidad de realizar más investigaciones sobre la superposición entre la economía de la complejidad y la economía ecológica (Kish & Farley, 2021).

Sobre esta misma postura David Barkin, también partidario de la EE radical, menciona que esta postura es un concepto complejo que intenta desvincularse del sistema dominante y atender las necesidades de los miembros de la comunidad, implicando un proceso social de consolidación progresiva de capacidades comunitarias (Barkin, 2022). Comparte los desafíos de solucionar los llamados problemas complejos que no se pueden resolver en un sentido tradicional, con el método científico clásico, porque son la consecuencia de contradicciones, procesos de dominación y despojo que han avanzado históricamente, a través de la ruptura de los equilibrios vitales del metabolismo sociedad-naturaleza. Esta postura radical de la EE está estrechamente relacionada con el enfoque del ecologismo de los pobres, donde muchos economistas ecológicos radicales han encontrado cobijo.

Para resumir, la EE es un enfoque heterodoxo con tendencias ortodoxas, que busca enmarcar a través de límites biofísicos el concepto y práctica del desarrollo sustentable, por medio de compatibilizar los balances de materia y energía entre los modos de producción, distribución, circulación y consumo capitalista, y las dinámicas ecosistémicas. De manera que no se alcancen grados irreversibles de degradación socioambiental que provoquen el colapso de la civilización. A partir de esto, la EE presenta una postura sobre la sustentabilidad basada en el concepto de la resiliencia, noción que pretende compatibilizar los modos de producción capitalista con las evidentes limitaciones biofísicas impuestas por los sistemas socioambientales (Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023).

La crítica que hace la heterodoxia con tendencias ortodoxas ha permitido el avance de la ortodoxia y en tanto de los problemas estructurales del sistema hegemónico, en la medida que proyecta escalas adecuadas para la estructura económica dominante, eludiendo la discusión causal (explotación del ser humano y naturaleza). Bajo esta visión la crisis de insustentabilidad es vista como el resultado de riesgos mal gestionados o fallas del sistema hegemónico; invisibilizando los procesos históricos y sociales (estructurales) que dieron su origen (Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023).

2.2. Ecologismo de los Pobres

El Ecologismo de los Pobres (EP) hace parte de los enfoques epistemológicos heterodoxos con tendencias alternativas de la sustentabilidad, que reconocen la dominación/explotación en las relaciones dentro del proceso económico capitalista. La propuesta de la categoría “ecologismo de los pobres”, es una conceptualización de Joan Martínez Allier, uno de los economistas ecológicos más conocidos, que producto de las diferencias emergidas dentro del enfoque de la EE delinea su propia propuesta.

El EP viene de la inspiración de los múltiples conflictos ambientales del sur global, especialmente de la India, de donde Martínez Allier adapta el término “ambientalismo de los pobres”, utilizado por la india Sunita Narain, quien escribió sobre el tema el 10 de enero de 2011 en un artículo de la revista Business Standard (Martínez-Alier, 2014). La orientación del EP converge con los enfoques de la justicia ambiental y la ecología política (Scheidel *et al.*, 2020).

Desde los años ochenta hasta la fecha son múltiples los casos de comunidades del sur global que se resisten a los proyectos industriales y de infraestructura minera, eléctrica, hidráulica, nuclear, entre otros, porque temen la pérdida de sus medios de vida. Estas comunidades de acuerdo con el EP se encuentran a la vanguardia de la lucha ambiental, que a diferencia de los ambientalistas del norte global defiende su territorio como asunto de supervivencia; estos actores saben que si se explotan los recursos mineros y se deforesta el bosque se secan sus ríos, se pierde la fertilidad de sus tierras

y campos de pastoreo, y esto los hace más pobres (Martínez-Alier, 2014; Martínez-Alier *et al.*, 2022).

El posicionamiento del EP no piensa que los pobres se asuman, sientan y comporten como ambientalistas como regla general, la postura más bien es que los pobres suelen estar del lado de la preservación de la naturaleza, en comparación a las empresas y el Estado, porque son conscientes de sus intereses y valores internos. El EP se relaciona con acciones y preocupaciones en situaciones donde el medio ambiente es una fuente de sustento, reforzado por elementos como la sacralidad de los valores hacia la naturaleza (Martínez-Alier *et al.*, 2022). Cuando los medios de vida se ven amenazados, los afectados se ven motivados a actuar siempre que exista un grado suficiente de democracia que se los permita.

Los conflictos ambientales son el punto central de análisis del EP, que tiene fundamento en dos hechos según Martínez-Alier (2014): en primer lugar, el crecimiento demográfico (en los últimos 120 años, la población humana se ha quintuplicado, de 1.500 a 7.500 millones) (Martínez-Alier, 2021); y en segundo lugar, el metabolismo social industrial de la economía capitalista, que no es circular, es entrópico, puesto que la estructura económica en lugar de mantenerse crece a un ritmo energético neto de 17 Gt/año (Haas *et al.*, 2015). Sobre estas dos causas se sostiene que la energía en el planeta tierra no se puede recircular y por tanto los materiales solo se pueden reciclar hasta cierto grado o porción.

De manera que incluso una economía que decrezca necesitaría nuevos suministros de materiales. Esto es justo lo que está sucediendo y explica el porqué del crecimiento de los conflictos por extracción de recursos y eliminación de residuos. En el norte global mientras las personas consumen grandes cantidades de energía y materiales importados, y producen una enorme cantidad de residuos, en el sur global los efectos del balance termodinámico se sufren con la falta de agua, cosechas perdidas, animales muertos, aumento de las enfermedades, etc. (Martínez-Alier, 2014; Martínez-Alier *et al.*, 2022; Scheidel *et al.*, 2020).

Las exportaciones de materias prima y otros productos de países monetariamente pobres se venden a precios insostenibles y no incluyen compensaciones por externalidades locales o globales, además, los países

ricos hacen un uso desproporcionado del espacio ambiental sin pago, e incluso sin reconocimiento de los derechos de otras personas a tales servicios, como el uso gratuito de sumideros y depósitos de carbono, esto apunta a una deuda ecológica que se debe ajustar (Martínez-Alier *et al.*, 2022).

Cada uno de estos conflictos ambientales se actualizan constantemente en el sur global y se pueden cuantificar. Este proceso de cuantificación es el instrumento principal del EP, denominado El Atlas Global de Justicia Ambiental (EJAtlas), inventario en línea de los conflictos basado en el conocimiento académico y de activista, que permite la investigación en el campo del EP y la ecología política comparativa y estadística (Martínez-Alier, 2021). El EJAtlas es un instrumento único coproducido con y apoyando de los movimientos ambientalistas (Martínez-Alier, 2021).

2.3. *Marxismo Ecológico*

Así como el EP, el Marxismo Ecológico (ME) hace parte de la heterodoxia con tendencias alternativas. A diferencia del EP, el ME sigue la tradición materialista histórica empezada por Marx, pero con la lupa puesta en la cuestión ecológica, es decir, la concepción materialista dialéctica de la naturaleza. Este enfoque surge hacia los años ochenta y noventa del siglo pasado en el debate entre economistas ecológicos socialistas y sociólogos marxistas que defendían la importancia de la segunda ley de la termodinámica en la producción científica de Marx y Engels. Sus referentes principales son James O'Connor (1998) y John Bellamy Foster (1997), este último bastante activo y quien se podría decir dirige la agenda de investigación en este campo desde la revista *Monthly Review*.

El debate académico que abre esta línea de investigación se hace a partir del análisis de ley de la entropía como parte integral del análisis filosófico materialista (Foster, 2012). Aseguran los marxistas ecológicos que fue Marx y, con mayor detalle Engels, quienes comprendieron la importancia de la entropía para la producción del hombre y sus sociedades, argumentando que incluso esto fue aceptado por Ilya Prigogine, premio Nobel de química en 1977 (Burkett y Foster, 2006).

El ME afirma que los economistas ecológicos socialistas del siglo XX reacios a abandonar la visión mecanicista del mundo no fueron conscientes de que el enfoque rígido de la naturaleza había sido desplazado por una ciencia natural de carácter cada vez más histórico. Aspecto inherente a la producción capitalista que se basa en la separación social de los productores de la tierra. De manera que sobre una postura histórica dinámica es posible que la sociedad logre una restauración sistemática de su metabolismo reproductivo con la tierra como ley reguladora de la producción social, y en una forma adecuada a la transformación de la propiedad privada capitalista en propiedad social (Foster, 2012).

Las críticas que los marxistas ecológicos hicieron hacia los economistas ecológicos socialistas se situaron en las relaciones cualitativas entre naturaleza, trabajo y sociedad que subyacen a la teoría del valor de Marx (Burkett y Foster, 2006). Para la EE la creación y acumulación de valor era esencialmente diferente de la acumulación de energía terrestre mediante el ejercicio del trabajo humano, sin embargo, la energía de la Tierra es lo que se requiere para enviar de regreso al espacio la misma cantidad que se absorbe, es decir, si acumulamos riqueza, en realidad se acumula energía, si se envía menos energía de la que se recibe, el planeta se calienta, brilla con más intensidad para alcanza un nuevo equilibrio (estas ideas son la génesis del decrecimiento como propuesta) (Foster et al., 2024). De hecho, esto es lo que está sucediendo hoy con el cambio climático, mediante la acumulación de GEI.

El hecho de que Marx y Engels no abrazaran las aplicaciones mecanicistas y reduccionistas de la energía cuantitativa de la EE al trabajo humano (y, por implicación, al valor) no indica su rechazo de la termodinámica o su falta de sofisticación en las cuestiones de energía (Foster, 2012; Foster *et al.*, 2024). Por el contrario, los fundadores del materialismo histórico siguieron muy de cerca el desarrollo de las ciencias físicas y se aseguraron de que sus análisis fueran consistentes con los últimos desarrollos en termodinámica, teoría evolutiva, etc. Sin embargo, sus instintos dialécticos y su énfasis en lo cualitativo en lugar de simplemente la naturaleza cuantitativa de las transformaciones energéticas (junto con su enfoque metabólico más amplio) les impidió estudiar la energética propiamente dicha (Foster, 2023).

Lo que Marx y Engels generaron en su materialismo histórico-dialéctico fue una teoría del trabajo, la producción y el proceso de acumulación capitalistas que era consistente con las principales conclusiones de la termodinámica originaria de su época. Marx desarrolló una sofisticada teoría del carácter metabólico del proceso de trabajo humano. Este análisis no sólo reconoció que la materia importa, sino que es sensible a los procesos bioquímicos de la vida misma y a la teoría evolutiva emergente (Foster, 2023; Foster *et al.*, 2024).

2.4. Diferencias y similitudes

De acuerdo con el desarrollo de los diferentes enfoques dentro de la heterodoxia de la sustentabilidad, en la tabla 1 se presentan sus principales diferencias y similitudes. Para esto se utilizarán como criterios de comparación puntos antes identificados y que caracterizan a la corriente heterodoxa: enfoque de sistema abierto, metodología mixta, contenido epistemológico plural y no trascendencia del estatus quo.

Tabla 1. Comparativos enfoques heterodoxos de la sustentabilidad.

Enfoques	Heterodoxia con tendencias ortodoxas		Heterodoxia con tendencias alternativas	
	EE	EE radical	EP	ME
EE		Diferencia: el enfoque epistemológico de la EE radical presenta limitaciones en su pluralidad, no acepta todos los postulados teóricos del norte global, principalmente neoliberales. La EE tiene preferencias por los enfoques metodológicos cualitativos.	Diferencia: los enfoques epistemológicos de corte neoliberal son rechazados por el EP, abordando fuertemente teorías del sur global. El EP tiene preferencia por los enfoques metodológicos cualitativos.	Diferencia: los enfoques epistemológicos de corte neoliberal son rechazados por el EP, abordando fuertemente la teoría de la crítica de la economía política. El ME tiene preferencia por los enfoques metodológicos cualitativos.
EE radical	Similitud: análisis de sistemas abiertos, metodologías de enfoque mixto y sin propuestas que trasciendan el estatus quo.		Diferencia: el EP adopta posturas críticas decoloniales, sensibles al despojo y explotación del norte global hacia el sur global. La EE radical no tiene marcos epistemológicos decoloniales claros.	Diferencia: el ME adopta posturas críticas claras desde la crítica de la economía de la economía política tradicional. La EE radical no tiene marcos epistemológicos marxistas claros.
EP	Similitud: análisis de sistemas abiertos y propuestas sin trascender el estatus quo. Se comparten algunos marcos teóricos y metodológicos del sur global, pero no los decoloniales de tradición de la crítica de la economía política.	Similitud: análisis de sistemas abiertos y propuestas sin trascender el estatus quo. Se comparten algunos marcos teóricos y metodológicos del sur global, pero no los decoloniales de tradición de la crítica de la economía política.		Diferencia: el marco epistemológico del ME se centra en la crítica de la economía política tradicional, mientras que el EP es más plural e integra marcos epistemológicos que provienen del sur global.
ME	Similitud: análisis de sistemas abiertos y propuestas sin trascender el estatus quo.	Similitud: análisis de sistemas abiertos y propuestas sin trascender el estatus quo.	Similitud: análisis de sistemas abiertos y propuestas sin trascender el estatus quo. Se comparten posturas epistemológicas de la crítica de la economía política.	

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La heterodoxia de la sustentabilidad se puede subclasificar en dos tendencias generales: heterodoxia con tendencias ortodoxas (representada por la EE y EE radical) y heterodoxia con tendencias alternativas (representada por el EP y el ME). Las similitudes y diferencias entre los enfoques y tendencias varían según criterios de sistema abierto, metodología mixta, contenido epistemológico plural y no trascendencia del estatus quo. Los aspectos que comparten en común las dos tendencias de la heterodoxia de la sustentabilidad son: el análisis del fenómeno de estudio (sustentabilidad), enfocado en sistemas abiertos o entrópicos; y la falta de propuestas claras que permitan transitar hacia otras formas de relación entre seres humanos y con la naturaleza, diferentes a la modera-colonial, concretamente el capitalismo en el campo de la economía.

Así mismo las diferencias clave radican en: primero, la heterodoxia con tendencias ortodoxas aceptan en alguna proporción los postulados de la maximización de las utilidades y la teoría del equilibrio general neoclásica, mientras que la heterodoxia con tendencias alternativas las rechaza; segundo, la heterodoxia con tendencias ortodoxas utiliza con mayor frecuencia enfoques metodológicos cuantitativos, mientras que la heterodoxia con tendencias alternativas da mayor énfasis a los enfoques cualitativos; tercero, mientras la heterodoxia con tendencias alternativas acoge de manera central las posturas epistemológicas del sur global con tradición en la crítica de la economía política, la heterodoxia de la sustentabilidad con tendencias ortodoxas, escasamente integra estos marcos teóricos en su análisis.

Las ciencias de la sustentabilidad se han enriquecido del dinamismo de su corriente heterodoxia, especialmente su propuesta hegemónica se alimenta constantemente del debate ortodoxia-heterodoxia. Por ejemplo, conceptos como la economía circular emergieron de la síntesis entre EE y EA. No obstante, la influencia de la heterodoxia en la política global dominante (ej. Agenda 2030) sigue siendo parcial, sobre todo de los enfoques con tendencias alternativas. La heterodoxia con tendencias alternativas posiciona en el debate, académico y político, discursos en contra de las

opresiones e injusticias socioambientales, que visibilizan conflictos y opresiones entre el norte y sur global.

La heterodoxia de la sustentabilidad no es un bloque homogéneo, sino un espectro de posturas que oscilan entre la reforma y la crítica más fundamental. Su principal contribución radica en cuestionar la naturalización del crecimiento económico y ampliar las narrativas sobre la crisis ecológica, sin una clara propuesta transformativa. Para concluir, este estudio identifica al menos tres líneas de investigación adicionales. En primer lugar, se sugiere la necesidad de realizar un análisis exhaustivo de las nuevas discusiones entre ortodoxia y heterodoxia, ya que de este debate emergen las posturas que podrían alcanzar la hegemonía epistemológica. Este análisis es especialmente relevante en el contexto histórico en el que se encuentra el desarrollo sustentable, como una propuesta que debe renovarse hacia el año 2030. En segundo lugar, se propone desarrollar las razones ontológicas y epistemológicas que no permiten que las propuestas más alternativas de la heterodoxia, logren dar el salto hacia alternativas reales al sistema moderno-colonial dominante. Finalmente, como proyección de este trabajo teórico, se sugiere que futuras investigaciones analicen cómo se manifiestan las similitudes y diferencias entre los distintos enfoques y categorías heterodoxas de la sustentabilidad mediante el estudio de casos específicos.

Referencias

- Alier, J., Roca, J., & Sánchez, J. (1998). *Curso de Economía Ecológica*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente & Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe, Eds.; Versión corregida.
- Almeida, F. (2024). "Recent contributions to heterodox economics: meaning, ideology, and future". *Review of Evolutionary Political Economy*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s43253-024-00136-y>
- Armsworth, P., & Roughgarden, J. (2001). "An invitation to ecological economics". *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 16, núm. 5, 229–234. <http://tree.trends.com>
- Arrow, K. J., y Debreu, G. (1954). "Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy". *Econometrica*, vol. 22, núm. 3, 265. <https://doi.org/10.2307/1907353>
- Asamblea General de Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv36k5dxk.21>

- Barkin, D. (2022). “El Ethos Comunitario en una era de Crisis Ecológica”. *Minga. Revista de Ciencias, Arte y Activismo Para La Transformación de América Latina*, vol. 5, No. 7, 7-35.
- Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., & Hauschild, M. (2018). LCA History. In *Life Cycle Assessment* (pp. 17–30). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_3
- Burkett, P., & Foster, J. (2006). “Metabolism, energy, and entropy in Marx’s critique of political economy: Beyond the Podolinsky myth”. *Theory and Society*, vol. 35, 109-156.
- Castañó, J. (2001). “La historia de la teoría económica desde la heterodoxia”. *Cuadernos de Economía*, vol. 35, 297–308.
- Chen, Z., Chen, S., Liu, C., Nguyen, L., & Hasan, A. (2020). “The effects of circular economy on economic growth: A quasi-natural experiment in China”. *Journal of Cleaner Production*, vol. 271, 122558.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122558>
- Clark, W., & Dickson, N. (2003). “Sustainability science: The emerging research program”. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 100, No. 14, 8059-8061.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1231333100>
- Constanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Godland, R., & Norgaard, R. (1999). *Una Introducción a la Economía Ecológica* (D. Boudjikianian, Ed.; Primera edición). Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V.
<https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Coraggio, J. (2011). *Economía Social y Solidaria. El trabajo antes que el capital* (A. Acosta & Martínez Esperanza, Eds.; Primera edición). Ediciones Abya-Yala.
- Dequech, D. (2021). “The Future of Heterodox Economics: An Institutional Perspective”. *Journal of Economic Issues*, vol. 55, núm. 3, 578-583). Routledge.
<https://doi.org/10.1080/00213624.2021.1940039>
- Dow, S. (2000). “Prospects for the progress of heterodox economics”. *Journal of the History of Economic Thought*, vol. 22, núm. 2).
- Dussel, E. (2011). *Filosofía de la liberación* (Primera edición FCE). Fondo de Cultura Económica.
- Dussel, E. (2014). *16 Tesis de Economía Política. Interpretación Filosófica* (Primera edición). Grupo editorial siglo veintiuno.
- Escobar, A. (2011). “Una minga para el posdesarrollo”. *Signo Pensamiento*, vol. 30, núm. 58, 278-284.
- Eichacker, N. (2024). “Pluralist Economics as a Democratizing Force: A Review Essay”. *Review of Political Economy*, vol. 36, núm. 4, 1698-1707. Routledge.
<https://doi.org/10.1080/09538259.2022.2075114>

- Figge, F., & Thorpe, A. (2023). "Circular economy, operational eco-efficiency, and sufficiency. An integrated view". *Ecological Economics*, vol. 204. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107692>
- Fischer-Kowalski, M. (1998). "Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part II, 1970-1998". *Journal of Industrial Ecology*, vol. 2, núm. 4, 107-136. <https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.4.107>
- Folke, C., Jansson, Å., Rockström, J., Olsson, P., Carpenter, S., Chapin, F., Crépin, A., Daily, G., Danell, K., Ebbesson, J., Elmqvist, T., Galaz, V., Moberg, F., Nilsson, M., Österblom, H., Ostrom, E., Persson, Å., Peterson, G., Polasky, S., ... Westley, F. (2011). "Reconnecting to the Biosphere". *AMBIO*, vol. 40, núm. 7, 719. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0184-y>
- Foster, J. (1997). "The crisis of the earth". *Organization & Environment*, vol. 10, núm. 3, 278-295.
- Foster, J. (2000). *Marx's Ecology. Materialism and Nature*. Monthly Review Press.
- Foster, J. (2012). "The Planetary Rift and the New Human Exemptionalism: A Political-Economic Critique of Ecological Modernization Theory". *Organization and Environment*, vol. 25, núm. 3, 211-237. <https://doi.org/10.1177/1086026612459964>
- Foster, J. (2023). "Marxian Ecology, East and West: Joseph Needham and a Non-Eurocentric View of the Origins of China's Ecological Civilization". *International Critical Thought*, vol. 13, núm. 2, 155-165. <https://doi.org/10.1080/21598282.2023.2207411>
- Foster, J., Swain, D., & Woźniak, M. (2024). "Marxian Ecology, Dialectics, and the Hierarchy of Needs". *Sustainable Human Development*, vol. 60, núm. 1.
- Georgescu-Roegen, N. (1996). *La Ley de la Entropía y el proceso económico*. Visor.
- Giampietro, M., & Mayumi, K. (2000). "Multiple-Scale Integrated Assessments of Societal Metabolism: Integrating Biophysical and Economic Representations across Scales". *Population and Environment*, vol. 22, núm. 2, 155-210.
- González, M., & Toledo, V. (2014). *The Social Metabolism. A Socio-Ecological Theory of Historical Change* (F. Mauro Agnoletti, Ed.; vol. 3). Springer. <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-06358-4>
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). "How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005". *Journal of Industrial Ecology*, vol. 19, núm. 5, 765-777. <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>
- Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S., Krausmann, F., Müller, D., & Fischer-Kowalski, M. (2019). "Contributions of sociometabolic research to sustainability science". *Nature Sustainability*, vol. 2, 173-184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41893-019-0225-2>

- Hinkelammert, F. (2002). *Crítica de la razón utópica*. Desclée de Brouwer.
- Hinkelammert, F. (2008). *Hacia una crítica de la razón mítica. El laberinto de la modernidad. Materiales para la discusión* (Palabra Comprometida Ediciones, Ed.). Departamento Ecuaménico de Investigaciones.
- Hinkelammert, F., & Mora, H. (2005). *Hacia una economía para la vida*. 426. <http://coleccion.uca.edu.sv/franz-hinkelammert/items/show/2562>
- Hodgson, G. (2021). "Debating the Future of Heterodox Economics". *Journal of Economic Issues*, vol. 55, núm. 3, 603-614.
<https://doi.org/10.1080/00213624.2021.1945874>
- Kates, R., Clark, W., Corell, R., Hall, J., Jaeger, C., Lowe, I., McCarthy, J., Schellnhuber, H., Bolin, B., Dickson, N., Faucheux, S., Gallopin, G., Grübler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N., Kaspersen, R., Mabogunje, A., Matson, P., ... Svedin, U. (2001). "Sustainability Science". *Science*, vol. 292, núm. 5517, 641-642.
<https://doi.org/10.1126/science.1059386>
- Katz, C. (2010). Economistas ortodoxos y heterodoxos. In *Conceptos y fenómenos fundamentales de nuestro tiempo*.
- Kish, K., & Farley, J. (2021). "A research agenda for the future of ecological economics by emerging scholars". *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, núm. 3, 1-17.
<https://doi.org/10.3390/su13031557>
- Komiyama, H., & Takeuchi, K. (2006). "Sustainability science: building a new discipline". *Sustainability Science*, vol. 1, núm. 1, 16.
<https://doi.org/10.1007/s11625-006-0007-4>
- Kühn, T. (1962). The structure of scientific revolutions. In *University of Chicago Press*.
- Laera, R. (2024). "Heterodoxia económica, pluralismo y paridad epistémica". *Revista de Economía Crítica*, vol. 38, 65-76. <https://doi.org/10.46661/rec.11372>
- Lavoie, M. (2005). "¿Las teorías heterodoxas tienen algo en común? Un punto de vista postkeynesiano". *Lecturas de Economía*, vol. 53, 51-82.
- Lawn, P. (2002). "Grounding the ecological economics paradigm with ten core principles". *Int. J. Agricultural Resources*, vol. 2, núm. 1.
- Lawson, T. (2006). "The nature of heterodox economics". *Cambridge Journal of Economics*, vol. 30, núm. 4, 483-505. <https://doi.org/10.1093/cje/bei093>
- Lee, F. (2008). Heterodox Economics. In *The New Palgrave Dictionary of Economics* (pp. 1-7). Palgrave Macmillan UK.
https://doi.org/10.1057/978-1-349-95121-5_2487-1
- Li, X., & Yang, C. (2019). "Ecological economics for energy conservation and emission reduction of high energy consuming industries based on theory of circular economy". *Applied Ecology and Environmental Research*, vol. 17, núm. 6, 87-98.
https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1458714598

- Martínez-Alier, J. (2014). "The environmentalism of the poor". *Geoforum*, vol. 54, 239-241.
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.04.019>
- Martínez-Alier, J. (2021). "Mapping ecological distribution conflicts: The EJAtlas". *Extractive Industries and Society*, vol. 8, núm. 4.
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.02.003>
- Martínez-Alier, J., Neyra, R., & Rincón, M. (2022). "Reply to Orihuela et al's "Extractivism of the poor"". *Extractive Industries and Society*, vol. 10.
<https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101065>
- Masera, O., Astier, M., & Santiago, L. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS* (C. Alatorre Frenk, Ed.; Primera edición). Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C.
- Mearman, A., Berger, S., & Guizzo, D. (2023). "What is Heterodox Economics? Insights from Interviews with Leading Thinkers". *Journal of Economic Issues*, vol. 57, núm. 4, 1119-1141.
<https://doi.org/10.1080/00213624.2023.2273130>
- Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo "Nuestro futuro común."*
- O'Connor, J. (1998). *Natural causes/ : essays in ecological marxism*. Guilford Press.
- Ozkaynak, B., & Rigby, P. (2002). "Whither ecological economics?". *Int. J. Environment and Pollution*, vol. 18, núm. 4, 317-335.
- Popper, K. (1983). *La miseria del historicismo* (Ediciones Orbis).
- Potts, J. (2021). "How Heterodox Economics Lost its Way". *Journal of Economic Issues*, vol. 55, núm. 3, 590-594. Routledge.
<https://doi.org/10.1080/00213624.2021.1940041>
- Quijano, A. (2014). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. In Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales (Ed.), *Cuestiones y horizontes: de la dependencia histórica-estructural a la colonialidad del poder*. CLACSO.
- Ramírez-Naranjo, D. (2021). Metabolismo Social del Socioecosistema Mezcal Tradicional en la Región Queréndaro, Michoacán: una aproximación para su sustentabilidad [Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. In *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*.
<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2016.17.58151>
- Ramírez-Naranjo, D., & Herrera, H. (2023). Concepto de sustentabilidad. Revisión crítica de enfoques. In H. Herrera, R. Colín, & H. Guerrero (coordinadores), *Desarrollo y sustentabilidad. Crítica a la economía de mercado capitalista. Tomo I* (Primera edición, pp. 87-120). División de Estudios de Posgrado, FEVaQ, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S., Donges, J., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., Von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D.,

- Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., ... Rockström, J. (2023). "Earth beyond six of nine planetary boundaries". *Science Advances*, vol. 9, 1-16. <https://www.science.org>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F., Lambin, E., Lenton, T., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C., Hughes, T., Van Der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. (2009). *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*.
- Ros, J. (2004). La teoría del desarrollo y la economía del crecimiento. *El trimestre económico*, núm. 282. Fondo de Cultura Económica.
- Scheidel, A., Del Bene, D., Liu, J., Navas, G., Mingorría, S., Demaria, F., Ávila, S., Roy, B., Ertör, I., Temper, L., & Martínez-Alier, J. (2020). "Environmental conflicts and defenders: A global overview". *Global Environmental Change*, vol. 63. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102104>
- Spash, C. (2012). "New foundations for ecological economics". *Ecological Economics*, vol. 77, 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.004>
- Spash, C. (2013). "The shallow or the deep ecological economics movement?". *Ecological Economics*, vol. 93, 351-362. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.05.016>
- Walras, L. (1887). *Teoría matemática de la riqueza social*. Alianza Universidad.

CRÍTICA DE LA ECONOMÍA POLÍTICA Y MEDIO AMBIENTE. ALGUNOS CONCEPTOS FUNDAMENTALES

*Adolfo Lizárraga Gómez**

Introducción

En este capítulo se expone la visión del pensamiento crítico marxista sobre medio ambiente y ecología, en particular, se expone la perspectiva de la autodenominada “economía política de los Media o de la comunicación”. Vamos a utilizar en particular y específicamente la aportación de Christian Fuchs, quien, aunque, inexplicablemente, no está incluido en la importante y muy completa compilación que hacen Granjon *et al.* (2019), sin embargo, en diversos estudios sobre Economía Política de la Comunicación, al hablar de marxismo en esta materia, Fuchs es un referente ineludible (Ouellet, 2016). Por otra parte, en tanto que autores de corte marxista, como Fuchs, conciben a ésta como una corriente y prácticamente una disciplina propiamente marxista (Winseck, 2017), vamos a referirnos a ella como CEP en este capítulo, aunque probablemente esa identificación sea imprecisa, como afirma Winseck, a lo cual responde con mayor claridad Knoche (2024), precisando los conceptos que son propios de la Crítica de la Economía Política de la Comunicación, tales como ley del valor y el método dialéctico de investigación, entre otros.

Fuchs es un prolijo autor de varios artículos y libros desde principios del presente siglo relativos a la tecnología de los medios de comunicación, y

* Doctor en Ética y Democracia. Profesor de Asignatura en la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. adolfo.lizarraga@umich.mx

que, como co-editor de la revista en línea *tripleC*, es promotor continuo de la CEP, pues en esa publicación contribuyen investigadores de diversas partes del mundo, que denuncian estudios de caso específicos relativos al desarrollo tecnológico, lo que hace de *tripleC* una fuente muy abundante de información al respecto. Teniendo como referencia dicha revista y básicamente el libro de Fuchs *Critical Theory of Communication: New Readings of Lukács, Adorno, Marcuse, Honneth and Habermas in the Age of the Internet*, el presente capítulo tiene en cuenta la diferencia de la CEP, con otras corrientes del pensamiento crítico, que podríamos reconocer en particular, en los siguientes tres grupos: el de la teoría de la “sociedad del conocimiento”, el “autonomismo”, y el que llamaremos del “capitaloceno”. La CEP parece emerger de la primera, cruzar por la segunda y ver con cierta distancia la tercera. Las dos últimas son anti-capitalistas y de corte marxista, aunque de manera heterodoxa la primera y más ortodoxa la segunda. Esta última ve con recelo a los movimientos sociales aunque confía en el apego de estos a la obra de Marx para la superación del capitalismo, en general, debido a las condiciones que este modo de producción mismo crea. En esta corriente, se desconfía y critica con agudeza el desarrollo capitalista por sus efectos destructores de lo natural. En esta corriente se ubican autores como Elmar Altvater y Bellamy Foster, quienes aceptan la importancia del concepto de “capitaloceno” y reconocen la aportación de Jason M. Moore en la consolidación de este concepto, aunque son críticos a Moore: Altvater (2016) de una manera menos directa que Foster (2021), ambos autores dan mayor peso a los conceptos de propiedad, al de riqueza y al de pobreza, criticando el de “naturaleza barata” de Moore. Por su parte, con una visión más optimista sobre las potencialidades de la producción capitalista, el autonomismo italiano, sobre todo Antonio Negri, ha propuesto el concepto de “common”, como un producto fundamental del moderno desarrollo tecnológico que posibilita la superación del capitalismo; de este producto relativamente natural del desarrollo capitalista, emergen los movimientos sociales anti-sistémicos como el feminista y el ecologista o medio ambientalista, entre otros, en los cuales el “autonomismo” confía, en general, acríticamente. Negri conserva rasgos anti-sistémicos que difieren de los de

otras visiones que se asumen como críticas al proceder de los sujetos respecto de la realidad, como es el caso planteado en los diferentes ensayos y en el espíritu del libro de Carañana *et al.* (2024), como afirma Wasco en el prólogo de ese libro, lo que implicaría una multiplicidad de métodos como aspectos sociales se quieran tratar y que podrían plantearse temáticamente por el feminismo y otros movimientos sociales que surgen con el paso del tiempo, lo que no se parece, por otra parte, al planteamiento de Mansell (2024) —a pesar de lo que dice Wasco—, que es más preciso en términos temáticos específicos.

Por otra parte, está una corriente que se asume como no marxista y sólo alerta sobre la emergencia de una época que se considera novedosa dado el desarrollo de la ciencia y la tecnología y que domina la vida social actual, en particular, la vida económica. Esta visión pretende ser meramente descriptiva y llama a la población, en su caso, a involucrarse en esta vía como condición para aprovechar sus beneficios. Esta corriente, por lo tanto, se apega más al establishment y aparece en la propuesta institucional retomada por la UNESCO y por los gobiernos del mundo. En esta corriente pueden ubicarse desde teóricos de los negocios como Peter Drucker, hasta sociólogos de prestigio académico como Nico Stehr y Robin Mansell.

Por supuesto, existen otras corrientes que se ocupan de la “producción del conocimiento” y que, inclinadas por la lucha contra el cambio climático, aluden a otras escuelas sobre este tema, sobre todo desde una perspectiva más, digamos, “práctica”. Pero, incluso, estas corrientes tienen la perspectiva de esta doble visión de la existencia de una corriente aparentemente más superficial —a la que llaman “ortodoxa”— y que opera con y por los cambios que aparecen para ellos como naturales, contra quienes ven en ese desarrollo contradicciones sociales subyacentes y la imposición de hegemonías —a la que llaman “heterodoxa”—, no sobre clases sociales, sino sobre grupos sociales, por lo que emergen conceptos como, por ejemplo, el de “decolonización”. Véase, por ejemplo, al respecto *Environmental Science and Policy* 151 (2024), en particular el texto de Moe y Müller.

Dos acuerdos destacamos entre estas corrientes. Por una parte, conciben a la actual como la “era del conocimiento” o del “saber”,

dependiendo de cómo se traduzca el término inglés *knowledge*. En general, no será necesario tener esta diferencia entre “conocimiento” y “saber” en este capítulo, que es probable que tenga que ver con la traducción de *knowledge* a otros idiomas, por un lado, y del sentido que diversos autores le dan al mismo, por el otro. En otra parte (2023), expusimos cómo André Gorz tiene en cuenta esta diferencia que no es menor, pues define también lo que aquí, al menos, dejaremos señalado: el uso sistémico del lenguaje. Por otra parte, ponen en cuestión la vigencia de la “ley del valor” a la que conciben con una existencia propia de una determinada etapa de la vida moderna: la que habría iniciado con la modernidad capitalista y que habría terminado con el llamado “fordismo” y el inicio de la era científico-tecnológica, a la llaman “post-fordista”.

Fuchs y la CEP, rescatan conceptos creados por estos importantes grupos teóricos, adoptando una postura ortodoxa respecto de la obra de Marx, en tanto no ponen en cuestión la vigencia de la ley del valor vista por ese pensador, ni el método dialéctico para estudiar la realidad social. La perspectiva desarrollada por la CEP adopta y adapta la obra de pensadores de la llamada “teoría crítica”, cuyo punto central de referencia es la también llamada “Escuela de Frankfurt”, desde dos perspectivas básicas. Primero, que esta teoría crítica tiene como base la obra de Georg Lukács y, segundo, que se origina en la obra de Max Horkheimer y de Theodor Adorno, pasa por Jürgen Habermas y concluye en la de Axel Honneth y sus discípulos. Fuchs va, en este recorrido, hasta la crítica de la cultura de Raymond Williams.

La CEP y los tres grupos teóricos señalados, también coinciden en que el punto de confluencia de sus teorías es el trabajo, aunque difieren en su definición de este, pero sugieren una postura que puede en cierto modo ser considerada como optimista respecto del desarrollo tecnológico alcanzado, aunque ponen en duda que la solución a los problemas anti-humanos actuales, puedan resolverse mediante “el control, la transparencia y el uso amigable” de la tecnología, a menos que sea concebido como un “bien común” (Shulz *et al.*, 2024). Su visión sobre el medio ambiente incluye la afectación directa del ser humano, como lo hace la teoría crítica que proviene de Horkheimer, y llevó a Fuchs a definir su teoría como de “marxismo

humanista”; se ha creado un medio ambiente digital tecnológico,¹ que será “bueno” o “malo” dependiendo de cómo afecta al ser humano. La CEP asume una ética que podría llevar a Sartre y a André Gorz, pero Fuchs (2020, p. 339; 2021, pp. 177 y ss.) no alude a Gorz y rechaza la teoría de Sartre como a-política en su concepto de praxis, que es fundamental para la CEP en su crítica a la vida enajenada capitalista, perspectiva retomada de la Teoría Crítica.²

Se expondrá, entonces, en el primer apartado, el planteamiento central de la teoría crítica sobre el medio ambiente, desde la postura de Max Horkheimer para identificar aquellos conceptos que, por consecuencia, se relacionan después con la CEP, en general, y en materia de medio ambiente, en particular. En esta exposición, los conceptos de “razón instrumental” y de “rebelión de la naturaleza” resultan referenciales, y exponen la relación dialéctica entre ser humano y naturaleza. En el segundo apartado, se expondrán, entonces, en positivo algunos de los planteamientos relativamente puntuales de la CEP sobre el desarrollo tecnológico actual, teniendo en cuenta aquel planteamiento de la Teoría Crítica y que se refiere a la afectación al medio ambiente natural, con referencia a la naturaleza humana. Los conceptos eje y fundamentales son el de “trabajo” y el de “common”, que se traduce como “lo común”, por una parte, y como “bienes comunes”, que es la traducción literal que más se acerca al planteamiento de la CEP, en tanto que en él reconoce la anhelada liberación de la inhumanidad capitalista. En las conclusiones sugerimos que la principal dificultad de la CEP, es plantear una relación entre trabajo y medio ambiente que sea integral a la solución de problemas de lo que Marx denominó “pre-historia” de la humanidad.

¹ A este respecto es significativo y sugerente el libro editado por Winseck y Yong Jin (2011), en el que diversos autores que se reconocen en la CEP, desarrollan el concepto de “ecología social de la comunicación”, con la que se refieren a un medio ambiente ya no natural, sino propiamente artificial debido al desarrollo tecnológico, lo cual sugiere esta sustitución de la naturaleza debida a la “razón instrumental”.

² En adelante, señalaremos Teoría Crítica con mayúsculas para referirnos a la Escuela de Frankfurt (en particular, Horkheimer y Adorno), como lo hace Habermas (2002, pp. 534 y ss.), a la que llama “la primera Teoría Crítica”, pues, naturalmente, luego viene una dispersión en la definición de “teoría crítica”, no sólo en el marxismo, aunque principalmente en él (Fuchs, 2016).

1. Orígenes de la economía política de los Media

1.1. Teoría Crítica y racionalización de la naturaleza

Max Horkheimer tituló “La rebelión de la naturaleza” (*Die Revolte der Natur*) el capítulo tercero de su libro *Zur Kritik der Instrumentellen Vernunft*, que se ha traducido al español, connotadamente, como *Crítica de la razón instrumental* (Horkheimer, 1973), versión que se utiliza en este capítulo.

En ese texto, Horkheimer aporta una serie de conceptos que son ejes en la llamada Teoría Crítica. El primero de ellos es el de “alienación”, que toma el rumbo lukacsiano de “reificación”, que —como su propio creador, Georg Lukács, lo indica—, parte del concepto de “fetiche de la mercancía” de Marx, y se refiere al de “cosificación” (Fuchs, 2014, p. 79). Este concepto es punto de partida en Horkheimer para explicar el dominio de la “razón instrumental”, la cual tiene por objetivo la “subjetivización” de la vida social, insensibilizando a la humanidad, primero, respecto de la naturaleza y, desde ahí, a sí misma, al convertir en “herramienta todo lo que encuentra” y le es exterior, hasta vaciarlo de contenido despojando, entonces, al propio individuo y a sus productos de toda subjetividad y, de esa manera, imponiendo un dominio racional.³ Desde esta perspectiva, para la razón todo es un caos y posible medio de su praxis.

Horkheimer tiene aquí presente el tiempo en que vive y desarrolla su teoría. Este texto lo escribe en los años 1940 y se publica por primera vez en 1967, por lo que, a continuación, expone algunas referencias histórico-sociales. Una de ellas, es que se ubica en la era de la industrialización y, la otra, que el tiempo de un Estado poderoso que tiene su dramática aparición en el fascismo y el nazismo. Horkheimer vive y sufre esa época como víctima de persecución nazi. Encontró, entonces, refugio en los Estados Unidos que está en su apogeo como país más industrializado del mundo. Pero, además, el texto es concebido en plena segunda guerra mundial, por lo que puede

³ Este dominio es propio de la razón ilustrada instrumental: “La razón sólo se desarrolla a través de la oposición a ‘la naturaleza, sustrato de la eterna subsunción en la idea, de la interminable subyugación en la realidad’... y este dominio sobre la naturaleza se reproduce en la humanidad”. Ellmers, 2021, p. 268, traducción propia.

llegar a concluir que ha encontrado “lo que confiere a la sociedad industrial moderna su aspecto nihilista. Una subjetivación que eleva al sujeto, al mismo tiempo que lo condena” (Horkheimer, 1973, p. 103).⁴

¿Cómo llega Horkheimer, entonces, a estos dos conceptos de alienación y nihilismo industrial? Según Horkheimer, este es un proceso que inicia por la apropiación instrumental de la naturaleza, que concibe un dominio que se interioriza en el individuo moderno y lo mueve a actuar y vivir desde esa referencia fundamental, haciendo de esta una actividad, incluso, afectiva: “por amor al dominio”, y convierte, así, la actividad humana, no en un acto de “trascendencia”, sino de “mera opresión”. Se forma, entonces, una “situación cultural” a la que llama “darwinista”, y define como “proceso de racionalización [que] ya no es resultado de las fuerzas anónimas del mercado”, sino “establecido por una minoría planificadora”, en la que los individuos han de cargar con el sentimiento de adaptación e integración a esa dinámica en la que el individuo no se siente satisfecho con lo que ha creado, sino que sigue un “ideal” que le indica que ha de crear otros y más instrumentos de dominio de la naturaleza, operando, así, su propio autodomínio, al convertirse en uno de esos instrumentos, para lo cual desarrolla sus capacidades físicas y mentales.

Las relaciones entre individuos y las reglas que han de seguir, se crean en torno a inventos instrumentales, mediante slogans, avisos y anuncios “que proclaman la potencia de los consorcios industriales”, y simulan el poder de elección del consumidor a quien se le oculta que no podrá obtener más de lo que valga su dinero, esos mismos anuncios de poder industrial hablan de arte, amistad o religión. El sentido de las cosas y de la vida que el arte y la filosofía aspiraban a reconocer y dar voz a la naturaleza, ha sido sustituido: “Hoy la naturaleza se ve privada de su lenguaje. En un tiempo se creía que toda manifestación, toda palabra, todo grito o todo gesto tenía un significado interior; hoy se trata de un mero proceso.” Se despoja a la naturaleza, “de

⁴ Del Valle (2010), hace una interesante descripción señalada, de que, en lo teórico, Horkheimer se vio motivado a transitar de la obra de Marx a la de Nietzsche, de la crítica del capitalismo a la de la civilización, para reflexionar sobre la relación de la humanidad con la naturaleza que, históricamente, ha sido de imposición de la necesidad de dominio y se completa de manera trágica en la modernidad que, en lo artístico, impone la homogeneización. Lo cual es muy sugerente en el primer excurso de Horkheimer y Adorno (2006).

todo sentido o valor interno”, y a la humanidad de “todas las metas salvo la de la autoconservación” (Horkheimer, 1973, p. 111).

El desarrollo histórico es cautivado por el desarrollo *de* los métodos de producción. La mirada hacia la eternidad es desplazada por la “inteligencia pragmática que enfoca el instante próximo”. Finalmente, la naturaleza ha perdido su “condición terrorífica” y su “posibilidad de hablar a través de la conciencia de los hombres”. Se erige sobre esta base, una concepción de la humanidad que la define como única con derecho a salvarse, a la vez que se impone el precepto e ideal que dicta tener que evitar que las emociones “perjudiquen los juicios”.

La humanidad queda ante la disyuntiva de si ha de volver a la naturaleza, reanimando doctrinas o “la creación de nuevos mitos”, pero duda de si esta consagración de la naturaleza no sería un “golpe a la civilización” y una motivación, por lo tanto, a que la naturaleza actúe contra sí misma. Somos herederos, dice Horkheimer, de una civilización que nunca estuvo contra la explotación del trabajo y, por el contrario, ha fortalecido y complejizado la presión y coacción reduciendo a la pobreza. A toda rebelión humana natural se le señala como “atrasada”, contraria a la razón, apelando, con ello, al dominio sobre lo natural, y a no actuar en contra de la razón. “La Ilustración es con las cosas lo que el dictador es con la humanidad” (citado por Ellmers, 2021, p. 268).

La solución a esta lucha destructiva, Horkheimer la deja pendiente, y sólo sentencia que la naturaleza necesita ayuda y el ser humano, para poder “socorrer a la naturaleza”, tendría que “liberar de sus cadenas a su aparente adversario, el pensar independiente” (citado por Ellmers, 2021, p. 137). Probablemente, en la teoría crítica, la tarea de plantear una alternativa a esta disyuntiva, como otras tantas (Jay), quedó en manos de Marcuse quien, en su *One Dimensional Man*, da una respuesta lo más dialéctica posible, en términos hegelianos, que concluiría con lo que en otra parte hemos concebido como *Versöhnung*, “conciliación”, término que se tornó problemático a la vez que lo hizo la pregunta sobre la vuelta a la naturaleza, sobre todo en el pensamiento pretendidamente continuador de la teoría crítica por parte de Leo Löwenthal, quien concibe que este concepto puso en cuestión la diferenciación entre lo humano y lo natural, por una parte,

aunado a la artificialidad de que ha dotado la modernidad capitalista a lo natural, lo que le habría dado a ese concepto, por otra parte, un carácter no sólo conservador, sino el de promotor de una forma radical de este conservadurismo capitalista en el fascismo (Wallmeyer, 2021). Löwenthal se posiciona en un contexto del que no puede escapar, como sí lo hace Marcuse, quien utiliza el término “pacificación” que, según él, determinaría “el Logos de la técnica”, que sostiene el dominio de la naturaleza, pero desde su lado liberador y no desde el opresor: “Este último -dice Marcuse- incluye la reducción de la miseria, la violencia y la crueldad. En la Naturaleza como en la Historia, la lucha por la existencia [concepto que Marcuse toma de Darwin] es la señal de la escasez, el sufrimiento y la miseria. Son las cualidades de la materia ciega del reino de la inmediatez en el cual la vida sufre pasivamente su existencia”.⁵ Este proceso de “pacificación” se completa cuando la civilización se convierte en proceso dominado por la libertad (Marcuse, 2007, pp. 240-1).

A la luz de estos postulados, veamos, entonces, el planteamiento de la CEP. Su introducción, es la teoría de Dallas Smythe, con la que comienza a distanciarse de la original Teoría Crítica, aunque no deja de referirse a ella.⁶

1.2. Dallas Smythe: *capitalismo e ideología*

A diferencia del “autonomismo” representado por Negri, y del “ecologismo político” de André Gorz, la CEP pretende no apartarse de la obra de Marx, y concibe sus inicios en la obra de Dallas Smythe refiriéndose a un capitalismo cultural con dos conceptos acuñados por el autonomismo: el trabajo inmaterial y el de *common*, a los que incluye en el concepto de “comunes digitales” (*digital commons*). De esta manera, la CEP, aunque intenta escapar de la heterodoxia marxista, se esfuerza, además, por integrar toda teoría que tenga algo de la obra del pensador de Tréveris. Básicamente, apoya la tesis de que hoy en día se vive una era diferente a la de Horkheimer a la que

⁵ Esta tesis la toma Marcuse de los diversos textos en los que Adorno y Horkheimer se refieren a la naturaleza (Wallmeyer, 2021).

⁶ El tomo 3 de la importante compilación de textos relativos al marxismo en la segunda década de este siglo XXI hecha por Granjon *et al.* (2019), confirma esta conexión de la CEP y Smythe.

nos referimos arriba: la era industrial, que ha sido dejada atrás por la era digital y se asoman esperanzadoras condiciones de superación del negativismo capitalista en los *common*.⁷

Por otra parte, con Smythe, se integra lo que se ha denominado Crítica de la Economía Política de la Comunicación (Fuchs, 2014, p. 75; Ouellet 2016; Wasko 2014, Mosco 2006), pero Smythe, además, se separa de la Teoría Crítica de la Escuela de Frankfurt al menos en tres aspectos fundamentales. En primer lugar, concibe que esa Escuela (y todo lo que él llama “marxismo occidental”) no desarrolló una teoría materialista de la “industria de la conciencia”, y concibió la comunicación en la superestructura del capitalismo y a la ideología como “falsa conciencia” (Smythe, 1977). Aunque Smythe señala algunos autores, entre los que se encuentran Horkheimer y Adorno, podemos observar aquí con Livant (1979), que no resulta claro a quién específicamente se refiere Smythe con “marxismo occidental”. Livant concibe que, en realidad, Smythe se refiere aquí a Baran y Sweezy, pero es probable que vaya más lejos, criticando al marxismo soviético y chino, y al marxismo que como Baran y Sweezy podrían utilizar más conceptos de la economía política que de su contraparte la crítica de la economía política. Por su parte, Smythe pretende no perder de vista el concepto de valor-trabajo, por una parte, y se confronta, también, con Adorno, en particular, viendo en él una desviación hacia Hegel y a Nietzsche, como observa y sugiere Ouellet (2016), en un texto que podemos considerar como el punto de llegada del libro en el que está incluido, el de Aubin y Rueff (2016), en el que se presenta un interesante y muy sugerente recorrido por las diferentes corrientes de corte marxista que tratan de la cultura y la comunicación, particularmente, por la Escuela de Frankfurt y coincide con la perspectiva de Fuchs de la constitución de una crítica de la economía política de la comunicación. Mansell (2024), por su parte, alude a la crítica que se hace a la CEP de ser “occidentalizante”, a la vez que destaca la practicidad que caracteriza a esa corriente teórica, para abrir un debate sobre si la práctica proviene o no de occidente, aunque se desarrolle con mayor vigor y extensión, por ejemplo, en China o en Japón, que en Alemania y Suecia.

⁷ Pero es que —concluye Ellmers (2021, p. 269)— “el objetivo de la teoría crítica no es difundir esperanza, sino decir con seriedad lo que es” (Traducción propia).

Para Smythe, la ideología es un aspecto fundamental de la realidad social actual tecnológico-comunicativa y la define como “sistema de creencias, actitudes e ideas” (Fuchs 2014, 78), y, sobre esa base, concibe que en la actualidad se desarrolla un sistema para promover valores y la propiedad privada, y se dirige, así, a los principios del medio ambiente, en los que “la naturaleza humana es necesariamente egoísta y posesiva”. En esta confrontación, Fuchs concibe que la diferencia entre la CEP y la Teoría Crítica, es que la primera tiene sus raíces en la teoría económica, mientras que la segunda las tiene en la filosofía y la teoría social. En segundo lugar, según Fuchs, el facismo es una preocupación que los críticos de la economía política norteamericanos comparten con Horkheimer y los teóricos críticos alemanes, así como el concepto de alienación en el sentido lukacsiano de reificación. Fuchs (2016) sostiene esta conexión de la teoría crítica frankfurtiana con Lukács, pero también reconoce su confrontación debido a la falta de crítica a Stalin por parte del pensador húngaro lo que, además, no lo separaría de la visión instrumental del arte. Teoría Crítica y Lukács, además, comparten que, en el capitalismo actual, los Media constituyen el medio de reificación, mediante avisos comerciales que son productos destacados que ofrecen y reducen a los humanos a consumidores de comerciales. Por otra parte, se concibe una cultura “conectada a la forma mercancía”, y, luego, a los consumidores como los propios productores de esas mercancías. De esta manera, el capitalismo va creando las condiciones para presentarse como el “mejor sistema posible”, haciendo de este el mensaje hegemónico. Para los pensadores críticos norteamericanos (representados, según Fuchs, por Smythe), la dimensión económica la constituyen los dos primeros hechos, la ideológica es el tercero de ellos, pero todos son razón instrumental (Fuchs, 2014, p. 80).⁸

⁸ El libro de Halbig y Henning (2012) reúne una muy sugerente perspectiva de la filosofía analítica angloamericana actual de la razón instrumental. Ahí se pone en cuestión la teoría de Habermas que se había convertido en el referente de la Escuela de Frankfurt basado en la filosofía estadounidense, dando una teoría de la comunicación que resultaba más bien normativa y, en cierto modo, menos radicalmente crítica que la Teoría Crítica a la que Habermas supone superar. Por su parte, la CEP quiere diferenciarse de esa teoría de la comunicación de Habermas, sin separarse, a su vez, de la Teoría Crítica, al menos por esa vía, y rescatar aquel radicalismo que lleva desde la teoría de la enajenación como reificación, hasta a la caída del capitalismo debido a su desarrollo, que llega al concepto de “subsunción real del trabajo al capital”. Thein (2024) hace una reciente crítica al libro de Halbig y Henning que, además,

Para Smythe, la ideología es el medio para fijar la creencia en el capital y las mercancías en la subjetividad humana, legitimándoles y despojándoles de historia y carácter social. La CEP denuncia el contexto en que se produce mediante la comunicación la mercantilización capitalista, y ha de demostrar que se ha expandido esta producción conectando la ideología con la acumulación, lo que, aunque no se presenta ya como una ley, sí lo hace como su aspecto fenoménico fundamental, es decir, “práctico”. El proceso de acumulación capitalista, tiene en la “economía de Internet”, un “nuevo capital”. Mediante la ideología, se han creado nuevos valores de uso, la necesidad de usarlos y la aprobación social, es decir, un nuevo sistema social de necesidades, y posibilita, entonces, la formación de una teoría materialista de la sociedad actual.

Pero, por otra parte, esta apropiación social es lo que le da a esta teoría su aspecto optimista, pues crea una nueva cultura democrática al generar nuevas oportunidades de participación universal. La “nueva” política económica habla de media y de comunicación, en contraste la CEP, habla de comunicación, cultura, información y Media. Pero, en tanto marxista, esta CEP, tiene en cuenta que se trata de un modelo de prácticas y estructuras de dominación, explotación, luchas, ideologías y alternativas al capitalismo, y no es una mera metodología de investigación empírica.

En suma, los aportes de la Teoría Crítica y los de Smythe, permitirían agregar a la naturaleza de la CEP desde su título el de ser crítica de las Comunicaciones, la Cultura y la Información, que tiene presente en los procesos de acumulación de capital a la ideología como factor clave.

Falta aclarar, ahora, en donde tiene lugar el proceso de producción, pues en el origen de la CEP con Smythe, la industria ha sido superada, incluso anulada, aunque conserva todos aquellos fenómenos, como la producción de valor y de acumulación, que se realizaban en una sociedad industrial. En tal sentido, la CEP plantea un proceso productivo post-industrial que sólo le queda realizarse en el proceso de circulación.

tiene a Kant como referente y desvía a una lectura normativa relativamente superficial, que entiende la “razón práctica” en la voluntad individual e individualizada internamente. Este es el resultado del intento por superar a la Teoría Crítica original: por una parte, lleva a la normatividad democrática habermasiana o a la moral kantiana (Ellmers, 2021), y por la otra, como a Honneth (2007) al estructuralismo francés y a una interpretación pro-normativa utilizando forzosamente a Hegel.

1.3. Explotación del medio ambiente digital y del trabajo en general: prosumer

La tesis fundamental de la CEP, entonces, relativa a un cambio radical respecto de la teoría de Marx y del dominio del capital industrial, dice que la producción de valor tiene lugar en la esfera de la circulación, pues el trabajo productivo de las comunicaciones, que es la novedosa forma de la producción se sitúa en ese ámbito. Y el nuevo trabajador es la audiencia, la cual sigue el mismo proceso fundamental de relaciones sociales de producción capitalista: se vende al capital y sigue, por igual, el proceso de enajenación reconocido como reificación en tanto “fetichismo de la mercancía”, y esa es la nueva clase trabajadora que crea valor (Fuchs, 2014, p. 87). Esta nueva clase trabajadora, reformula al ser humano, no sólo como ser natural y social, sino que sus necesidades relativas a lo social se refieren a la comunicación para sobrevivir. La alienación consiste en desposeer a consumidores de control y de propiedad. Este sería el principio de la explotación del trabajo y de la valorización de la producción: producen para otros y convierten a los productores en mercancías. En términos de Smythe (1977), es la novedosa “audiencia mercancía”. En Smythe la ideología tiene aquí un rol fundamental. Por su parte, Fuchs acota que, con mayor propiedad, se trata de “coerción”, una “coerción ideológica”, propia de la novedosa “labor⁹ digital”. Con ello, se completa el esquema para convertir a la “audiencia laboral” en una clase. La lucha por la superación del capitalismo se completa con la humanización, por lo que sugiere que los Media y la producción digital en general es deshumanizada. De este estado de la realidad social, Fuchs (2014), extrae el concepto de “mercancía prosumida de Internet”, tomando el concepto de “prosumer” de Alvin Toffler.

⁹ Smythe y Fuchs utilizan aquí el término inglés “Labour”, al cual traducimos como “labor” y así lo haremos en lo sucesivo, siguiendo la disquisición que hace Fuchs (2014, pp. 21-39), para diferenciar ese término del de “Work”. El planteamiento de Fuchs, sin embargo, no acaba de dar una definición clara a estos términos que haga clara su diferencia, como lo hace Marcuse, por ejemplo, para identificar el concepto de Work con el de libertad y queda señalada por Marx en los *Grundrisse*. El objetivo de esa disquisición es exponer los cambios que sufre la concepción del trabajo en su forma general y “transhistórica”, como actividad propiamente humana (*Work*), por un lado, y en su forma “histórica” y, en este caso, capitalista (*Labour*) y se parece más a la forma instrumental de concebirlo, en términos de Horkheimer.

La explotación de la labor digital incluye, en suma, tres elementos: Coerción ideológica, mediante plataformas comerciales; Alienación, mediante la producción de la cual los propietarios crean ganancia; Apropiación, producción sobre el modelo de acumulación por medio de anuncios comerciales.

En cuanto al modelo de acumulación que se refiere a la apropiación, para la CEP tiene como novedad que el tiempo dedicado a las plataformas digitales es el valor y el plusvalor creado por labor impaga. Esta actividad digital crea relaciones sociales con la comercialización de data, que constituye el trabajo objetivado que genera novedosos usuarios. El proceso de realización de este valor y su transformación en ganancia, acontece cuando los usuarios ven o interactúan con esos anuncios comerciales. La explotación del trabajo también es valor excedente que se refleja en una cantidad de dinero permanentemente creciente. El trabajador actual muestra mayor “eficiencia en el trabajo” (Jhally) pues es capaz de ofrecer una variedad de productos en el comercio al mismo tiempo, e impulsar, así, un determinado tipo de conducta: expresa un trabajo excedente, a la vez que diversifica los intereses y necesidades de los usuarios.

Este trabajo es más racional en la medida en que la producción dirigida a determinados objetivos proporciona un valor excedente mayor que el que proporciona una producción no dirigida, en tanto que, en la primera, el trabajo impago es mayor, un tema que la CEP tiene pendiente por argumentar con mayor consistencia, por una parte. Pero que, por la otra, sugiere una relación más inmediata con la forma capitalista de producción, tanto en la producción, como en el consumo, en el tipo de objeto producido, el tipo de consumo, la cultura que genera, etc. En cuanto a lo primero, los usuarios de las plataformas se convierten en laboradores de ellas, en general, de manera inconsciente, pues su consumo se convierte en productivo al subir datos a la red como imágenes, postings, comentarios, etc. En ese proceso, producen contenido que da dirección y cultura, cuyo destino es, en principio, el uso y consumo de la oferta de la empresa propietaria de esa producción que aparece ahora como medio de producción, a la vez que los usuarios aparecen como productores. Al mismo tiempo, los usuarios proporcionan datos personales de los cuales disponen económicamente los propietarios de los medios de

producción y que convierten en valores de uso personales y de uso económico para la ganancia de los propietarios de los medios de producción. En suma, quienes crean los Media sociales en línea y sus ambientes, producen parte del valor excedente, la otra parte lo hace un mundo de consumidores en constante crecimiento. Los usuarios producen datos que son utilizados y vendidos por las plataformas sin pago alguno. Según la CEP, este es un proceso de esclavitud moderna del trabajo: los usuarios no perciben salario alguno, pero producen valor y plusvalor que les es enajenado por los propietarios de esos Media sociales. Las necesidades humanas se redirigen al uso de medios digitales, y, al satisfacer esas necesidades, al mismo tiempo, les hace producir para los propietarios de las plataformas digitales. Producen datos personales y sociales.

Siguiendo a Marx, Fuchs identifica este proceso con la “subsunción real al capital”. En el contenido de este concepto en su forma actual, los trabajadores, aun siendo no asalariados, no aparecen como trabajadores explotados; son, incluso, trabajadores domésticos, su labor aparece como trabajo improductivo, que forma parte de la esfera de la circulación y del consumo personal. Si, para Marx, el proceso de explotación ocurre sólo en el proceso de producción, es difícil tener por capitalista esta producción digital. Pero la producción se ha vuelto ubicua en el reino de lo digital. Por ello es que el feminismo, el racismo y el colonialismo se tornan temas relativos a la explotación capitalista.¹⁰

Por su parte, los países que aportan minerales se convierten en países explotados e, incluso, esclavizados, para la producción de hardware, tanto en su naturaleza humana como en su medio ambiente natural.¹¹ Mientras que los trabajadores mejor pagados están ligados a las compañías

¹⁰ La CEP ha de tener aquí en cuenta los capítulos relativos a la acumulación originaria del libro I de *El Capital*, en donde Marx expone lo complejo de la realización del capital y percatarse de su existencia. Por ejemplo, Marx (1978, p. 957) afirmó: “En primer término, Wakefield descubrió en las colonias que la propiedad de dinero, de medios de subsistencia, máquinas y otros medios de producción no confieren a un hombre la condición de capitalista si le falta el complemento: el asalariado, el otro hombre forzado a venderse voluntariamente a sí mismo. Descubrió que el capital no es una cosa, sino una relación social entre personas mediada por cosas”

¹¹ Algunos autores destacados de la CEP hablan de “medio ambiente digital”, como Fischer (2015), incluso de “ecología de los nuevos Media” (Wittel, 2016; Schrötter, 2016), por lo que, dependiendo del contexto, habrá que aclarar de qué se habla cuando se expone a la CEP.

multinacionales de plataformas, produciendo procesos y la cultura digital para la acumulación de esas empresas. También ellos son explotados, por ejemplo, con la subcontratación, convertida en la tendencia contemporánea del empleo: producen plusvalor.

En este proceso queda pendiente una definición más precisa de conceptos como el de valor y el de capital aunque, a diferencia, por ejemplo, del autonomismo, aquí se tiene latente la posibilidad de concebirlo mediante el tiempo de trabajo. La producción de información como mercancía, no se agota en el consumo y puede ser compartida en un sin número de ocasiones, incluso, al mismo tiempo, su carácter perecedero es progresivamente mayor, lo que hace de la producción y el consumo (como dice Bauman) actividades perennes. De esta manera, por otro lado, esta actividad se convierte en un “bien social” y en medio de interacción que traza, así, una historia del conocimiento. Su valor, sin embargo, va bajando en este proceso desde su inicio hasta el desarrollo de su apropiación generalizada. El valor se expresa desde los productores al diferenciar entre las horas de trabajo y el pago que reciben, lo que propicia que la teoría conciba que, en el corazón del hacer ganancias actuales está la diferencia entre valor y precio, desde el descubrimiento del precio del trabajo.

Smythe había planteado que la medida de valor tiene como referente actual a la audiencia, y que ese valor, por tanto, se mide por rating: las audiencias crean el valor, las estadísticas el precio. Todo el tiempo que las audiencias emplean en las plataformas es tiempo de trabajo, y, para descubrir materialmente este valor-trabajo, la CEP, en vez de recurrir a Marx, retoma los conceptos de Bourdieu, y llama al tiempo de trabajo en Media social esfuerzo por conseguir “capital social”, “capital cultural” y “capital simbólico”, es decir, relaciones sociales, calificación y reputación, y los usuarios convierten su actividad en “capital económico”. La CEP que sigue a Smythe, concibe que, más bien, es la teoría de Bourdieu la que se adaptaría a la de Marx,¹² y utilizan artificialmente desarrollos teóricos de este último como

¹² Cabe aquí un comentario, aunque sea relativamente extenso. Habermas (1985, pp. 255-396) había observado una fuga del pensamiento alemán hacia el estructuralismo, que no sólo parte de una confusión histórica, sino también teórico-metodológica. Así, recientemente, Dander (2023) concibe que, mientras Marx habría utilizado las mediciones matemáticas y estadísticas como la realización de las categorías “abstractas”, incluso “ideales” del capitalismo de su tiempo, es decir, un método cuantitativo relativamente

argumento, tales como la transformación de valores en precios: los ratings son el medio de transformación de valores en precios, buscando en estos el factor ficticio, fetiche y enajenante, que aparece en forma “transfigurada”, como lo expone Marx en el tomo tercero de *El capital*.

El tiempo de producción de mercancías de datos es, para esta corriente del pensamiento, al mismo tiempo, la producción de ganancias, durante el tiempo que se usa la plataforma. Las ganancias extraordinarias de Facebook y Google, por ejemplo, no corresponden a los valores de mercado: representan al capital ficticio al que se refirió Marx. Su base son los salarios relativamente bajos; en el neoliberalismo también el recorte en gasto social y servicios públicos ayudó al incremento de esas ganancias; para la Economía Política de la Comunicación, el neoliberalismo es una disyunción entre valores, ganancias y precios, lo que lo hace propenso a las crisis.

La superación de estas crisis, hace que la producción digital emprenda su expansión, es decir, recurre a su proceso de acumulación, haciendo progresivamente menos clara la diferencia entre tiempo de trabajo y tiempo

primitivo, Bourdieu y su equipo de investigación, mediante encuestas y observación de los movimientos sociales desde la década de 1950, utiliza un método cualitativo haciendo del cuantitativo un instrumento. El texto de Dander es ejemplo de la necesidad de hacer una lectura menos superficial de la obra de Marx, y de estudiar sin prejuicios la filosofía para precisar una definición de lo cualitativo y lo cuantitativo en los estudios sociales. Por su parte, Granjon (2016), desde la estructura de su libro, sugiere este paso de Marx a Bourdieu, por lo menos en lo que respecta a la teoría sobre Marx y el marxismo en Francia. En la introducción de ese libro, Granjon también sugiere como explicación de esta continuidad, que en Bourdieu se cuenta con la representación material de lo que en Marx aparece como teórica, tesis que Granjon pone en cuestión de modo relativamente discreto en su aportación a ese tomo, concluyendo que la sociología apela a conceptos que parecen propios del tiempo en que se teoriza y, de esa manera, creen llegar a la superación deseada, como la que Bourdieu cree construir respecto de la obra de Marx. Finalmente, muy sugerente para nuestro tema en este trabajo, resulta también la charla que Fuchs y Allmer sostienen con Graham Murdock (Murdock *et al.*, 2024), en la que, estos autores pretenden descubrir las razones por las que la CEP encuentra útil agregar fundamentalmente el aspecto cultural, para lo cual, en vez de seguir a Williams, consideran específicamente útil la teoría de Bourdieu que permite, en su opinión, escapar del estancamiento puramente económico de la Economía Política o del economicismo, como le habría ocurrido al marxismo, que también lo manejó de manera ideológica, en un sentido similar al planteado por Smythe; esta redirección permite, además, metodológicamente incluir el medio ambiente y verlo no sólo como mero receptor de la actividad humana sino como condición y caracterización de esta. En tal sentido, concluyen estos autores, la relación Marx-Bourdieu resulta muy enriquecedora en la constitución de la EPC. Advertiremos en lo que sigue, que esta es otra de las tantas tesis que esta corriente del pensamiento deja sin desarrollar, dando la impresión de que esta corriente teórica está en constante construcción echando mano de cuanto descubrimiento relativamente materialista, crítico y/o de rasgos marxistas sea cubierto.

de juego, propio del uso de plataformas, e incrementa, así, el grado de explotación. De esta manera, el capitalismo suprime también de modo progresivo el principio de placer. El juego es convertido en mercancía y el jugador en productor de valor y de plusvalor.¹³ La explotación consiste en la reducción de beneficios materiales, exclusión de la propiedad y de la creación en beneficio de la acumulación de capital, consolidando la categoría de “prosumer” (Saha, 2024).

1.4. Crítica de la Economía Política de lo digital y deterioro de la naturaleza

Las bases del planteamiento central de la CE, están dadas. Ahora, Fuchs (2014, p. 296) puede concluir: “la prosumción de media social es sólo una forma de trabajo digital que es labor en red con y conectada a otras formas de labor digital que juntas constituyen una ecología global de explotación que posibilitan la existencia de medios digitales”.

La producción digital, en suma, es el origen de la realidad ante la que la CEP responde, la que es su objeto de estudio y acción, y denuncia los efectos de esta realidad en la humanidad, en particular, se refiere al tiempo que se dirige a esa labor productiva como tiempo de labor, que cubre los tiempos de esparcimiento y placer. El efecto principal es la enajenación que, si bien es difícil concebirla como propiamente capitalista en los términos originales de la definición de ese modo de producción, sí parece ser concebida en lo que Marx denominó “pre-historia” de la humanidad, caracterizada por la producción de plustrabajo y plusvalor, y, así, es posible apreciar en la superficie la afectación fundamental a la humanidad que asoma los efectos al medio ambiente natural. Veamos, ahora, algunas denuncias de la CEP de esas afectaciones que, como podrá apreciarse, son paralelas, van unidas y están vinculadas directamente al trabajo, visto como labor.

¹³ No trata la CEP la confusión del juego con el trabajo que criticó Marx a Fourier en los *Grundrisse*, sino que concibe que las actividades de placer se convierten en productos mercantiles, y la actividad productiva digital se confunde con el juego, como ejemplo de actividad placentera. Es muy significativo el párrafo en el que Marx se refiere al “modo ingenuo de Fourier de interpretar” el “trabajo atractivo”, que se podría desprender de la visión moderna que, ejemplarmente en la Economía Política de Adam Smith, se concibe como “esclavizante” y, por lo tanto, contrario a “Libertad y dicha”, como se concebía en la antigüedad. Marx dice que Fourier lo concibe de modo ingenuo, similar al de una “grissette” (Marx, 1983, p. 512), aquella mujer que en el siglo XIX, vivía de complacer a los artistas y a la bohemia. La CEP, entonces, no procede como Fourier en este sentido.

Fuchs plantea que el uso de materiales minerales por parte de la industria de la tecnología digital, denotan el fundamental deterioro del medio ambiente por parte de estas compañías desde la base, pues son extraídos no sólo por la explotación de la naturaleza y del ser humano trabajador. Las jornadas tayloristas de trabajo y la diferencia salarial son parte de este hecho. Pero es esto lo que incentiva la inversión capitalista.

En esta denuncia, la reconocida socióloga Marisol Sandoval y colaboradora de Fuchs, recurre a los informes de diversas organizaciones sociales y no gubernamentales, principalmente, de donde obtiene datos que fortalecen su teoría y elevan reclamos sobre los efectos negativos de la producción moderna tecnológica. Al hablar de afectaciones (humana y natural), Sandoval completa su aportación al componente cultural de la CEP, al que, primero, lo identifica como una conexión de procesos de producción físico e ideal. Al reconocer la unidad de este doble proceso, es posible acceder a la inclusión de las “implicaciones medioambientales” de este actual proceso productivo, pues permite la entrada al “lado oscuro de la producción de cultura digital” y entenderla como “producción social”. Para Sandoval, el estudio de esta “producción tecnológica cultural” es incompleta si no incluye los impactos medioambientales, como “el uso de energía y de basura electrónica”. Y denuncia: “Greenpeace... calcula que la demanda agregada de electricidad de la nube computacional en 2011, sumó los 684 billones de kWh, lo cual es más que el consumo anual de energía nacional de países como Alemania, Canadá o Brasil. Aparte de las emisiones de gases de efecto invernadero, la cultura digital está impactando el medio ambiente, incluso, a través de la inadecuada disposición de crecientes cantidades de gadgets culturales ya infuncionales o no deseados”. Se calcula que, en el año 2012, se produjeron en el mundo cerca de 50 millones de toneladas métricas de residuos electrónicos, y esta cantidad habría crecido 33% hacia 2017. Esta basura electrónica contiene elementos tóxicos, como mercurio, plomo, cadmio, bario y berilio. Las técnicas de reciclaje y recuperación han sido ineficaces y con programas ilegales de exportación de basura electrónica, desmantelamiento de productos electrónicos en sectores de tratamiento de estos residuos que afectan la salud de sus trabajadores y a las comunidades aledañas, mediante quema o fundición de esos metales, emitiendo gases

tóxicos al ambiente. Los efectos a la salud se reflejan en males respiratorios, abortos espontáneos, erupciones cutáneas, infertilidad, cáncer, defectos natales, etc. (Sandoval, 2015, p. 48)

La producción motivada para el desarrollo de esta tecnología cultural, incluye el trabajo semi-esclavo o esclavo en países como China, que afecta, en primer lugar, a las mujeres, en las minas y en los espacios de disposición de residuos electrónicos. Las grandes corporaciones de Media llevan a cabo la doble explotación: la humana y la de la naturaleza, en particular, en los países menos desarrollados, en donde, además de los daños al medio ambiente, las condiciones laborales son semi o totalmente esclavizadas, por ejemplo, para la producción de Macs, iPads, iPhones y iPods, que requiere, por otra parte, de minerales, tales como estaño, berilio, galio, platino, entre otros, que son extraídos por trabajadores con salarios extremadamente bajos, que laboran en condiciones de salubridad y de seguridad muy deficientes y que requiere de asentamientos en poblados locales, amenazando el medio ambiente y la vida de las comunidades locales, en países como Zambia y la República Democrática del Congo. Para la producción de baterías recargables para laptops, teléfonos celulares, etc., son contratados trabajadores que eran niños entre 7 y 18 años de edad, a quienes pagan entre 2 y 4 dólares al día. Muchas de estas minas están controladas por grupos armados rebeldes que fuerzan a la población a trabajar de manera esclavizada.¹⁴ Otro lugar utilizado para la producción de hardware de Apple, es la isla de Banka, en Indonesia, cuyos proveedores son Foxconn y Samsung, Shenmao, Chernan y PT Timah. La extracción de estaño en esta actividad en particular, registra altos índices de deforestación y destrucción de tierras de cultivo, la destrucción de corales, flora marina y manglares, provocó la desaparición de fauna marina y contaminó fuentes de agua potable. Esta destrucción obligó a campesinos y pescadores a convertirse en mineros. Se registra, además, una muerte en accidentes de trabajo a la semana.

¹⁴ Diversos textos ya han denunciado el trabajo esclavizante y de impacto negativo al medio ambiente como medio de impulso al desarrollo económico chino, ejemplar y muy conocido es el trabajo de Chan *et al.* (2014). Human Rights Watch (2024) denunció esas condiciones en la industria automotriz de ese país.

Fuchs (2014), por su parte, vio esta situación de explotación del trabajo y del medio ambiente en la extracción de paladio y platino en Sudáfrica, contaminación del agua, emisiones a la atmósfera, enfermedades respiratorias, bajos salarios, etc. Fuchs plantea que el capitalismo ha convertido en fábrica a toda la sociedad y su medioambiente, y creado una nueva “ecología global” de explotación laboral. El deterioro ambiental, entonces, se incluye en la crisis del capitalismo, no como un asunto de clases sociales, sino de deterioro de todo lo existente que se manifiesta en los movimientos sociales como el de género, LGBT, étnicos, y, por supuesto, el medioambientalista, etc. Esto, aunque no lo reconoce la CEP, coincide con la exposición de Marx de la falta progresiva de conciencia de clase, que se completa en el tomo III de *El capital*. Las organizaciones sociales anti-capitalistas han de sumar todos estos movimientos en su agitación y de hecho lo hacen, según Fuchs siguiendo, aunque probablemente de manera inconsciente, a Horkheimer. En este contexto, Fuchs llega a adoptar el concepto de “common” de Hardt y Negri, concibiendo que se ha formado una nueva clase social: la que produce los comunes o *commons*, y su contrario: el capitalismo mediante su representación humana, el capitalista. Fuchs concibe que esta unidad está dada, primero, por la naturaleza (“medio ambiente y cuerpo humano”) —pero no desarrolla esta idea— y, luego, por aspectos sociales tales como el conocimiento, la comunicación, las relaciones sociales, la educación, la e-cultura, etc.

Todo el capítulo 9 de su libro, lo dedica Fuchs a Silicon Valley, no sólo por su importancia en la emergencia y concentración de varias empresas digitales que se convirtieron en vanguardia de esta nueva industria o, mejor, método productivo (nadie se atreve a llamarle “modo de producción”, aunque el autonomismo se ve tentado a ello) y económico desde los años de la década de 1950, sino por los efectos al medio ambiente, tanto natural como humano que ha implicado el desarrollo de este complejo. Silicon Valley se convirtió en un centro de desarrollo de capacidades y habilidades laborales tecnológicas que propiciaron el crecimiento en la hegemonía de las nuevas formas de empleo y de labor. Caracteriza este hecho la cada vez más amplia rotación del empleo, a la vez que la posibilidad de reducción de salarios de los trabajadores de cada una de esas empresas, empujando a esa

diversificación del emprendimiento, por una parte. Pero también ha desarrollado, así, la división laboral en clases sociales, de suerte que migrantes, sobre todo indocumentados, son expuestos a las peores condiciones laborales y con los más bajos salarios y, de esa población, destaca el sector femenino como el más afectado. Esas trabajadoras, son relegadas al manejo de los desechos tóxicos de esas empresas, que exponen a ese lugar como un centro altamente contaminante, no sólo a la naturaleza, sino también, por supuesto, a la humanidad: “Sustancias tóxicas son frecuentemente liberados en el espacio de trabajo y respiradas por los trabajadores, las cuales incluyen arsénico, asbesto, gas clorhídrico, cianuro, freón, éter glicol, ácido hidro-clorhídrico, alcohol isopropílico, plomo, ácido nítrico, silicio, soldadura, sulfato, tolueno, tricloroetileno, tinta ultravioleta y xileno”. (Fuchs, 2014, p. 220) Y liberan al agua, aire y suelo metales pesados, sobre todo en lugares habitados por inmigrantes. A la vez, los ensambladores —en general, migrantes de países latinoamericanos y asiáticos—, son también impulsados a trabajar en casa, con pagos a destajo, desarrollando el concepto de “housewifization” del trabajo, que se traduciría, más o menos, como la conversión de explotación laboral en casa similar a la labor que desempeña una ama de casa, que no sólo trabaja sin pago alguno, sino que incluye en el hogar a la labor explotadora, racista, sexista, discriminatoria en general de lo humano y lo natural.

La contraparte de esta clase trabajadora que sufre estos embates anti medioambientales, lo propician trabajadores de élite, apegados al desarrollo tecnológico o del trabajo del conocimiento, quienes se ocupan de enviar al medio ambiente aquellos residuos tóxicos como una necesidad de su trabajo y se convierten en necesarios explotadores de trabajadores y medio ambiente. Son la clase enajenada del capital.

Finalmente, es común que la disposición de residuos o de basura tecnológica, altamente tóxica, se haga en los llamados países del sur. Vincent Mosco (2016), teórico de las “ciudades inteligentes (*Smart Cities*)”, habla de la información en la nube, lo cual, para él, presenta “retos medioambientales significativos”, por su necesidad de energía eléctrica: ha requerido cerca del “3 por ciento de la red eléctrica global”. Además, requiere de la creación de capas de respaldo de energía para tener una actividad ininterrumpida,

liberando cancerígenos al aire, baterías químicas que contaminan el agua, etc., aunque algunas compañías han introducido energía solar, algunas otras, como Amazon, se niegan a implementar medidas como esa, o la industria del plomo.

Buscar una alternativa a esta situación social, no se ha de tomar a la ligera, la CEP no lo hace. Fuchs resume la necesidad de respuesta de la CEP a esta situación en los siguientes planteamientos: 1. Como condición de existencia humana; 2. Como elemento necesario de metabolismo; 3. Para producir valores de uso que satisfagan necesidades; 4. Como proceso de interacción de la economía con la naturaleza. Sobre la base de esta solución, se concibe que la crisis ecológica, es “una subforma específica de las crisis económicas” (2014, p. 346).

En términos más concretos, un reciente artículo, (Schulz *et al.* 2024) en *tripleC* destaca y resume el planteamiento propositivo de la CEP en la actualidad, ante los efectos ambientales del desarrollo de las tecnologías digitales. Según ese artículo, esas tecnologías requieren de recursos no renovables, minerales poco comunes, energía y son emisoras de CO₂, y advierte que sólo el propio desarrollo tecnológico y los comunes podrían contrarrestar estos efectos negativos. De hecho, según ese artículo, el uso común del software y sus dispositivos, así como la cooperación en el mejoramiento de la sustentabilidad en la economía compartida, la economía circular y los principios del “decrecimiento”, han sido efectivos en esta tarea que, sin embargo, sufre embates capitalistas que desalientan estos esfuerzos. De esta suerte, los “comunes digitales” se convierten en utopías, lo que motiva, en su caso, plantearse estrategias que les den apoyo.

Una de estas estrategias es recurrir a espacios en donde la información sea abundante. En estos espacios lo material y lo digital aparecen separados con claridad, y posibilitan ver aquello que podría superar la escasez, al menos en lo que corresponde al flujo de información. En este sentido, empresas como *greenIT*, han propuesto alternativas de desarrollo de estas tecnologías con estrategias de reciclaje y “incremento de impactos ecológicos positivos de tecnologías digitales en sectores tales como el agrícola y el manufacturero”. La CEP busca que en el futuro estas tecnologías se centren en la autoproducción o en la “propiedad colectiva de los medios de producción”.

Se plantea, por otra parte, que la vigilancia y la consideración del planeta y de los seres humanos como recursos tiene un carácter destructivo. Organizaciones como Framasoft, busca que la tecnología digital contribuya a la emancipación, siendo una herramienta amigable. Algunas buscan desarrollar software que impulsen el uso de herramientas amigables con el medio ambiente, como la sustitución del automóvil por bicicletas, trenes, y otros medios de transporte. Organizaciones como Preciuous Plastic, buscan el reuso de plásticos, y el uso de técnicas como la impresión en 3D para el diseño de joyas, muebles, etc., distribuyendo técnicas y estrategias, ya sea a través del comercio, ya de manera no comercial. Se trabaja en esta estrategia intentando una ética de “fuente abierta para la fabricación de materiales”. La estrategia se habría expandido por alrededor de 107 países en el mundo, “manufacturando máquinas de reciclaje y productos elaborados con plástico reciclado”. Una limitante todavía existente, es que parte de estas máquinas recicladoras son productos industriales, y provienen de proveedores chinos que producen con altos costos ecológicos. También las legislaciones de los países favorecen a las compañías capitalistas, quienes simulan la implementación de técnicas que no afectan el medio ambiente.

La estrategia es escapar de esta base capitalista, mediante la experimentación de “utopías reales”, consistentes en praxis ecológicas viables en materia de “comunes digitales”, salvaguardando los “recursos comunes” de la explotación capitalista anti-ecológica. Reducir los espacios de producción digital capitalista, incluso obteniendo el apoyo y la garantía de gobiernos para crear espacios de disposición de “comunes digitales”. Controlando la producción digital capitalista mediante leyes y políticas que limiten su expansión. Fortalecer, en fin, a la comunidad como “contribuyente inicial y beneficiario principal”. Además de reconocer y alentar prácticas y decisiones que creen una “cultura ecológica compartida”. Esta comunalidad de la producción digital protegida legalmente llevaría a un “proteccionismo ecológico de los comunes digitales”, que ya aparecen como espacios de trabajo para relocalizar la industria, en particular, la manufacturera con base común.

Conclusiones

La CEP se ha desarrollado hasta hoy como una disciplina de denuncia intentando rescatar los principales conceptos de la obra de Marx, e identificarlos en la vida cotidiana y productiva, económica y social, de la actualidad. Esto sin restarle importancia a conceptos planteados, incluso, por la heterodoxia marxista, como es el caso del autonomismo italiano fundamentalmente.

En este proceso, la CEP ha de verse como una teoría relativamente descriptiva de esta realidad actual, en la que cuesta trabajo todavía identificar conceptos fundamentales como el de capital y, con mayor precisión, la diferencia entre otros conceptos como el valores y precios, el tiempo de trabajo pago e impago, y la comprobación de la conversión de los consumidores en mercancías laborales.

Pero no significan estos faltantes que ha de desecharse esta corriente, sino tenerla como una incitación a llenar estos vacíos. Es probable que conceptos como el clases sociales y lucha de clases se vean debilitados, pero no la sectorización de la sociedad producto del desarrollo tecnológico que Marx ya había planteado en el capítulo sobre Maquinaria y Gran Industria en *El capital*,¹⁵ en la que aparece el conjunto de los trabajadores -incluido el capitalista en su función de supervisor- escindidos objetiva y subjetivamente por necesidades del proceso de producción que, a su vez, existe en la forma que necesita el capital.

Quedan, pues, planteadas las partes principales que constituyen a esta corriente teórica, así como su invitación a continuar su desarrollo en el ámbito marxista.

¹⁵ En las ediciones en español de *El capital*, como es sabido, este capítulo aparece como XIII, pero en la edición inglesa, que sigue la francesa de Rubel, éste es el capítulo XV, lo que produce ciertas confusiones cuando se lee a autores franceses o de lengua inglesa, como lo adopta Fuchs -de origen alemán-. Por esta razón, he preferido aquí referirme directamente al nombre del capítulo y no a su número.

Referencias

- Altvater, E. (2016). The Capitalocene, or, Geoengineering against Capitalism's Planetary Boundaries. In Moore, J.W. (ed.) *Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism*. Kairos. pp. 138-152
- Chan, J., Pun, N. & Selden, M. (2014). *Morir por un iPhone*. Ediciones Continente S.R.L.
- Dander, V. (2023). Wer vermisst die Vermessenden? Über Möglichkeiten der ›Weltvermessung‹. In Schiefner-Rohs, M., Hofhues, S., & Breiter, A. (Hg.), *Datafizierung (in) der Bildung. Kritische Perspektiven auf digitale Vermessung in pädagogischen Kontexten*. (S. 117–130). Bielefeld : transcript 2024, 391 S. - (Digitale Gesellschaft; 59) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-284334 - DOI: 10.25656/01:28433; 10.14361/9783839465820
- Del Valle, N. (2010). “Teoría crítica y dominación de la naturaleza”. *Pléyade* n°5 / www.caip.cl / primer semestre 2010
- Ellmers, S. (2021). “Von der Geschichtsphilosophie zur Formalpragmatik. Zur Geschichte und Gegenwart Kritischer Theorie”. *ZEMO* (2021) 4:253–291. <https://doi.org/10.1007/s42048-021-00106-7>
- Foster, B. (2021). “Marx, Value, and Nature”. *The Jus Semper Global Alliance/Essay/SD* (E063):253–291. <https://jussemper.org/Resources/Economic%20Data/Resources/JBellamyFoster-MarxValueNature.pdf>
- Fuchs, Ch. (2014). *Digital labor and Karl Marx*. Routledge.
- Fuchs, Ch. (2016). *Critical Theory of Communication*. London: University of Westminster Press. <http://dx.doi.org/10.16997/book1>.
- Fuchs, Ch. (2021). *Marxist Humanism and Communication Theory Media, Communication and Society*. Volume One. Routledge.
- Granjon, F. (2016) (dir). *Matérialismes, culture & communication*, Tome 1, Paris, Presses des Mines, Collection Matérialismes.
- Granjon, F. et al. (2019) (dir). *Matérialismes, culture & communication*, Tome 3, *Économie politique de la culture, des médias et de la communication* Paris, Presses des Mines, Collection Matérialismes.
- Halbig, Ch. & Henning, T. (Hrg) (2012). *Die neue Kritik der instrumentellen Vernunft. Texte aus der analytischen Debatte um instrumentelle Rationalität*. Suhrkamp.
- Habermas, J. (2002). *Teoría de la acción comunicativa, II. Crítica de la razón funcionalista*. Taurus.
- Honneth, A. (2007). *Pathologien der Vernunft. Geschichte und Gegenwart der Kritischen Theorie*. Suhrkamp.

- Horkheimer, M. (1973). *Crítica de la razón instrumental*. Editorial Sur.
- Horkheimer, M. & Adorno, T.W. (2006). *Dialektik der Aufklärung. Philosophische Fragmente*. S. Fischer Verlag.
- Human Rights Watch (2024). “China: automotrices implicadas en trabajo forzoso de uigures”. <https://www.hrw.org/es/news/2024/02/01/china-automotrices-implicadas-en-trabajo-forzoso-de-uigures>.
- Knoche, M. (2024). “Desarrollo de tecnologías de medios de comunicación como ‘Nuevos Media’ desde la perspectiva de una crítica de la economía política de los Media”. *Diversidad Económica Nicolaita*, vol. 1, núm. 1, 31-59.
- Livant, B. (1979). “The Audience Commodity: on the “Blindspot” Debate”. *Canadian Journal of Political and Social Theory/Revue canadienne de théorie politique et sociale*, vol. 3, núm. 1. 91-106.
- Mansell, R. (2024). Internet policy research: Critical epistemological and methodological considerations. In Pedro-Carañana, J., Gómez, R. y Sierra Caballero, F. (ed.) *Political Economy of Media and Communication. Methodological Approaches*. Routledge, pp. 52-69.
- Marx, K. (1983). *Ökonomische Manuskripte 1857/1858*. MEW, Band 42.
- Moe, L. & Müller, M. (2024). “Knowledge production at the environment-security nexus: Between orthodoxy and transformation”. *Environmental Science and Policy*, vol. 151, 103597.
- Mosco, V. (2006). “La Economía Política de la Comunicación: una actualización diez años después”. *Cuadernos de Información y Comunicación*, vol. 11, 57-79.
- Mosco, V. (2016). Marx in the Cloud. *Cuadernos de Información y Comunicación*. In Fuchs, Ch. and Mosco, V. (ed.) *Marx in the Age of Digital Capitalism*. Studies in Critical Social Sciences, edited by David Fasenfest, vol. 80. Leiden: Brill, pp. 516-535.
- Murdock, G., Fuch, Ch. & Allmer, T. (2024). “Critical Political Economy of Culture and Communication: An Interview with Graham Murdock”. vol. 22, núm. 1: 60-85.
- Ouellet, M. (2016). Marx, les marxistes et la critique de l'économie politique de la communication. En Aubin, F. et Rueff, J. (dir.) *Perspectives critiques en communication : contextes, théories et recherches empiriques (Communication)*. Presses de l'Université du Québec. pp. 165-190.
- Saha, A. (2024). “Theorising Digital Dispossession: An Enquiry into the Datafication of Accumulation by Dispossession”. *tripleC* 22 (1): 104-123. <http://www.triple-c.at>.
- Sandoval, M. (2015). The Hands and Brains of Digital Culture: Arguments for an Inclusive Approach to Cultural Labour. In Fuchs, Ch. and Fischer, E. (ed.) *Reconsidering Value and Labour in the Digital Age*. Palgrave Macmillan, pp. 42-59.

- Sandoval, M. (2016). Foxconned Labour as the Dark Side of the Information Age: Working Conditions at Apple's Contract Manufacturers in China. In Fuchs, Ch. and Mosco, V. (ed.) *Marx in the Age of Digital Capitalism*. Studies in Critical Social Sciences, edited by David Fasenfest, vol. 80. Leiden: Brill, pp. 350-395.
- Schrötter, J. (2016). The Internet and "Frictionless Capitalism". In Fuchs, Ch. and Mosco, V. (ed.) *Marx in the Age of Digital Capitalism*. Studies in Critical Social Sciences, edited by David Fasenfest, vol. 80. Leiden: Brill, pp. 133-150.
- Schulz, S., O'Neil, M., Broca, S. & Daly, A. (2024). "Digital Commons for the Ecological Transition: Ethics, Praxis and Policies". *tripleC* 22 (1): 348-365.
- Smythe, D. (1977). "Communications: Blindspot of Western Marxism". *Canadian Journal of Political and Social Theory/Revue canadienne de théorie politique et sociale*, vol. 1, núm. 3 (Fall/Automne 1977), pp. 1-27.
- Smythe, D. (1981). "On the Audience Commodity and Its Works". *Dependency Road: Communications, Capitalism, Consciousness, and Canada*. Norwood, Ablex, pp. 22-51.
- Thein, Ch. (2024). "Kant und die metaethische Kritik der instrumentellen Rationalität". *De Gruyter DZPhil* 2024; 72 (3): 295-322.
<https://doi.org/10.1515/dzph-2024-0024>.
- Walmeyer, T. (2021) "Bürgerliche Natursehnsucht und faschistisches Potenzial: Theodor W. Adorno, Max Horkheimer und Leo Löwenthal über das Desiderat Natur als Lebensnerv des Rechtsradikalismus". *Zeitschrift für Rechtsextremismusforschung*, Jg. 1, Heft 2/2021, 308-321
<https://doi.org/10.3224/zrex.v1i2.08>.
- Wasko, J. (2024). Prólogo a Pedro Carañana, J., Gómez, R. & Sierra Caballero, F. (ed.) *Political Economy of Media and Communication. Methodological Approaches*. Routledge.
- Wasko, J. (2014). "The study of the political economy of the media in the twenty-first century". *International Journal of Media & Cultural Politics*, vol. 10, núm. 3, 259-271 <https://doi.org/10.3224/zrex.v1i2.08>.
- Winseck, D. & Yong Jin, D. (2011). *The Political Economies of Media. The Transformation of the Global Media Industries*. Bloomsbury.
- Winseck, D. (2017). "Reconstructing the Political Economy of Communication for the Digital Media Age". *The Political Economy of Communication*, Vol. 4, No. 2, 73-114. <http://www.polecom.org>.
- Wittel, A. (2016). Digital Marx: Toward a Political Economy of Distributed Media. In Fuchs, Ch. and Mosco, V. (ed.) *Marx in the Age of Digital Capitalism*. Studies in Critical Social Sciences, edited by David Fasenfest, vol. 80. Leiden: Brill, pp. 68-104.

ARTICULACIÓN CONCEPTUAL ENTRE SOSTENIBILIDAD Y JUSTICIA

*Javier Ulises Maya-Pérez **

*Hilda Rosalba Guerrero García Rojas ***

*Faustino Gómez-Sántiz ****

Introducción

En la actualidad, la sostenibilidad se ha convertido en un paradigma central para abordar desafíos socioambientales críticos, particularmente en el contexto del aprovechamiento equitativo de los bienes naturales. Sin embargo, este concepto, aparentemente consensuado, considera múltiples interpretaciones que se relacionan con diversas visiones sobre la justicia. Este trabajo se propone analizar precisamente estas distintas interpretaciones de la sostenibilidad y la justicia desde tres enfoques teóricos: ortodoxo, heterodoxo y alternativo.

Los conceptos de sostenibilidad y justicia están estrechamente relacionados, ya que implementar prácticas sostenibles implica necesariamente considerar aspectos de justicia. Desde esta perspectiva, cualquier proceso, política o decisión orientada a la sostenibilidad debería también considerarse inherentemente justa. No obstante, el desarrollo

* Doctor en Desarrollo y Sustentabilidad. 2133789c@umich.mx

** Doctora en Recursos Ambientales. Profesora e Investigadora Titular en la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. hilda.guerrero@umich.mx

*** Doctor en Estudios Urbanos y Ambientales. Investigador posdoctoral en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Profesor de Asignatura en la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, de la UNAM. fgomez@cieco.unam.mx

teórico de ambos conceptos fundamenta que lo no sostenible difícilmente puede ser justo; a pesar de ello, el problema radica en que lo considerado sostenible tampoco debería desentenderse de su carácter justo.

El objetivo del presente estudio consiste en examinar críticamente las relaciones teóricas entre sostenibilidad y justicia desde los enfoques ortodoxo, heterodoxo y alternativo. Se busca establecer un núcleo conceptual que permita identificar y articular claramente las interdependencias fundamentales entre ambos conceptos, reconociendo tanto sus diferencias interpretativas como su complementariedad esencial.

En primer lugar, se identifica que tanto la justicia como la sostenibilidad se han desarrollado bajo múltiples perspectivas teóricas, específicamente desde enfoques ortodoxos, heterodoxos y alternativos. Cada uno de estos enfoques refleja posiciones conceptuales específicas y críticas mutuas. Aunque existen similitudes entre algunos planteamientos teóricos sobre ambos conceptos, la convergencia entre ellos no es absoluta y presenta desafíos sustanciales en cuanto a su integración teórica, aspecto que será analizado detalladamente en el desarrollo del presente estudio.

La plena articulación de la justicia y la sostenibilidad representa un desafío significativo tanto en el plano conceptual como en la práctica. Es necesario reconocer las dificultades que surgen al intentar integrar eficazmente ambos conceptos debido a la diversidad de contextos desde los cuales son abordados. Integrar adecuadamente los conceptos de sostenibilidad y justicia presenta múltiples desafíos debido a las distintas perspectivas y formas de razonar que buscan unirlos. Establecer un marco teórico claro que vincule sostenibilidad y justicia es, por lo tanto, una tarea compleja.

En este contexto, las divergencias conceptuales pueden derivarse de definiciones poco precisas de justicia en relación con la sostenibilidad (Lueger *et al.*, 2022), provocando desconexiones entre ambos conceptos. Además, se reconocen desafíos multiescalares, intergeneracionales y multidimensionales (Klinsky & Golub, 2016) que requieren ser abordados para alcanzar una integración efectiva y coherente entre justicia y sostenibilidad en el ámbito teórico y práctico.

En suma, la interpretación errada de la sostenibilidad si puede incurrir en la exacerbación de las injusticias. La integración de la sostenibilidad y la justicia es un reto que requiere el análisis de los diversos enfoques teóricos que las desarrollan. En ese sentido, la necesidad de comprender las diversas lentes bajo las que se analizan ambos conceptos permitiría traducirse en prácticas tendientes a la justicia y la sostenibilidad, evitando esa desintegración teórica y práctica.

Desde esta visión y considerando el objetivo del estudio, se llevará a cabo un análisis comparativo entre los enfoques que abordan los conceptos de justicia y sostenibilidad. Este análisis permitirá identificar tanto similitudes como diferencias en los distintos enfoques teóricos abordados, resaltando los aspectos centrales de la sostenibilidad y su vinculación conceptual con la justicia que permita fortalecer la interdependencia conceptual entre sostenibilidad y justicia.

La metodología empleada será un análisis documental para reconocer algunas de las principales posturas teóricas de la sostenibilidad y la justicia desde sus enfoques dominantes (ortodoxo y heterodoxo) así como un enfoque alternativo, así mismo, se generará una propuesta que atiende a establecer un núcleo conceptual que articule adecuadamente ambos conceptos. Las categorías a analizarse dentro de los enfoques teóricos de sostenibilidad serán su base teórica fundamental, discurso dominante, mientras que, de la justicia, su conceptualización teórica y por último la articulación conceptual entre la justicia y la sostenibilidad dentro de cada enfoque.

Posteriormente, se describirán algunos de los puntos en que se desarticulan los conceptos de justicia y sostenibilidad dentro de la observación de los casos prácticos. De igual manera, se analizará el enfoque alternativo de la sostenibilidad y la justicia bajo las mismas categorías analizadas en los enfoques anteriores, visualizando las ventajas o desventajas que pudiera representar este enfoque en la observación práctica.

Dentro del presente trabajo, se analizarán categorías que permitan generar el contraste entre los enfoques teóricos y conformar el núcleo básico de interrelaciones conceptuales, para lo cual dichas categorías corresponderán a la base teórica que fundamentan a la sostenibilidad y la justicia

desde su enfoque correspondiente, es decir, se referirá al marco teórico que sustenta la sostenibilidad; la categoría del discurso dominante refiere a la narrativa a cerca de la sostenibilidad; conceptualización de justicia desde el enfoque teórico que se analiza la sostenibilidad; y, la articulación entre justicia y sostenibilidad referirá a la manera de interrelacionar los dos conceptos.

Posterior al contraste mencionado, se identificarán las desconexiones que puedan existir entre la construcción conceptual de la sostenibilidad y la justicia, así como las conexiones esenciales que permitan establecer un el núcleo básico de conexión conceptual, es decir, que elementos fortalecen la articulación entre los conceptos analizados. Al realizar el análisis comparativo, resulta esencial definir de manera abstracta y clara tanto el concepto de justicia como el de sostenibilidad. Para lograrlo, se destacarán las similitudes identificadas entre ambas nociones, estableciendo así una definición estable y coherente frente a las diferentes interpretaciones teóricas existentes. Este procedimiento atenderá el objetivo central de identificar y articular la relación fundamental entre justicia y sostenibilidad.

Ahora bien, el enfoque ortodoxo de la sostenibilidad está fundamentado principalmente en la economía ambiental y se identifica con la noción de sostenibilidad débil, este enfoque parte del permiso de sustituir el capital natural por capital manufacturado siempre que se mantenga la capacidad productiva general. Desde la perspectiva de la justicia, John Rawls es un referente clave al proponer la justicia como equidad, donde la distribución justa busca maximizar las libertades fundamentales y establecer oportunidades equitativas mediante mecanismos institucionales. En el contexto socioambiental, este enfoque prioriza estructuras institucionales que promuevan un equilibrio entre desarrollo económico, bienestar social y protección ambiental.

En contraste, el enfoque heterodoxo, se sustenta principalmente en la economía ecológica y se relaciona con el concepto de sostenibilidad fuerte, que enfatiza la importancia de preservar los recursos naturales evitando su sustitución por capital manufacturado. El enfoque de justicia en el que se relacionará la sostenibilidad parte en Amartya Sen, quien cuestiona las bases tradicionales de la justicia distributiva al señalar que no basta con establecer

mecanismos institucionales equitativos, sino que es indispensable asegurar que las personas tengan capacidades reales para lograr su bienestar. En términos socioambientales, esto implica no solo distribuir equitativamente los recursos, sino también fortalecer las capacidades individuales y comunitarias para utilizarlos de acuerdo con sus necesidades y aspiraciones particulares.

El enfoque alternativo parte de diversas posturas económicas alternativas, distanciándose claramente de las perspectivas ortodoxas y heterodoxas previamente mencionadas, se establece que la sostenibilidad tiene como finalidad el cuidado por la continua reproducción de la vida. En cuanto al enfoque de justicia, este será representado por Enrique Dussel, quien presenta una visión centrada en la liberación y la transformación social. Según esta perspectiva, la sostenibilidad y la justicia deben comenzar por reconocer explícitamente las relaciones de opresión existentes en la apropiación de bienes naturales, enfatizando la importancia de incluir a las voces tradicionalmente excluidas. Dussel aboga por procesos participativos y democráticos que posibiliten redefinir el valor otorgado a la naturaleza y cuestionar las estructuras dominantes tanto sociales como ecológicas.

En conjunto, estos enfoques ofrecen un marco analítico sólido para examinar cómo las distintas perspectivas sobre sostenibilidad y justicia pueden contrastarse, identificando puntos esenciales que faciliten su integración conceptual. Esto permite aplicar dichas conexiones en variados contextos prácticos de análisis sobre sostenibilidad y justicia.

Figura 1. Flujo metodológico.



Fuente: elaboración propia.

1. Análisis de enfoques teóricos

Para comprender la sostenibilidad, es imprescindible iniciar con la construcción conceptual del desarrollo sostenible. Entre sus antecedentes teóricos destaca la propuesta de Malthus, quien analizó la relación entre el crecimiento exponencial de la población y el crecimiento lineal de la producción de alimentos. Según su planteamiento, esta disparidad conduciría inevitablemente a una situación en la que la producción alimentaria no sería suficiente para abastecer a la población humana (Pierri, 2005).

A partir de los movimientos ambientalistas surgidos a inicios de la década de 1960, se intensificó el escrutinio hacia los modelos globales de producción y consumo, subrayando su papel en la transformación y deterioro del medio ambiente. En este contexto, en 1972 se publica el informe Meadows, elaborado por encargo del Club de Roma, el cual advertía sobre los límites biofísicos del crecimiento económico. Ese mismo año, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano culminó con la Declaración de Estocolmo, donde se afirmaba que la degradación ambiental era atribuible en gran medida a los países en vías de desarrollo. Posteriormente, en 1987, se presenta el informe Brundtland, titulado “Nuestro futuro común”, el cual consolida el concepto de desarrollo sostenible como eje articulador entre el crecimiento económico y la protección ambiental (Foladori y Tommasino, 2000; Pierri, 2005).

El informe Brundtland institucionaliza el concepto de desarrollo sostenible, entendiendo que el desarrollo económico y la protección ambiental son dimensiones interdependientes. Se sostiene que el medio ambiente constituye la base sobre la cual se edifica el desarrollo, y que la degradación de los recursos naturales compromete directamente las posibilidades de crecimiento sostenible. Esta noción se fundamenta en el principio de satisfacer las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. En síntesis, el desarrollo sostenible se define como un proceso orientado a garantizar la justicia intergeneracional, promoviendo la satisfacción equitativa de necesidades actuales sin comprometer las condiciones de existencia y

desarrollo de las generaciones venideras (Foladori & Tommasino, 2000; Pierri, 2005).

Dentro del marco conceptual del desarrollo sostenible, se integran de manera articulada variables como la pobreza, la equidad social y la degradación ambiental. En este contexto, se comienza a consolidar un enfoque multidimensional que reconoce las dimensiones social, económica y ecológica como pilares fundamentales del propio concepto. El énfasis en la pobreza como un factor crítico se sustenta en la hipótesis de que su persistencia contribuye significativamente al deterioro ambiental, y se plantea que el desarrollo debe orientarse estratégicamente hacia la erradicación de la pobreza y la mitigación del daño ecológico.

La autora del informe identifica múltiples objetivos estratégicos para alcanzar el desarrollo sustentable. Entre ellos destaca la necesidad de replantear el crecimiento económico con un enfoque orientado a la calidad y no únicamente a la cantidad, atender de manera prioritaria las necesidades sociales básicas como la alimentación y el acceso a servicios esenciales, reorientar los procesos de producción y el uso de la tecnología hacia modelos más sostenibles, e integrar de forma transversal las consideraciones ambientales y económicas en los procesos de toma de decisiones (Foladori & Tommasino, 2000; Pierri, 2005).

En este contexto, la justicia se vincula estrechamente al concepto de desarrollo sostenible, especialmente desde dos enfoques principales: la justicia intergeneracional y la justicia distributiva.

Desde la perspectiva de la justicia intergeneracional, el desarrollo sostenible se orienta a satisfacer las necesidades presentes sin afectar negativamente la posibilidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades. Este enfoque implica un principio ético fundamental, que busca evitar que las decisiones y acciones actuales restrinjan injustamente el acceso futuro a recursos y oportunidades.

Por otra parte, desde la perspectiva de la justicia distributiva, el desarrollo sostenible busca satisfacer equitativamente las necesidades actuales, garantizando que los beneficios derivados del desarrollo se distribuyan de manera justa entre todos los sectores de la población. Este enfoque resalta la importancia de reducir desigualdades económicas, sociales

y ambientales para promover una sociedad más equitativa y sostenible. De esta manera, la justicia se convierte en un componente central y ético del desarrollo sostenible, integrando la preocupación por la equidad social actual y futura con el cuidado del medio ambiente

1.1. Enfoque ortodoxo

BASE TEÓRICA FUNDAMENTAL

El enfoque de la economía ambiental se fundamenta en los principios de la economía neoclásica, destacando la escasez de recursos, la posibilidad de sustitución entre factores productivos, y la compatibilidad del crecimiento económico con la conservación del capital natural, aunque reconoce la ausencia de sustitutos adecuados para algunos recursos ambientales esenciales. Desde esta perspectiva, el desarrollo sostenible implica un crecimiento económico que incluye ciertos niveles de conservación, lo cual es definido como sustentabilidad débil y refleja una visión predominantemente desarrollista (Costanza *et al.*, 1999).

En un sentido estricto, la sostenibilidad se refiere a la capacidad de mantener procesos a lo largo del tiempo. Por tanto, desde la perspectiva de la economía ambiental, la noción de desarrollo sostenible busca asegurar que el crecimiento económico pueda sostenerse continuamente y mantenerse estable en el largo plazo (Foladori & Tommasino, 2000).

DISCURSO DOMINANTE

El enfoque ortodoxo fundamenta la posibilidad de alcanzar la sostenibilidad sin cuestionar el modelo económico hegemónico, siempre y cuando ante la identificación de “fallas” se implementen mecanismos de mercado adecuados para corregirlas. En ese sentido, el discurso se sostiene en la promoción por integrar los bienes naturales en las dinámicas de mercado por medio de su valoración monetaria.

En ese sentido, y bajo el fundamento de la economía neoclásica, donde el medio ambiente es considerado una forma de capital natural que, si se

degrada, puede ser sustituido por capital manufacturado o humano, se argumenta que la eficiencia económica y la innovación tecnológica permitirán mantener el crecimiento económico mientras se corrigen los menoscabos ambientales. La sostenibilidad, desde este enfoque, se concibe como un equilibrio entre crecimiento y conservación, asegurado mediante incentivos, impuestos ambientales y mecanismos de mercado.

CONCEPTO DE JUSTICIA

El concepto de justicia seleccionado para este análisis parte de la propuesta teórica John Rawls (1971), la cual establece una concepción de justicia basada en la equidad, como valor que fundamental, así mismo, la equidad se entiende como el equilibrio entre libertad e igualdad a través de la imparcialidad. A través de los elementos como la posición original y el velo de la ignorancia, conceptos que propone el autor, establece que las personas, sin saber su posición en la sociedad, se conducen por principios que garantizan igualdad y protección para los más desfavorecidos.

De esta manera, la justicia en Rawls (1971) parte del diseño institucional que permite la distribución equitativa de bienes, así como la garantía de un orden social justo. En ese entendimiento, la justicia en Rawls, como autor de un enfoque ortodoxo, el sustento de la justicia es la propia consagración de las grandes instituciones como el mismo considera a las constituciones políticas, sistema económico y a la familia, entre otras.

ARTICULACIÓN CONCEPTUAL

En este enfoque y desde una perspectiva Rawlsiana, la sostenibilidad se articula con la justicia en la puntualización del crecimiento económico con redistribución, considerando que permite cierto grado de equidad. El punto articulador puede ser considerado en la eficiencia económica y la compensación, entendiéndose como la justificación de los impactos ambientales justificados si se compensan en conjunto a un beneficio social colectivo y previamente institucionalizado.

1.2. Enfoque heterodoxo

BASE TEÓRICA FUNDAMENTAL

En cuanto al enfoque del desarrollo sustentable emanado de la economía ecológica, contiene una visión conservacionista, esta sostiene la postura crítica de la teoría neoclásica, con sustentos tanto de ecología y de las leyes de la termodinámica, además de qué sostiene la consideración de los límites físicos del planeta. Constanza et al. (1999) consideran para esta postura teórica tres metas interdependientes: escala sustentable, distribución justa y asignación eficiente. De las cuales sugieren la integración de tres elementos, mismos que influirán en el desarrollo de la propuesta mencionada en el presente trabajo: visión compartida del funcionamiento del mundo y el establecimiento utópico de una sociedad sostenible a la que se pretende llegar; la generación de objetivos nuevos a alcanzar, así como, instituciones e instrumentos novedosos que permitan impulsar esta visión.

Aunado a esos tres elementos convergen puntos básicos de la visión de la propia economía ecológica: la visión de la tierra como un sistema cerrado fundamentado de las leyes de la termodinámica en especial la de la entropía, es decir el reconocimiento de límites de los bienes naturales; la preferencia por una postura biocentrista a una antropocentrista; aceptación del análisis planetario como un sistema complejo, y por último la consideración de instituciones proactivas y no reactivas, que dan paso a políticas sencillas de implementar, entendiendo que es la base para la generación de políticas públicas sostenibles (Costanza et al., 1999).

DISCURSO DOMINANTE

El discurso desarrollado por la postura heterodoxa parte de la crítica y cuestionamiento al paradigma ortodoxo, en ese sentido, argumenta que no todo el considerado capital natural puede ser sustituido, además de establecer la existencia de los límites biofísicos al crecimiento. De esta manera, el discurso desarrollado por este paradigma promueve un cambio de acercar la visión de la sostenibilidad acorde al reconocimiento de los límites planetarios.

Si bien el fundamento teórico es la economía ecológica, este enfoque al reconocer los límites planetarios considera que al crecimiento ilimitado como contradictorio para el paradigma de la sostenibilidad, de igual manera, considera que la toma de decisiones debe sustentarse en principios de precaución, equidad y responsabilidad intergeneracional. De esta manera, se puede establecer que la sostenibilidad, desde este paradigma, implica mantener la integridad de los sistemas ecológicos que sostienen la vida más allá de la utilidad económica que proveen.

CONCEPTO DE JUSTICIA

Bajo la postura teórica de justicia sustentada en Amartya Sen (2010), se genera una crítica hacia la visión institucionalista de Rawls proponiéndose una justicia centrada en las capacidades reales de las personas. Se entenderá el aumento de las capacidades humanas como aquella libertad que poseen las personas para consagrar la vida que valoran, además de que, para consolidarlo, Sen puntualiza la necesidad de materializar condiciones previas a las instituciones para que estas puedan garantizarse.

En ese sentido, lo importante en esta postura teórica, no es solo tener derechos formales o acceso a recursos, sino lo que efectivamente las personas pueden hacer y ser con ellos, puesto que la justicia se evalúa en términos de la eliminación de privaciones de libertad y la ampliación de las oportunidades reales para vivir una vida que se valore. Su enfoque es comparativo y práctico, enfocado en reducir injusticias concretas y mejorar el bienestar humano.

ARTICULACIÓN CONCEPTUAL

Desde el paradigma heterodoxo, y desde la postura de Sen, se puede entender que la sostenibilidad se articula con la justicia al centrarse en las capacidades reales de las personas para vivir vidas valiosas dentro de límites ecológicos. El concepto clave es la materialización de condiciones que permitan consagrar lo establecido en las instituciones, esto implica garantizar que todos tengan las condiciones necesarias para desarrollarse sin sobrepasar los límites del planeta.

1.3. Enfoque alternativo

Un paradigma alternativo, desde una posición económica, se considerará al establecerse maneras distintas de producción, distribución y consumo en comparación al modelo hegemónico, en este sentido, lo alternativo se considerará a aquello que sea distante al capitalismo (Ramírez-Naranjo & Herrera, 2023).

De esta manera, para el paradigma que pretenda establecer una visión alterna a la concepción hegemónica de la sostenibilidad es necesario fundamentar el estudio en diversos enfoques que sustentan diversas formas de concebir el mundo y la vida, desde voces relegadas, desde los oprimidos, desde las epistemologías del Sur. En ese sentido, la alternativa no se podría concebir como un solo paradigma, sino como diversos, por lo que para este apartado se ha seleccionado la propuesta e interpretación teórica de Dussel (2006, 2009, 2014, 2022) bajo el entendido de la existencia de diversos autores y enfoques que convergen en lo alternativo.

BASE TEÓRICA FUNDAMENTAL

La sostenibilidad puede interpretarse en Dussel (2006, 2009, 2022) como la práctica de los principios éticos de la materialidad, formalidad y viabilidad. El punto central del paradigma alternativo de la sostenibilidad radica en la preservación de la vida. En la propuesta filosófica de Dussel, la ética constituye el núcleo normativo desde el cual se articula una concepción crítica de la sostenibilidad. Esta se funda en la necesidad de garantizar las condiciones materiales que posibiliten una vida digna, lo cual implica reconocer la afirmación de la vida como principio último de toda praxis humana. Esta prioridad ontológica se traduce en una clara subordinación del capital a la vida, cuestionando las lógicas de acumulación que colocan el valor económico por encima de la existencia misma (Dussel, 2014; Téllez y Zúñiga, 2022).

Tal como ha sido argumentado, el eje constitutivo de la propuesta de Dussel es la ética, entendida no como una abstracción desvinculada de la realidad, sino como una dimensión ontológicamente anclada en la existencia

concreta del ser humano. En esta perspectiva, la ética se manifiesta como praxis situada, orientadora de la acción cotidiana y directamente vinculada a la afirmación y preservación de la vida (Dussel, 2014, 2016, 2022).

En consecuencia, los principios éticos delineados por Dussel pueden interpretarse como una jerarquización normativa en la que la afirmación de la vida constituye el eje primordial de toda praxis humana. Este principio rector exige que las decisiones éticas y políticas se sustenten en procesos democráticos genuinos que aseguren la participación activa de los sujetos implicados. Finalmente, se incorpora el principio de factibilidad, mediante el cual se evalúa la viabilidad práctica de dichas decisiones en contextos materiales concretos (Dussel, 2014, 2016, 2022).

DISCURSO DOMINANTE (CONTRAHEGEMÓNICO)

Dentro de este paradigma, de manera general, rechaza los marcos tecnocráticos y economicistas, así como el rechazo a la visión hegemónica de la modernidad, en ese entendido, propone una visión de la sostenibilidad arraigada en las luchas territoriales, los saberes indígenas, el feminismo ecológico y la justicia ambiental, es decir, busca una sostenibilidad considerando a los oprimidos y excluidos. Se trata de un discurso que busca restablecer la relación entre humanidad y naturaleza desde una pluralidad cultural y epistémica.

Si bien de manera general, el enfoque alternativo se basa en parte en epistemologías del Sur, este enfoque parte del reconocimiento de que la crisis ambiental es también una crisis civilizatoria, por lo que la sostenibilidad, en Dussel (2006, 2009, 2014) y Álvarez (2022), no puede lograrse sin transformar las estructuras de dominación que provocan la desigualdad y por ende destrucción ambiental.

CONCEPTO DE JUSTICIA

De igual manera, la aplicación de la justicia en el pensamiento de Dussel se basa en la praxis ética, entendida como una orientación normativa que guía la acción humana hacia la afirmación de la vida. Esta praxis reconoce que,

dada la naturaleza imperfecta de los seres humanos, las acciones justas no son absolutas, sino aproximaciones éticamente fundamentadas que buscan responder a contextos concretos de opresión o exclusión.

En este marco, los principios éticos propuestos por Dussel se articulan en torno a tres ejes fundamentales: en primer lugar, la afirmación de la vida como criterio central de toda acción humana, es decir, garantizar que cada acto contribuya a la reproducción y sostenimiento de la vida en condiciones dignas; en segundo lugar, la necesidad de una participación democrática auténtica, mediante la cual las decisiones colectivas que orientan dicha afirmación de la vida se construyan a través del consenso; y finalmente, el principio de factibilidad, que implica evaluar la posibilidad real de implementar lo acordado. Si esta viabilidad no se alcanza, se impone la obligación ética de transformar las estructuras injustas que imposibilitan su realización (Dussel, 2006, 2009, 2014; Wolkmer & Machado, 2022).

La justicia en Dussel (2014) parte, de igual manera, del reconocimiento del otro excluido, superando la concepción de que la justicia surge desde las instituciones, por tal motivo aboga por la transformación de las estructuras opresoras.

ARTICULACIÓN CONCEPTUAL

La sostenibilidad solo es posible si se desmantelan las estructuras de opresión y se reconfigura la relación con la naturaleza y entre los pueblos desde la justicia histórica, epistémica y territorial. El concepto articulador es la liberación del oprimido y la defensa de la vida.

Desde su ética de la liberación, Dussel plantea que la justicia debe surgir desde abajo, desde la denuncia de la opresión y la búsqueda de alternativas colectivas. La política justa es aquella que restituye la dignidad, permite la participación activa de los pueblos y reconoce la pluralidad epistémica (Dussel, 2022; Álvarez, 2022). Se sitúa como una crítica al eurocentrismo liberal y busca justicia con base en la vida concreta, el territorio y la historia.

Tabla 1. Conceptos de sostenibilidad y justicia.

Categoría	Enfoque ortodoxo	Enfoque heterodoxo	Enfoque alternativo
Base teórica	Economía ambiental basada en la economía neoclásica. Supone escasez, sustitución de recursos y crecimiento económico compatible con conservación (Costanza et al., 1999; Foladori & Tommasino, 2000).	Economía ecológica. Integra ecología, leyes de la termodinámica, visión biocéntrica y límites planetarios. Propone una sociedad sostenible con instituciones nuevas (Costanza et al., 1999).	Ética de la liberación. Sostenibilidad como praxis ética (materialidad, formalidad, viabilidad) centrada en la preservación de la vida y subordinación del capital (Dussel, 2006, 2009, 2014, 2016, 2022).
Discurso dominante	Integración del medio ambiente al mercado mediante valoración monetaria. Mecanismos de mercado para corregir fallas. Equilibrio entre crecimiento y conservación.	Crítica al paradigma ortodoxo. No todo capital natural es sustituible. Reconocimiento de límites biofísicos y necesidad de equidad y precaución. Sostenibilidad más allá de la utilidad económica.	Discurso contrahegemónico. Sostenibilidad desde los pueblos, saberes indígenas, feminismo ecológico y luchas territoriales. Rechaza marcos tecnocráticos y la modernidad como proyecto civilizatorio dominante.
Concepto de justicia	Justicia como equidad (Rawls, 1971). Se basa en imparcialidad, diseño institucional, distribución de bienes primarios. Justicia sostenida por grandes instituciones (constitución, familia, economía).	Justicia como expansión de capacidades (Sen, 2010). Énfasis en lo que las personas pueden ser y hacer. Necesidad de condiciones materiales previas a las instituciones. Reducción de privaciones y aumento de libertades reales.	Justicia como liberación del oprimido. Ética situada que reconoce al otro excluido. Principios: afirmación de la vida, participación democrática y factibilidad. Justicia que transforma estructuras opresoras y reconoce la pluralidad epistémica y territorial.
Articulación conceptual	La sostenibilidad se articula con la justicia mediante la eficiencia económica con compensación. Impactos ambientales son aceptables si se compensan institucionalmente para beneficio colectivo.	La sostenibilidad se articula con la justicia al garantizar condiciones para el desarrollo humano dentro de límites ecológicos. Enfoque en capacidades reales y justicia intergeneracional.	La sostenibilidad se articula con la justicia mediante la transformación estructural. El eje articulador es la defensa de la vida y la liberación del oprimido. Justicia histórica, epistémica y territorial como base para una nueva relación con la naturaleza y entre los pueblos.

Fuente: elaboración propia

2. Diferencias y congruencias entre los enfoques

Diferencias:

1. Los fundamentos teóricos desarrollados dentro de cada enfoque varían acorde a un enfoque económico diverso, de esta manera, se desenvuelven los diversos postulados que plantea la sostenibilidad emanada desde la perspectiva ortodoxa, heterodoxa y alternativa.

2. En ese sentido, la visión respecto a los bienes naturales también se diversifica, puesto que el enfoque ortodoxo considera a los bienes naturales como un capital natural sustituible, para el enfoque heterodoxo no lo considera sustituible, sino que reconoce los límites biofísicos de los propios bienes, por otro lado, el enfoque alternativo visualiza la naturaleza como un bien en el cual se funda la vida desde una perspectiva ética.
3. Si bien se entiende a la justicia como un concepto intrínsecamente ligado a la sostenibilidad, la variación de su interpretación se da en el enfoque ortodoxo (Rawls, 1971) como equidad centrada en las instituciones establecidas, mientras que en el enfoque heterodoxo (Sen, 2010) la justicia se centra en las capacidades reales de las personas por materializar las vidas que desean, por último, en el enfoque alternativo la justicia se interpreta como liberación y reconocimiento del oprimido.
4. La relación con el modelo económico dominante, de igual manera, es punto de partida para la diferenciación de los enfoques, mientras que, el enfoque ortodoxo lo acepta y busca autocorregir sus fallas por medio de mecanismos del mercado, el heterodoxo, lo cuestiona y busca reformarlo, por otro lado, el enfoque alternativo lo rechaza y propone su superación.
5. El análisis de actores es un punto de diferenciación entre los enfoques esto debido a que los enfoques ortodoxo y heterodoxo plantean su análisis en las instituciones, el Estado y los individuos, mientras que el enfoque alternativo lo hace en Pueblos oprimidos, comunidades territoriales y colectivos excluidos.

Congruencias:

1. Reconocimiento de una crisis ambiental, los tres enfoques reconocen que el modelo económico hegemónico es causante de una crisis ambiental, aunque con modelos, diagnósticos e índices distintos se coincide en la necesidad de replantear las relaciones entre la economía, sociedad y naturaleza.

2. Dentro de los tres enfoques existe el reconocimiento de la necesaria intervención en el plano institucional, ya sea para corregir o transformar las estructuras existentes.
3. Los enfoques analizados establecen una conexión esencial entre sostenibilidad y justicia, como se ha mencionado ambos conceptos están intrínsecamente ligados, aunque cada enfoque los vincule e interprete desde distintos marcos normativos y epistemológicos. Así mismo, la justicia se considera, dentro de cada enfoque, como una preconcepción de la sostenibilidad (Maya-Pérez & Gómez-Sántiz, 2024).
4. De igual manera, otro punto de congruencia es la importancia por garantizar las condiciones materiales para desarrollar una vida digna, aunque bajo distintas interpretaciones y formulaciones (bienes primarios en Rawls, capacidades en Sen, condiciones de reproducción de la vida en Dussel), los tres enfoques establecen que la sostenibilidad requiere de garantizar condiciones materiales mínimas para el desarrollo de la vida.

3. La dignidad de la vida como núcleo articulador

La vida, considerada como un punto transversal, es un concepto fundamental compartido por las diversas tradiciones filosóficas, ontológicas, epistemológicas, en ese sentido, situar a la vida en el centro permite que la sostenibilidad y la justicia converjan debido a que ambos conceptos buscan garantizar que establezca un entorno benéfico para el desarrollo de la vida.

En ese sentido, los enfoques analizados si bien convergen en este punto, como núcleo articulador, el desarrollo epistemológico demuestra que bajo las diversas interpretaciones de maximizar la dignidad de la vida se atienden elementos como el mercado, la política, entre otros, contradiciendo el propio establecimiento de la vida como centro de toda acción (Álvarez, 2022). Puntualmente, el comentario anterior de identifica en el enfoque ortodoxo que, ante un enfoque crítico, llega a minimizar la vida al considerar que el “capital natural” es sustituible.

La sostenibilidad busca que las condiciones materiales que sostienen la vida sean perdurables, por su parte, la justicia atiende la distribución de dichas condiciones materiales. Si se analizan los conceptos en conjunto referirán a las condiciones que posibilitan una vida digna. Sin embargo, el análisis teórico de los diversos paradigmas demuestra el apego hacia condiciones materiales específicas que atentan contra la posibilidad de una vida digna, en ese sentido, el paradigma alternativo suele tener más coherencia de maximizar la dignidad de la vida en razón de considerar las voces de los excluidos y la transformación de las estructuras opresoras.

La sostenibilidad, no solo como un paradigma abstracto, promueve tanto en el plano normativo como en el práctico la exigencia concreta de proteger las condiciones que dignifican la vida, por tal motivo en los diversos enfoques se critica la degradación ambiental, pobreza y desigualdad.

La noción de la vida digna, como principio rector de la sostenibilidad y la justicia, funge como base de diversos marcos jurídicos, esto se expresa en la institucionalización de condiciones a garantizar a través de la consagración de Derechos Humanos, Constituciones, entre otros.

En ese sentido, la dignidad de la vida puede situarse como el núcleo articulador entre la sostenibilidad y la justicia, de esta manera, las diversas interpretaciones desde los diversos enfoques no modifican este interés. Las diversas interpretaciones de las condiciones materiales, ontológicas y epistemológicas que giran en torno a cada enfoque determinan bajo qué elementos tratan de dignificar la vida. Por otro lado, la integración teórica entre los conceptos de justicia y sostenibilidad presenta desafíos considerables, esto debido al desarrollo de racionalidades diversas que priorizan elementos económicos sobre los sociales (Fatti & Patel, 2022).

Una desconexión práctica, más que teórica, se sustenta en los enfoques ortodoxo y heterodoxo, el cambio de la sostenibilidad como un paradigma moral a un conjunto de metas económicas dejando de lado las preocupaciones ambientales y sociales. Además, la toma de decisiones sobre los diversos campos que tiende la sostenibilidad, excluye voces que atentan contra la justicia (Takala & Häyry, 2023).

Conclusiones

El análisis de los diversos enfoques ortodoxo, heterodoxo y alternativo revela que la sostenibilidad no es ajena a la justicia, es decir, son conceptos que no podrán entenderse de manera desvinculada. Se considera que ambos conceptos se relacionan con el objetivo de garantizar las condiciones materiales que posibiliten la vida digna.

Atendiendo al concepto de desarrollo sostenible emanado del informe Brundtland, como base de análisis, la materialización de condiciones de vida digna radica en las generaciones presentes y futuras, por lo que el concepto de justicia intergeneracional, de igual manera, está íntimamente ligado al concepto referido. Por otro lado, ante la existencia de diferencias teóricas y epistémicas, los enfoques analizados coinciden en la protección y promoción de la dignidad de la vida humana como centro de la sostenibilidad. Además, dicho principio se establece como núcleo conceptual que genera la articulación entre los conceptos analizados: sostenibilidad y justicia.

La distinción epistémica, entre los enfoques analizados, por dignificar la vida radica en diversos intereses que promueve cada enfoque mientras el enfoque ortodoxo se basa en postulados de la economía neoclásica y una visión instrumental de la naturaleza (sustituible), el enfoque heterodoxo incorpora límites ecológicos, así mismo, el enfoque alternativo pone en el centro la liberación de los oprimidos y la crítica a la modernidad. Esta diversidad ofrece una pluralidad de respuestas frente a la crisis socioambiental, pero también refleja tensiones en la posibilidad de un consenso teórico.

Los enfoques ortodoxo y heterodoxo llegan a promover a la sostenibilidad como un conjunto de metas económicas, excluyendo a los oprimidos generando condiciones de injusticia y por lógica contradiciendo a la sostenibilidad. Ante esto, la integración de los conceptos de sostenibilidad y justicia se torna complejo, tanto en el campo teórico como en el práctico, esto se debe a la diversidad de racionalidades con prioridades económicas sobre las sociales, por tal motivo, se torna necesario la inclusión de enfoques críticos y la apertura hacia nuevas epistemologías y prácticas sociales.

El núcleo articulador de los conceptos en cuestión centrado en la dignidad de la vida humana corre el riesgo de no consagrarse ante el apego ontológico de las preferencias meramente económicas atentando contra el propio paradigma de la sostenibilidad. En ese sentido, el ejercicio planteado en el presente trabajo abre la puerta a la observación de las conexiones o desconexiones entre el campo teórico y empírico de la relación entre justicia y sostenibilidad, puesto que la idea de que ambos pueden consolidarse no atiende a las consideraciones prácticas y dinámicas de poder existentes (Fatti & Patel, 2022).

De igual manera, pueden existir coherencias teóricas entre la justicia y la sostenibilidad, sin embargo, su integración suele ser inconsistente en la práctica, resultando en materializaciones fragmentadas de los conceptos analizados (Clark & Miles, 2021). En ese contexto, los enfoques alternativos ofrecen la posibilidad de integrar correctamente la justicia y la sostenibilidad en la formulación de toda acción, estos enfoques (en el entendido que el analizado no es el único) puntualizan el desafío de las estructuras existentes, el modelo económico dominante, así como el empoderamiento de los marginados. En ese sentido, los conceptos de sostenibilidad y justicia, desde la alternativa, generan marcos epistémicos que logren integrarlos en el campo teórico y en el práctico.

Los enfoques alternativos representan dicha posibilidad por fundamentar la necesidad de integrar la constante reproducción social y ambiental en el discurso de la sostenibilidad, así como la correcta distribución equitativa de cargas y beneficios ambientales (Gottschlich & Bellina, 2017). Por último, puede afirmarse que los enfoques alternativos de sostenibilidad y justicia presentan una mayor proximidad al núcleo articulador de ambos conceptos, en tanto priorizan la afirmación y dignificación de la vida como principio ético-político central, orientando sus propuestas hacia la transformación estructural de las condiciones que la vulneran.

Referencias

- Álvarez, L. (2022). “Transformación material ecológica y económica”. En Dussel, E. (editor), *Política de la liberación. Crítica creadora*, vol. III (pp. 549-583). Trotta.
- Barragán, R. & Alfonso, D. (2012). *La política de la liberación*. Via iuris.
- Clark, S. & Miles, M. (2021). Assessing the Integration of Environmental Justice and Sustainability in Practice: A Review of the Literature. *Sustainability*, vol. 13, núm. 20, 11238.
- Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H., Goodland, R., & Norgaard, R. (1999). *Una Introducción a la economía ecológica* (Primera). CECSA.
- Dussel, E. (2006). *20 tesis de política*. Siglo XXI.
- Dussel, E. (2009). *Política de la liberación. La arquitectónica. Volumen II*. Trotta.
- Dussel, E. (2014). *16 tesis de economía política. Interpretación filosófica* (Primera). Siglo XXI.
- Dussel, E. (2016). *14 tesis de ética. Hacia la esencia del pensamiento crítico* (Primera). Trotta.
- Dussel, E. (2022). *Política de la liberación. Crítica creadora. Volumen III*. Trotta.
- Fatti, C. & Patel, Z. (2022). In pursuit of just sustainability: Decision-making and conflicting rationalities in government-led housing projects. *Local Environment*, núm. 28, núm. 3, 277–303.
<https://doi.org/10.1080/13549839.2022.2136636>
- Foladori, G. & Tommasino, H. (2000). El concepto de desarrollo sustentable treinta años después. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, vol. 1, 41-56.
- Gottschlich, D. & Bellina, L. (2017). Environmental justice and care: Critical emancipatory contributions to sustainability discourse. *Agriculture and Human Values*, vol. 34, núm. 4, 941-953.
<https://doi.org/10.1007/S10460-016-9761-9>
- Herrera, H. (2015). *Realismo político y realpolitik. Hacia una re-conceptualización de lo político. Contraste entre Carl Schmitt y Franz Hinkelammert*, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Klinsky, S. & Golub, A. (2016). Justice and Sustainability. *Springer, Dordrecht*, 161–173.
- Lueger, J., Kotsila, P. & Anguelovski, I. (2022). “The notion of justice in funded research on urban sustainability: Performing on a postpolitical stage or staging the political?”. *Local Environment*, vol. 28, núm. 1, 8-30.
- Maya-Pérez, J. & Gómez-Sántiz, F. (2024). “Ambivalencias constitucionales e implicaciones en la sostenibilidad de proyectos de megainfraestructura. Análisis del caso la presa El Zapotillo, los Altos de Jalisco”. *Agua, conflicto y poder. Afectaciones y resistencias frente a la presa El Zapotillo* (pp. 141-170). Consejo Editorial del Centro de Estudios Jurídicos y Sociales Mispát, A.C.

- Perevochtchikova, M., Gómez-Sántiz, F., & Moreno, A. (2023). Recursos forestales y política pública forestal en México: ¿Hacia retos de sustentabilidad? En *Transferencias y justicia intergeneracionales* (pp. 101-129). El Colegio de México.
- Pierri, N. (2005). Historia del concepto de desarrollo sustentable. En *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* (pp. 27-82). Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Ramírez-Naranjo, D. y Herrera, H. (2023). Concepto de sustentabilidad. Revisión crítica de enfoques. En *Desarrollo y sustentabilidad. Crítica de la economía de mercado capitalista*, tomo I. (pp. 87-119). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Rawls, J. (1971). *A Theory of Justice*. Harvard University Press.
- Sen, A. (2010). *La idea de la justicia* (Primera). Penguin Random House.
- Takala, T., & Häyry, M. (2023). Justainability. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 1-11. <https://doi.org/10.1017/s0963180123000361>
- Téllez, E. & Zuñiga, J. (2022). “La voluntad material de vida del pueblo y el problema político-ecológico. El principio material negativo”. En Dussel, E. (editor), *Política de la liberación. Crítica creadora*, vol. III (pp. 224-266). Trotta.
- Wolkmer, A. & Machado L. (2022). “El sistema del derecho y la nueva legalidad”. En Dussel, E. (editor), *Política de la liberación. Crítica creadora*, vol. III (pp. 584-636). Trotta.

PARTE II.

ESTRUCTURAS SOCIALES, GOBIERNOS Y MEDIO AMBIENTE

RELACIONES DE GÉNERO-SOCIEDAD-NATURALEZA EN EL CONTEXTO DE UNA COMUNIDAD PESQUERA P'URHÉPECHA

*María Carmen Mejía Argote **

*Enrique Padilla Méndez ***

Introducción

La categoría de género es compleja, en algunas ocasiones se emplea para analizar a las mujeres únicamente y realizar programas vinculados a instituciones internacionales que solicitan el enfoque de género como un requisito. Al dejar de lado a los hombres, el contenido relacional de la categoría no se cumple, ni tampoco es posible analizar la ubicación de las mujeres y los hombres en la familia, la comunidad y el país en momentos históricos determinados. Algunas autoras señalan que el género se ha estudiado principalmente desde un contexto occidental, confundiéndolo con sexo (Goldsmith, 1998; Lagarde, 2022).

Lagarde (2022) visualiza la perspectiva de género como la materialización de la perspectiva feminista, en donde la sexualidad es una parte; coincide con la postura de Gayle Rubin, quien nos habla de la construcción del sistema sexo/género en los siguientes términos: “Un sistema de sexo/género es el conjunto de disposiciones por el cual una sociedad transforma la sexualidad biológica en productos de la actividad humana, y en el cual se satisfacen esas necesidades humanas transformadas” (Rubin, 1986, p.97).

* Doctora en Ciencias en Desarrollo Sustentable. Profesora e Investigadora en la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). maria.mejia@umich.mx

** Alumno de la Maestría en Desarrollo y Sustentabilidad en la UMSNH. 1131953e@umich.mx

Cada mujer y hombre va formando su identidad genérica a partir de la interrelación de varios elementos; entre ellos, del territorio en donde nace, de la clase y etnia a la que pertenece, la familia de origen, la lengua que habla, la educación, la religión, los usos y costumbres de la comunidad en donde crece, la política pública implementada a través del Estado, las relaciones sociales que se establecen entre personas de géneros diferentes y con las del mismo género. De tal manera, la configuración identitaria en hombres y mujeres resulta de la organización social genérica determinada por la sociedad, que establece la división entre espacios públicos y privados. La división social/sexual del trabajo, por lo tanto, es producto de esta organización social, cuya característica evidencia el control de los hombres del espacio público, el trabajo productivo, la política, lo social y cultural, mientras que el espacio privado de la casa es designado como el espacio para las mujeres. El contrato de matrimonio, las relaciones íntimas, el acceso a la propiedad de la casa, de la tierra, de las herramientas de trabajo están mediados por esta organización social genérica, cuya consecuencia es que las mujeres tienen uso, pero no derecho a la propiedad de los bienes materiales.

En las comunidades p'urhépecha no son aceptados los géneros, sino los sexos; se es mujer u hombre y cada uno tiene una función asignada en la comunidad y en la unidad familiar: “La situación de los roles de género y la inserción de conceptos como: equidad, no violencia, igualdad de condiciones y derechos para hombres y mujeres, en las comunidades representa conflictos identitarios al cuestionar las prácticas comunitarias” (Magaña, 2019, p. 256). Ahora bien, la participación de hombres y mujeres indígenas se organiza en función de los usos y costumbres de la comunidad, de los diversos roles en el trabajo productivo y reproductivo, y en función de los recursos económicos. El acceso a los recursos significa tener la posibilidad de usarlo, pero es necesario tener su control, ya que así se tiene el poder de decisión. Son las instituciones las que determinan quiénes pueden acceder a qué recursos y en qué condiciones lo pueden hacer. La organización social y cultural por género determina el acceso a los recursos de forma diferencial y desigual para hombres y mujeres (Martínez, 2003; Soares, 2003).

Argueta y Castilleja (2024) destacan la importancia de los recursos naturales en el pueblo p'urhépecha: la tierra, el agua y el bosque, en donde se producen y obtienen los bienes para la subsistencia de la familia. Por su parte, Magaña (2019) enfatiza la relación de los p'urhépecha con la tierra; los hombres la trabajan para la obtención de materias primas, uso y defensa de la misma. Las mujeres la ven como proveedora de alimento y sustento; en este sentido, se convierten en administradoras de la tierra, transformadoras y comercializadoras de sus productos, pero en pocas ocasiones en sus propietarias. Esta división del trabajo y de la relación que tienen hombres y mujeres con la tierra refuerza la idea de los roles complementarios pero diferenciados.

La tenencia de la tierra en los p'urhépecha es patrilineal, siendo los varones los que heredan la casa familiar. Cuando las mujeres heredan la tierra, es frecuente que la vendan, porque se asume que se trasladan a vivir a la casa de los suegros cuando se casan. En este sentido, Jackson (2004) señala que la forma como hombres y mujeres se relacionan con el entorno refleja las diferencias de género; el grado y el tipo de movilidad de las mujeres es diferente al de los hombres y, en las experiencias de lugar y espacio. En tanto que los hombres pueden tener una misma relación con el mismo entorno gran parte de su vida, esto no es así para las mujeres, debido a que el matrimonio genera la movilidad para las mujeres en las sociedades patrilineales y patrilocales, esto sugiere que la relación que guardan las mujeres con el entorno en que nacen y crecen en la niñez y adolescencia es más débil que la de los hombres, porque saben que en el futuro es probable que emigren. Esto genera una concentración masculina de la propiedad de la tierra.

En los pueblos indígenas encontramos la complementariedad hombre-mujer; se trata de una cosmovisión socialmente construida por las comunidades que determina las relaciones de género y establece la manera de ser hombre y mujer de acuerdo a los usos y costumbres de cada comunidad. Esta complementariedad no significa igualdad entre hombres y mujeres, como se entiende en occidente (Olivera, 2019), ya que el enlace del patriarcado ancestral y el de la conquista otorgó autoridad y privilegios a los hombres indígenas sobre las mujeres. Por ejemplo: 1) El derecho a la

titularidad de la tierra, 2) el reconocimiento como los únicos representantes del poder político y espiritual de la comunidad ante las instituciones, 3) la posibilidad de moverse en el espacio público para vender su fuerza de trabajo y comercializar productos y 4) el aprendizaje del idioma de los conquistadores. Este conjunto de concesiones a los hombres indígenas provocó el rompimiento de la complementariedad de hombres y mujeres en las comunidades (Cumes, 2019, citado en Pinheiro, 2021).

En las comunidades indígenas la vida ética y política se organiza en torno a una concepción nosótrica¹ centrada en la comunidad. De acuerdo con Tapia (2018), la visión de la realidad en las poblaciones indígenas es de totalidad: las partes están interconectadas en una dependencia y reciprocidad mutuas. Así, la política, la relación con la naturaleza, la cultura, la economía y la religión conforman un sistema. Al respecto, señala Tapia:

“Es posible identificar una matriz cultural común caracterizada por el reconocimiento de sujetos no humanos, la concepción cíclica del tiempo, la complementariedad mujer-hombre, mujer-mujer y hombre-hombre, el enraizamiento en un territorio-memoria-cuerpo, la agricultura de subsistencia basada en la sabiduría tradicional y una ética-política cuyo eje es la vida comunitaria” (2018, p. 23).

La ética de la población indígena está construida alrededor del nosotros(as)-comunidad; hay una relación profunda con la tierra y el territorio, y una dependencia recíproca entre seres humanos y naturaleza. La ética del nosotros(as) es parte de la vida cotidiana de la población indígena y va en sentido contrario al individualismo del mercado capitalista. De esta manera, quien se aleja del nosotros(as)-comunidad y cuida sus propios intereses, va en contra de la naturaleza y la comunidad (Tapia, 2018).

En algunas comunidades indígenas de Michoacán, podemos observar la forma como se plasma en un territorio y momento histórico la relación de mujeres y hombres con la naturaleza. Las comunidades indígenas

¹ El concepto tiene que ver con la reflexión que realiza Tapia (2018) para comprender los fundamentos filosóficos de las comunidades indígenas y, específicamente, de las mujeres indígenas, tomando los aportes de Carlos Lenkersdorf y Silvia Rivera Cusicanqui.

alrededor de la cuenca del lago de Pátzcuaro tienen una larga tradición histórica de formas de producción e intercambio por medio del trueque.² La producción se realiza en las unidades domésticas; allí, cada miembro de la familia participa desempeñando actividades de acuerdo a su edad, sexo y posición. Las mujeres, por ejemplo, son las que están presentes en el intercambio de productos, porque son las que saben (Mejía, Ávila & González, 2025); este aprendizaje se realiza desde la infancia, cuando las niñas acompañan a las madres al mercado de trueque. Estas comunidades nos muestran otras formas de producción e intercambio local, cuyo objetivo principal es la satisfacción de las necesidades básicas. En esto difieren del modelo capitalista neoliberal, cuyo propósito es la obtención de la ganancia (Mejía & Ávila, 2022).

Cuando se trata de imponer roles diferentes a las comunidades indígenas, a partir de la política pública diseñada desde fuera, surge la confrontación de dos visiones diferentes del género. Puesto que en las comunidades p'urheipecha no son aceptados los géneros, sino los sexos, los cambios culturales en relación a los roles de las mujeres indígenas se han realizado desde dentro de las comunidades, rompiendo con los roles impuestos, y se ha generado una mayor participación de las mujeres en actividades económicas (Tibán, 2004).

En el caso de Michoacán, la migración masculina ha provocado que las mujeres salgan al espacio público a trabajar, además de hacerse cargo del hogar y la educación de los hijos, generando una redefinición en el rol de la mujer en la casa y en la comunidad (Hernández, 2004). En los pueblos que se caracterizan por tener una población migrante alta, las mujeres indígenas y las y los niños han incursionado en actividades que antes eran realizadas principalmente por los hombres; por ejemplo, en el mercado de trabajo agrícola y no agrícola (Mummet, 1988).

A partir de los años noventa, ante la problemática de la contaminación del lago de Pátzcuaro, se generaron programas de política pública con el objetivo de generar empleos en las comunidades alrededor de la cuenca del

² Actividad económica que ha permanecido desde la época precolonial en Michoacán y permite a los pobladores intercambiar productos elaborados en la unidad doméstica, para satisfacer necesidades básicas.

lago, y así evitar la migración. Se impulsó la participación de hombres y mujeres indígenas en proyectos ecoturísticos y artesanales; sin embargo, no se tomaron en cuenta las carencias estructurales que limitan la participación de las mujeres indígenas en la región, vinculadas a la construcción de estereotipos de género. Enumero algunas de las más relevantes: el confinamiento al trabajo doméstico y las tareas de cuidado; las dificultades asociadas a la movilidad, cuando están solas por fuera del hogar y de la comunidad; dificultad para hablar en público, sobre todo cuando su primera lengua no es el español; poca capacitación para conseguir créditos y gestionar recursos; y la falta de derechos de propiedad de la tierra, que les impide tomar decisiones sobre la misma (Martínez, 2003; Mejía, 2018).

En el caso de las comunidades indígenas, las mujeres son las que mayoritariamente realizan labores de faena³ o trabajos comunitarios vinculados al cuidado de la educación formal de sus hijos e hijas, y de la transmisión de usos y costumbres: “Es la mujer la principal formadora comunitaria y también la principal acompañante en la educación institucional; juega un papel fundamental en la formación del ser p’urhepecha” (Magaña, 2019, p.236). El juego en las comunidades p’urhepecha tiene un rol esencial para enseñar sobre la vida adulta. Las niñas se enfrentan a juegos de responsabilidad y trabajo: lavar trastes, tender la cama, barrer, cocer. Por su parte, los niños tienen mucha libertad y diversión en sus juegos, aunque se les asignan pequeñas tareas: recoger leña, apoyar en el aprendizaje de la pesca o alfarería, dependiendo del oficio del padre. El trabajo en las comunidades está por encima del aprendizaje escolar (Magaña, 2019).

Los estudios que se han realizado sobre género y recursos naturales se han llevado a cabo a nivel local y como estudios de caso. Comparten una característica en común: el carácter multifuncional de la economía campesina y su contribución a la producción de alimentos, a la diversificación productiva, a la conservación de los recursos y a la recuperación de

³ Son labores sin pago que se realizan para beneficio de la comunidad, a petición de las autoridades locales (jefe de tenencia y encargado de bienes comunales), o a petición de la familia para participar en diversas celebraciones: fiestas patronales, cargos, bodas, bautizos, funerales, desfiles, eventos escolares, etc. (Magaña, 2019).

prácticas tradicionales y comunitarias que van más allá de la órbita del mercado (Instituto Nacional de las mujeres [INMUJERES], 2008).

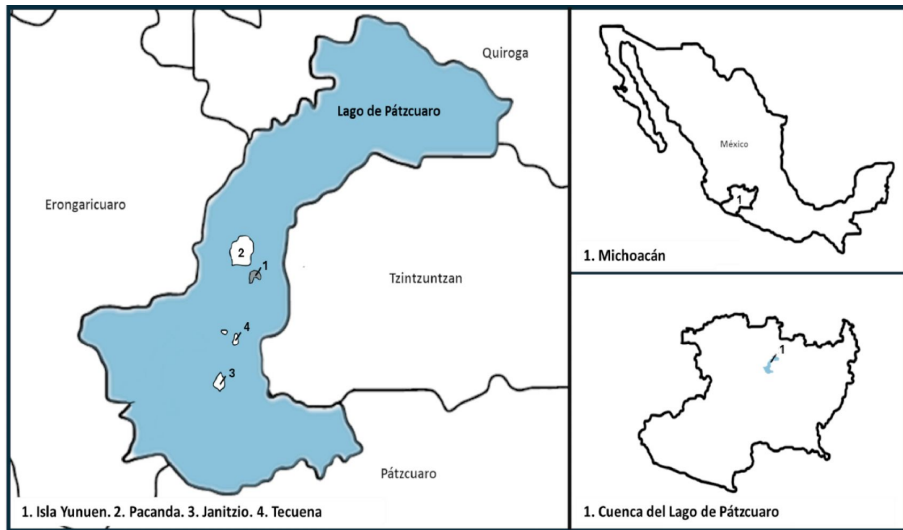
1. Características sociodemográficas de Yunuén

La comunidad indígena de Yunuén, una isla ubicada en el municipio de Pátzcuaro, Michoacán, que tiene una estructura jurídica de bienes comunales, en 2010 contaba con una población de 98 habitantes: 53 mujeres y 45 hombres, los cuales integran 22 unidades domésticas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010). Para el año 2020, la población es de 107 habitantes: 61 mujeres y 46 hombres, los cuales integran 24 unidades domésticas, que en su mayoría hablan alguna lengua indígena (INEGI, 2020). La Isla de Yunuén cuenta con una extensión de 7 hectáreas⁴ en forma de medialuna; es parte de la región de Pátzcuaro, conformada por Erongarícuaro, Pátzcuaro, Tzintzuntzan y Quiroga, así como las 7 islas entre las cuales se encuentran: Janitzio (la más poblada), La Pacanda (la más grande), Yunuén (la que tiene las cabañas de la cooperativa), Tecuena (la más chica), las dos Úrandenes y Jarácuaro⁵ (Montes, 2016).

La isla contiene diversos ambientes: terrestres, lacustre y uno que media entre los dos. Se verifican varios procesos productivos: 1) los pesqueros, de carácter extractivo; 2) los agrícolas, intensivos en la ocupación de suelo, pues únicamente se puede sembrar en la parte baja de la isla, y es de temporal; 3) las actividades de aprovechamiento de la vegetación nativa, y 4) las actividades ecoturísticas.

⁴ De acuerdo con uno de los habitantes de Yunuén, el nivel del agua ha bajado tanto que posiblemente la superficie de la Isla llegue a 10 hectáreas (entrevista en 2016).

⁵ Estas ya no son Islas porque ya se pegaron a la tierra, aunque la Úranden a veces si parece isla por un sistema de dragado que las separa.

Figura 1. Ubicación de Yunuén, Michoacán, México.

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2020).

Algunas características socioeconómicas y demográficas por género de Yunuén, se resumen de manera comparativa respecto al estado de Michoacán para el periodo 2010-2020 en la tabla 1:

Tabla 1. Características Socioeconómicas y demográficas por género, Yunuén y Michoacán, 2010-2020.

Indicador	2010				2020			
	Yunuén		Michoacán		Yunuén		Michoacán	
	M	H	M	H	M	H	M	H
% PEA respecto al total de población de 12 y más años en la misma entidad.	10.8	70.6	29.2	74.6	71.7	90.9	47.4	77.9
% PO respecto al total de población de 12 y más años en la misma entidad.	10.8	70.6	28.6	70.5	71.7	90.9	47	76.5
% Población de 15 y más años con educación básica completa respecto al total de la misma edad en la entidad.	15.6	26.7	18.9	18.6	12.8	29	22.3	20.9
% Población de 18 y más años que aprobó al menos 1 grado de educación media superior respecto al total de la misma edad en la entidad.	6.7	22.2	26.5	27.2	19.4	35.5	35.5	35.6
% Población de 3 años y más Hablante de lenguas indígenas respecto al total de la misma edad en la entidad.	73.5	81.4	3.5	3.5	57.9	64.3	3.4	3.5
% Hogares según el género del jefe de familia respecto al total de hogares en la misma entidad.	0	100	24.1	75.9	16.7	83.3	32	68

Fuente: elaboración propia con datos del (INEGI, 2010, 2020).

Nota. El % de PEA (Población económicamente activa) se calculó dividiendo el total de PEA de 12 años y más de la entidad local (Yunuén) o federativa (Michoacán) entre el total de la población de 12 años y más que habita en la misma entidad local o federativa. A su vez el % de PO (Población Ocupada) respecto al total de población de 12 y + años en la misma entidad se calculó dividiendo el total de PO de 12 años y más de la entidad local o federativa entre el total de la población de 12 años y más que habita en la misma entidad local o federativa.

En la tabla 1 se puede observar, en relación a los indicadores económicos, que el porcentaje de PEA y el de la PO por género se incrementaron tanto a nivel de Michoacán como de Yunuén, en el periodo 2010 a 2020, siendo este incremento mayor en Yunuén. En cambio, el porcentaje de la PEA para Michoacán aumento en un 18.2% para las mujeres, y en un 3.3% para el caso de los hombres. En Yunuén, la PEA registró un incremento de 60.9% para las mujeres y 20.3% para los hombres.

El comportamiento de la PO por género para Michoacán, entre 2010 y 2020 fue el siguiente: la PO femenina se incrementó en 18.4% y la masculina en un 6%. Este incremento fue superior en Yunuén, donde la PO aumentó en 60.9% para las mujeres y en 20.3% para los hombres, pudiendo atribuirse este aumento a la inserción de las mujeres al mercado laboral (Ruiz, 2018).

En lo que concierne a la educación, durante el periodo 2010 a 2020, comparando Michoacán y Yunuén, se observa que mientras el porcentaje de población de 15 y más años con educación básica completa aumentó, en Michoacán, en un 2.1% para los hombres y 3.4% para las mujeres, este incremento fue superior en Yunuén para los hombres, de 2.3%, mientras que para las mujeres disminuyó en 2.8%. En el caso de Michoacán, se incrementó el porcentaje de población de 18 y más años que aprobó al menos un grado de educación media superior respecto al total de la misma edad; este porcentaje, en Yunuén, fue menor en 2.6% para las mujeres y en 0.7% para los hombres. La tendencia mantiene las desigualdades de género, ya que el indicador de Yunuén se aproximó más al Estatal en la población masculina, no así en la femenina.

Si comparamos el año 2020 con el 2010, encontramos que el porcentaje de población de 3 años y más hablante de lenguas indígenas disminuyó en Yunuén, para los hombres, en un 17.1% y en un 15.6% para las mujeres, evidenciando la pérdida de su riqueza cultural. Asimismo, en Yunuén se incrementó el porcentaje de hogares con jefa de familia mujer, en un 16.7%, disminuyendo los hogares con jefatura masculina en la misma proporción.

2. Actividades de subsistencia y de mercado en Yunuén

En las comunidades indígenas p'urhépecha encontramos una economía tradicional o de subsistencia: se producen bienes para la reproducción de la unidad familiar y la economía de mercado. La producción está muy ligada a sus creencias y forma de ver el mundo; no se produce para la venta, sino para el consumo familiar. En este sentido, no suele haber excedentes, y cuando los hay se llevan al mercado para su venta o al trueque. Se trata de una economía muy ligada a los recursos naturales que se encuentran alrededor de las comunidades y con características culturales propias del territorio donde opera (Magaña, 2019, p.107).

Durante el siglo xx se han implementado numerosas acciones gubernamentales en la zona lacustre de Pátzcuaro, realizadas desde la federación con el objetivo de corregir diversas problemáticas; en los años setenta, se introdujo una especie de pez llamada la carpa de Israel. El proyecto

consistía en disminuir la proliferación del lirio que se había convertido en plaga; sin embargo, la carpa empezó a destruir la zona de desove natural del pescado blanco. Esto provocó la disminución de la especie nativa, el pescado blanco (Mejía, 2018; Mejía *et al.*, 2025).

En el año 2000 la actividad pesquera de Yunuén abarcaba varias especies. El charal, pescado blanco y acúmara son las de mayor pesca; el tiro y la chegua, la lobina negra, la carpa y el achoque, las de menor. La temporada alta de pesca en Yunuén comprende de enero a junio (inicia con el desove del charal y del pescado blanco en las orillas de la isla), y la temporada baja ocurre de julio a diciembre; como consecuencia de su etapa de reproducción, en este periodo hay un desplazamiento de los peces a otras partes del lago (Seminario Sociedad, medio ambiente y Salud, 2000). En el año 2016,⁶ las especies que más se pescaban eran el charal y la mojarra, ya que el pescado blanco se encuentra casi en extinción. Los pescadores de Yunuén poseen sus propias zonas de pesca cerca de sus orillas y no pueden acercarse a la isla más próxima, La Pacanda, más allá de 10 metros (Mejía, 2018).

Las herramientas utilizadas para la pesca se han modificado y esto ha tenido efectos en la cantidad que se extrae del lago. Antes se utilizaban redes de algodón elaboradas en la isla; se tenían que secar mucho tiempo al sol para volver a usarlas. Ahora se ha introducido la red sintética, que seca rápidamente, y esto permite que se pueda usar a diario, incrementando la frecuencia de la pesca (Mejía *et al.*, 2025). Las lanchas utilizadas también se han modificado. Antes eran de remo y ahora de fibra de vidrio con motor; puesto que estas tienen que ser compradas, la población debe buscar fuentes de ingreso para poder adquirir las herramientas que necesitan para pesar, comprar gasolina y reparar el motor. Este cambio ha provocado contaminación en el lago, generada por el uso de gasolina y el ruido de la lancha.

En el año 2000, los pescadores de Yunuén vendían una parte del pescado que se capturaba y el resto lo dedicaban al autoconsumo. Cuando era temporada alta, la mayor parte se dedicaba a la venta (se vendía fresco,

⁶ Trabajo de campo, 2016-2017.

asado o seco en los mercados de Pátzcuaro, Pichátaro, Cherán y Uruapan). En el 2016, gran parte del pescado que se obtiene es charal y es para el autoconsumo, como señala una de las entrevistadas: “Ahora solo hay charal y poca mojarra, antes sacaban entre 10 y 15 kilos de charal, ahora solo 2 o 3 kilos, dicen que ya no hay por culpa de la carpa” (ZDC, 30 años, mayo-2016). Cuando sobra un poco de charal, lo venden fresco o lo secan para venderlo en las Islas vecinas, siendo las mujeres las que se dedican al comercio pesquero (Mejía, 2018).

La comunidad de Yunuén tiene una estructura jurídica de bienes comunales; son indescriptibles, inembargables y no se pueden vender. El órgano máximo de toma de decisiones es la asamblea. No hay una regulación para pescar; cualquier miembro de la comunidad lo puede hacer, dependiendo de los medios de producción que posea, así mismo será la pesca:

“No hay ninguna organización entre los pescadores, cada quien pone sus redes donde quiere, algunos usan maya chica y no entienden que nos perjudica a todos. Hay que bajar temprano para ganar lugar; además, algunos ponen redes chicas enfrente de las que ya están y no dejan pasar nada” (ZDC, 30 años, mayo 2016).

En relación con la propiedad de las tierras, quienes poseen las mejores obtienen ventajas en sus condiciones sociales y económicas. La misma varianza ocurre al interior de las unidades domésticas, donde existen diferencias en la propiedad de los medios de producción; hay unidades que poseen de 3 a 5 redes, mientras que otras hasta 15. Sin embargo, la propiedad de la tierra es patrilineal, y el uso y acceso de las herramientas para pescar también se encuentra en manos de los hombres. Por lo tanto, las decisiones del uso y acceso que se le da a la tierra y a los instrumentos de pesca la ejercen ellos.

Los datos estadísticos vinculados a la tenencia de la tierra a nivel de la localidad de Yunuén presentaron dificultades para obtener la información; así, lo que se muestra en la tabla 2 es la tenencia de la tierra a nivel municipal, en Pátzcuaro (para aproximarnos al posible comportamiento de la tenencia de la tierra en Yunuén), y en Michoacán, por género, a partir de la

información disponible en los Censos Agrícolas, Ganaderos y Forestales (INEGI), disponibles para los años 2007 y 2022. Lo que se observa es un incremento de la tenencia de la tierra para los hombres en Pátzcuaro y en Michoacán, mientras que el porcentaje disminuye ligeramente para la propiedad de la tierra para las mujeres a nivel del municipio de Pátzcuaro. Los datos de la siguiente tabla corroboran la preponderancia de la titularidad de la tierra por parte de los hombres.

Tabla 2. Tenencia de la tierra (Unidades de producción agropecuaria activas) por género, Pátzcuaro y Michoacán, 2007-2022.

Indicador	2007		2022	
	M	H	M	H
% De unidades agrícolas por género respecto al total de unidades agrícolas en Pátzcuaro	14.7	85.3	13.5	86.5
% De unidades agrícolas por género respecto al total de unidades agrícolas en Michoacán	14.4	85.6	14.8	85.2

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2007, 2022).

Nota: Según INEGI (2007), el total de las unidades de producción por género se refiere al total de las unidades de producción que para el desarrollo de las actividades agropecuarias o forestales manejaron terrenos, predios o parcelas, con excepción de las que reportaron exclusivamente vivero o invernadero (estas se contabilizan en función del género de su propietario o principal productor). El porcentaje de unidades Agrícolas por género respecto al total de unidades Agrícolas en Pátzcuaro y en Michoacán se calculó dividiendo el total de las unidades agrícolas disponibles en Pátzcuaro y Michoacán entre el total de hombres y mujeres productores localizados en la entidad municipal (Pátzcuaro) o la estatal (Michoacán), según corresponda.

Podemos concluir que las principales problemáticas de la Isla de Yunuén son la contaminación del agua, la inserción de las lanchas de motor y la escasa planeación turística, que se concentra en los pocos días del año en que se desarrolla esta actividad. Yunuén es un microcosmos que refleja la gran cantidad de procesos de transformación experimentados por la región (Montes, 2016).

2. Método de investigación

Para analizar la relación género-sociedad-recursos naturales, se recurrió al estudio de caso⁷ en la comunidad indígena de Yunuén; se trabajó con la modalidad de caso instrumental, que se caracteriza por la preponderancia de los temas elegidos.⁸ En los años ochenta se empezó a manifestar la problemática ambiental en el lago de Pátzcuaro, que aún persiste, y con mayor profundidad. Los efectos los viven y sufren las mujeres y los hombres de las comunidades de la cuenca del lago. Ante el descenso de la pesca, que era la principal fuente de sustento y de ingreso para satisfacer necesidades básicas, las comunidades optaron por diversificar las actividades productivas, manteniendo la actividad pesquera de subsistencia (realizada principalmente por los hombres). A mediados de los años noventa, Yunuén adoptó como estrategia la formación de una cooperativa ecoturística de cabañas. Actualmente, al menos un integrante de cada familia participa en esta cooperativa.⁹

El estudio de caso se relaciona con la triangulación de métodos (Stake, 2013). La recolección de datos exige realizar entrevistas a profundidad, observación participante, grupos focales y trabajo en archivos. La mayoría de los estudios de caso vinculados con recursos naturales se basan en investigación de campo abundante, a fin de recolectar aquella información que no se encuentra en los documentos y, por lo tanto, solo los informantes claves en la comunidad la pueden proporcionar. También puede ocurrir que la información requerida se provenga de ciertas normas compartidas por la comunidad que se manifiestan en la vida cotidiana de sus miembros.

⁷ Los estudios de caso interesan por su unicidad y por lo que tienen en común; lo que se pretende es conocer todo sobre el caso en sí. El tiempo que se estudie un caso puede variar de un día a un año, pero durante ese tiempo sólo interesa lo que las y los actores nos cuenten para aprehender del caso, se busca comprender cómo se inserta el caso en sus contextos y su interrelación con ellos (Stake, 1999).

⁸ En el estudio de caso las preguntas que se hagan son importantes para la comprensión del mismo; así, Stake (1999) propone el uso de temas como estructura conceptual. El uso de temas permite la identificación de problemas y conflictos.

⁹ Trabajan tres días a la semana: viernes, sábado y domingo (cuando hay visitantes entre semana, trabajan más días). Ganan 80 pesos (4 dólares americanos aproximadamente) por día de trabajo, y no se reparten las ganancias, sino que las destinan a reinversión.

El instrumento principal utilizado en la isla de Yunuén fue la entrevista a profundidad,¹⁰ ya que tiene ventajas en el medio rural en comparación con la encuesta. La entrevista permite registrar algunas actividades realizadas por las mujeres que, por considerarse productivas, pasan desapercibidas en los censos económicos. Además, debido a la persistencia de los estereotipos de género en las personas encargadas de diseñar las encuestas, no se incluyen preguntas clave para comprender el contraste entre hombres y mujeres.¹¹

Las entrevistas a profundidad se organizaron en función de una tipología (véase tabla 3) que fue surgiendo conforme se realizaban las entrevistas, y durante el trabajo de campo. A través de la observación no participante, se hizo evidente que había una primera generación de personas, cuyas edades van de 50 a 60 años, que tomó la decisión del tipo de proyecto que se debía llevar a cabo en la isla ante el descenso de la pesca. Algunas de estas personas fueron fundamentales por las relaciones que formaron con actores institucionales que apoyaron el proyecto de las cabañas, pues así pudieron acceder a recursos financieros. Esta primera generación se considera propietaria de las cabañas, en vista del trabajo que aportaron: gestión del proyecto y traslado (desde el muelle hasta la parte alta de la isla) de las trojes y de todo el material que se usó para su construcción. Actualmente, una de las personas claves de esta primera generación sigue gestionando y proponiendo proyectos sustentables para la comunidad.

Se considera segunda generación a las personas que se están haciendo cargo de la administración de las cabañas. Trabajan de manera cotidiana en la cocina, como recamareras, o en el mantenimiento de jardines y de infraestructura en general; sus edades comprenden entre 25 a 35 años. Son hombres y mujeres, en su mayoría casados.

La tercera generación comprende mujeres jóvenes cuyas edades van de 14 a 20 años. Participan haciendo la limpieza de las cabañas; en su mayoría son solteras, algunas estudian. No se entrevistó a profundidad y de manera individual a estas personas; únicamente se llevó a cabo una entrevista grupal

¹⁰ Se realizaron las entrevistas entre 2016 y 2017 como parte del trabajo de campo realizado para la tesis doctoral (Mejía, 2018).

¹¹ Preguntas que pretenden confrontar a los y las entrevistadas con una interrogante que se aparta de lo que se considera normal dentro de la vida cotidiana, por ejemplo: ¿Por qué las mujeres no pescan?

Tabla 3. Tipología de entrevistas abiertas a profundidad.

Entrevistas a profundidad individuales	Sexo	Edad y fecha de entrevista	Tipología por generación
JMP	Hombre	55 años, 4/2016	Primera generación
AMA	Mujer	56 años, 4/2016	Primera generación
EC	Mujer	55 años, 5/2016	Primera generación
ZDC	Mujer	30 años, 5/2016	Segunda generación
IM	Hombre	29 años, 5/2016	Segunda generación
GM	Hombre	31 años, 4/2016	Segunda generación
MM	Hombre	29 años, 5/2016	Segunda generación
HJC	Hombre	52 años, 5/2016	Primera generación
VH	Hombre	29 años, 5/2016	Institución
Y de J	Mujer	24 años, 4/2016	Institución
Panadera	Mujer	29 años, 5/2016	Segunda generación
Panadero	Hombre	31 años, 5/2016	Segunda generación
MK	Mujer	29 años, 5/2017	Segunda generación
BM	Mujer	30 años, 5/2017	Segunda generación

Fuente: elaboración propia.

de mujeres y se platicó con ellas en algunas ocasiones de manera informal. Estas tres generaciones se van formando para hacer el relevo del cargo de la administración de las cabañas, del jefe de tenencia y de representantes de bienes comunales (este último puesto lo ocupan personas de mayor edad).

El acceso a los habitantes de la isla fue complicado, debido a que no se tenían vínculos al interior de la comunidad. Los hechos que facilitaron la realización de las entrevistas fueron la presencia continua en el territorio y el contacto con niños y niñas de primaria a través de talleres (dibujos que representan la percepción de la casa, de su familia y de la isla); también se realizó con ellas y ellos un juego sobre su lugar favorito de la isla: se recorrió el territorio de un extremo a otro, conforme iban relatando lo que hacían en cada lugar. Esto promovió la cercanía con sus parientes mujeres, especialmente con las mamás.¹²

En la realización del trabajo de campo, ciertos instrumentos fueron indispensables para recabar la información: observación no participante, fotografías para ubicar la relación familiar, plática informal con los y las

¹² Se publicó un artículo sobre el trabajo realizado con los infantes en Yunuén y su mirada sobre la familia y la isla (Mejía, 2021).

niñas al salir de la escuela, entrevistas en espacios donde se desarrollaban las labores cotidianas (unidad doméstica, cabañas, la orilla del lago mientras se estaba pescando, etc.). La interpretación de la información se realizó por medio de varias transformaciones del material, que implicaron tomar distancia del mismo. La codificación de la información en metodología cualitativa es un primer paso para abstraer ciertos elementos comunes de las entrevistas; esta revisión se realizó teniendo en cuenta el objetivo del estudio. Finalmente se establecieron conceptos que representan el primer proceso de abstracción de la realidad representada en las entrevistas (Castro, 1999).

3. Resultados y discusión

La división sexual del trabajo en Yunúén está presente en la labor pesquera, una de las principales actividades de la isla. Dicha labor se realiza primordialmente por los hombres, que la aprenden desde la niñez. Sin embargo, se identificó una familia donde las mujeres han transgredido esta división de tareas. Uno de los factores que se reconocieron como facilitadores del rompimiento fue el hecho de que había en la familia únicamente mujeres. Solo una de las hijas aprendió a pescar y a remar; el padre transmitió el conocimiento del uso de la red como herramienta, y del manejo y conducción de la lancha de remo.

En la actividad pesquera hay una segregación por género que se inculca desde la infancia;¹³ las actividades para las niñas están vinculadas al trabajo doméstico. A partir de los cuatro años, empieza la enseñanza-aprendizaje del trabajo doméstico y de cuidados para ellas, y la actividad pesquera para los niños (Magaña, 2019). Así lo relata una de las niñas; al preguntarle si estaba aprendiendo a pescar, la respuesta fue la siguiente:

“No, sólo a los niños les enseñan porque dicen nuestros papás que las mujeres no pueden pasar por donde se extiende la red en el suelo, porque les sale una víbora y se les enrolla en el cuello, y que los hombres sí pueden pasar porque

¹³ En las actividades realizadas con los y las niñas de primaria se confirmó que gran parte de los niños de 10 años salían a pescar acompañando al papá.

a veces tiran la red en el piso. ¿Por qué nada más a las mujeres? Porque las mujeres hacen comida y los hombres pescan” (Adriana, 9 años, diciembre 2016).¹⁴

Esta manera de narrar cómo se van distribuyendo, desde la niñez, las prácticas que corresponden a mujeres y hombres tiene que ver con la construcción del sistema sexo/género, y con la temprana interiorización de las actividades que son para unas y para otros por medio de la intervención social (Rubin, 1975; Lamas, 2002). De ahí resulta que la división de tareas lleva a una relación desigual con los recursos naturales y a un comportamiento diferente de las mujeres en el espacio público durante el resto de su vida. El argumento tradicional de la división sexual del trabajo, en donde el hombre es el proveedor y la mujer la responsable del trabajo doméstico, se justifica por la mayor fuerza física del hombre:

“No hay más mujeres pescadoras porque cuando uno se casa el hombre es el responsable, aunque no lo hacen porque no quieren, no se les impediría. Tampoco hay muchas que sepan remar, es difícil controlar la canoa. Los hombres sí saben. Yo aprendí hasta los 15 años, pues vivía en México, y tardé como 2 años. Cuando hay viento y corrientes se hace pesado. Ahora es más peligroso con las canoas de fibra de vidrio, porque muchas se hunden cuando se voltean. Las de madera flotaban” (MM, hombre de 29 años, mayo 2016).

La problemática de contaminación del lago de Pátzcuaro provocó la modificación en las actividades productivas en la isla; sus habitantes sumaron la actividad de prestadores de servicios turísticos a la ya ancestral de pescadores. Esto modificó el uso que hacen hombres y mujeres del agua y la tierra. Las mujeres utilizan el agua en las unidades domésticas para realizar el trabajo del hogar: lavar trastes, bañarse, lavar ropa, preparar la comida.

¹⁴ Dinámica de juego realizada con los niños y niñas del único salón de clase multinivel en la primaria en Yunuén; se les pidió que nos mostraran su lugar favorito o secreto de la Isla, participaron 9 niñas y cinco niños de diferentes edades, todos nos trasladábamos al lugar y los infantes relataban lo que hacían en ese espacio.

Esto coincide con lo señalado por Hernández (2004): se mantiene la división sexual del trabajo en relación con el uso del agua. Las mujeres p'urhépecha la usan en el trabajo doméstico y de cuidados, y los hombres en la pesca, pero estas diferencias en el uso y en la relación con los recursos se enseñan a las niñas y los niños en la casa, transmitiéndose a través de generaciones.

En la actualidad se suministra agua del lago a través de una tubería que llega a gran parte de las unidades domésticas y las cabañas. Aunque estén rodeados de agua, las mujeres y los hombres no estén en contacto cotidiano con ella; este distanciamiento ocasiona que la problemática de la contaminación del lago y el descenso del agua en el lago sea visto como algo ajeno, una problemática vinculada más al suministro de agua a las cabañas, que se conciben como recursos económicos para obtener ingresos.

En la mayoría de las entrevistas, los hombres y las mujeres de la primera y segunda generación recuerdan que hace algunos años, cuando no tenían el pozo de agua y la tubería, el contacto con el agua del lago era cotidiano.¹⁵ Para los niños y las niñas, a través de los juegos. Por su parte, las mujeres bajaban a la orilla del lago a lavar la ropa y a bañar a los niños y niñas, manteniendo un contacto directo con el recurso natural y un uso diferenciado del agua de acuerdo al sexo, a la posición en la unidad doméstica y a la edad:

“Antes bajaban a lavar y a bañarse a la orilla, y para los que están más retirados era pesado, así que se metió una tubería hace como 15 años. Antes se había hecho un pozo de filtración y un aljibe para las cabañas, autofinanciado” (MM, hombre de 29 años, mayo 2016).

Este distanciamiento con el agua del lago es compartido por hombres y mujeres, pues reconocen la problemática de la contaminación, pero atribuyen la responsabilidad al gobierno. Les interesa tener agua suficiente para las cabañas, y solo en segundo término el abasto a la comunidad.

¹⁵ En la actividad con las y los niños de primaria para conocer su lugar favorito en la isla, hacían comentarios acerca de que sus papás y mamás les platicaban que el lago estaba limpio hace muchos años. Pero ellos ya no comparten ese recuerdo.

En Yunuen, la pesca es de subsistencia principalmente. Las unidades domésticas han diversificado sus actividades productivas para aumentar el ingreso familiar ante el descenso de la pesca (Dietz, 1999). Gran parte de las unidades de producción en Yunuen son economías de autoconsumo familiar. Las actividades de traspacio no son comunes en la isla, como lo señala uno de los entrevistados:

“La pesca que es casi de autoconsumo. Teniendo maíz para la tortilla, la libramos. Las mujeres a veces se dedican a bordar. Antes se hacían las redes, pero ahora son de plástico. Algunos siembran hortalizas para autoconsumo, aunque aquí la gente no tiene esa idea. Eso es lo que se pretende con la idea de la isla sostenible a través de talleres” (JMP, hombre, 55 años, abril de 2016).

De acuerdo con Dietz (1999), la distribución del espacio en la comunidad determina las tareas que realizan los hombres y las mujeres; sin embargo, el autor no cuestiona que la distribución del espacio socialmente construida se sostiene sobre la división sexual del trabajo. Los hombres de Yunuen salen de la isla a trabajar como albañiles (en Pátzcuaro u otras islas vecinas), participan de la cooperativa de lanchas en el muelle de Ucasanastacua o en la cooperativa de las cabañas; incluso puede ser que realicen las tres actividades, combinándolas en diferentes tiempos de la semana. En cambio, las mujeres no acostumbran trabajar fuera de la isla; realizan actividades productivas en tiendas locales o participan en la cooperativa de las cabañas, pero siempre observando la división sexual del trabajo en las tareas que efectúan: preparación de la comida en el restaurante, limpieza de los cuartos, lavandería. La movilidad de las mujeres dentro de la isla, además, es acompañada por la vigilancia de la abuela, madre o suegra.¹⁶ Las actividades que realizan los hombres en la cooperativa son de mesero, administrador, jardinero, o de reparación y mantenimiento de las cabañas.

La participación de las mujeres en la cooperativa de cabañas de Yunuen representa la posibilidad de su incursión al espacio del trabajo productivo

¹⁶ La percepción que se tiene de la isla es como si fuera una gran casa que alberga a una unidad doméstica extendida: todas las familias tienen una relación de parentesco.

en el mercado. El hecho de que lo puedan llevar a cabo sin desplazarse permite la flexibilidad laboral del cuidado de los hijos y del trabajo remunerado. Pero la realización del trabajo pagado no las exonera de cumplir con el doméstico. No hay una redistribución de tareas al interior de la familia. Las entrevistadas, al comentar sobre el tema, señalaban que el marido a veces “ayuda” con los hijos. El apoyo principal de las mujeres que trabajan en las cabañas y tienen hijos lo proporcionan sus suegras.

El tiempo que dedican las mujeres al trabajo doméstico pasa desapercibido. A pesar de que realizan diversas actividades durante el día/semana para satisfacer la necesidad diaria de alimento, el suyo es un tiempo invisible. La dedicación de este tiempo a las otras personas por medio del trabajo doméstico y de cuidados es una de las principales relaciones sociales, económicas y políticas en que se sustenta el sistema sexo/género (Guerra, 2015).

Tras 20 años de existencia, ninguna mujer ha ocupado el cargo de administradora en la cooperativa de las cabañas. Sobre esto, se preguntó al grupo de mujeres:

“Sería bueno que una mujer se hiciera cargo de la administración, pero es mucha responsabilidad y no se podría, pues nos tenemos que hacer cargo de los hijos. Cuando hay gente o cursos (de capacitación), el administrador se la pasa arriba todo el tiempo y nosotras no podríamos hacer eso; las solteras sí, pero son muy jóvenes” (entrevista grupal de mujeres, diciembre 2016).¹⁷

Las mujeres de la isla tienen ideas y propuestas sobre cómo mejorar el funcionamiento de las cabañas, pero muestran inseguridad para hacer las gestiones gubernamentales que permitirían obtener recursos y aterrizar las iniciativas. Esto coincide con lo señalado por Tapia (2015): la participación de las mujeres indígenas en sus comunidades es diferente a lo que se asume que debería ser su participación pública desde una perspectiva occidental. Algunas tienen miedo de hablar en público, sobre todo cuando hay personas externas a la comunidad; se sienten inseguras de ocupar un cargo porque

¹⁷ Las cabañas están en la parte alta de la isla.

sienten que no lo van a desempeñar tan bien como los hombres;¹⁸ creen que ellos están mejor preparados. Sin embargo, la preparación y el conocimiento necesarios para tener algún cargo público, como el de administrador y el de jefe de tenencia, ellas los obtienen a través de la práctica, transmitiendo el conocimiento de las gestiones en lo cotidiano. La educación en las comunidades indígenas se lleva a cabo en la comunidad y su objetivo es para reproducir la vida, a diferencia de la educación en el sistema capitalista (Magaña, 2019).

Las relaciones de poder en la sociedad están vinculadas con quién tiene el control sobre los recursos: la tierra, las herramientas, el conocimiento del manejo de los instrumentos de trabajo, la educación, el tiempo. Y con quién tiene el control de los beneficios: el manejo del dinero, el conocimiento de la gestión de proyectos y recursos financieros, el prestigio político.

Finalmente, se puede señalar que la relación de mujeres y hombres con los recursos naturales de su entorno están construidas en función del aprendizaje en la familia y en el trabajo, que se adquiere desde la niñez. Las mujeres realizan, durante el día y en distintos espacios, diferentes tipos de trabajo: el productivo (en las cabañas y/o pescando), el doméstico y de cuidado (preparar comida, lavar ropa, planchar, trasladar a los y las hijas, etc.) y el comunitario (infraestructura de las cabañas y limpieza del lago). Se mantiene inalterable la división sexual del trabajo y, en el caso de Yunuén, se agrega el trabajo comunitario conocido como faena.¹⁹ Los hombres realizan diversos trabajos para el mercado o de autosubsistencia: pescador, albañil, trabajo en la cooperativa de las cabañas y trabajo comunitario.

Conclusiones

Ante la presión por la problemática vivida en el lago de Pátzcuaro en los años ochenta, la población en Yunuén experimentó cambios ambientales

¹⁸ Cuando se les pedía su consentimiento para grabar la entrevista, las mujeres se ponían nerviosas y decían “a ver si me sale bien”. Había una inseguridad manifestada en sus titubeos al contestar.

¹⁹ Durante el trabajo de campo se llevaron a cabo tres faenas, vinculadas a la construcción de una cocina y a la impermeabilización y mantenimiento de las cabañas. En las actividades se mantenía la división sexual del trabajo. Las labores de mayor fuerza física las realizaban los hombres jóvenes (veinte y treinta años); las mujeres trasladaban tejas, pintaban y movían muebles.

que provocaron dificultades de subsistencia. Esto transformó las relaciones socioeconómicas de hombres y mujeres con los recursos naturales que los rodean.

En el caso de Yunuén, conviven el modelo de subsistencia y el capitalista. En el primero, la economía de las tierras comunales no necesita poder adquisitivo para satisfacer las necesidades, ya que a través de la pesca se puede abastecer a la unidad doméstica de alimentos. Pero la economía de mercado sí requiere del dinero; por tanto, la presencia de la cooperativa de las cabañas ecoturística se entiende como resultado de la disminución de la economía de subsistencia ante la contaminación del lago y del desarrollo de una cooperativa que funciona en la economía formal, ofreciendo servicios turísticos y compitiendo con otras empresas del mismo sector en la región. Con la incorporación de la actividad de prestadores de servicios turísticos a la actividad ancestral de pescadores, hubo modificaciones en el uso de los recursos naturales: en el uso de la tierra y el agua, se dio prioridad a las cabañas ecoturística.

Aprendida desde la niñez, la división sexual/social del trabajo en las comunidades indígenas, como es el caso de Yunuén, determina la relación de hombres y mujeres con el uso y acceso de los recursos naturales. En el caso de la propiedad de la tierra, la herencia es patrilineal y cuando las mujeres son propietarias, la venden porque se mueven a la casa del marido. Por lo que concierne a la pesca, solo se transmite el conocimiento y el uso de las herramientas a los hombres, argumentando la fuerza física que se requiere para esta actividad; sin embargo, ante la ausencia de un hombre en el caso de la familia que analizamos, el padre decidió transmitir este conocimiento a una de las hijas, para que no se murieran de hambre, como ella afirma.

La organización social conformada en el pueblo p'urhépecha determina la formación del ser hombre y mujer, así como la división sexual/social del trabajo en la familia y en la comunidad. Los hombres mantienen el control del trabajo productivo, de la tierra, de las herramientas de trabajo, del espacio público y del quehacer político. En cambio, las mujeres tienen un acceso desigual y diferenciado a los recursos naturales y a la propiedad de la tierra; la pueden usar, pero no decidir lo que se hace con ella. En el caso de la

pesca, no poseen ni los conocimientos ni las herramientas que les permitirían llevarla a cabo.

Una de las implicaciones del régimen de propiedad comunal sobre las relaciones de género es que solo un porcentaje muy pequeño de las mujeres poseen la tierra. Debido a los usos y costumbres del pueblo p'urhépecha de heredar la tierra a los hombres, esta situación ha persistido por generaciones. Así, existe lo que Magaña (2019) llama “mujeres sin tierra”: cultivan, en huertos de traspatio y en azoteas, flores y plantas medicinales, y se encuentran en los mercados de trueque, comunes en la región de Pátzcuaro.

Referencias

- Argueta, V. & Castilleja G. (2024). *Los P'urhepecha, un pueblo renaciente*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.
- Castro, R. (1999). En busca del significado: supuestos, alcances y limitaciones del análisis cualitativo. En I. Szasz, S. Lerner, & A. Amuchástegui, Para comprender la subjetividad: Investigación cualitativa en salud reproductiva y sexualidad (Primera reimpression ed., Pp. 57-88). El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y Urban.
- Dietz, G. (1999). *La comunidad purépecha es nuestra fuerza; Etnicidad, cultura y región en un movimiento indígena en Michoacán, México*. Ediciones Abya-Yala.
- Goldsmith, M. (1998). Feminismo e investigación social. Nadando en aguas revueltas. En E. Bartra (comp.). *Debates en torno a una metodología feminista* (pp. 35-62). UAM-Xochimilco.
- Guerra, P. (2015). Ecofeminismos materialistas. Política de la vida y política del tiempo en Mary Mellor. En A. Puleo (Ed.). *Ecología y género en diálogo interdisciplinar* (pp. 375-387). Plaza y Valdés editores.
- Hernández, D. (2004). *La mujer Purépecha: una mirada desde la pobreza de las comunidades*. Instituto Michoacano de la Mujer, SEDESOL.
- Instituto Nacional de las mujeres [INMUJERES]. (2008). *Género y sustentabilidad: reporte de la situación actual*. Instituto Nacional de las mujeres
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2007). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Estado de Michoacán*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/#tabulados>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010. Estado de Michoacán*. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#Tabulados>

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020. Estado de Michoacán de Ocampo*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html#Tabulados>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2022. Estado de Michoacán de Ocampo*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/ca/2022/>
- Jackson, C. (2004). ¿Haciendo lo natural? Mujer y medio ambiente en el desarrollo. En V. Vázquez García, & M. Velázquez Gutiérrez, *Miradas al futuro. Hacia la construcción de sociedades sustentables con equidad de género* (págs. 169-207). Cd. México, D.F., México: CRIM-UNAM, PUEG-UNAM, Colegio de Posgraduados, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CRDI).
- Lagarde, D. (2022). *Género y feminismo: desarrollo humano y democracia*. (segunda edición). Siglo XXI Editores.
- Lamas, M. (2002). *Cuerpo: Diferencia sexual y género*. Editorial Taurus.
- Magaña, D. (2019). *Tensiones entre la formación escolar y la educación p'urépecha a través de sus profesionistas*. [Tesis Doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México].
- Martínez, C. (2003). “Género, sustentabilidad y empoderamiento en proyectos ecoturísticos de mujeres indígenas”. *Revista de Estudios de Género, la ventana*. vol. 1, núm. 17, 188-217.
- Mejía, M. (2018). *Relaciones de género y prácticas sustentables. Estudio de caso en la comunidad indígena de Yunuen, Michoacán* [Tesis de doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].
- Mejía, M. (2021). “La mirada de los infantes de Yunuen”. *Saber más Revista de divulgación*, vol. 10, núm. 60, 57-60.
- Mejía, M. & Ávila, K. (2022). Tianguis alternativo: interacciones de actores con el territorio para la producción e intercambio de satisfactores en Pátzcuaro, Michoacán. En: M. Pellegrini, S. Venegas; A. Tello y K. Rodríguez. [Coords.] (2022). *El orden mundial reconfigurando las teorías, las políticas públicas regionales y sus resultados migratorios*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional.
- Mejía, M., Ávila, K. & Ángeles, C. (2025). Comunidades del Lago de Pátzcuaro ante los cambios en el territorio. Una mirada interrelacional desde el Marco de Análisis y Desarrollo Institucional (IAD). *Expresión Económica. Revista de Análisis*, núm. 54, 33-159.
- Montes, V. (2016). Imaginarios fragmentados en una isla en continua transformación. Efectos del nacionalismo, del liberalismo y neoliberalismo

- en Yunuen (Lago de Pátzcuaro). En J. Iturbide y J. Zarate (Eds.). *Colección Investigaciones. Los lenguajes de la fragmentación política*. (pp. 101-122). El Colegio de Michoacán.
- Mummert, G. (1988). Mujeres de migrantes y mujeres migrantes de Michoacán: nuevos papeles para las que se quedan y para las que se van. En: T. Calvo, y G. López (Coords.). *Movimientos de población en el Occidente de México*. (pp. 372-295). El Colegio de Michoacán. D.F.: Centre D'Etudes Mexicaines et Centraméricaines.
- Olivera, M. (2019). *Feminismo popular y revolución. Entre la militancia y la antropología. Antología esencial* (M. Bosch, Ed.). Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Pinheiro B. (2021). De las mujeres como energía vital y las reverberaciones de la lucha en defensa de los territorios y de los comunes en América Latina. En A. Calderón, M. Olivera y M. Arellano (Coords.). *Territorios para la vida. Mujeres en defensa de sus bienes naturales y por la sostenibilidad de la vida*. (pp. 23-58). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Rubín, G. (1986). "El tráfico de mujeres: Notas sobre la "economía política" del sexo". *Nueva Antropología*, vol. VIII, núm. 30, 95-145.
- Ruiz, A. (2018). *Protocolo Comunitario Biocultural de Isla Yunuen*. PNUD. SEMARNAT. URL: <https://absch.cbd.int/api/v2013/documents/50796E97-C7A9-AB89-4CC1-9606BA90372B/attachments/204776/Protocolo%20Comunitario%20Biocultural%20Isla%20Yunu%C3%A9n%20M%C3%A9xico%20pliego.pdf>
- Seminario Sociedad, Medio Ambiente y Salud. (2000). *Yunuen: diagnóstico ambiental de una Isla purépecha*. Mimeo, El Colegio de Michoacán, A.C., Centro de Estudios Rurales, Zamora.
- Soares, M. (2003). "Una aproximación a las relaciones socioambientales en dos comunidades de la llanura costera del municipio de Loreto, Baja California Sur, México". *Revista de Estudios de Género, la ventana*, vol. 2, núms. 17, 140-187.
- Stake, E. (1999). *Investigación con estudios de caso* (segunda edición). Ediciones Morata. S. L.
- Tapia, G. (2015). Aportaciones de las mujeres indígenas al diálogo entre filosofía y ecología. En A. H. Puleo (Ed.). *Ecología y género en diálogo interdisciplinar* (Pp. 263- 278). Plaza y Valdés Editores.
- Tapia, G. (2018). *Mujeres indígenas en defensa de la tierra*. Valencia: Ediciones Cátedra.
- Tibán, G. (2004). Género y sustentabilidad: nuevos conceptos para el Movimiento Indígena. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 3(9), Universidad de Los Lagos.

EDUCACIÓN AMBIENTAL
EN EL NIVEL PREESCOLAR EN MICHOACÁN.
ANÁLISIS INTRODUCTORIO DESDE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

*Luis Armería Zavala **

*Daniela Arias Torres ***

Introducción

Al buscar mejores condiciones de vida la actividad humana derivó en afectaciones ambientales, como el cambio climático, pérdida gradual de la calidad del aire, disminución del agua, contaminación, extinción de especies y ecosistemas. En un esfuerzo por atender estos daños surgen diferentes iniciativas como el Desarrollo para la Sustentabilidad, mediante el cual se busca el desarrollo de la humanidad sin comprometer el futuro de las próximas generaciones; de igual forma se plantearon los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, mediante los cuales se busca erradicar la pobreza, garantizando la prosperidad de la humanidad y el cuidado del planeta. Aunque los conceptos de sostenibilidad y sustentabilidad se consideran sinónimos, por abordar aspectos relacionados con la prosperidad y las políticas asociadas al cuidado del medio ambiente (Cebrián et al., 2021; Elegbede *et al.*, 2023; Ohlsson et al., 2024; Axelsson, 2011; Olawumi & Chan, 2018; Ruggeiro, 2021), constituyen enfoques diferentes para atender dichas necesidades.

* Doctor en Tecnologías de Información. Asesor académico en la Dirección de Proyectos de Investigación e Innovación de la Secretaría de Educación del estado de Michoacán. luis.armeria@see.gob.mx

** Doctora en Ciencias del Desarrollo Regional. Investigadora Posdoctoral de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación en la UMSNH. daniela.arias@umich.mx

El concepto de sostenibilidad, por un lado, se considera un proceso participativo mediante el cual se asegura el uso prudente de los recursos sociales, culturales, científicos, naturales y humanos de la sociedad (Türkoglu, 2019, p. 1). En forma similar, se establece que el propósito de la sostenibilidad es satisfacer las necesidades básicas de la mayoría de las personas en las sociedades en desarrollo, como alimentación, vestimenta y alojamiento, y aumentar la calidad de vida de estas personas (Güler, *et al.*, 2021). Así, desde una perspectiva integradora, se afirma que “el concepto de sostenibilidad se describe a partir de la implementación de estrategias continuas para sostener el cambio en el comportamiento y proporcionar beneficios a largo plazo” (Volkova & Ludviga, 2025, p. 2).

La sustentabilidad, por otro lado, se define como la capacidad para crear, probar y mantener la capacidad de adaptación, siendo estas acciones el proceso que da lugar al desarrollo sostenible (Holling, 2001, citado en Wu, 2013). Por otra parte, para Estenssoro (2015, p. 90) el desarrollo sustentable “es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. En forma complementaria se considera que “el desarrollo sustentable comprende no sólo el cuidado del medio ambiente, sino el crecimiento económico competitivo y una distribución más justa de la riqueza, así como la consideración de los derechos humanos” (Bohne, Bruckmann & Martínez 2019, p. 5).

En las anteriores definiciones de sostenibilidad y sustentabilidad se identifican elementos en común, como cuidado del medio ambiente, uso prudente de los recursos naturales, derechos humanos de las generaciones presentes y futuras, así como la importancia de diseñar e implementar estrategias orientadas a modificar conductas que fomenten y conserven dichos cambios. De ahí que la sostenibilidad se percibe como una capacidad de sustentabilidad, que puede sostenerse en el tiempo y comprende las dimensiones social, económica y ambiental (Wassen & Kota, 2017), y ha sido el propósito de diversas investigaciones inculcar la conciencia del desarrollo para la sustentabilidad o desarrollo sostenible, considerando que la educación infantil es la edad adecuada, pues los hábitos que se adquieren en esta, se conservan el resto de la vida (Engdahl, 2015; Özkan *et al.*, 2019;

Türkoglu, 2019). En este contexto adquiere sentido la Educación para el Desarrollo Sostenible.

A consecuencia de la interacción entre las personas y el medio ambiente la humanidad, por tanto, enfrenta desafíos de sustentabilidad, ante los cuales la educación es posiblemente la herramienta más importante para enfrentar dichos desafíos, al cambiar la visión que las personas tienen del mundo (Kioupi & Voulvoulis, 2019). Para esto, la EDS requiere transitar hacia un enfoque diferente, donde la pedagogía se oriente al aprendizaje más que a la enseñanza, y propicie el aprendizaje autodirigido en un contexto colaborativo (Leicht *et al.*, 2018). Cambiar dicha visión es, sin lugar a dudas, un reto latente en todos los niveles educativos, comenzando desde preescolar.

Por su carácter multifactorial, en las estudios previos se descubre como problema de mayor complejidad la adquisición de la conciencia por conservar los recursos naturales, así mismo, se identifica también la dificultad de adoptar la Educación para el Desarrollo Sustentable como alternativa complementaria en la formación del alumnado de preescolar, que en un corto plazo permita a niñas y niños, contribuir en la solución de la problemática que enfrenta el medio ambiente, a nivel regional y global. Por lo tanto, en el marco de la Nueva Escuela Mexicana y el Programa de Estudio para la Educación Preescolar, resulta útil cuestionar ¿Qué se requiere para que niñas y niños de preescolar adquieran actitudes favorables hacia el cuidado y conservación de la naturaleza?

Para responder a dicha pregunta de investigación, el presente estudio adopta como objetivo analizar en qué forma el profesorado identifica qué se requiere para que las niñas y niños de educación preescolar adquieran actitudes favorables para el cuidado y conservación de la naturaleza, como parte de las actividades que establece el Programa de Estudio para la Educación Preescolar y los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje que establece la Nueva Escuela Mexicana.

Para lograr el objetivo, el capítulo se divide en los siguientes apartados. En el primero, se exponen los principales elementos que se consideran en la Educación para el Desarrollo Sustentable. En el segundo, se describe el modelo educativo de la Nueva Escuela Mexicana enfatizando en los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje en materia ambiental para el nivel preescolar.

En el tercero, se aborda lo relacionado al Aprendizaje Basado en Proyectos. En el cuarto, se expone la metodología utilizada. En el quinto, se muestran los resultados obtenidos. Finalmente, se señalan las conclusiones y se listan las fuentes de referencia utilizadas.

1. Antecedentes

Estudios que promueven la educación ambiental, la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) y la sustentabilidad, se documentan en diversas investigaciones (Güler *et al.*, 2021; Sihvonen *et al.*, 2024; Designer, 1990; Kopnina, 2012), por lo que es comprensible que la educación para el desarrollo sostenible forme parte de la Agenda 2030, convirtiéndose en una estrategia para alcanzar la prosperidad (Cebrián *et al.*, 2021; Kioupi & Voulvoulis, 2019). La EDS contempla aspectos como “cambio climático, seguridad alimentaria, reducción y gestión del riesgo de desastres, biodiversidad, reducción de la pobreza, producción y consumo sostenibles, degradación de la tierra, calidad del agua, salud, extinción de especies vegetales y animales, gestión de desechos y eficiencia de los recursos (Agbedahin, 2019, p. 4).

En dicho contexto, la EDS adopta una nueva visión, desde la cual se busca que los estudiantes hagan suya la oportunidad de crear un futuro sostenible y disfrutar del mismo (UNESCO, 2002, citado en, O’Flaherty & Liddy, 2017). Desde esta perspectiva, la EDS se aborda desde la primera infancia, buscando que la niñez desempeñe un papel activo en el cambio, tanto presente como futuro, pues las actitudes, los valores, los conocimientos y las experiencias adquiridos a una edad temprana son vitales para las experiencias futuras (UNESCO, 2008, citado en Güler *et al.*, 2021).

No es de extrañar, por lo tanto, que los temas ambientales formen parte de las actividades propias de la educación de la primera infancia, entre ellas la adopción de enfoques curriculares integrados, la enseñanza orientada temáticamente, el abordaje de temas auténticos y aprendizaje relacional y contextualizado (Engdahl & Årlemalm-Hagsér, 2008, citado en Engdahl, 2015; Parada, 2025; Somerville & Williams, 2015). Este cambio de comportamiento se considera factible debido a que durante la primera

infancia se forma el pensamiento, el conocimiento y el comportamiento (Güler *et al.*, 2021).

Si bien detrás de la EDS se encuentra la imperante necesidad de la conservación de la naturaleza, la preservación del medio ambiente y el agua, cuidando así del planeta, de acuerdo a Leicht *et al.* (2018), poco se sabe de la calidad de los programas de EDS, el alcance de su implementación y su eficacia para alcanzar los aprendizajes esperados, lo que constituye un desafío en la actualidad. En este sentido, se han propuesto acciones para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, como la formación docente, el diseño curricular y la evaluación de los resultados del aprendizaje, los cuales conservan estrecha relación con el plan de estudios en educación básica (Sachs *et al.*, 2019). Sin embargo, como toda propuesta educativa, debe articularse a través de diferentes disciplinas.

Estos antecedentes revelan que, en torno a la EDS, existen diferentes desafíos, entre ellos la identificación de los principios pedagógicos desde los cuales fundamentar la educación, los elementos didácticos a través de los cuales organizar el proceso de enseñanza aprendizaje, la organización de actividades, el diseño de contenidos y recursos de apoyo, así como la evaluación. Estos elementos, entre otros, forman parte de un modelo educativo y se plasman en los planes y programas de estudio.

2. Modelo educativo de la Nueva Escuela Mexicana

En el contexto nacional, el modelo educativo de la Nueva Escuela Mexicana (NEM) incorpora nuevos cambios (SEP, 2019), entre ellos el diseño de planes de estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria, donde la relación entre la escuela, la comunidad y el entorno social son la base para construir situaciones de aprendizaje; pero es la organización del aprendizaje el cambio disruptivo de la NEM, al transitar de la educación por asignaturas al trabajo por campos formativos. Se sabe que éstos “Son organizadores que establecen objetos de aprendizaje a desarrollar en las distintas fases y niveles educativos; tienen como propósito abordar temas o problemáticas desde una perspectiva complementaria entre las disciplinas o áreas de conocimiento que se incorporan en cada uno” (SEP, 2024, p. 10). Bajo el

enfoque de campos formativos se busca una menor fragmentación de los saberes.

Dejar de lado la organización del aprendizaje por materias, es un cambio que demanda tiempo y esfuerzo para que alumnado y profesorado internalicen el saber, “sin embargo, no se trata de enseñar desde la lógica de la disciplina, sino de trabajar desde lo situado que vive el estudiante para abordar paulatinamente aquello que cada disciplina puede aportar” (Díaz-Barriga et al., 2023, p.9). Así, los campos formativos se presentan como la propuesta educativa de la NEM para promover el desarrollo de las habilidades del alumnado. La Figura 1, presenta las características básicas de dichos campos.

Figura 1. Características de los campos formativos.

	El aprendizaje en este campo se construye como resultado de la interacción del alumnado con el contexto que los rodea, empleando diferentes lenguajes. Esto permite incrementar la capacidad de expresión en diferentes situaciones, para comunicar intereses, necesidades, motivaciones, saber y afectos. Este campo también contempla los procesos de aprendizaje del idioma español, inglés, lengua de señas y lenguajes artísticos.
	Este campo tiene como objetivo lograr que alumnado comprenda y explique los fenómenos y procesos naturales, entre ellos el cuerpo humano, los seres vivos, la materia, la energía, la salud, el medio ambiente y la tecnología. El saber tiene como base el conocimiento y prácticas que se desarrollan en diferentes contextos considerando el método científico, pero sin descartar otros sistemas de conocimiento.
	Reconoce la interacción entre el ser humano y su comunidad, a través de un proceso de construcción personal y social. De ahí que el aprendizaje contemple experiencias cognitivas, motrices, socioafectivas y creativas, a través de las cuales las niñas, niños y adolescentes construyen su identidad y sentido de pertenencia a diversos grupos, preparándolos para resolver los desafíos que enfrentan en la familia, la escuela y la comunidad, desarrollando así su confianza, autonomía y seguridad.
	Aborda la relación entre el ser humano, sociedad y naturaleza, buscando que niñas, niños y adolescentes se responsabilicen del impacto de sus acciones en el plano personal, social, natural, y contribuyan al bienestar común. Contempla el aprendizaje de diferentes aspectos relacionados con la crisis ambiental, así como las relaciones entre las diferentes culturas, los pueblos indígenas y afromexicanos, igualdad de género y derechos de niñas, niños y adolescentes.

Fuente: SEP (2024).

A través de los campos formativos se busca mejorar la calidad de la educación, mediante la vinculación de diversas áreas en la formación del estudiante. Esto implica la transformación de la integración curricular, la

organización de la enseñanza-aprendizaje, los contenidos y materiales, así como la relación entre alumnado, profesorado y comunidad. De esta forma, se busca que el alumnado comprenda la realidad en que se encuentra inmerso y la transforme.

Con la finalidad de lograr la apropiación de los contenidos y saberes que plantean los campos formativos, se establecen los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje (PDA), los cuales “representan recorridos o rutas posibles que dan cuenta de las formas en las que niñas, niños y adolescentes se apropian de aprendizajes que les permiten comprender el mundo que les rodea e intervenir en distintas situaciones” (SEP, 2024, p. 10). Por lo tanto, en la Tabla 1 se identifican los contenidos y los PDA en el campo formativo Ética, Naturaleza y Sociedades, asociadas con la Educación para el Desarrollo Sostenible desde la educación preescolar.

Tabla 1. Contenidos y procesos de desarrollo de aprendizaje en torno a la naturaleza.

Contenidos	Procesos de Desarrollo de Aprendizaje		
	1º	2º	3º
Interacción, cuidado, conservación y regeneración de la naturaleza, que favorece la construcción de una conciencia socioambiental.	- Convive con su entorno natural, con plantas y animales; expresa lo que percibe y disfruta acerca de ellos. - Manifiesta actitudes de cuidado y empatía hacia los seres vivos y evita modificar sus condiciones naturales de vida al interactuar con ellos. - Intuye que, al cuidar a la naturaleza, cuida de sí y de las demás personas. - Identifica acciones que deterioran la naturaleza las evita, e invita a sus pares a cuidarla.	- Se relaciona con la naturaleza y considera la importancia de sus elementos para la vida (aire, sol, agua y suelo). - Aprecia la diversidad de características de los seres vivos y no vivos que hay en la naturaleza y sugiere formas de cuidarlos y preservarlos. - Promueve actitudes y acciones de cuidado hacia la naturaleza e involucra a las personas de su familia y escuela para colaborar en ellas.	- Interactúa con respeto y empatía en la naturaleza, e identifica algunos elementos y cuidados que necesitan los seres vivos. - Manifiesta interés por cuidar a la naturaleza y encuentra formas creativas de resolver problemas socioambientales de su comunidad. - Reconoce algunas condiciones ambientales de su comunidad y dice cómo afectan a plantas, animales y personas; en colaboración, hace propuestas para mejorarlas.
Transformación responsable de entorno al satisfacer necesidades básicas de	- Identifica objetos, prendas de vestir o alimentos que provienen de la naturaleza y los usa o consume de manera racional. - Asocia los alimentos que consume, con los animales o plantas de los que provienen y evita el desperdicio. - Relaciona las prendas de vestir con los materiales utilizados para su	- Observa que las personas transforman la naturaleza al interactuar con ella para satisfacer sus necesidades. - Distingue acciones que son benéficas para su entorno. - Reconoce que todas las personas tienen necesidades básicas, y que estas se satisfacen con recursos de la naturaleza.	- Asocia los recursos naturales de donde provienen algunos alimentos y explica cómo cambia la naturaleza al obtenerlos y producirlos, así como al elaborar o fabricar prendas de vestir. - Indaga los materiales con los que se construyen las viviendas y reconoce que se obtienen de la naturaleza.

alimentación, vestido y vivienda.	elaboración. - Cuida los bienes que provienen de la naturaleza al satisfacer necesidades y promueve que las demás personas también lo hagan.	- Propone acciones para cuidar y preservar su entorno natural. -Promueve el uso responsable de los recursos de la naturaleza al satisfacer necesidades de alimentación, vestido y vivienda.	- Sugiere y lleva a cabo algunas acciones sustentables a su alcance, para cuidar el ambiente natural y fomentar el buen vivir de las personas de la comunidad.
-----------------------------------	---	--	--

Fuente: SEP (2024, pp. 46-47).

3. Aprendizaje Basado en Proyectos

A partir de los PDA los docentes hacen uso de metodologías activas, a través de las cuales configuran situaciones didácticas de aprendizaje y llevan a cabo las actividades mediante las cuales las niñas y niños adquieren los conocimientos establecidos en el programa de estudio. Entre las metodologías se encuentra el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), misma que permite trabajar al alumnado en forma colaborativa para encontrar la solución de un problema real; en esta metodología, el profesorado adopta el rol de mediador y el estudiante es el sujeto activo que, bajo la supervisión del profesorado, moviliza sus conocimientos, y habilidades, para analizar y resolver el problema mediante un enfoque interdisciplinar (SEP, 2022).

Esta propuesta de abordaje metodológica está compuesta de tres fases y 11 momentos que permitirán que los contenidos y ejes articuladores se encuentren de manera flexible de acuerdo con los escenarios pedagógicos, garantizando así la apropiación gradual de éstos mediante el uso actividades que promuevan la cooperación, el aprendizaje situado, la investigación, la acción consciente y crítica de maestros, alumnos, familias y comunidad en general (SEP, 2022).

Se considera que esta metodología favorece la construcción de significados, y permite al profesorado explorar el contexto con el alumnado y estos identifican problemas y construyen soluciones, a partir del modelado del problema que abordan; de esta forma experimentan y construyen soluciones, conformando redes de colaboración con diversos actores de la sociedad (SEP, 2023). En consecuencia, se considera factible, desde preescolar,

fomentar la educación ambiental y el desarrollo sostenible, como identifican diferentes investigaciones (Engdahl, 2015; Güler *et al.*, 2021; Huamaní *et al.*, 2025; Somerville & Williams, 2015; Tülin *et al.*, 2021).

4. Método de investigación

Para estudiar la percepción de las educadoras de preescolar, sobre la educación ambiental y el trabajo por proyectos, la investigación se realiza a través de un enfoque cualitativo (Creswell & Creswell, 2022; Hernández y Mendoza, 2018), ya que mediante este diseño se busca comprender la perspectiva del profesorado sobre lo que se requiere para que niñas y niños adquieran actitudes favorables hacia el cuidado y conservación de la naturaleza. La investigación adopta el diseño de la Teoría Fundamentada (Varela & Sutton, 2021), mediante el cual se realiza el análisis inductivo, de primer nivel, de la percepción del profesorado sobre el tema referido. Para ello, se realizó una encuesta a través de un formulario en línea dirigido al personal docente de educación preescolar, que dispusiera de acceso a internet y un dispositivo móvil para responder el formulario; dado que estas condiciones limitan la participación aleatoria de las educadoras, se determinó el carácter no probabilístico del muestreo (Mweshi & Sakyi, 2020; Otzen & Manterola, 2017).

Con la finalidad de conocer cuáles proyectos se implementaron para fomentar el cuidado y preservación del medio ambiente en educación preescolar en Michoacán, se aplicó una encuesta a una muestra de 120 educadoras en 11 municipios que se clasificaron de acuerdo al grado de marginación (véase tabla 2). La encuesta, a través de Google Forms, se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre de 2024.

En primera instancia se recopiló información sociodemográfica de las educadoras participantes y su percepción sobre lo que requieren las niñas y niños de educación preescolar para adquirir actitudes favorables hacia el cuidado y conservación del medio ambiente. En un segundo momento se realizó el análisis, codificación y categorización de las respuestas, con ayuda de las herramientas de AI que proporciona Atlas.ti versión 25, para identificar las ideas clave sobre la educación ambiental en educación preescolar, a partir

Tabla 2. Muestra de municipios según grado de marginación.

Grado de marginación	Municipio	Número de docentes participantes
Alto	San Lucas	15
	Tiquicheo de Nicolás Romero	15
Bajo	Charo	15
	Panindícuaro	15
Medio	Epitacio Huerta	15
	Huetamo	15
Muy bajo	La Piedad	8
	Morelia	11
	Pátzcuaro	1
	Tarímbaro	3
	Vista Hermosa	7

Fuente: INEGI (2021).

del análisis de las respuestas recuperadas, se utilizaron diversas herramientas de Inteligencia Artificial (AI) que proporciona el software de análisis cualitativo.

Entre las herramientas empleadas en el análisis de resultados, se encuentran: Codificación con AI, a través de la cual se analizan las respuestas proporcionadas por las educadoras, y a partir del procesamiento de lenguaje natural, el texto es segmentado en conceptos (palabras), entidades, palabras clave (Kalkopas, 2020) y mediante la frecuencia de estos y la relación entre ellas se identifican los códigos utilizados para identificar patrones y significados inmersos en los datos. Dichos patrones y las frecuencias se utilizarán más tarde, para crear las nubes de palabras y nubes de códigos a partir de los cuales se muestra, gráficamente, la densidad de los conceptos clave en las respuestas emitidas por los sujetos de estudio.

No obstante, por la gran diversidad de códigos que emergen del análisis de contenido, es necesario reducirlos, agrupándolos en lo que se denomina códigos. Al respecto:

Entendemos que las categorías son agrupaciones de códigos, que producen fenómenos más abstractos, dicho códigos, adscritos a una categoría, permiten establecer relaciones y reclasificar y revisar hasta que encaje toda la idea, es decir, que verdaderamente recojan el acontecimiento que trata de ser definido, por lo que las categorías son como contenedores de ideas (Aguaded-Ramírez, *et al.*, 2020, p. 176).

A partir de esto es factible clasificar los datos con base en la interpretación de ideas que se transforman en unidades significativas de información, como base del análisis inductivo del enfoque de la investigación.

La síntesis de la información, mediante textos descriptivos, es también una de las herramientas claves que incorpora Atlas.ti, y a través de la herramienta Resumen con AI, se utilizan modelos lingüísticos que consideran las frecuencias de palabras, códigos y categorías, para identificar las ideas más significativas y formular una interpretación de las mismas (Atlas.ti, 2023).

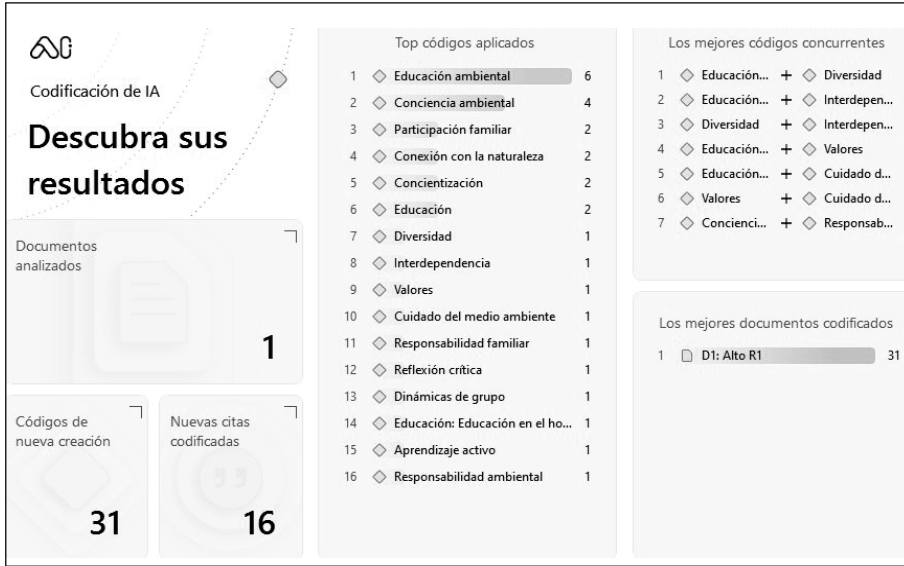
5. Resultados

Para el análisis de las respuestas se optó por el tipo de codificación abierta, el cual consiste en la segmentación de los datos, análisis y asignación de códigos a las acciones y significados que conservan relación con las actitudes favorables hacia el cuidado y conservación de la naturaleza, aplicándose así el principio de la Teoría Fundamentada (Varela & Sutton, 2021). Para facilitar el estudio y codificación las respuestas, los datos se desagregaron de acuerdo al grado de marginación (alto, bajo, medio y muy alto) donde se ubica el centro de trabajo de cada docente que atendió el formulario. De esta forma, se realizaron cuatro análisis como se muestra a continuación.

5.1. Municipios con grado de marginación alto

De acuerdo a la codificación de AI, se crearon 31 códigos con 16 citas codificadas, los principales proyectos en los municipios de San Lucas y Tiquicheo de Nicolás Romero están relacionados con: educación ambiental, conciencia ambiental, participación familiar y conexión con la naturaleza (véase Figura 2).

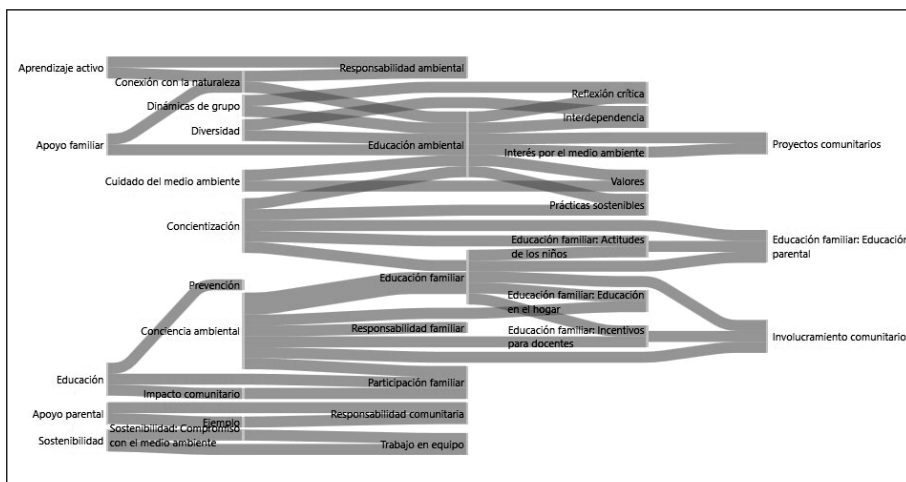
Figura 2. Codificación de proyectos en materia ambiental en preescolar en municipios de alta marginación en Michoacán.



Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

Con lo anterior, se realizó el diagrama de Sankey que analiza la co-ocurrencia de códigos, es decir, muestra las conexiones entre las réplicas dadas por las y los profesores de educación preescolar en Michoacán, los cuales confluyen en los principales proyectos en materia ambiental que se implementaron en el ciclo escolar 2024-2025, recobrando importancia aquellos en los que se involucran los diversos actores de la comunidad (alumnos, padres de familia, autoridades educativas y del gobierno, así como la sociedad en general) y se crea conciencia sobre el cuidado ambiental (véase figura 3).

Figura 3. Diagrama de Sankey sobre proyectos en materia ambiental en preescolar en municipios de alto grado de marginación.



Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

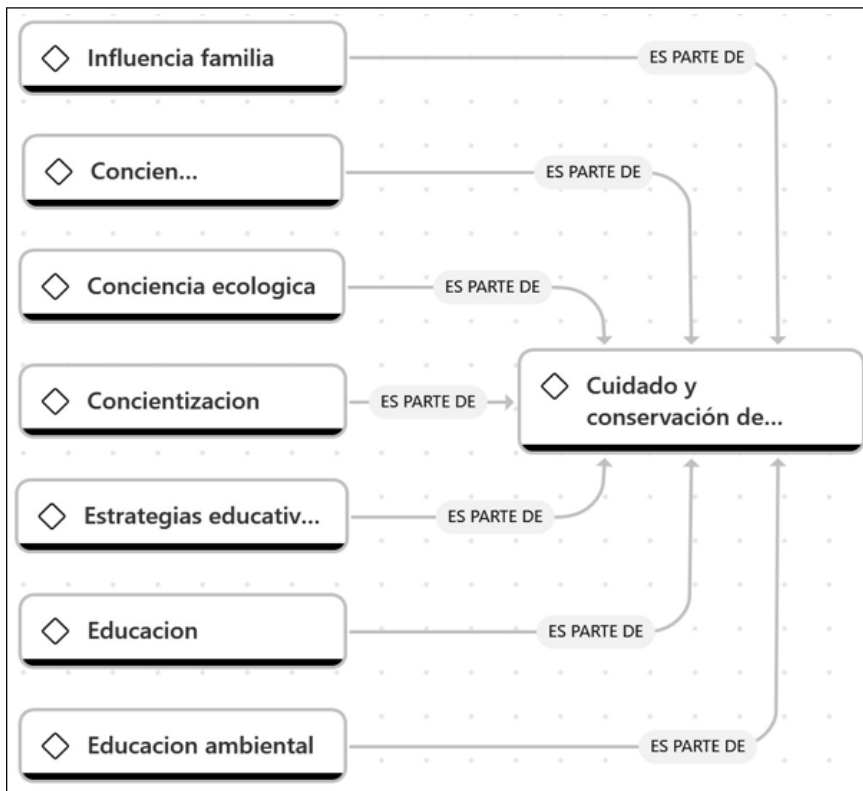
Dichos resultados dan cuenta que se están considerando los PDA en el desarrollo de proyectos en materia ambiental ya que con ellos se promueve la interacción, cuidado, conservación y regeneración de la naturaleza. Esto cobra suma importancia al inculcar desde la primera infancia valores ambientales y de conservación para generar conciencia que permita la satisfacción de necesidades de alimentación, vestido y vivienda sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones. Esto se confirma con el análisis de la AI sobre las respuestas de los docentes de preescolar en los municipios de alto grado de marginación ya que los proyectos implementados implican no solo educar sobre la naturaleza, sino también fomentar el amor y el respeto hacia el medio ambiente tanto en el hogar como en la escuela, siendo necesario despertar el interés y amor por el planeta en los educandos, fomentar hábitos sostenibles a través de proyectos en la escuela y la comunidad, asegurando así un futuro más consciente y respetuoso con la naturaleza.

5.2. Municipios con grado de marginación bajo

En el análisis de respuestas en los municipios con grado de marginación bajo (Charo y Panindícuaro), se crearon 32 códigos y 17 citas (véase tabla 3), en estas últimas se destaca el trabajo familiar, el aprendizaje mediante el ejemplo, conocimiento de la realidad, concientización, contar con material didáctico, fomentar hábitos, entre otros.

Las respuestas más recurrentes en dichos municipios fueron: educación ambiental, conciencia ambiental o concientización sobre el tema, influencia familiar, así como implementar estrategias educativas para el cuidado y conservación del medio ambiente (véase Figura 4).

Figura 4. Análisis inductivo de categorías a partir de códigos identificados en municipios de baja marginación.



Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

Tabla 3. Citas y códigos en respuestas del profesorado de municipios de baja marginación.

ID	Nombre de cita	Códigos
1:1	Es necesario un trabajo conjunto con las familias para desarrollar la...	Apoyo institucional, Conciencia ecológica, Trabajo en equipo
1:2	Un ejemplo directo desde sus figuras más cercanas, padres de familia,...	Comunidad educativa, Influencia familiar
1:3	Mostrar la realidad de lo que le está pasando a nuestro entorno, cuáles...	Conciencia ambiental, Responsabilidad social
1:4	Trabajar con proyectos de la naturaleza. Ser persistentes en actividad...	Educación ambiental, Estrategias educativas, Influencia de modelos, Persistencia
1:5	Abordar el tema en clase y casa. Concientización del cuidado del medio...	Concientización, Educación ambiental, Trabajo colaborativo
1:6	Se requiere contar con mayor material e información para trabajar con...	Comunicación con padres, Necesidad de recursos
1:7	Programas enfocados a ello. Trabajos en colectivo con la comunidad y m...	Colaboración comunitaria, Educación ambiental Estrategias educativas: Diseño de estrategias
1:8	Información sobre el tema y material didáctico sobre el tema Planifica...	Aprendizaje colaborativo, Desarrollo del conocimiento, Estrategias educativas (2)
1:9	Realizar proyectos enfocados a este tema La interacción directa con pr...	Conciencia ambiental, Participación comunitaria
1:10	Concientizarlos y practicar desde nuestro Jardín de niños con actividad...	Conciencia ecológica, Educación ambiental
1:11	Trabajar proyectos en donde se les enseñe acerca del tema así como pon...	Aprendizaje práctico, Educación, Influencia familiar
1:12	Primero conocer su contexto, adquirir conciencia de los lugares con lo...	Conciencia ambiental, Educación ambiental, Sostenibilidad
1:13	Como docentes propiciar actividades que permitan el cuidado del medio...	Educación ambiental, Estrategias educativas, Actividades didácticas, Participación de la familia
1:14	Que en casa se fomente ese hábito Enseñarles desde casa el respeto por...	Cuidado del medio ambiente, Educación, Respeto por la naturaleza
1:15	Concientización, enseñar con el ejemplo, participar en campañas. Concientización...	Concientización, Educación ambiental, Participación activa
1:16	Que como adultos inculquemos con el ejemplo. Que sepan reconocer lo que...	Cuidado de la naturaleza, Educación ambiental
1:17	Concientizarlos sobre si importancia. Fomentar la importancia de este,...	Actividades prácticas, Conciencia, Importancia del contexto

Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

De acuerdo con el resumen de AI, para los docentes de los municipios de baja marginación, es fundamental: 1) establecer un trabajo conjunto con las familias para crear conciencia sobre la importancia de cuidar y conservar la naturaleza, apoyados por las autoridades pertinentes; 2) concientizar sobre las consecuencias de no cuidar el entorno; 3) implementar proyectos que fomenten la conexión con la naturaleza y permitan a los niños aplicar lo aprendido; 4) Persistencia en actividades orientadas al cuidado del medio ambiente para generar hábitos; 5) Promover el trabajo colectivo en la comunidad para implementar estrategias de conservación; 6) Enseñanza desde temprana edad en actividades sobre el respeto y cuidado de la naturaleza; y 7) concientización y la participación activa de padres, educadores y la comunidad.

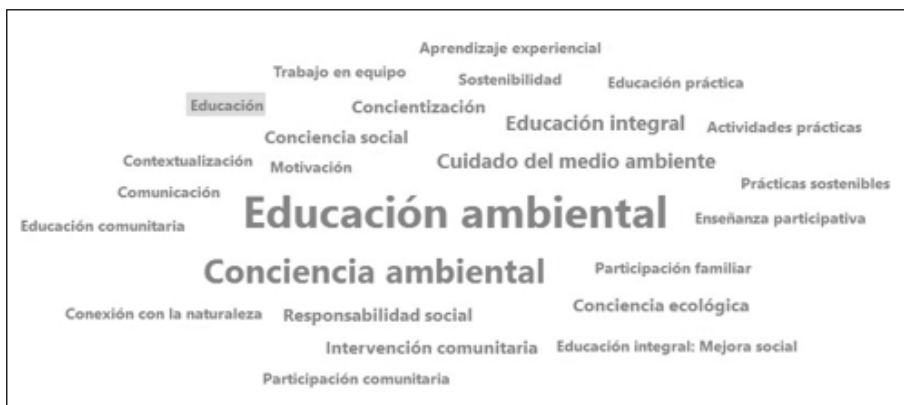
De esta forma, los docentes de preescolar de los municipios de baja marginación implementan proyectos que están más relacionados con el primer contenido del campo formativo “Ética, Naturaleza y Sociedades”, el cual hace referencia a la interacción, cuidado, conservación de la naturaleza y no tanto a la transformación del entorno para la satisfacción de necesidades básicas (segundo contenido) (véase Tabla 1).

5.3. Municipios con grado de marginación medio

Al revisar las réplicas dadas por los docentes en los municipios de grado de marginación medio (Epitacio Huerta y Huetamo), se crearon 30 códigos y 20 citas codificadas, la Figura 5 señala la nube de palabras que se repitieron con mayor frecuencia (de acuerdo al tamaño de la letra): educación ambiental, conciencia ambiental, cuidado del medio ambiente, educación integral, concientización, entre otras.

A través del resumen de AI, los docentes señalan una serie de acciones y estrategias para concientizar a niños y padres sobre la importancia del cuidado y conservación de la naturaleza. Sugieren que los alumnos de educación preescolar identifiquen qué es la naturaleza y los cuidados que necesita, además de fomentar la jardinería y reforestación. Dentro de sus PDA buscan crear conciencia sobre el uso responsable del agua y el valor de plantar árboles como actos de vida. Además, intentan involucrar a la

Figura 5. Nube de palabras de proyectos en materia ambiental en municipios con grado de marginación medio.



Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

comunidad en actividades que fomenten el respeto y cuidado del medio ambiente, así como continuar con la implementación de proyectos educativos en las aulas. La idea principal es desarrollar un pensamiento crítico en los niños respecto a su entorno y promover acciones concretas de conservación, implicando a los padres en un trabajo conjunto. Se destaca la importancia de aprender desde la etapa preescolar y trabajar en la creación de hábitos de cuidado ambiental.

5.4. Municipios con grado de marginación muy bajo

Con el análisis de respuestas del profesorado de preescolar que labora en municipios con grado de marginación muy bajo (La Piedad, Morelia, Pátzcuaro, Tarímbaro y Vista Hermosa), se crearon 25 códigos y 11 citas, destacando la concientización de cómo las acciones afectan al medio ambiente, educación ambiental, educación desde casa, cuidado del medio ambiente, desarrollo de hábitos y valores, motivación, entre otros (véase Tabla 4).

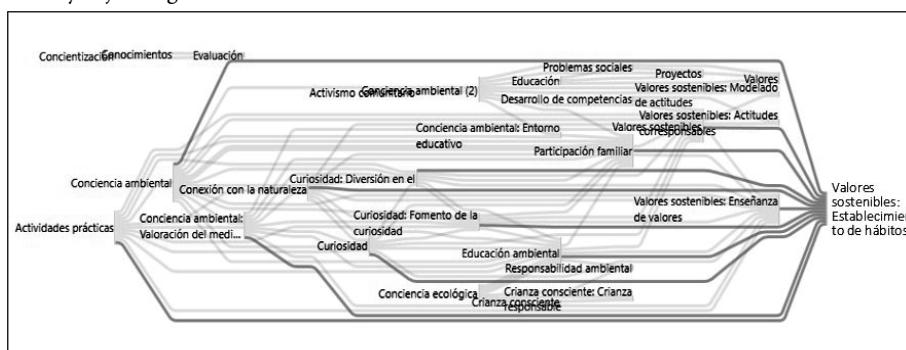
Tabla 4. Citas y códigos en respuestas del profesorado de municipios de muy baja marginación.

ID	Nombre de cita	Códigos
1:1	Tener consciencia de lo que sus acciones causan al medio ambiente. Como docentes...	Conciencia ecológica Educación ambiental Responsabilidad ambiental
1:2	Que se eduquen desde casa, papá y mamá o bien cuidadores apoyen en el...	Conciencia ecológica Crianza consciente: Crianza responsable
1:3	Educación ambiental: Proporcionarles conocimientos básicos sobre el me...	Actividades prácticas Conciencia ambiental: Valoración del medio ambiente Conexión con la naturaleza Curiosidad: Diversión en el Curiosidad: Fomento de la curiosidad Educación ambiental Participación familiar Valores sostenibles: Enseñanza de valores Valores sostenibles: Establecimiento de hábitos sostenibles
1:4	El cuidado del medio ambiente y reforestación. Estar en contacto con l...	Conciencia ambiental (2) Valores sostenibles: Modelado de actitudes
1:5	Que se desarrollen las competencias, habilidades y valores para que el...	Desarrollo de competencias Valores sostenibles: Actitudes corresponsables
1:6	Motivación, hábitos y valores. Llevar a cabo proyectos en los que se ha...	Conciencia ambiental (2) Educación Problemas sociales Proyectos Valores
1:7	Fomentar la importancia que tiene el cuidado de la naturaleza. Fomenta...	Conciencia ecológica Educación ambiental
1:8	Concientización de padres de familia y apoyo del centro de trabajo. En...	Conciencia ambiental (2) Conciencia ambiental: Entorno educativo Participación familiar
1:9	Concientización, conocimientos, por parte de padres de familia y docentes...	Concientización Conocimientos Evaluación
1:10	Enseñarlos a amar la naturaleza y cuidarla. Concietizar a los alumnos...	Conciencia ecológica Educación ambiental
1:11	Actividades que generen conciencia sobre el cuidado del medio ambiente...	Activismo comunitario Conciencia ambiental (2)

Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

La Figura 6 muestra el diagrama de Sankey, es decir, los vínculos entre los proyectos que implementaron los docentes en educación preescolar en los municipios de muy bajo grado de marginación de Michoacán, los cuales convergen en establecer hábitos e instituir valores para el cuidado y preservación del medio ambiente tanto en casa como en la escuela. Además, a diferencia de los otros municipios muestra, se subraya de forma más acentuada, el fomento a la curiosidad por conocer la naturaleza de las niñas y niños en esta etapa escolar.

Figura 6. Diagrama de Sankey sobre proyectos en materia ambiental en preescolar en municipios de muy baja marginación.



Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

Mediante el resumen de AI, se identifica que los proyectos en materia de cuidado ambiental que se llevaron a la práctica durante la primera parte del ciclo escolar 2024-2025 en los municipios de muy baja marginación giran en torno a lo siguiente:

- Fomentar una conciencia ambiental entre los docentes y los alumnos.
- Necesidad de que los maestros modelen actitudes responsables hacia la naturaleza, involucrando a los estudiantes en actividades prácticas como plantar árboles y cuidar animales.
- Subrayar la relevancia de la educación ambiental, el papel de la familia en la educación sobre el cuidado de la naturaleza y la creación de espacios en las escuelas que promuevan la conexión con el medio ambiente.

- Diversificar las estrategias: fomentar hábitos sostenibles, el uso de juegos y actividades lúdicas para aprender sobre el medio ambiente, y proyectos que concienticen a los niños sobre la contaminación y la necesidad de cuidar nuestro planeta.
- Contar con áreas verdes en los centros educativos para facilitar el contacto con la naturaleza y la concientización de los padres y cuidadores sobre estos temas.

El análisis de las respuestas del profesorado en municipios de muy baja marginación, permite descubrir que estos reconocen la importancia de la educación ambiental; motivación hábitos y valores; concientización, conocimientos por parte de padres de familia y docentes; importancia que tiene el cuidado de la naturaleza, entre otros. Esta percepción, recuperada de la opinión de la práctica cotidiana, se asocia directamente con diferentes contenidos de los PDA, entre ellos la manifestación de actitudes de cuidado y empatía hacia los seres vivos, el cuidado de lo que proviene de la naturaleza, la intuición de que el cuidado de la naturaleza repercute en el cuidado individual y de los demás, la promoción de acciones sobre el cuidado de la naturaleza (SEP, 2024).

Asociado esta percepción el análisis inductivo mediante AI, identifica diversos códigos, entre ellos, actitudes corresponsables, concientización, conciencia ambiental, conciencia ecológica, responsabilidad ambiental, valoración del medio ambiente, sostenibilidad, entre otros. En consecuencia, emergen categorías como desarrollo sostenible y responsabilidad. En resumen, se presenta un llamado a cultivar actitudes responsables y hábitos en las y los alumnos, que favorezcan la conservación del medio ambiente desde una edad temprana. Dichas prácticas concuerdan los procesos de desarrollo de aprendizaje, que contempla el Plan y Programa de Estudio en Educación Preescolar (SEP, 2024).

Como parte de la sistematización de los datos, se realizó el análisis de categorías a posteriori, es decir, las categorías surgieron de las respuestas del profesorado a través de un análisis inductivo. Como resultado de este análisis, se identificaron 72 códigos en las respuestas de las educadoras participantes en el estudio. El análisis inductivo, en el marco de la teoría

fundamentada, permitió establecer 13 subcategorías y 6 categorías de análisis, como se observa en la Tabla 5, que condesa las ideas más significativas de la opinión de los docentes de preescolar (Aguaded-Ramírez, et al., 2020).

Tabla 5. Codificación y categorización de la opinión del profesorado sobre cuidado y conservación de la naturaleza.

Códigos	Subcategoría	Categoría
Aprendizaje activo, Aprendizaje colaborativo Aprendizaje experiencial, Aprendizaje práctico Conocimientos, Curiosidad	Aprendizaje	Estrategias de enseñanza aprendizaje
Desarrollo de competencias, Desarrollo del conocimiento, Desarrollo del pensamiento crítico	Desarrollo	
Enseñanza participativa, Estrategias educativas, Dinámicas de grupo	Estrategias de enseñanza	
Comunicación, Comunicación con padres,	Comunicación	Comunicación
Conciencia, Conciencia ambiental, Conciencia comunitaria, Conciencia ecológica, Conciencia social, Concientización, Interés por el medio ambiente	Conciencia ambiental	Desarrollo sostenible
Conexión con la naturaleza, Cuidado de la naturaleza, Cuidado del medio ambiente, Cuidado y conservación de la naturaleza, Respeto por la naturaleza	Cuidado de la naturaleza	
Necesidad de recursos, Prácticas sostenibles, Prevención, Sostenibilidad, Valores sostenibles	Sostenibilidad	
Educación, Educación ambiental, Educación comunitaria, Educación familiar, Educación integral, Educación práctica, Evaluación	Educación ambiental	Educación integral
Comunidad educativa, Diversidad Persistencia, Trabajo colaborativo Trabajo en equipo	Trabajo colaborativo	
Activismo comunitario, Colaboración comunitaria, Intervención comunitaria, Impacto comunitario, Interdependencia, Involucramiento comunitario, Participación activa, Participación comunitaria Reflexión crítica	Involucramiento de la comunidad	Participación comunitaria
Apoyo familiar, Apoyo institucional, Apoyo parental, Crianza consciente, Ejemplo, Influencia de la familia, Motivación, Participación familiar, Valores	Educación familiar	
Actividades prácticas, Contextualización Importancia del contexto, Proyectos, Proyectos comunitarios	Proyectos	
Problemas sociales, Responsabilidad ambiental Responsabilidad comunitaria, Responsabilidad familiar, Responsabilidad individual, Responsabilidad social	Responsabilidad social	Responsabilidad social

Fuente: elaboración propia a partir de codificación con AI de Atlas.ti.

Mediante la codificación y categorización, se infiere que, en educación preescolar, para la adquisición de actitudes favorables hacia el cuidado y conservación de la naturaleza, es necesario adoptar estrategias de enseñanza aprendizaje con base en metodologías activas (aprendizaje activo, aprendizaje colaborativo y aprendizaje experiencial), como base del conocimiento, desarrollo de competencias y pensamiento crítico.

Como parte del desarrollo sostenible, adquisición de conciencia ambiental y conciencia ecológica, así como prácticas sostenibles, que despierten el interés del alumnado hacia el respeto y cuidado de la naturaleza. Complementa este aspecto la participación social, el desarrollo de proyectos escolares donde se involucre a la familia y la comunidad, como un ejercicio de responsabilidad personal y familiar, en un contexto cultural, social y ambiental. A partir de esto es necesario fomentar, desde la comunidad educativa, la educación integral del alumnado de preescolar así como la educación ambiental, considerando la comunicación con padres de familia y la comunidad.

Desde la perspectiva anterior, se responde a la pregunta de investigación, delineándose al mismo tiempo acciones a considerar durante el diseño e implementación de proyectos de aprendizaje, que al mismo tiempo que contribuyan al desarrollo sustentable, incidan en la formación de las nuevas generaciones comprometidas con la educación ambiental desde la primera infancia.

Conclusiones

En el marco de la Nueva Escuela Mexicana, el trabajo expuesto estudia la forma en que las educadoras reconocen qué se requiere para que las niñas y niños, de educación preescolar, adquieran actitudes favorables hacia el cuidado y conservación de la naturaleza. Para esto se conduce una investigación de corte cualitativo y análisis de primer nivel desde la Teoría Fundamentada. A través del enfoque inductivo se inspeccionaron las respuestas de 120 educadoras, de 11 municipios del estado de Michoacán y mediante el uso de herramientas de Inteligencia Artificial, se desarrolló la codificación abierta como paso previo a la categorización. De esta forma,

además de identificar la relación entre los datos, se obtuvo información sobre la percepción de las educadoras respecto a la educación ambiental y el desarrollo sostenible.

Mediante la codificación de las respuestas de las educadoras se identifica que, el desarrollo de la conciencia ambiental y el cuidado de la naturaleza, como subcategorías de análisis que emergen de la codificación, coinciden con las características del desarrollo sustentable que señalan diversos autores (Agbedahin, 2019; Axelsson, 2011; Bohne *et al.*, 2019; Olawumi & Chan, 2018, 2018; Ruggeiro, 2021). Esto se identifica en la percepción del profesorado participante, independientemente del grado de marginación del municipio donde desarrollan su práctica docente. De esto se infiere que la conciencia ambiental, el cuidado de la naturaleza y la educación ambiental, son los ámbitos que el profesorado asocia con la Educación para el Desarrollo Sustentable.

Aunado al desarrollo de la conciencia ambiental y el cuidado de la naturaleza, identificada en la percepción del profesorado participante, uno de los hallazgos que llama la atención, en el caso de los municipios de alto grado de marginación, es el involucramiento de la comunidad, el desarrollo de proyectos comunitarios y la educación familiar desde la cual se fomenta la actitud de los niños por el respeto del ambiente. Esto se observa a través del diagrama de Sankey, el cual presenta una mayor frecuencia de co-ocurrencia de los códigos asociados a dichas situaciones. Esto puede conservar relación directa con las condiciones geográficas de los municipios de San Lucas y Tiquicheo de Nicolás Romero, ubicados en la denominada Tierra Caliente, donde la conciencia ambiental, puede ser más notoria y se refleja en la necesidad de implementar proyectos de cuidado y conservación de la naturaleza. En consecuencia, es necesario incrementar la investigación en esta línea y su relación con el desarrollo sustentable en esos municipios.

Por el contrario, se observa el distanciamiento en aspectos como crecimiento económico, distribución más justa de la riqueza o derechos humanos, mismos que diversos autores asocian con el desarrollo sustentable (Bohne *et al.*, 2019; Wassen & Kota, 2017). Esto puede explicarse desde los mismos contenidos de los PDA, en donde el énfasis se centra en el cuidado del medio ambiente, y aunque dichos elementos constituyen el punto de

partida de la EDS, por el carácter inicial de la educación en dicho nivel, no se contemplan en los PDA de educación preescolar. De ahí que también llame la atención que aspectos relacionados con la EDS se identifiquen a través del diagrama de Sankey, sobre proyectos en materia ambiental en municipios de muy baja marginación. Una posible explicación se encuentra en la actividad comercial, productiva y turística de municipios como La Piedad, Morelia, Pátzcuaro, Tarímbaro y Vista Hermosa, y la relación de esta con el nivel educativo, acceso a fuentes de información y recursos digitales, que pueden incidir en la mejor de comprensión de cuidar y conservar la naturaleza.

Sin embargo, a un poco más de un año de implementación del Plan de Estudios para la Educación Preescolar, Primaria y Secundaria en México, puede considerarse que es poco el tiempo transcurrido para impactar favorablemente el aprendizaje del estudiantado. Esto descubre la apropiación parcial del nuevo plan de estudios en materia ambiental y la existencia de diferencias en torno a la percepción del profesorado sobre temas de sustentabilidad. Si bien es reducida la muestra de estudio, por el enfoque de la investigación, es conveniente considerar que la misma contempla la participación de educadoras de localidades ubicadas en municipios de diferente grado de marginación.

Dado que desde los Procesos de Desarrollo de Aprendizaje, en educación preescolar, se privilegia la convivencia con la naturaleza, así como la empatía y el cuidado a los seres vivos; como parte de esta conciencia se involucra a la familia, escuela y comunidad, así como el desarrollo de acciones sustentables (SEP, 2024), es necesario considerar que estos aprendizajes constituyen rutas posibles a través de los cuales las niñas y niños, se apropian de los contenidos mediante los cuales comprenden el mundo que los rodea. De ahí que, como parte de la educación desde la primera infancia, y como se identificó en la investigación, el cuidado del medio ambiente se asocia con el desarrollo sustentable, confirmándose así la pertinencia de las investigaciones en este tema (Elegbede *et al.*, 2023; Güler *et al.*, 2021; Axelsson, 2011; Olawumi & Chan, 2018; Ruggeiro, 2021).

Como parte de las contribuciones de este trabajo se confirma la necesidad de fortalecer la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), desde la niñez, como estrategia para incidir en la atención a los desafíos que

enfrenta actualmente la humanidad y comprometen el futuro de las próximas generaciones, como el calentamiento global, la degradación ecológica, pérdida sistemática de la flora y fauna, por señalar algunos. Para revertir dicha problemática, en México la (EDS) debe enfrentar retos epistemológicos, empíricos, curriculares y operativos, entre estos últimos la implementación, seguimiento y evaluación de Programa de Estudios para la Educación Preescolar (SEP, 2024), el distanciamiento del aprendizaje disciplinar, la medición del impacto de las acciones educativas a nivel familiar, escolar y comunitario, entre otros.

Es importante subrayar el reconocimiento de la mayoría de los docentes sobre la educación ambiental desde la infancia, así como promover la capacitación en desarrollo de estrategias didácticas más accesibles y adaptadas a la educación infantil (Escudero, 2025). Se hace necesario, en consecuencia, incrementar la investigación en dichos ámbitos, lo cual constituye líneas de trabajo a futuro, así como continuar el estudio durante el ciclo escolar 2025-2026, a fin de contrastar los resultados preliminares que se presentan al momento, esto como parte de un esfuerzo global para promover el cuidado y conservación de la naturaleza. La educación ambiental promueve la preservación de la naturaleza mediante estrategias didácticas integrales que involucran activamente a docentes, estudiantes y comunidad, destacando la colaboración entre actores públicos y privados para impulsar el empoderamiento colectivo. (Durand y Rondinel, 2022; Villarreal y González, 2025).

Referencias

- Agbedahin, A. (2019). "Sustainable development, Education for Sustainable Development, and the 2030 Agenda for Sustainable Development: Emergence, efficacy, eminence, and future". *Sustainable development*, vol. 27, núm. 4, 669-680. <https://doi.org/10.1002/sd.1931>
- Aguaded-Ramírez, E., Pistón-Rodríguez, M., Pegalajar-Moral, M., & Olmedo-Moreno, E. (2020). "El Sistema de Categorías como herramienta para comprender las Historias de Vida de los menores extranjeros no acompañados". *Revista Espacios*, vol. 41, núm. 41, 173-183. <https://revistaespacios.com/a20v41n41/a20v41n41p12.pdf>

- ATLAS.ti - Qualitative Data Analysis. (26 de junio de 2023). *ATLAS.ti AI Summaries*. [Archivo de video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=KmMAJV5K96c>
- Axelsson, R., Angelstam, P., Elbakidze, M., Stryamets, N., & Johansson, K. (2011). "Sustainable development and sustainability: landscape approach as a practical interpretation of principles and implementation concepts". *J. Landsc. Ecol.* 4, 5e30.
<https://doi.org/10.2478/v10285-012-0040-1>.
- Bohne, A., Bruckmann, M., & Martínez, A. (2019). "El desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior: un verdadero desafío". *Revista Digital Universitaria (rdu)*, vol. 20, núm. 5.
<http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n5. a3>.
- Cebrián, G., Junyent, M., & Mulà, I. (2021). "Current Practices and Future Pathways towards Competencies in Education for Sustainable Development". *Sustainability*, vol. 13, núm. 16. <http://dx.doi.org/10.3390/su13168733>
- Creswell, J. & Creswell, D. (2022). *Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. (Sixth Edition). USA: Sage publications, Inc.
- Disinger, J. (1990). "Environmental Education for Sustainable Development?" *The Journal of Environmental Education*, vol. 21, núm. 4, 3-6.
<https://doi.org/10.1080/00958964.1990.9941931>
- Díaz-Barriga, Á., Dussel, I., Acevedo R., Gallardo G., Andere, E., Orozco, B., Candela, A., Inclán, C., Casanova, H., & de Alba, A. (2023). "Del marco curricular al plan de estudio 2022". *Perfiles Educativos*, vol. 45, núm. 180.
<https://doi.org/10.22201/iisue.24486167e.2023.180.61292>
- Durand, M. & Rondinel, R. (2022). *Educación ambiental en niños de preescolar: una revisión sistemática*. Tesis para obtener el grado de Licenciatura en Educación Inicial, Lima: Universidad César Vallejo.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/122565/Durand_PMS-Rondinel_LRP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Elegbede, I., Matti-Sanni, R., Moriam, O., & Emily I. (2023). Sustainability education and environmental awareness. *Encyclopedia of sustainable management* (pp. 3270-3277). Cham: Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-02006-4_128-1
- Engdahl, I. (2015). "Early childhood education for sustainability: The OMEP world project". *International Journal of Early Childhood*, vol. 47, núm. 3, 347-366.
<https://doi.org/10.1007/s13158-015-0149-6>
- Escudero, J. (2025). "La educación ambiental en Educación Infantil: percepción docente, estrategias de reciclaje y retos en el aula". *Revista Internacional Interdisciplinaria de Divulgación Científica*, vol. 3, núm. 1, 23-34.
<https://riidici.com/index.php/home/article/view/45>

- Estenssoro, F. (2015). "El ecodesarrollo como concepto precursor del desarrollo sustentable y su influencia en América Latina". *Universum (Talca)*, vol. 30, núm. 1, 81-99.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-23762015000100006>
- Güler, T., Öztürk, N., İlhan, T., Aşkar, N., Banko, Ç., Karabekmez, S., & Höl, Ş. (2021). "Education for sustainability in early childhood education: a systematic review". *Environmental Education Research*, vol. 27, núm. 6, 796-820.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1896680>
- Hernández, R. & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill.
- Huamaní, E., Anaya, J., Herreras, G., & Molina, G. (2025). "Educación ambiental en la infancia: la conciencia ecológica como una estrategia de sostenibilidad". *GeoCiencias y Humanidades*, vol. 3, e20.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15730171>
- INEGI (2021). Índice de marginación en el Estado y municipios. *Censo de Población y Vivienda 2020*.
https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/Mich/2021/03/3_28
- Kalkopas, N. (2020). Dinamice sus análisis con herramientas potenciadas por la IA. *Atlas.ti Academy*. <https://atlasti.com/es/research-hub/dinamice-sus-analisis-con-herramientas-potenciadas-por-la-ia>
- Kioupi, V., & Voulvoulis, N. (2019). "Education for Sustainable Development: A Systemic Framework for Connecting the SDGs to Educational Outcomes". *Sustainability*, vol. 11, núm. 21.
<http://dx.doi.org/10.3390/su11216104>
- Kopnina, H. (2012). "Education for sustainable development (ESD): the turn away from 'environment' in environmental education?" *Environmental Education Research*, vol. 18, núm. 5, 699-717.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2012.658028>
- Leicht, A., Heiss, J., & Byun, W. (2018). *Issues and trends in education for sustainable development* (vol. 5). UNESCO publishing.
- Mweshi, G. & Sakyi, K. (2020). "Application of sampling methods for the research design". *Archives of Business Research*, vol. 8, núm. 11, 180-193.
<https://doi.org/10.14738/abr.811.9042>
- O'Flaherty, J., & Liddy, M. (2017). "The impact of development education and education for sustainable development interventions: a synthesis of the research". *Environmental Education Research*, vol. 24, núm. 7, 1031-1049.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1392484>
- Ohlsson, A., Gericke, N., & Borg, F. (2024). "Implementing education for sustainability in preschool: Teaching strategies and learning environments".

- Journal of Outdoor and Environmental Education*, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s42322-024-00181-5>
- Olawumi, T., & Chan, D. (2018). "A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development". *Journal of Cleaner Production*, vol. 183, 231-250. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.162>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). "Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio". *International Journal of Morphology*, vol. 35, núm. 1, 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Özkan, B., Tuğluk, M., & Yiğitalp, N. (2019). "Environmental Sustainability Scale for Children 60-72 Months Old: A Validity and Reliability Study". *Journal of Education and Training Studies*, vol. 8, núm. 1, 32-41. <https://doi.org/10.11114/jets.v8i1.4485>
- Parada, M. (2025). "Estrategias Didácticas para la Sostenibilidad Ambiental en la Infancia en Colombia, un Estado del Arte del 2014-2024". *Unaciencia Revista de Estudios e Investigaciones*, vol. 17, núm. 33, 147-160. <https://doi.org/10.35997/unaciencia.v17i33.814>
- Ruggerio, C. (2021). "Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions". *Science of The Total Environment*, vol. 786. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481>
- Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Nakicenovic, N., & Rockström, J. (2019). "Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals". *Nat Sustain*, núm. 2, 805-814. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Sedovs, E., Volkova, T., & Ludviga, I. (2025). "Sustainable development and strategic management - what is on the horizon in our non-ergodic world research?" *Sustainable Futures*, vol. 9. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100414>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2024). *Programa de Estudio para la Educación Preescolar: Programa Sintético de la Fase 2*. Dirección General de Desarrollo Curricular de la Secretaría de Educación Pública. Primera edición. <https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2024/07/FASE-2-2024-18ABRIL-baja.pdf>
- SEP. (2023). *Sugerencias metodológicas para el desarrollo de los proyectos educativos. Ciclo Escolar 2022-2023*. Consejo Técnico Escolar. Segunda sesión Ordinaria. https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2022/12/C3_1-Sugerencias-Metodologicas-proyectos.pdf
- SEP. (2022). *Avance del contenido para el libro del docente. Primer grado*. https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2022/12/C3_1-Sugerencias-Metodologicas-proyectos.pdf

- SEP. (2019). *La Nueva Escuela Mexicana: principios y orientaciones pedagógicas*. Secretaría de Educación Pública.
<https://dgb.sep.gob.mx/storage/recursos/marco-curricular-comun/YJkGKTHatN-NEMprincipiosyorientacionpedagogica.pdf>
- Sihvonen, P., Lappalainen, R., Herranen, J., & Aksela, M. (2024). "Promoting Sustainability Together with Parents in Early Childhood Education". *Education Sciences*, vol. 14, núm. 5, 541. <https://doi.org/10.3390/educsci14050541>
- Somerville, M., & Williams, C. (2015). "Sustainability education in early childhood: An updated review of research in the field". *Contemporary Issues in Early Childhood*, vol. 16, núm. 2, 102-117.
<https://doi.org/10.1177/1463949115585658>
- Tülin, Y., Öztürk, N., İlhan T., Aşkar, N., Banko, Ç., Karabekmez, S., & Höl, Ş. (2021). "Education for sustainability in early childhood education: a systematic review". *Environmental Education Research*, vol. 27, núm. 6, 796-820.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1896680>
- Türkoğlu, B. (2019). "Opinions of preschool teachers and pre-service teachers on environmental education and environmental awareness for sustainable development in the preschool period". *Sustainability*, vol. 11, núm. 18, 4925.
[doi:10.3390/su11184925](https://doi.org/10.3390/su11184925)
- Varela, T., & Sutton, L. (2021). "La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos". *Investigación en educación médica*, vol. 10, núm. 40, 97-104.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572021000400097
- Villarreal, N. & González, S. (2025). "Integración de la educación ambiental en el currículo escolar: Estrategias psicopedagógicas para el desarrollo de la conciencia y acción frente al cambio climático". *Revista Latinoamericana de Calidad Educativa*, vol. 2, núm. 2, 1-8.
<https://doi.org/10.70625/rlce/125>
- Waseem, N., & Kota, S. (2017). "Sustainability Definitions—An Analysis". In: Chakrabarti, A., Chakrabarti, D. (eds), *Research into Design for Communities*, Volume 2. ICoRD 2017. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 66. Springer, Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-3521-0_31
- Wu, J. (2013). "Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes". *Landscape Ecol*, núm. 28, 999-1023.
<https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>

EL DESARROLLO LOCAL DESDE LA DESCENTRALIZACIÓN DEL GASTO

*Eva Grissel Castro Coria **

*Rodrigo Gómez Monge ***

Introducción

Esta investigación introduce al lector a un apartado teórico que describe la importancia de la universalidad de derechos como obligación del Estado en la búsqueda del bien común, este apartado teórico inicialmente estudia el principio de universalidad, como fundamento que permite cimentar la igualdad en lo concreto, otorgando derechos sociales, económicos y culturales para remover las brechas que históricamente han colocado a los sujetos en el centro y a otros en la periferia, por ello, se analiza los artículos 1º y 25 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, relativos al principio de universalidad de derechos y al eje rector de política económica.

En un segundo apartado teórico, se estudia la política económica desde dos elementos tradicionales: 1. Crecimiento y, 2. Desarrollo, en donde, para introducir políticas de desarrollo dinámicas, focalizadas y eficientes, que otorguen mejores condiciones de vida y rompan con el círculo vicioso de la pobreza, se deben diseñar, planear y ejecutar desde lo local, y, en el tercer y último apartado teórico se resalta las buenas prácticas de la gobernanza, lo

* Doctora en Políticas Públicas. Profesora en el Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación «José María Morelos». eva072001@hotmail.com

** Doctor en Economía Aplicada. Profesor e Investigador Titular en la Facultad de Economía de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. rodrigo.gomez@umich.mx

que propicia una visión de igualdad pretendiendo dirigir la política económica y, aplicando el principio de universalidad a partir del contexto del individuo.

Este apartado teórico resume la importancia de la descentralización presupuestaria para materializar la universalidad de derechos en los niveles locales, al delegar a la autoridad municipal la gestión y la responsabilidad del gasto público pretendiendo una mayor precisión y adecuación de las políticas a las realidades y necesidades específicas de cada comunidad, la pretensión es que se genere un enfoque de gasto adecuado a las necesidades locales para garantizar derechos sociales, económicos y culturales.

Al descentralizar los recursos, se fomenta una mayor participación ciudadana y se fortalecen las capacidades locales para responder a problemas específicos, lo que implica, mejorar la gestión administrativa; supervisión y rendición de cuentas de los fondos públicos, la descentralización tendría que ir vinculada a una adecuada transferencia de recursos y de capacidades administrativas, mejorando los mecanismos de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno para contribuir al bienestar común y al desarrollo sostenible.

En ese orden de ideas, el apartado metodológico utiliza la minería de datos para identificar la política de gasto público a nivel Federal, Estatal, pero sobre todo Municipal, es decir, la descentralización presupuestaria, y con ello, la materialización de responsabilidades de gestión y gasto público a niveles locales, con el objetivo; que se materialice la universalidad de derechos desde los contextos locales.

Los resultados muestran quien ejerce la mayor y menor cantidad de gasto federalizado, en que se gasta y cuáles son las prioridades de gasto específicamente en los gobiernos municipales, y si se está transfiriendo recursos para que los gobiernos locales de manera directa lo ejerzan y con ello se deleguen responsabilidades de gestión pública, y gasto público, para revertir las desigualdades que suceden en la periferia, o en los contextos más alejados de las grandes metrópolis, en decir desde lo municipal, y se plasme una la gobernanza local, desde el apartado presupuestario.

1. La universalidad de los derechos y la obligación del Estado

En un mundo de constantes y visibles desigualdades, aparece el principio de universalidad como faro conductor de los propósitos, ejes y acciones que guían a todas las autoridades en el ámbito de sus competencias y en la búsqueda del bien común (Pampillo, 2014), es por ello, que el principio de universalidad surge al identificar necesidades del sujeto en su contexto y pretende determinar los derechos que le permitirán desarrollar elementos básicos de una vida digna, identificando las relaciones de interdependencia con otros derechos que deban atenderse (Serrano & Vázquez, 2021), lo anterior permite, generar un diagnóstico y una planificación de recursos dentro de las políticas económicas del gobierno y con ello atender estos derechos.

El principio de universalidad de derechos, se piensa como la pretensión de todo sujeto de gozar de los mismos derecho (ONU, 1948), por lo menos en lo abstracto, pero en lo concreto, lo anterior no sucede, en virtud de que existe una presencia sistemática e histórica que ha colocado a sujetos en condiciones de desigualdad manifiesta (Castro & Gómez, 2021) entonces, el principio de universalidad permite construir una igualdad en lo concreto (Serrano & Vázquez, 2021), mediante el otorgamiento de derechos sociales, económicos y culturales (ONU: Asamblea General, 1966) estos derechos, son exigidos por todos los seres humanos en cualquier contexto, llámesele Federación, Estado o Municipio.

La propuesta que describe Serrano y Vázquez (2021) consiste en pensar en el principio de universalidad desde los contextos locales, ya que los contextos de opresión se gestan en estos espacios, lo que visibiliza la diferencia entre las personas y sus contextos, lo anterior tiene sustento, ya que el principio de universalidad prende remover las brechas que históricamente han colocado a los sujetos en el centro y a otros en la periferia, con contextos de vida desiguales, pocas oportunidades y mínimos vitales diferenciados o inalcanzables (SJF, 2013, 2016a).

En México el principio de universalidad existe y está plasmado en el artículo 1° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM, 2019), artículo que refiere la obligación de toda autoridad —con

independencia de sus funciones, atribuciones, competencia y determinación geográfica— de promover, respetar, proteger y garantizar los derechos humanos de conformidad con, entre otros, el principio de universalidad.

En concordancia con lo anterior, México regula su política económica atendiendo a dos enfoques —crecimiento y desarrollo— los que se encuentran legitimados en el artículo 25 de la Constitución Política (CPEUM, 2019), artículo constitucional que regula la rectoría económica y señala:

Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.

Es decir, todas las autoridades en el ámbito de sus competencias están obligados a remover las brechas de desigualdad, para ello, se genera políticas que otorgan bienes y servicios, para mejorar la calidad de vida de los sujetos, con la pretensión de fomentar el crecimiento, pero también con el propósito de que el crecimiento sea justo, esto es, una mejor distribución del ingreso y la riqueza, atendiendo principalmente a las necesidades de los individuos en situación de vulnerabilidad, con independencia de los grupos y clases sociales (SJF, 2011, 2016b).

Para lograr lo anterior, se gesta dentro de la administración pública; políticas de gestión administrativa y políticas sociales, fiscales y económicas, entiéndase a las políticas sociales como la implementación de programas contra la pobreza, se trata de programas focalizados y programas universales. La política social supone la actuación del gobierno en materia de desarrollo, pero para ello, el gobierno es el responsable de crear las condiciones económicas —rectoría económica— para atender el combate a la pobreza de manera eficaz (Rubio-Friedberg, 2001). Y es que, la pobreza es el primer foco de desigualdad en el Estado Mexicano, entendida la desigualdad como la limitante que un Estado tiene de procurar bienestar a sus ciudadanos otorgando oportunidades de desarrollo, que a su vez depende del bajo desempeño en materia económica.

2. La formulación de la política económica

La política económica, desde un enfoque teórico, tiene como principal objetivo ser progresiva, en cuanto que su fundamento ha avanzado, al considerar inicialmente como único eje el crecimiento y transitar al desarrollo, es decir, de estar cimiento en la producción de la riqueza y el consumo, a la búsqueda del progreso económico y el desarrollo de valores colectivos (Arronte, 1969).

Celso Furtado (1999, 1954) describe a la teoría del desarrollo como ciencia económica, pedestal teleológico del cambio social, sus antecedentes se encuentran en la escuela historicista alemana, que inicia con Frederic List, Marx, Colin Clak, W. W. Rostow y Raúl Prebisch, teóricos que detallan una serie de combinaciones en los sistemas económicos, que se originan en la acumulación y terminan con el progreso tecnológico, que da como resultado, el proceso del desarrollo económico desde un análisis abstracto e histórico.

Después, Marx describe como la apropiación privada de los medios de producción genera la acumulación y la división de clases sociales, Colín Clak realiza estudios estadísticos para evidenciar que no puede haber desarrollo sin industrialización, ya que existe una elevada correlación entre la población activa y en nivel de ingreso, W. W. Rostow identifica las etapas de crecimiento y divide el crecimiento desde una cuestión geográfica conocida como centro —que produce el desarrollo tecnológico— y periferia —la mano de obra que emplea el desarrollo tecnológico— (Celso Furtado 1999, 1954). Por lo tanto, el crecimiento y el desarrollo invariablemente están ligados desde el aspecto económico, en ellos existe similitud y a la vez tienen una pretensión social diversa (Cavalcanti, 2005).

Básicamente, el desarrollo se produce mediante un aumento en la productividad, con un eje rector, la búsqueda del progreso en una expresión de valores de la colectividad, y el crecimiento, aunque también busca el progreso, dicho progreso puede ser contrario a la expresión de valores de la colectividad, el ejemplo es claro, al tener avances tecnológicos que dejen sin empleo a un conjunto de individuos (Furtado, 1984).

Se añade a este análisis el economista Raymond Barre (2007) que aborda las características del desarrollo en los países subdesarrollados y, distingue dos modalidades del desarrollo económico basado en el crecimiento espontáneo y el crecimiento planificado (2007), en donde, la diversificación de la economía no implica solo ser Estados industrializados o agrícolas, al contrario, se debe mejorar las actividades agrícolas y estas deben generar la industria necesaria para absorber al capital humano, como un círculo virtuoso, ya que el desarrollo de la agricultura es vital pues aumenta la producción alimenticia y la comercialización de la producción agrícola permite el crecimiento industrial (Barre, 2007).

En ese orden de ideas, se considera idóneo contar con políticas de desarrollo exitosas que surgen de modelos de decisión que cuentan con alto grado de racionalidad, supeditados a estructuras de largo plazo y que a su vez sean dinámicos con una sola pretensión; modificar estructuras de índole cualitativa para romper con el círculo vicioso de la pobreza, generando un impasse mediante la implantación simultánea de un conjunto de proyectos coordinados (Furtado, 1954).

Es decir, una política económica de desarrollo debe perseguir objetivos internos y externos, los objetivos internos están vinculados a la formación del capital humano y comienzan con la educación. Este desarrollo humano parte de crear una administración competente y honesta, como órgano de racionalidad que dirija el desarrollo económico y de seguridad en las transiciones de gobierno, generando condiciones favorables de crecimiento y progreso (Barre, 2007). Por su parte, los objetivos externos responden a pretensiones de comercialización internacional, y ello derivará de nueva cuenta con el tipo de economía y de competitividad con el exterior, pues también, si así se requiere, se pueden realizar alianzas regionales que provean técnicos especializados y recursos monetarios necesarios (Barre, 2007).

3. De las políticas para el desarrollo local

Para crear esta descentralización económica e incidir desde lo local, desde los años ochenta se han realizado esfuerzos y se han emitido recomendaciones por parte de organismos internacionales para transitar del concepto de gobernabilidad a gobernanza, como cambio en la estructura

jerarquizada, en donde se amplían los acuerdos de colaboración, y los espacios de diálogos y participación (Stiglitz, 2003), propiciando un cambio en la noción de igualdad, reconociendo la importancia de la comunidad, ampliando el concepto de los derechos humanos fundamentales, e identificando las responsabilidades, tanto a nivel gobierno como de la comunidad (Stiglitz, 2003), es decir, aplicando el principio de universalidad a partir del contexto del individuo.

Lo anterior implica disminuir la centralización de la autoridad y por consiguiente delegar responsabilidades de gestión pública, a niveles inferiores, propiciando la autonomía y la información sobre el ambiente social en el que se ejecutarán las actividades de desarrollo, fortaleciendo y contribuyendo a mejorar la eficiencia de las instituciones locales, generando capital social y, robusteciendo la competitividad sistémica de la región o localidad (Canto, 2008). En donde las políticas locales generen unidades de acción apropiadas mediante la elaboración de sistemas de información territorial para el desarrollo económico local, además de iniciativas territoriales para delinear una actuación inteligente en materia de desarrollo económico local (Boisier, 2004).

Especialmente, ante la presencia de desigualdad en los territorios, ya que los mismos enfrentan procesos de apertura y globalización, y existen grandes disparidades territoriales que aconsejan distintos tipos de intervención en términos de políticas públicas locales (Delfín *et al.*, 2019; Silva, 2005), además de que, las capacidades técnicas y de liderazgo de los gobiernos locales son desiguales, es por ello, que la descentralización debe necesariamente acompañar los procesos de desarrollo local y es preciso hacer esfuerzos adicionales por descentralizar también los instrumentos de fomento productivo y desarrollo empresarial (Silva, 2005), pues la administración pública es un brazo fundamental para direccionar a través de políticas públicas la calidad de vida y la situación económica de una región (Acuña, 2012; Aguilar, 2013), por lo que, es necesario una serie de políticas públicas de descentralización que promuevan el crecimiento de manera equitativa (Valles y Rionda, 2015), y para lograr una verdadera descentralización más allá de una serie buenas intenciones policitas y de reformas jurídicas, se requiere presupuesto.

4. Método de investigación

La minería de datos (MD), como metodología, tiene como objeto transformar datos, para facilitar su procesamiento y entendimiento (Riquelme *et al.*, 2006), para ello, se requiere de una gran cantidad de información (Riquelme *et al.*, 2006), con la pretensión de que los datos sean apropiados, precisos y suficientes (Sargent, 2011), es por ello, que los datos deben plantear la justificación lógica de su recolección, en este estudios los mismos son:

1. Datos públicos.
2. Datos en formato numérico y textual.
3. Datos extraídos del apartado de contratos formalizados de la plataforma de contrataciones públicas a nivel federal, comúnmente llamada Compranet.
4. Datos que reflejan las contrataciones en sus componentes de obras, servicios relacionados con las obras, adquisiciones, arrendamientos, servicios, asociaciones público-privadas y, contratos macros.
5. Datos que son capturados por la administración pública federal, estatal y municipal respectivamente.
6. Datos que reflejan los contratos formalizados con cargo a recursos federales del presupuesto de egresos de la federación.

Conseguidos los datos en una cantidad suficiente, se emplean para construir el modelo y ejecutar operaciones matemáticas con el objeto de probar la hipótesis y los supuestos subyacentes (Sargent, 2011). El modelo por analizar pretende identificar:

- El gasto público a nivel Federal, Estatal, pero sobre todo Municipal, sirve para acreditar la descentralización presupuestaria, y la transferencia de responsabilidades de gestión y ejecución a niveles locales, con el objetivo de que los mismos materialicen la universalidad de derechos desde los contextos locales.

Por ello, se formula la pregunta de investigación, objetivos e hipótesis:

- Pregunta: ¿Cómo se ha implementado en el gasto público a nivel Federal, Estatal y Municipal durante el periodo que comprende los años 2017 al 2021?
- Objetivo: Identificar cómo se ha implementado en el gasto público a nivel Federal, Estatal y Municipal durante el periodo que comprende los años 2017 al 2021 para comprobar si existe una verdadera descentralización presupuestaria, y con ello se deleguen responsabilidades de gestión pública a niveles municipales.
- Hipótesis: La universalidad de derechos debe gestionar desde los contextos locales, por lo que, la descentralización presupuestaria es un referente necesario para que los mismos puedan determinar la gama de derechos a atender desde lo local con la pretensión de revertir desigualdades.

Para realizar lo anterior, y considerando la gran cantidad de datos, la MD realiza un análisis clasificatorio, describe patrones, encuentra tendencias y/o reglas que expliquen los datos en un determinado contexto, para ello, se utiliza análisis estadístico, reglas de clasificación, árboles clasificatorios, entre otras herramientas y es que la gran cantidad de información que se concentra en bases de datos, que a su vez se desagrega en datos de texto o, numérico, son necesarios para identificar la racionalidad en la toma de decisiones.

Para encontrar patrones en grandes cantidades de datos, es necesario utilizar clasificadores para concentrar la información en un rubro o modelo que se requiere estudiar, y se aconseja crear una etiqueta para clasificar la información, esta sirve como una red en la que se construirá la línea de análisis, para que la información sea aquietada de forma adecuada, luego entonces, esta metodología se desarrolla:

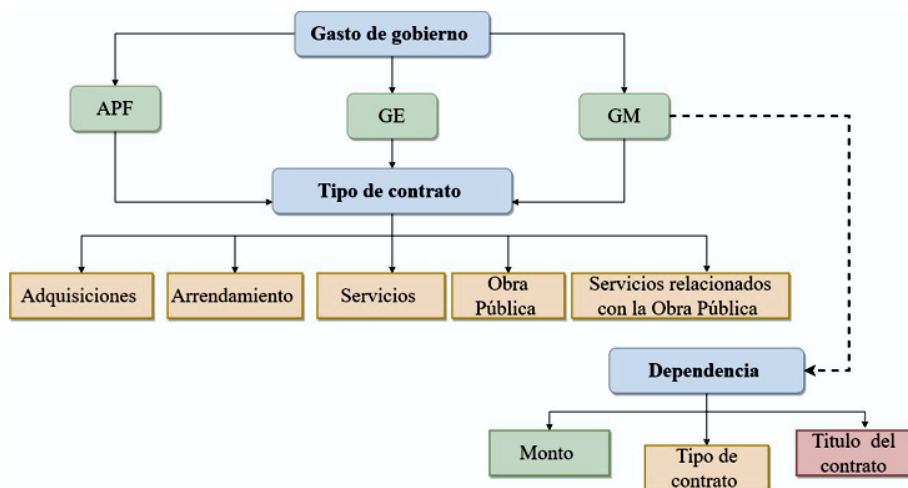
1. Identificando grandes cantidades de datos para el estudio.
2. Minando datos.
3. Clasificando los datos.
4. Etiquetando los datos.
5. Interpretando los resultados.

Donde:

1. Identificar grandes cantidades de datos para el estudio: Los datos para este estudio son públicos, y fueron recolectados de la plataforma oficial *Compranet*, específicamente del apartado de contratos, se cuenta con aproximadamente 975,230 datos relativos a compras gubernamentales realizadas por el Gobierno Federal, Estatal y Municipal en diferentes rubros —adquisiciones, arrendamientos, servicios, obra pública y servicios relacionados con la obra pública— durante el periodo del año 2017 al año 2021.

2. Minería de datos: Los datos fueron minados a una hoja de cálculo, para ser organizados en los siguientes referentes de búsqueda: Año, Gobierno, Siglas, Importe de Contrato, Moneda, Dependencia, Título de Expediente, Plantilla de Expediente, Carácter, Tipo de Contratación, Tipo de Procedimiento, Forma de Procedimiento, Título de Contrato.

3. Clasificar los datos: Una de las características de la clasificación de datos, implica concentrarnos en datos idóneos, preciso y suficiente para la investigación, ya que, al manejar una gran cantidad de datos, podrían los mismos desviar la pretensión inicial, es por ello, que, para realizar la clasificación, atendiendo al modelo, se utiliza un árbol clasificatorio que servirá para orientar el análisis de estos, la pretensión es guiar al investigador y trazar una ruta crítica de la investigación.

Ilustración 1. Árbol de clasificación de análisis de datos.

Fuente: elaboración propia.

4. Etiquetar los datos: Implica describir los elementos a estudiar, por lo tanto:

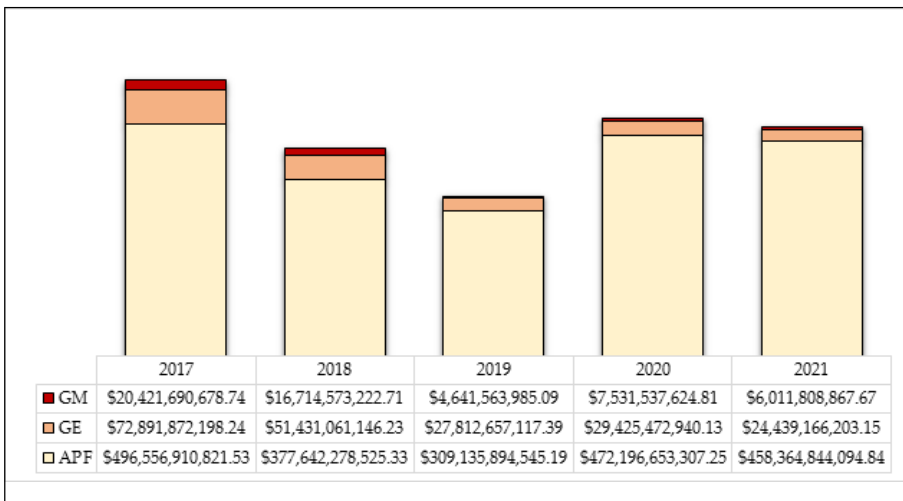
1. Gasto de gobierno: En peso mexicano durante el periodo de 6 años, es decir, del año 2017 al año 2021, con cargo a recursos federales.
2. APF: Administración Pública Federal.
3. GE: Gobierno Estatal.
4. GM: Gobierno municipal.
5. Tipo de contrato: Referente a la contratación de adquisiciones, arrendamientos, servicios, obra pública y servicios relacionados con la obra pública.
6. Dependencia: Las que se desprenden del GM.
7. Título de contrato: Los datos de compra que efectúa la Dependencia.

5. Resultados

Del monto total contratado con cargo a recursos federales y comprometido durante el periodo de estudio, es decir, del año 2017 al 2021, resulta que:

- En promedio, la Administración Pública Federal (APF) se encargó de la gestión, administración, contratación y ejecución del 89.18% del gasto comprometido.
- El Gobierno Estatal (CPEUM) del 8.56%.
- En un porcentaje mucho menor, los Gobiernos municipales (GM) con un 2.26%.

Tabla 1. Gasto de gobierno.



Fuente: elaboración propia con información de la plataforma oficial Compranet.

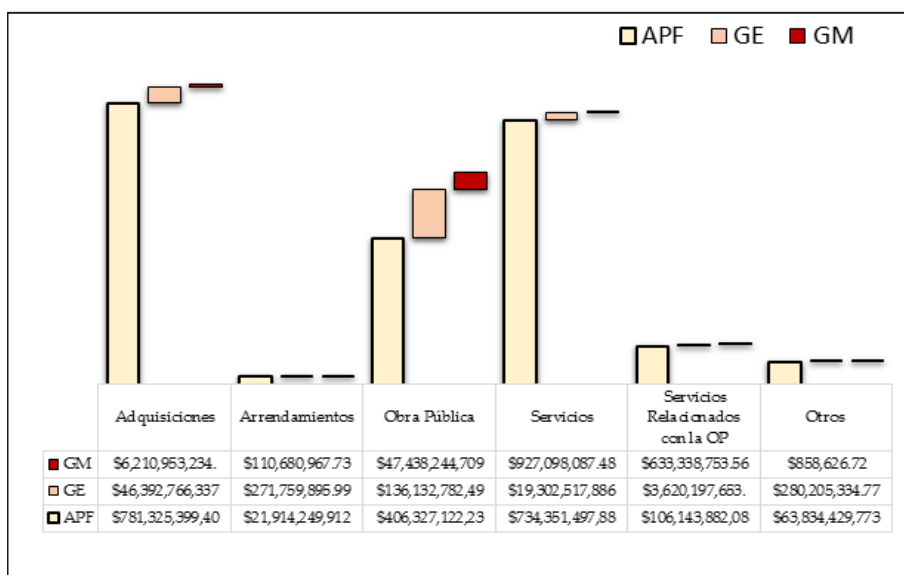
De los resultados totales se desprende que el año 2017, ha sido el año más significativo, en donde más contratos se formalizaron con cargo al presupuesto federal, al contrario que los ejercicios fiscales correspondientes a los años 2018 y 2019 en donde hay una disminución constante y, de nueva cuenta los contratos formalizados comienzan a aumentar a partir de año 2020, manteniéndose en el año 2021, ver tabla 1.

Con relación al tipo de gasto, se observa que del total comprometido:

- La Administración Pública Federal (APF) gastó un 36.96%, en el apartado de adquisiciones, un 34.74% en servicios y el tercer gasto para APF es el de obra pública, con un 19.22%.

- El gobierno Estatal (GE) reporta una lógica diferente, ya que el porcentaje comprometido más alto es en obra pública con un 66.08% le sigue, el apartado de adquisiciones con un 22.52% y su tercer gasto se identifica en el apartado de servicios con un 9.37%.
- Por último, los Gobiernos Municipales (GM), al igual que el GE, reporta el gasto en obra pública con un 85.75%, en segundo lugar, el apartado de adquisiciones con un 11.23% y el tercer gasto comprometido se encuentra en servicios con el 1.68%, ver tabla 2.

Tabla 2. Tipo de gasto.



Fuente: elaboración propia con información de la plataforma oficial Compranet.

Analizando el gasto de los gobiernos municipales, ver tabla 3, se desprende:

- El año significativo, es decir, en donde existió más descentralización de gasto, es el 2017, el año menos significativo, es el 2019.
- Los municipios de los estados de Chihuahua y Sinaloa no reportaron haber ejercido o comprometido gasto federalizado en el año 2021.

- Por su parte, los municipios de Yucatán no reportaron haber ejercido o comprometido gasto federalizado en el año 2020.
- El Estado de Tlaxcala reporta más descentralización de gasto en el año 2017, San Luis Potosí en el año 2018, el Estado de México en el año 2019, Sonora en el año 2020 y Durango en el año 2021.

Tabla 3. Monto de gasto por Dependencia Municipales.

	2017	2018	2019	2020	2021
AGS	\$ 285,457,241.14	\$ 301,183,857.88	\$ 43,767,856.75	\$ 52,450,477.22	\$ 45,829,319.03
BC	\$ 423,200,422.06	\$ 315,153,079.61	\$ 44,215,096.49	\$ 24,446,548.16	\$ 6,483,513.26
BCS	\$ 205,056,443.38	\$ 227,185,175.74	\$ 42,203,578.56	\$ 27,867,672.03	\$ 8,918,211.25
CAMP	\$ 266,809,952.42	\$ 164,731,426.84	\$ 98,867,295.36	\$ 66,796,308.30	\$ 46,623,142.58
CDMX	\$ 1,072,354,939.60	\$ 411,169,582.81	\$ 3,336,206.90	\$ 140,796,209.95	\$ 3,652,443.62
CHIH	\$ 308,748,348.09	\$ 400,452,944.37	\$ 92,244,112.72	\$ 48,073,180.34	\$ -
CHIS	\$ 151,758,562.85	\$ 99,084,455.16	\$ 140,864,222.65	\$ 41,003,378.90	\$ 15,227,112.40
COAH	\$ 212,416,818.47	\$ 118,786,639.42	\$ 157,854,695.11	\$ 84,917,038.95	\$ 70,519,634.94
COL	\$ 68,328,169.50	\$ 89,105,280.64	\$ 49,982,298.93	\$ 36,961,247.46	\$ 11,980,755.79
DGO	\$ 309,068,888.13	\$ 339,054,098.18	\$ 99,997,291.13	\$ 18,147,386.74	\$ 2,647,571,355.99
GRO	\$ 325,399,975.55	\$ 108,580,242.97	\$ 5,811,120.22	\$ 68,930,084.22	\$ 13,727,273.38
GTO	\$ 985,424,444.62	\$ 606,953,980.59	\$ 503,033,347.67	\$ 1,181,944,241.72	\$ 164,281,763.24
HGO	\$ 521,605,368.43	\$ 472,211,385.98	\$ 123,861,607.73	\$ 46,869,115.64	\$ 34,507,717.85
JAL	\$ 714,673,363.16	\$ 504,406,734.86	\$ 22,505,526.26	\$ 17,230,156.39	\$ 1,655,725.00
MEX	\$ 2,156,338,530.04	\$ 1,250,922,612.37	\$ 635,790,007.37	\$ 433,252,007.68	\$ 283,712,024.90
MICH	\$ 1,610,574,770.98	\$ 951,078,896.74	\$ 276,273,473.33	\$ 162,871,445.15	\$ 76,326,955.52
MOR	\$ 233,175,851.90	\$ 177,677,294.06	\$ 356,949.00	\$ 10,474,567.43	\$ 10,692,519.44
NAY	\$ 64,439,490.60	\$ 265,008,630.56	\$ 39,538,610.05	\$ 39,820,505.71	\$ 17,933,100.07
NL	\$ 391,603,426.33	\$ 368,376,945.24	\$ 99,396,711.00	\$ 59,746,433.93	\$ 29,269,099.87
OAX	\$ 324,944,851.79	\$ 386,690,477.22	\$ 161,879,724.02	\$ 149,363,692.44	\$ 97,999,230.76
PUE	\$ 1,827,330,141.60	\$ 1,796,574,117.57	\$ 283,566,321.86	\$ 110,200,715.88	\$ 50,103,100.07
Q ROO	\$ 341,439,192.76	\$ 1,085,251,953.26	\$ 63,508,082.68	\$ 29,488,512.26	\$ 27,430,724.67
QRO	\$ 362,999,837.02	\$ 161,240,446.74	\$ 50,889,249.77	\$ 53,022,279.37	\$ -
SIN	\$ 343,106,227.44	\$ 274,335,588.73	\$ 95,450,809.50	\$ 85,473,329.66	\$ 1,345,773,378.53
SLP	\$ 262,049,703.59	\$ 2,028,834,168.91	\$ 113,753,992.01	\$ 90,565,236.45	\$ 77,553,290.92
SON	\$ 272,723,292.07	\$ 207,941,024.00	\$ 96,438,550.89	\$ 3,453,517,841.99	\$ 78,412,398.05
TAB	\$ 1,173,101,088.27	\$ 656,761,758.83	\$ 301,801,224.42	\$ 188,611,202.74	\$ 142,444,839.93
TAMPS	\$ 722,474,288.24	\$ 613,658,933.41	\$ 267,381,906.69	\$ 319,355,503.12	\$ 316,397,901.74
TLAX	\$ 2,275,465,993.79	\$ 224,526,711.71	\$ 18,897,970.79	\$ 11,342,894.00	\$ 11,314,230.23
VER	\$ 656,470,912.86	\$ 899,577,381.28	\$ 517,449,810.44	\$ 429,652,702.06	\$ 314,262,819.98
YUC	\$ 372,527,580.23	\$ 92,220,799.82	\$ 26,939,235.42	\$ -	\$ 43,240,988.04
ZAC	\$ 1,180,625,561.85	\$ 1,115,266,597.21	\$ 163,707,099.37	\$ 48,345,708.92	\$ 17,964,296.62
Total	\$ 20,421,690,678.74	\$ 16,714,573,222.71	\$ 4,641,563,985.09	\$ 7,531,537,624.81	\$ 6,011,808,867.67

Fuente: elaboración propia con información de la plataforma oficial Compranet.

Coincidentemente con los municipios que reporta más descentralización de gasto, ver tabla 3, se identifican los montos contractuales más altos en obra pública:

- La Presidencia Municipal de Yauhquemehcan, en Tlaxcala, contrato la construcción de pavimento de adocreto, por la cantidad de \$1,452,587,938.37 MXN.
- La Presidencia Municipal de Tampamolón Corona, en San Luis Potosí, en el año 2018, contrato la pavimentación con concreto hidráulico en calle Sor Juan Inés de la Cruz, por la cantidad de \$1,705,172,065.00 MXN.
- El Gobierno Municipal del Estado de Sonora, en el año 2020, contrato reposición de 650 ml de emisor a base de tubería de PVC por la cantidad de \$3,368,607,000.00 MXN.
- El Gobierno Municipal del Estado de Durango, en el año 2021, gestión un recurso para la sustitución de red de distribución de agua potable Huizache, por la cantidad de \$2,603,979,023.00 MXN.
- Respecto del tipo de gasto, de los años 2017 y 2018, resulta el gasto más diversificado, en virtud de que:
 - o En el año 2017 el recurso se vio comprometido en un 2.2% en Organismos municipales de Agua Potable y Alcantarillado, un 5.3 a nivel alcaldía —Ciudad de México— y un 92.5 a nivel presidencia municipal.
 - o En el año 2018 el recurso se vio comprometido en un 1.7% en los Organismos Municipales de Agua Potable y Alcantarillado, un 2.5% a nivel alcaldía —Ciudad de México— y un 92.7% a nivel presidencia municipal, en un .01% en Saneamiento y Protección del medio ambiente respectivamente.
- Para los años 2019, 2020 y 2021 todo el recurso fue a nivel presidencia municipal. Con relación al análisis de tipo de contrato, en donde se describen los elementos más sobresalientes de la contratación en el periodo de estudio, los elementos coincidentes son:
 - o Pavimento, repavimento y, bacheo en calles y vialidades en sus componentes de obras, adquisiciones, servicios reporta un 25.9% del gasto.

- o Educación, en donde se identificó, las construcciones de salones y aulas, reporta un gasto de 2.9%.
- o Agua en su componente de pozos, alcantarillado, cisternas y drenajes, reporta un gasto de 30%.
- o Salud, en su apartado de centros de salud, compra de medicina, gasto en hospitales, reporta un gasto de 0.2%.
- o Centro deportivo, en donde se consideran albercas, canchas de béisbol, de atletismo, juegos recreativos, parques, reporta un gasto de 5.8%.
- o Seguridad, con relación a la compra de chalecos antibalas, patrullas, y acciones para eliminar o concientizar sobre la violencia, en su modalidad de cursos o talleres, reporta un gasto de 5.5%.
- o Luminarias, red eléctrica, reporta un gasto de 1.9%.
- o Gasto en Mercados, reporta un gasto de 0.8%.
- o Gasto en Panteones, reporta un gasto de 0.3%.
- o Otros, en un 26.9%.

De donde se desprende que los gobiernos municipales tienen un profundo interés en invertir en acciones que mejoren las vialidades y la entrega de servicios de en el rubro de agua, y alcantarillado.

6. Hallazgos

Uno de los principales hallazgos es cuando se compara el tipo de gasto a nivel federal por proyecto de inversión, con el gasto total durante el periodo de estudio a nivel municipal, especialmente, respecto a monto y fin del gasto:

- Adquisición de material rodante y sistemas ferroviarios para el Tren Maya, licitado en el año 2021, por el APE, específicamente por Fondo Nacional de Fomento al Turismo —FONATUR— por la cantidad de \$31,520,457,949.24 MXN.
- Proyecto integral de obra pública a precio mixto que incluye la elaboración del proyecto ejecutivo, suministro de materiales, adecuaciones carreteras y construcción de plataforma y vía del Tren

Maya correspondiente al tramo Izamal, licitado en el año 2021, por el APF, específicamente por FONATUR, contratado por la cantidad de \$25,849,460,178.20 MXN.

Ya que la suma de los dos proyectos gestionados, administrados y ejecutados por la APF, es 4% más alta que el gasto federalizado gestionado, administrado y ejecutado por los municipios en el periodo de estudio. Un segundo hallazgo se identifica en las medidas regresivas relativas a la descentralización del gasto, ya que, del gasto total estudiado a nivel municipal ha disminuido proporcionalmente, lo que implica que las capacidades de actuación de los gobiernos locales se ven significativamente mermadas, ya que reducir los recursos asignados limita la habilidad de los municipios para implementar políticas efectivas que respondan a las necesidades específicas de sus comunidades.

En consecuencia, puede haber un impacto negativo en la calidad y el alcance de los servicios públicos locales, como educación, salud, infraestructura y seguridad, fundamentales para garantizar el ejercicio de los derechos universales, además y considerando la teoría, esta situación puede exacerbar las desigualdades regionales, ya que los municipios con menos recursos propios dependen más de las transferencias federales y estatales.

Por lo que, es crucial, revisar y ajustar las políticas de descentralización fiscal para asegurar que la redistribución de los recursos no solo sea equitativa sino también suficiente para que todos los niveles de gobierno puedan cumplir efectivamente con sus responsabilidades en la promoción y protección de los derechos fundamentales de los ciudadanos.

Conclusiones

De la investigación resultó que el Gobierno Federal mantiene centralizado el presupuesto, eliminando la posibilidad de una verdadera descentralización del gasto a nivel Estatal y Municipal, especialmente porque el mismo se ha reducido desde el año 2017 al 2021, por lo tanto, no se puede afirmar que del gasto federalizado se materialice una verdadera descentralización

presupuestaria, ya que no se están transfiriendo recursos para que los gobiernos locales de manera directa lo ejerzan y con ello se deleguen responsabilidades de gestión pública, y gasto público a niveles municipales.

Además de que, al identificar el monto contractual comprometido por nivel de gobierno, y el tipo de contratación —adquisiciones, arrendamientos, servicios, obra pública y servicios relacionados con la obra pública— resultó que los gobiernos estatales y municipales tienen una inclinación mayor a invertir en obra pública que el gobierno federal, el cual direcciona su contratación en mayor proporción al apartado de adquisiciones. También se identificó que los gobiernos municipales han contratado en mayor medida acciones concernientes a mejorar las vialidades y servicio de agua y alcantarillado, como una respuesta a las necesidades básicas y urgentes de la población local, mejorando las vialidades y los servicios de agua y alcantarillado que son elementos fundamentales para garantizar una calidad de vida adecuada y son indicativos de un enfoque en infraestructura crítica que apoya tanto el bienestar cotidiano de los ciudadanos como el desarrollo económico a largo plazo.

Respecto de la hipótesis planteada, la que afirmaba que la universalidad de derechos se debe gestionar desde los contextos locales, por lo que, la descentralización presupuestaria es un referente necesario para que los mismos puedan determinar la gama de derechos a atender desde lo local con la pretensión de revertir desigualdades, en el caso de estudio, la misma no pudo ser comprobada, en virtud de que para revertir las desigualdades que suceden en la periferia, o en los contextos más alejados de las grandes metrópolis, en decir desde lo municipal, la gobernanza local, requiere de presupuesto público, para invertir y contratar bienes y servicios o ejecutar obra específica que requiere los sujetos que viven en lo local, y sin recurso suficiente direccionado específicamente a dichas necesidades las desigualdades no pueden ser revertidas.

Con relación a la contribución práctica de esta investigación, resalta el uso una gran cantidad de datos extraídos de plataformas públicas, y el uso de la minería de datos como metodología que permite clasificar la gran cantidad de datos en patrones para poder extraer una gama específica de resultados y poder delimitar la investigación. En lo que respecta a la

contribución teórica, resaltamos el principio de proporcionalidad de derechos gestionado y administrado desde los contextos locales, como un elemento de la gobernanza y buen gobierno, necesario para revertir las brechas de desigualdad que se gestan en la periferia.

Por último, con relación a las limitaciones de la investigación de investigación, se plantea la necesidad de utilizar nuevos programas de análisis de datos para identificar patrones, como Power Bi, respecto de futuras líneas se plantea la necesidad de estudiar las buenas prácticas de los procesos administrativos en la contratación de los recursos en los tres niveles de gobierno descritos con anterioridad.

Referencias

- Acuña, J. (2012). *Justicia constitucional y políticas públicas sociales/ : el control de las políticas públicas sociales a partir de la articulación jurisdiccional de los derechos sociales fundamentales*. Universidad Panamericana, Porrúa (ed.); 1a ed.
- Adedoyin, O., & Soykan, E. (2020). "Covid-19 pandemic and online learning: the challenges and opportunities". In *Interactive Learning Environments*. Routledge.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1813180>
- Aguilar, L. (2013). *El estudio de las políticas públicas*. Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Arronte, R. (1969). "Celso Furtado. Teoría y política del desarrollo económico. México/ : Siglo XXI Editores, 1968. 318 p". *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 3, núm. 01, 104-106.
<https://doi.org/10.24201/EDU.V3I01.103>
- Barre, R. (2007). *El Desarrollo económico* (Decimonovena). Fondo de Cultura Económica.
- Boisier, S. (2004). "Desarrollo territorial y descentralización: El desarrollo en el lugar y en las manos de la gente". *EURE (Santiago)*, vol. 30, núm. 90, 27-40.
<https://doi.org/10.4067/S0250-71612004009000003>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2019). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* [Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión].
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_201219.pdf

- Canto, M. (2008). "Gobernanza y participación ciudadana en las políticas públicas frente al reto del desarrollo". *Política y Cultura*, núm. 30, 9–37. <http://www.clad.org.ve/rev07/0028504.pdf>.
- Castro, E., & Gómez, R. (2021). "El contexto de las políticas públicas en materia de Derechos Fundamentales". *Cimexus*, vol. XVI, núm. 1, 33–52. <https://doi.org/10.33110/cimexus160102>
- Cavalcanti, C. (2005). "Celso Furtado y el subdesarrollo". *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, vol. 11, núms. 1, 13–20. <https://www.redalyc.org/pdf/177/17711102.pdf>
- CEPAL. (2020). *Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19*. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/45938>
- Compranet. (n.d.). Retrieved January 25, 2020. <https://compranet.hacienda.gob.mx/web/login.html>
- Coria, E., & Gómez, R. (2022). "Conectividad en la educación superior, desde la perspectiva de igualdad. El caso de las Universidades en México durante la pandemia de COVID-19", *Revista Latinoamericana de Derechos Humanos*, vol. 33, núm. 1, 135–154. <https://doi.org/10.15359/rldh.33-1.8>
- Delfín, O., Hernández, P., Navarro, J., González, J., Ayvar, F., Aguirre, M., García, S., Ortiz, C., Licona, Á., Santamaría, J., Leco, C., Aguirre, J., Zamora, A., Torres, C., Mercadillo, M., Gómez, R., Herrera, H., Colín, R., & Arias, D. (2019). *Políticas Públicas, economía y gobierno*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Editorial).
- Furtado, C. (1954). "La teoría del desarrollo en la evolución de la ciencia económica". *El Trimestre Económico*, vol. 21, núm. 83, 241–264. <https://www.jstor.org/stable/20855366>
- Furtado, C. (1984). "El desarrollo como proceso endógeno". *Cultura e Desenvolvimento Em Época de Crise*, Editora Paz e Terra, Rio de Janeiro, 105–124. <http://revistas.unam.mx/index.php/ROF/article/view/23118>
- Furtado, C. (1999). *Teoría y política del desarrollo económico*. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7Rpewr-CLu8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=El+proceso+de+desarrollo+\(Celso+Furtado\)&ots=j5OzBSIMSn&sig=7QflpQ6x0nIM2tNyDHPgloRIxeU](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7Rpewr-CLu8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=El+proceso+de+desarrollo+(Celso+Furtado)&ots=j5OzBSIMSn&sig=7QflpQ6x0nIM2tNyDHPgloRIxeU)
- Gaspar, V., Lam, W., & Raissi, M. (2020). *Políticas fiscales para contener el daño de la COVID-19*. Dialogo a Fondo. <https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=13222>
- Mejías, V., & Badilla, E. (2022). "Educación a distancia: discriminación en el acceso a Internet y la tecnología de estudiantes de I y II ciclos de la educación general

- básica”. *Revista Latinoamericana de Derechos Humanos*, vol. 33, núm. 1, 71–84.
<https://doi.org/10.15359/rldh.33-1.4>
- Morduchowicz, A., & García, V. (2021). *El impacto de la pandemia COVID-19: sus consecuencias educativas y laborales en el largo plazo*. Publications.
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-impacto-de-la-pandemia-COVID-19-sus-consecuencias-educativas-y-laborales-en-el-largo-plazo.pdf>
- OMS. (2021). *Manejo clínico de la COVID-19: orientaciones provisionales*.
- ONU: Asamblea General. (1966). *Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Adoptado y abierto a la firma, ratificación y adhesión por la Asamblea General en su resolución 2200 A (XXI), de 16 de diciembre de 1966*.
<https://www.ohchr.org/sp/professionalinterest/pages/cescr.aspx>
- ONU (1948, December 10). *La Declaración Universal de Derechos Humanos* | Naciones Unidas. Asamblea General de Las Naciones Unidas.
<https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/>
- Pampillo, J. (2014). Los conceptos de orden público, bien común, interés público, interés social, utilidad pública, beneficio social e interés general. Aproximaciones teórico-prácticas en el Derecho Mexicano. *Iuris Tantum*, VLEX 589183990, vol. 25, 109–121.
<https://doctrina.vlex.com.mx/vid/conceptos-orden-publico-bien-589183990>
- Riquelme, J., Ruiz, R., & Gilbert, K. (2006). “Minería de Datos: Conceptos y Tendencias”. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, vol. 29.
<http://www.aepia.org>
- Rubio-Friedberg, L. (2001). *Políticas económicas del México contemporáneo*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes .
- Rumbley, L. (2020). *Coping with COVID-19: International higher education in Europe*.
- Sargent, R. (2011). “Verification and validation of simulation models”. *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference* S. Jain, R.R. Creasey, J. Himmelspach, K.P. White, and M. Fu, Eds.
- Serrano, S., & Vázquez, D. (2021). *Los derechos en acción: obligaciones y principios de derechos humanos* (2a ed.). FLACSO.
- Silva, I. (2005). “Desarrollo económico local y competitividad territorial en América Latina”. *Revista de la CEPAL*, vol. 85, 1, 81-100.
- SJF. (2011). *Tesis 160890, P. LXIII/2011 (9a.)* [Gaceta del Semanario Judicial de la Federación].
<https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/160890>
- SJF. (2013). *Tesis 2002743, I.4o.A.12 K (10a.)* [Gaceta del Semanario Judicial de la Federación].
<https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/2002743>

- SJF. (2016a). *Tesis 2011316, I.9o.A.1 CS (10a.)* [Gaceta del Semanario Judicial de la Federación].
<https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/2011316>
- SJF. (2016b). *Tesis 2011715, I.1o.A.E.144 A (10a.), Libro 30, Mayo de 2016* [Gaceta del Semanario Judicial de la Federación].
<https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/2011715>
- Stiglitz, J. (2003). “El rumbo de las reformas. Hacia una nueva agenda para América Latina”. *Revista de la CEPAL*, vol. 80, 4-40.
- Valles, F., & Rionda, J. (2015). “El papel del Estado en la consolidación del Desarrollo Económico Regional en México”. *Verano de La Investigación Científica*, vol. 1 núm. 2, 741–746.
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/413/pdf1>

PARTE III

FUENTES DE ENERGÍA, ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE

**ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE CONCENTRACIÓN:
PERSPECTIVAS PARA LA SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA
DEL SECTOR INDUSTRIAL EN MÉXICO***

*Yeshúa Martín Juárez-Martínez***

*Zaira Alondra Monroy-Garduño****

*Ana Gabriela Rincón-Rubio*****

Introducción

El modelo económico actual requiere de un alto consumo de energía, que además es predominantemente fósil, ya que la matriz energética global está sustentada por petróleo, carbón y gas natural (Martínez-Alier en Trillas, 2022). Una de las principales consecuencias de este modelo económico y energético es el calentamiento global, pues el uso intensivo de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Vanderheiden, 2008). Aunque los efectos del modelo fósil comenzaron a evidenciarse tras la Revolución Industrial, en la actualidad su impacto resulta innegable. Ante esta crisis, la transición hacia un modelo energético más justo, seguro y eficiente, enfocado en fuentes renovables, no es solo una alternativa, sino una necesidad inaplazable (Holm & Arch, 2005).

* Agradecemos al Dr. Eduardo Rincón Mejía por su asesoría para la realización de esta investigación.

** Licenciado en Ingeniería en Sistemas Energéticos Sustentables. Facultad de Ingeniería (FI), Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). yemajuma1@gmail.com

*** Licenciada en Ingeniería en Sistemas Energéticos Sustentables. FI, UAEM:
zmonroygarduno@gmail.com

**** Doctora en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Profesora e Investigadora en el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México.

ana.rincon@sociales.unam.mx

La transición energética implica la sustitución progresiva y ordenada¹ de los combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, pero no se reduce a una mera transformación tecnológica; requiere un enfoque de justicia energética que articule la sostenibilidad ambiental con la equidad social. Sin este enfoque crítico, la transición podría reproducir las desigualdades existentes y perpetuar la exclusión de sectores marginados en la gestión y aprovechamiento de la energía.

En este contexto, México enfrenta una disyuntiva crucial: de acuerdo con el Balance Nacional de Energía 2023 (SENER; 2024), las energías renovables representan apenas el 13.97% del total, de las cuales la energía solar contribuye con solo un 2.79%, lo que revela tanto una limitación estructural como una oportunidad de cambio. Esta baja participación subraya la necesidad de impulsar un cambio de modelo socioenergético, mediante una mayor utilización y aplicación de las energías renovables, principalmente la solar, debido a su disponibilidad a lo largo del territorio mexicano (Rincón, 1999).

Una de las formas de aprovechamiento solar más sostenibles por sus menores requerimientos materiales y minerales es la energía solar térmica de concentración (CST por sus siglas en inglés). Esta tecnología permite la generación de calor a altas temperaturas mediante la concentración de radiación solar, ofreciendo una alternativa a las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles (Roa, 2018). Sin embargo, su uso actual es sumamente marginal en México y el mundo.

En efecto, si bien en los últimos años la adopción de tecnologías solares ha tenido un crecimiento notable, este incremento se ha centrado predominantemente en sistemas fotovoltaicos (SENER, 2024), dejando en segundo plano el desarrollo y la implementación de soluciones térmicas. Esta tendencia ha generado una brecha significativa en la disponibilidad de información sobre el aprovechamiento de la energía solar térmica, lo que dificulta el dimensionamiento preciso de su potencial y su integración efectiva en políticas energéticas. La falta de estudios detallados sobre su desempeño, eficiencia y viabilidad en distintos sectores productivos restringe

¹ Históricamente ya se ha pasado por otras transiciones, como la de la madera al carbón y después al petróleo, lo que evidencia que una transición de energía es posible.

su difusión y limita el reconocimiento de sus beneficios en términos de sostenibilidad y reducción de emisiones.

Ahora bien, el industrial es uno de los sectores con mayor consumo energético (SENER, 2023) y responsable de gran parte de las emisiones de GEI en México, al generar 714 millones de toneladas CO₂ al año (Lara et al., 2024). Su alta dependencia de combustibles fósiles genera desafíos significativos en términos de sostenibilidad. De ahí que, desde una perspectiva de la economía ecológica crítica, resulta imprescindible que este sector asuma una responsabilidad activa en la transformación de sus procesos productivos, promoviendo estrategias que reduzcan su huella ecológica. Por lo tanto, la incorporación de la energía solar térmica de concentración en el sector industrial se plantea como una alternativa para sustituir parcialmente las fuentes fósiles, impulsando una transición hacia un modelo energético más sostenible y justo.

En este escenario y buscando aportar elementos para avanzar hacia transiciones energéticas justas, es fundamental fortalecer la generación de conocimiento en torno a la energía solar térmica. Este capítulo tiene el objetivo de calcular y analizar el potencial aproximado de la energía solar térmica de concentración (CST) en el sector industrial, dentro de la transición energética de México. La intención de realizar de este cálculo y evaluación no se enmarca en una visión excesivamente tecno optimista, ni desconoce los posibles impactos negativos de las tecnologías renovables. Más bien, es un esfuerzo por construir un punto de partida para evaluar las posibilidades de una estrategia energética que ha sido marginada, pero que al ser una tecnología renovable de baja entropía, puede representar una alternativa para enfrentar las injusticias energéticas y climáticas.

Se tiene claro que la implementación de la CST no puede evaluarse únicamente desde su rentabilidad, ni por su capacidad para reducir emisiones. Futuras investigaciones podrían enfocarse en mapear las áreas con mayor sensibilidad socioambiental, identificando regiones y sectores donde su implementación podría generar conflictos. Además, sería crucial analizar modelos alternativos de gestión, como proyectos comunitarios o cooperativos, que permitan a las poblaciones locales ser dueñas de los medios de producción energética y no solo receptores pasivos de sus impactos. Por

ahora, este estudio está delimitado a un análisis teórico y uno técnico del potencial de esta tecnología para contribuir a la construcción de una posible agenda de investigación sobre concentración solar en el país.

El manuscrito está organizado de la siguiente manera. En la primera parte, se examina el conocimiento sobre la CST en México, el estado actual de la matriz energética de ese país y el vínculo entre la energía solar y la transición hacia un modelo socioecológico más sustentable. La segunda sección detalla la metodología empleada para evaluar el potencial de la CST en el sector industrial. Posteriormente, se analiza la viabilidad de su implementación en distintas industrias, su impacto en la reducción de emisiones y su contribución a la eficiencia energética. Finalmente, se presentan conclusiones y recomendaciones para fomentar el desarrollo de la CST como una herramienta clave en la sustentabilidad del México del siglo XXI.

1. La Energía Solar Térmica de Concentración en México

1.1. La energía solar en México

La energía solar es un recurso energético permanente y abundante que se manifiesta en formas directas (radiación) e indirectas (procesos atmosféricos como el ciclo hidrológico), constituyendo una fuente clave para la sustentabilidad. A escala global, la Tierra recibe un flujo solar 5,000 veces superior al conjunto de otras fuentes energéticas. Sin embargo, solo el 23% de esta radiación impulsa procesos bióticos y climáticos, mientras que el 47% se disipa como calor y el 30% se refleja al espacio (Goswami, 2015).

México posee condiciones geográficas excepcionales para su aprovechamiento, toda vez que el 75% de su territorio recibe una irradiación global media diaria de 5.5 kWh/m², que alcanza picos de 7 kWh/m² en zonas como el Golfo de California, superando a países líderes en el sector solar, como Alemania o España, donde los valores oscilan entre 2 y 3 kWh/m² (Acosta-Peach et al., 2017). Esta capacidad sitúa al país como un actor estratégico, ya que su potencial solar podría cubrir la demanda energética proyectada para fines del siglo XXI (Rincón, 1999).

Para ello, existen dos vertientes tecnológicas principales: la energía solar fotovoltaica, que transforma la radiación en electricidad, y la energía solar térmica, orientada a la generación de calor para procesos industriales o domésticos (González & Rincón, 2017). La combinación de ambas permitiría reducir la dependencia de combustibles fósiles y diversificar la matriz energética nacional, posicionando a México como referente regional en innovación sustentable. No obstante, este potencial requiere políticas que prioricen su integración equitativa, especialmente en regiones con alta radiación solar pero empobrecidas.

1.2. Concentración solar: fundamentos y desarrollo histórico

La concentración solar emplea sistemas ópticos (espejos o lentes) para redirigir y focalizar la radiación solar hacia un receptor, incrementando la densidad energética por unidad de área.² Este flujo concentrado se transforma en calor, útil para procesos industriales o generación eléctrica (Kalogirou, 2009; LACYQS, 2015). A diferencia de los colectores no concentradores, los sistemas de concentración solar térmica (CSP) permiten alcanzar altas temperaturas al reducir pérdidas térmicas mediante ópticas especializadas (González & Rincón, 2017).

Los primeros registros del uso de energía solar concentrada se remontan al siglo XVIII, con experimentos como los de Lavoisier y Priestley (1774), quienes emplearon lentes para descomponer óxido de mercurio. En el siglo XIX, hitos como la máquina de vapor solar sentaron bases tecnológicas. Posteriormente, a principios del siglo XX, Shuman desarrolló bombas hidráulicas solares, utilizando canales parabólicos primitivos (Daniels, 1974). Tras un estancamiento entre 1915 y 1950, el interés resurgió tras la crisis del petróleo de 1973, impulsando varios proyectos de este tipo (Goswami, 2015). Hoy, los sistemas de concentración solar térmica se clasifican en cuatro tipos principales: a) concentradores cilindro-parabólicos; b) reflectores Fresnel lineales; c) torres de receptor central; y, d) discos parabólicos (Goswami, 2015).

² Un concentrador solar es un dispositivo que permite recolectar el flujo de energía solar sobre un área de captación o apertura concentrándose en otra superficie de menor tamaño, llamada absorbedor, receptor o salida (González & Rincón, 2017).

1.3. Estado actual de la investigación sobre CST en México

El desarrollo e implementación práctica de la energía térmica de concentración en México aún es incipiente (SENER, 2024). Este fenómeno no es exclusivo de México, ya que en otros países los resultados sobre la eficiencia a largo plazo de la CST siguen siendo escasos o inconclusos hasta la fecha. No obstante, algunos estudios evidencian su potencial.

Por ejemplo, para Ramírez (2010), los procesos industriales que más se benefician de esta tecnología son aquellos que operan en rangos de temperaturas medias y altas, lo que permitiría sustituir gradualmente procesos energéticamente intensivos y mejorar la competitividad de la concentración solar. El autor estima que si esta tecnología es completamente aprovechada, podría reducir hasta un 90% de las emisiones de CO₂, generadas por el uso de combustibles fósiles.

Otro aspecto relevante en la implementación de CST es su impacto en la generación de empleo. Se calcula la creación de aproximadamente 50,000 puestos de trabajo directos e indirectos en el país, principalmente en actividades de manufactura, instalación y mantenimiento de los equipos, beneficiando tanto a zonas urbanas como rurales (González et al., 2013).

Un análisis nacional realizado por Ramos et al. (2014) identificó a las industrias textil y térmica como actores centrales en la adopción de esta tecnología. Esta investigación subrayó oportunidades significativas para sustituir fuentes convencionales. Sin embargo, para los autores, la viabilidad de la CST se ve limitada por los elevados costos de implementación, un obstáculo que podría superarse mediante esquemas de financiamiento y un marco normativo que priorice las energías renovables.

Por su parte, Cetina-Quiñones et al. (2022) propusieron una metodología integral (4E: energía, exergía, económico y ambiental) para evaluar cuatro métodos pasivos de transferencia de calor en captadores solares aplicados a la industria láctea. Su enfoque multiparamétrico reveló escenarios óptimos que difieren de los resultados de análisis técnicos tradicionales, destacando la necesidad de integrar criterios económicos y ambientales en la toma de decisiones. Este modelo, replicable en otros sectores, ofrece una base científica para diseñar políticas públicas que fomenten este tipo de soluciones.

En paralelo, los esfuerzos en el sector agroalimentario demuestran las ventajas operativas y ambientales de la CST. Best et al. (2013) documentaron el uso exitoso de concentradores solares que lograron un ahorro del 19% en el consumo eléctrico destinado al enfriamiento. Pese a los altos costos iniciales, que aún limitan su adopción masiva, se proyecta que estos sistemas ganarán rentabilidad ante el incremento progresivo de las tarifas de electricidad y gas.

De acuerdo con Masera (2020), para garantizar una adopción masiva de la concentración solar, se requieren mayores avances en políticas públicas, incentivos fiscales y programas de investigación, como la ley de transición energética que establece medidas para impulsar el aprovechamiento de recursos renovables y la sustitución de combustibles fósiles. En este sentido, la inversión en el desarrollo de tecnologías que aumenten la eficiencia y reduzcan los costos de los sistemas de concentración solar es fundamental para su escalabilidad y viabilidad a largo plazo. En otro orden de ideas, Lara et al. (2016) argumentan que la variabilidad en la irradiación solar a lo largo del territorio nacional es un factor clave para determinar los costos nivelados de energía de los sistemas de concentración solar, lo que influye en su competitividad con respecto a los sistemas convencionales.

En conjunto, los estudios anteriores subrayan tres aspectos fundamentales: a) la transición hacia la sustentabilidad en México requiere no solo de tecnologías viables, sino de un ecosistema institucional que las impulse; b) la sinergia entre innovación tecnológica, estrategias económicas y regulación proactiva, podrían catalizar el escalamiento de la CST en México; c) los sectores industriales emergen como espacios prioritarios por su demanda térmica.

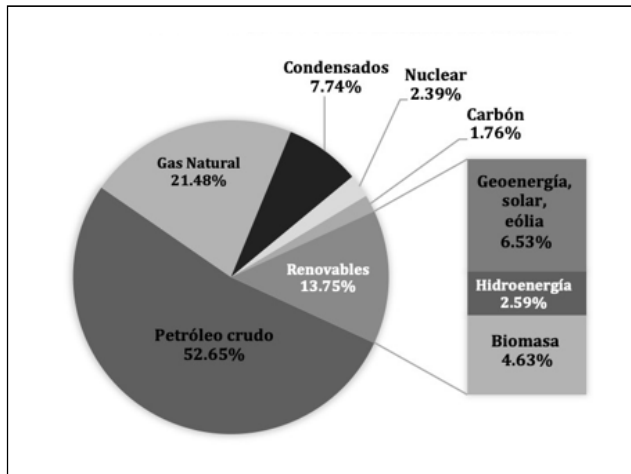
Estos trabajos han contribuido al estudio de la energía solar térmica de concentración en zonas industriales de México, aunque la mayoría se centran en regiones específicas, por lo que es fundamental llenar los vacíos de análisis a nivel nacional para obtener una visión integral del potencial de esta tecnología en el país. Además, si bien se han desarrollado modelos para evaluar el uso de la CST en sectores industriales específicos, estos modelos no han sido actualizados ni adaptados a nuevas tecnologías. Esto deja un vacío en la investigación sobre sistemas más modernos y eficientes.

2. Escenario actual de la energía en México

2.1 Estado actual de la matriz energética mexicana

El Balance Nacional de Energía, que refleja la proporción de las fuentes utilizadas para cubrir la demanda energética del país, evidencia una persistente dependencia de los combustibles fósiles. El petróleo representó el 52.65%, seguido del gas natural (21.48%), mientras las renovables apenas contribuyeron con el 13.97% (SENER, 2024) (ver Gráfica 1). Estos datos demuestran el limitado avance de la diversificación de la matriz energética, pese a los compromisos climáticos y la disponibilidad del recurso solar y otras fuentes renovables.

Gráfica 1. Estructura de la producción de energía primaria en 2023.



Fuente: Secretaría de Energía [SENER] (2024).

2.2 Consumo energético del sector industrial mexicano

El sector industrial mexicano registró un consumo energético total de 1,238.96 PJ en 2023 (SENER, 2024). La matriz energética en este sector se compone principalmente de fuentes fósiles, mientras las renovables —como la solar— apenas representan el 0.12%. Aunque estos datos ofrecen una

panorámica, persisten vacíos en la desagregación por subsectores, limitando el análisis detallado de aplicaciones específicas y el potencial de innovación tecnológica. De igual forma, el calor industrial, esencial en procesos como producción química, alimentaria, papelera y textil, aplicado en hornos, calderas, secado y esterilización, se genera mayoritariamente mediante combustibles fósiles, biomasa o electricidad (Abarca, 2020).

2.3. Economía Ecológica Crítica y Energía Solar Térmica de Concentración en México

La economía ecológica cuestiona la sostenibilidad del actual modelo energético basado en combustibles fósiles al evidenciar las desigualdades socioambientales derivadas de la expansión capitalista (Martínez-Alier, en Trillas, 2022). Especialmente desde su enfoque más crítico, la economía ecológica enfatiza que la transición energética no puede reducirse a una mera sustitución tecnológica, sino que debe considerar los efectos distributivos del cambio de matriz energética. En este sentido, el desarrollo de la CST requiere desafiar la concentración del poder en el sector energético y fomentar modelos descentralizados que favorezcan a comunidades locales. Además, se deben contemplar los impactos de la minería de materiales requeridos para la infraestructura solar y su relación con conflictos ecológicos en los territorios de extracción.

Desde este enfoque teórico, es fundamental preguntarse quiénes serán los afectados y beneficiados por esta tecnología. A nivel global, más del 20% de los conflictos vinculados a energías renovables están relacionados con disputas por el acceso a la tierra y el agua (López & López, 2020). En el caso mexicano, donde el 52% del territorio es propiedad social (ejidos y comunidades), la CST podría enfrentar tensiones similares si se impone bajo un modelo centralizado y corporativo. Por ejemplo, en Sonora, estado con uno de los mayores potenciales solares del país, ya existen conflictos por la minería de cobre y litio, actividades que compiten con la agricultura y los usos tradicionales del suelo (Lugo & Lara, 2022).

Históricamente, los proyectos de energías renovables en el país han estado marcados por conflictos territoriales, especialmente en regiones con alta disponibilidad de recursos naturales, donde parques eólicos y

fotovoltaicos han generado resistencia local debido a la privatización de tierras ejidales y la falta de consulta a comunidades indígenas. La CST, al requerir extensiones considerables de terreno para la instalación de espejos y sistemas de concentración, podría reproducir estos patrones si no se integran mecanismos de participación comunitaria desde la fase de planeación.

Uno de los argumentos a favor de la CST es su menor demanda de materiales en comparación con otras tecnologías renovables, como los paneles fotovoltaicos, que requieren metales raros. Sin embargo, esto no significa que esté libre de generar nuevas presiones extractivas. Los sistemas de concentración solar dependen de componentes como espejos, estructuras de acero y sales fundidas (como nitratos de potasio y sodio), cuya producción implica una cadena global de extracción de recursos. Para evitar estos riesgos, futuras investigaciones deberían incorporar análisis de ciclo de vida (ACV) que midan la huella de carbono de la CST y su huella material y social, rastreando el origen de los insumos y sus impactos en territorios extractivos. Entonces, la CST podría aportar a la sustentabilidad en México siempre y cuando trascienda lo técnico y se consolide dentro de un proyecto de justicia energética, entendida como el reconocimiento de la energía como un derecho que prioriza la inclusión social y la equidad (Plataforma Latinoamericana y del Caribe por la Justicia Climática, 2022).

3. Método de investigación

Se realizó un análisis del potencial de la CST en el sector industrial mexicano con base en datos del Balance Nacional de Energía (2023). Se identificaron los procesos industriales donde esta tecnología puede sustituir combustibles fósiles, y se estimó su impacto ambiental y económico. Para ello, se llevó a cabo un estudio utilizando simulaciones de consumo energético y escenarios de implementación gradual de CST en distintos sectores industriales. El análisis consideró tres factores clave: la disponibilidad del recurso solar en cada región, la compatibilidad de la CST con los procesos industriales existentes y el costo-beneficio de su implementación. Se utilizaron modelos de simulación basados en datos históricos de consumo energético, así como información recopilada de estudios previos sobre la adopción de CST en

industrias similares a nivel internacional.

Es importante mencionar como barrera metodológica la falta de datos completos, actualizados y suficientemente desagregados por parte del Balance Nacional de Energía, pues considerar datos muy generales dificulta obtener resultados exactos. Además, existe escasez en los datos relacionados con empresas privadas que ya manejan sistemas de concentración solar térmica, por lo que no se pudieron integrar a los cálculos.

3.1. Análisis del recurso solar

En el caso de los recursos convencionales para la generación de energía se encontró con una problemática enfocada en el costo del combustible, lo que da una pauta respecto a la energía solar térmica de concentración ya que su combustible, el Sol, es un recurso inagotable. La irradiancia normal directa (DNI) en kWh/m² por día para cada estado de México, según el Atlas Solar de la UNAM y el Global Solar Atlas, se reporta en los valores mostrados en la tabla 1. Estos valores son aproximados y pueden variar según la fecha de consulta, sin embargo, se puede considerar como un promedio.

Tabla 1. Irradiancia normal directa (DNI) en kWh/m²/día de los estados de México.

Estado	DNI (kWh/m ² /día)	Estado	DNI (kWh/m ² /día)
Aguascalientes	5	Nayarit	5.5
Baja California	5.6	Nuevo León	5.5
Baja California Sur	6	Oaxaca	5.4
Campeche	5.3	Puebla	5.3
Chiapas	4.7	Querétaro	5.4
Coahuila	5.4	Quintana Roo	5.2
Colima	5.5	San Luis Potosí	5.3
Durango	5.3	Sinaloa	5.5
Guanajuato	5.4	Sonora	6
Guerrero	5.2	Tabasco	4.6
Hidalgo	5.1	Tamaulipas	5.1
Jalisco	5.4	Tlaxcala	5
México	5.3	Veracruz	4.8
Michoacán	5.3	Yucatán	5.2
Morelos	5.4	Zacatecas	5.4

Fuente: Instituto de Geofísica, UNAM (2024).

3.2. *Modelo de concentración solar térmica*

Existen variedad de modelos de concentración solar térmica que pueden ser aprovechados en la industria, pero para el desarrollo de esta metodología se utilizará únicamente un concentrador Fresnel.³ Un concentrador Fresnel, trabaja en un rango de temperaturas medias y altas (Fraunhofer ISE, 2020): agua o aceites térmicos (de 200°C a 400°C) y sales fundidas (hasta 600°C).

3.3. *Procesos industriales*

Para fines de esta investigación, sólo se consideran procesos industriales de media temperatura que van desde los 100°C a los 600°C. Este intervalo fue seleccionado debido a que abarca las temperaturas alcanzables por los concentradores solares comerciales actuales, los cuales se utilizan en aplicaciones industriales. Al centrarse en este intervalo, se asegura que los procesos estudiados sean representativos de los que pueden ser efectivamente implementados con tecnologías solares existentes, contribuyendo así a la viabilidad y relevancia del estudio dentro del sector industrial.

Proceso 1: Secado de pulpa de papel

Dentro de la fabricación del papel existe un proceso en el que la pulpa se debe de secar a base de vapor lo que nos resulta conveniente para un sistema de concentración solar, debido a que su temperatura para trabajar es de 130°C aproximadamente (DS Smith, 2022).

Proceso 2: Pasteurización (Industria alimentaria)

La pasteurización es un proceso diseñado para destruir microorganismos patógenos y reducir la carga microbiana en alimentos líquidos, semilíquidos

³ Los concentradores Fresnel son dispositivos ópticos que utilizan una serie de espejos planos o ligeramente curvados para concentrar la radiación solar sobre un receptor lineal fijo. El diseño está inspirado en las lentes de Fresnel, desarrolladas originalmente para aplicaciones en faros marítimos, lo que permite reducir el grosor y el costo de los elementos ópticos. Se utilizan principalmente en aplicaciones de energía solar térmica para producir calor a media y alta temperatura (IRENA, 2020).

o sólidos. El concentrador podría generar calor a 100°C a 110°C, que se usaría en el proceso de pasteurización de jugos o productos lácteos. El calor se utiliza para elevar la temperatura de los líquidos a los niveles requeridos para destruir microorganismos patógenos, garantizando la seguridad alimentaria (Jiménez, 2014).

Proceso 3: Cocción industrial (industria alimentaria)

Para la cocción de alimentos como pan, galletas, carnes o productos precocinados, el concentrador Solar puede generar calor a temperaturas de 150°C a 250°C. El calor se utiliza para calentar hornos industriales (Jiménez, 2014).

Proceso 4: Destilación de crudo (industria petroquímica)

La destilación de crudo implica calentar el crudo a temperaturas elevadas para separar sus fracciones en función de sus diferentes puntos de ebullición. El rango de temperaturas para este proceso varía entre 200°C y 400°C, lo que se encuentra dentro del rango de calor que un sistema de concentración puede generar de manera eficiente (González *et al.*, 2022).

Proceso 5: Recalentamiento para laminado (industria metalúrgica)

Los espejos del sistema concentran la luz solar en un tubo receptor que contiene un fluido térmico. Este puede alcanzar temperaturas superiores a 400°C. El fluido térmico calentado se transporta a través de tuberías hacia el horno de recalentamiento, donde se utiliza para calentar el metal. En el horno, el calor proporcionado es utilizado para elevar la temperatura del metal a un rango específico. Para el recalentamiento de metales, las temperaturas necesarias varían entre 500°C y 800°C (González *et al.*, 2022).

Proceso 6: Secado de materias primas (industria del cemento)

En la cámara de secado se ocupa de una temperatura de 80 a 150°C, el calor proporcionado por el fluido térmico calentado por los concentradores

solares se utiliza para evaporar la humedad contenida en las materias primas. Los materiales se exponen al aire caliente o al fluido térmico, lo que aumenta su temperatura y reduce el contenido de humedad. Este paso es crucial porque las materias primas deben tener un contenido de humedad bajo para ser procesadas eficazmente en el horno de clinkerización.⁴ que es el siguiente paso en la producción de cemento (González *et al.*, 2022).

Proceso 7: Hornos de precalentamiento (industria del cemento)

La energía solar concentrada se transfiere al fluido térmico, que luego fluye a través de un sistema de tuberías hacia la sección de precalentamiento de las materias primas del cemento. En los hornos de precalentamiento, las materias primas pasan por torres de precalentamiento, donde se exponen al aire caliente, lo que eleva su temperatura de manera controlada (Lázaro, 2024).

3.4. Procedimiento

Para este estudio se contempla el potencial de toda la matriz energética del sector industrial enfocándonos en los procesos. En la tabla 2 se muestran todos los datos recopilados que pertenecen al Balance Nacional de Energía 2023.

⁴ La clinkerización es el proceso de transformar harina cruda en clinker, un material que se usa para fabricar cemento.

Tabla 2. Estructura del consumo energético* de las principales ramas industriales por tipo de energético.

Proceso	Sector total	Petrolíferos	Carbón	Bagazo de caña	Gas seco	Electricidad
Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas	66.23	64.621	0.000	0.000	0.000	1.609
Edificación	122.39	7.184	0.000	0.000	79.859	35.334
Industria alimentaria	69.22	2.367	0.000	41.975	16.191	8.687
Industria de las bebidas y del tabaco	11.96	3.077	0.000	0.000	6.383	2.506
Fabricación de insumos y acabados textiles	11.96	2.800	0.000	0.000	1.702	7.457
Industria del papel	47.07	12.144	0.000	0.000	24.891	10.035
Industria química	82.49	12.349	0.957	0.000	63.707	5.477
Industria del plástico y del hule	8.07	4.817	0.000	0.000	0.884	2.369
Industrias metálicas básicas	185.22	3.334	0.000	0.000	5.520	176.348
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	0.95	0.950	0.000	0.000	0.000	0.000
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.97	0.166	0.000	0.000	0.190	0.614
Fabricación de equipo de transporte	4.43	2.858	0.000	0.000	0.218	1.354
Otras industrias manufactureras	0.94	0.017	0.211	0.000	0.623	0.089
Petroquímica de PEMEX (energético)	50.26	0.000	0.000	0.000	46.229	4.031
Otras ramas	488.47	70.633	85.189	6.350	58.519	266.314

Fuente: Balance de energía 2023 (2024).

*Nota: Los datos en esta tabla están dados en Petajoules.

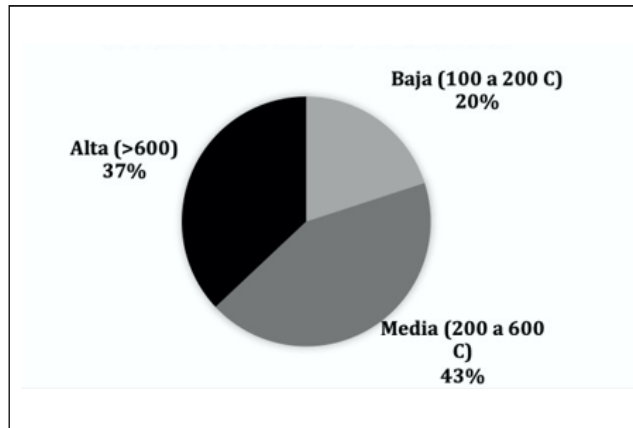
Según la tabla 2, la energía térmica es necesaria para diferentes procesos que utilizan recursos no renovables en sus funciones. Como se requieren temperaturas medias, estos procesos podrían ser cubiertos por sistemas de concentración solar térmica.

4. Cálculo del potencial teórico y técnico industrial

4.1. Potencial teórico industrial

Se analizó el potencial en toda la industria en temperaturas medias, considerando que únicamente se ocupa un 67% en energía térmica (Verdes, 2022) y que el consumo final de energía para usos térmicos se cubre con gas seco, en su mayoría (48.63%), con aplicaciones térmicas de 20% es calor de temperatura baja, 43% es calor de temperatura media y 37% es de temperatura alta (ver gráfica 2).

Gráfica 2. Demanda de calor en la industria por rango de temperatura.



Fuente: Balance de energía 2023 (SENER, 2024).

El potencial técnico resulta factible considerando todo lo analizado correspondiente a los concentrados solares térmicos. En un escenario ideal, se podría prever que al menos el 43% de las empresas que trabajan con calor estarían interesados en implementarlos, ya que cumplirían con su demanda en temperatura y podrían además ser rentables (Rincón, 2023).

4.2. Potencial técnico industrial

Para la explicación de esta vertiente se consideran dos opciones, una económica y otra ambiental con situaciones hipotéticas.

4.2.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se supondrá una irradiancia normal directa (DNI) promedio de 2000 kWh/m² al año y también un rendimiento térmico de 40% para los sistemas de concentración solar tipo Fresnel, esto debido a que se considera un valor entre el 35% a 50% al convertir la energía solar incidente en calor útil (Dialnet, 2018). En este escenario, la demanda energética es de 626.9147 PJ pero es multiplicado por el 43%, debido a que ese valor es el único abarcado por la temperatura media, que se concluye en 269.57 PJ equivalente a una energía útil de 74,895.39 GWh por año de toda la industria.

$$5.5 \text{ kWh/m}^2 \text{ día} * 365 \text{ días} * 0.40 = 803 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}$$

En México la irradiación promedio es de 5.5 kWh/m² día, por lo que la energía anual generada por metro cuadrado es:

$$\text{Área requerida} = \frac{74,895,390 \text{ kWh/año}}{803 \text{ kWh/m}^2 \text{ año}} = 93,288,668 \text{ m}^2 = 93.29 \text{ km}^2$$

El costo promedio de instalación de concentradores Fresnel es de \$120 a \$150 €/m² (Godínez, 2018). Tomando un costo promedio de \$135 €/m²:

$$\text{Costo total} = 93,288,668 \text{ m}^2 * 135 \text{ €/m}^2 = 12,593,970,180 \text{ €}$$

El valor obtenido es de 277,923,104,233.73 de pesos mexicanos de inversión inicial, lo que puede garantizar un equipo que tenga su función por 30 años en condiciones óptimas. Es importante considerar que este cálculo fue hecho para toda la temperatura media del sector industrial, es

decir, que se estaría abarcando cada proceso mencionado antes, esto debido a que no fue posible obtener realmente un estudio económico financiero porque las empresas son muy cautelosas en el tipo de información que proporcionan.

4.2.2. REDUCCIÓN EN CO₂

Para el análisis de este caso se consideraron todos los procesos térmicos industriales que se trabajan con media temperatura. En la tabla 3 se ilustran las toneladas aproximadas que generan los procesos térmicos industriales enfocándose en su temperatura.

Tabla 3. Toneladas de CO₂

Industria	%		Millones de toneladas de CO ₂
Industria	100%	100%	714
Eléctrica	33%	33%	235.62
Térmica	67%	67%	478.38
Alta	20%	13.4%	95.676
Media	43%	28.81%	205.7034
Baja	37%	24.79%	177.0006

Fuente: Elaboración propia (2025) a partir de Lara et al. (2024).

En este escenario, se podría evitar el 28.81% de las emisiones de CO₂ al año (que equivalen a 205 millones de toneladas de CO₂).

5. El potencial de utilización de la concentración solar en el sector industrial

Los sistemas de concentración solar representan una alternativa viable y sustentable para sustituir los métodos tradicionales de generación de calor en la industria. Su capacidad de operar en un rango de temperaturas de 100°C a 600°C les permite cubrir necesidades térmicas en sectores clave como la industria alimentaria, química, papелera, textil, plásticos y metalurgia, entre otros. La energía solar de concentración puede implementarse en gran parte del territorio mexicano gracias al alto potencial

solar del país, destacando regiones como Baja California Sur, Colima, Nayarit, Nuevo León, Querétaro, Sinaloa, Sonora y Zacatecas.

Como se mencionó anteriormente, el sector industrial genera aproximadamente 714 millones de toneladas de CO₂ al año en México. A partir de los cálculos realizados, se estimó que el 30% de éstos podría evitarse mediante CST en procesos de temperatura media. Este potencial podría incluso ampliarse con el desarrollo de tecnologías que permitan alcanzar temperaturas superiores a los 600°C. La energía solar de concentración es particularmente eficiente en procesos como el calentamiento de fluidos, generación de vapor y secado de materiales. Sectores con alto consumo térmico, como el alimentario, químico y metalúrgico, podrían reducir significativamente su dependencia de los combustibles fósiles y mejorar su sostenibilidad. La tabla 4 ilustra algunas aplicaciones clave:

Tabla 4. Procesos Industriales.

Industria	Aplicación de CST	Temperatura en °C
Minería	Calentamiento de soluciones en lixiviación, secado de minerales, generación de vapor	100-300
Edificación	Climatización de edificios industriales, suministro de agua caliente	50-150
Industria alimentaria y de bebidas/tabaquismo	Pasteurización, esterilización, deshidratación, secado de alimentos, cocción	60-250
Textil	Secado de telas, fijado de colorantes, lavado industrial	80-200
Industria del papel	Secado de pulpa, evaporación en procesos químicos, calentamiento de rodillos	100-250
Industria química	Destilación, reacciones térmicas, producción de compuestos	150-400
Plásticos y hule	Moldeo, extrusión, calentamiento de materias primas	120-300
Industrias metálicas básicas	Precocido, tratamiento térmico de metales, generación de vapor	200-500
Electrónica	Climatización de fábricas, secado en la fabricación de semiconductores	50-200
Aparatos eléctricos y generación de energía	Apoyo en generación híbrida térmica, precalentamiento de fluidos, soldadura térmica	100-350
Fabricación de transporte	Pintura, secado, moldeo de materiales compuestos, soldadura	150-400
Petroquímica	Producción de vapor para procesos de refinación, destilación de hidrocarburos	200-500

Fuente: Balance de energía 2023 (2024).

La incorporación de CST podría reducir hasta 205 millones de toneladas de CO₂ anuales, contribuyendo significativamente a los compromisos climáticos de México. Además, al disminuir la dependencia de combustibles importados, esta tecnología fortalecería la seguridad energética del país y fomentaría el desarrollo económico mediante la generación de empleo y la innovación tecnológica.

Si bien la inversión inicial en CST es elevada, su adopción resulta rentable a mediano y largo plazo gracias a la reducción de costos operativos y el acceso a incentivos fiscales para energías renovables. Con esquemas de financiamiento adecuados, el retorno de inversión podría lograrse en 10 a 15 años, haciéndolo competitivo con otras fuentes energéticas. La mejora en almacenamiento térmico y en materiales de alta resistencia continúa siendo clave para su escalabilidad, permitiendo que esta tecnología juegue un papel central en la transición hacia un modelo industrial más sustentable.

Conclusiones

Este estudio demuestra que la implementación de sistemas de concentración solar térmica (CST) en el sector industrial mexicano podría sustituir hasta el 28.81% de la demanda de energía térmica, aprovechando el excepcional potencial de radiación solar del país. Tal sustitución podría representar un avance estratégico en la mitigación climática, pues equivaldría a evitar la emisión de 205 millones de toneladas de CO₂ anuales. Este potencial se materializa en sectores clave como la industria alimentaria, petroquímica, metalúrgica y cementera, donde la CST puede proveer calor de media temperatura de manera eficiente, reduciendo costos operativos y alineando la producción con criterios de sostenibilidad.

La relevancia de la CST trasciende lo ambiental, su capacidad para diversificar la matriz energética nacional y reducir la dependencia de combustibles fósiles la posiciona como un eje transformador hacia una economía que considere los límites planetarios. Al integrar esta tecnología, México avanzaría en el cumplimiento de sus compromisos climáticos internacionales, al tiempo que fortalecería su autonomía energética. Sin embargo, su adopción enfrenta barreras importantes, como la escasa

investigación y difusión de sus beneficios. Superar estos obstáculos exige políticas públicas que prioricen la CST en agendas energéticas, esquemas de financiamiento accesibles, y una inversión sostenida en investigación y desarrollo para optimizar su eficiencia y reducir costos.

Además, el estudio subraya la necesidad de evitar replicar modelos centralizados que concentren beneficios en grandes corporaciones. Para ello, se propone explorar aplicaciones descentralizadas de la CST en cadenas productivas regionales, donde pequeños y medianos productores podrían acceder directamente al calor solar. Esto requeriría un marco regulatorio que promueva la generación distribuida, facilite la participación comunitaria y garantice derechos territoriales. En este sentido, futuras investigaciones tienen la oportunidad de integrar enfoques cualitativos —como cartografía social participativa y análisis de justicia espacial— para diseñar modelos inclusivos que prevengan la perpetuación o profundización de desigualdades económicas y socioambientales.

En suma, la energía solar térmica de concentración tiene potencial para contribuir a la sustentabilidad energética de México, pero su implementación debe ir acompañada de una reflexión sobre sus implicaciones socioecológicas. Esto significa rechazar la idea de que la mera sustitución tecnológica es suficiente para lograr una transición justa, y en cambio, abrir espacios para discutir cómo evitar nuevos extractivismos, cómo redistribuir el poder energético y cómo integrar saberes locales en el diseño de soluciones. En este sentido, este estudio aporta una base para el desarrollo de una agenda de investigación que combine el análisis técnico con enfoques críticos. Así, la CST podría ser una herramienta para la transformación socioecológica en México.

Referencias

- Best, R. et al. (2013). "Solar cooling in the food industry in Mexico: A case study. *Applied Thermal Engineering*", vol. 50, núm. 2, 1447-1452. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2011.12.036
- Cetina-Quñones A. et al. (2022). "4E Analysis for the Implementation of Parabolic Trough Solar Collectors in Mexican Dairy Industry sector: an Optimization Approach Including Passive Heat Transfer Methods". *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 53, DOI: 10.1016/j.seta.2022.102532
- Daniels, F. (1974). *Direct Use of the Sun's Energy*. The Johns Hopkins University Press.
- Godínez, G. (2018). Diseño de un Reflector Fresnel de Foco Lineal para Aplicaciones de calor de proceso. Centro de Investigaciones Ópticas.
<https://cio.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1002/772/1/17422.pdf>
- González, K., De León, S., & Ponce, M. (2022). "Concentradores solares en los procesos de destilación - una revisión". *Revista Tecnológica CEA*, vol. 4, núm. 19, 201-216.
- González, E., & Rincón, E. (2017). *Conceptos básicos de la concentración solar*. Notas de Clase. FI-UAEMEX.
- Goswami, D. (2015). *Principles of Solar Engineering*. London: CRC Press. Taylor & Francis Group. DOI: 10.1201/b18119
- Holm, D., & Arch, D. (2005). *Un futuro para el mundo en desarrollo basado en las fuentes renovables de energía*. Alemania: International Solar Energy Society.
- IRENA (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Kalogirou, S. (2009). *Solar Energy Engineering. Processes and Systems*. Elsevier. DOI: 10.1016/b978-0-12-374501-9.x0001-5
- Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar [LACYQS] (2015). *Concentración Solar*. Concentrationsolar.org.mx.
<https://concentrationsolar.org.mx/concentracion-solar>
- Lara, F. et al. (2016). "Sistema de calentamiento de agua solar tipo CPC con termosifón para aplicaciones residenciales". *Memorias de la XI Semana Nacional Energía Solar 2016*.
- Lázaro, I. (2024). "Producción de cemento con energía solar: Esta planta lo hizo". *INSPENET*.
https://inspenet.com/noticias/produccion-de-cemento-con-energia-solar/?utm_source=chatgpt.com
- López, R., & López, Ó. (2020). "Ciencia, tecnología y energías renovables: una aproximación a sus concepciones y contradicciones". *Revista Iberoamericana*

- de Ciencia, Tecnología y Sociedad* - CTS, vol. 15, núm. 45, 83-105. <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/175>
- Lugo, C., & Lara, B. (2022). "Conflictos socioambientales y minería en Sonora, México". *Estudios Demográficos y Urbanos*, vol. 37, núm. 2, 637-676. DOI: 10.24201/edu.v37i2.2028
- Masera, O. (2020). "Energías renovables en el sector residencial rural en México: estado del arte y oportunidades de colaboración interinstitucional". *RINDERESU*, vol. 5, núm. 1, 238-245.
- ONU (2022). *Sexto informe de evaluación del IPCC: Cambio Climático 2022*. UNEP-UN Environment Programme. <https://www.unep.org/es/resources/informe/sexta-informe-de-evaluacion-del-ipcc-cambio-climatico-2022>
- Plataforma Latinoamericana y del Caribe por la Justicia Climática (2022). *Glosario de la Justicia Climática*. <https://fimi-iiwf.org/iDocs/es/GLOSARIO-DE-LA-JUSTICIA-CLIMATICA.pdf>
- Ramírez, C. (2010). *Sistema de concentración solar de alta eficiencia con seguimiento mínimo de la trayectoria del sol*. Tesis inédita de maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. <http://hdl.handle.net/11285/569990>
- Ramos, C., Ramírez, R., & Beltrán, J. (2014). "Potential Assessment in Mexico for Solar Process Heat Applications in Food and Textile Industries". *Energy Procedia*, vol. 49, 1879-1884. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.03.199
- Reyes, J. et al. (2015). "Modelado de un colector solar parabólico con motor Stirling para uso doméstico y pequeña industria". *Memorias del XXIV Congreso Internacional Anual de la Somim*.
- Rincón, E. (1999). *Estado del arte de la investigación en energía solar en México*. Fundación ICA. DOI:10.13140/RG.2.1.1769.6729
- Rincón, E., Valdés, M., & Tauro, R. (2023). "Energía verde y eficiencia para los sectores industrial, residencial y comercial", en: *Transición energética justa y sustentable*, Eds. Ferrari, L., Masera, O. y Straffon, A., Fondo de Cultura Económica, pp. 563-600.
- Roa, D. (2018). *Cambio climático y transición energética*. Tesis inédita de licenciatura en Ingeniería en Tecnologías Industriales. Universidad Politécnica de Madrid.
- Secretaría de Energía [SENER] (2023). *Balance Nacional de Energía 2022*. <https://base.energia.gob.mx/BNE/BalanceNacionalDeEnerg%C3%ADa2022.pdf>
- Secretaría de Energía [SENER] (2024). *Balance Nacional de Energía Preliminar 2023*. www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/947752/BALANCE_NACIONAL_DE_ENERG_A_PRELIMINAR_2023.pdf

- Trillas, A. (2022). “La transición energética no solo costará dinero, sino muchos conflictos” (entrevista a Joan Martínez Alier). *Economías alternativas*.
<https://alternativaseconomicas.coop/articulo/entrevista/la-transicion-energetica-no-solo-costara-dinero-sino-muchos-conflictos>
- UNAM (2024). *Atlas solar de la sección de radiación solar*. Instituto de Geofísica, UNAM.
https://areas.geofisica.unam.mx/radiacion_solar/atlas.php
- UNDP (2023). *El cambio climático es un asunto de justicia: He aquí por qué*. UNDP Climate Promise.
<https://climatepromise.undp.org/es/news-and-stories/el-cambio-climatico-es-un-asunto-de-justicia-he-aqui-por-que>
- Vanderheiden, S. (2008). *Atmospheric Justice. A Political Theory of Climate Change*. Oxford University Press. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195334609.001.0001
- Verdes (2022). *México lidera la producción de energía solar térmica*. Las Empresas Verdes.
<https://lasempresasverdes.com/mexico-lidera-la-produccion-de-energia-solar-termica/>

MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA Y ESTRUCTURAS TARIFARIAS POR EL CONSUMO DE AGUA EN LA AGRICULTURA DE RIEGO: EL CASO DE LA PRODUCCIÓN DE FRESA

*Faustino Gómez-Santiz **

*Patricia Ávila García ***

Introducción

De acuerdo con Shanmugaratnam et al. (2021), la valoración del agua requiere un replanteamiento que vaya más allá de su valor económico en términos de producción y que considere su papel esencial en la preservación del ecosistema, en la seguridad alimentaria y en la mitigación del cambio climático. Por otro lado, este replanteamiento implica también la revisión de los sistemas tarifarios del agua ya que actualmente en muchos países el agua está subvalorada y lo que se paga por su consumo no refleja su verdadero costo económico, social y ambiental y, agravándose aún más en contextos donde su consumo está subsidiado.

En este contexto, el presente documento se enfoca en hacer una revisión amplia de literatura sobre el consumo de agua en el sistema agrícola de irrigación, particularmente, en la producción de fresa, así como en explorar los métodos de valoración económica del agua y en las estructuras tarifarias utilizadas. Respecto a los métodos de valoración, se analizan tanto enfoques

* Doctor en Estudios Urbanos y Ambientales. Investigador posdoctoral en el Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Profesor de Asignatura en la Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, de la UNAM. fgomez@cieco.unam.mx

** Doctora en Ciencias Sociales. Profesora e Investigadora Titular en el IIES de la UNAM. pavila@cieco.unam.mx

deductivos, como el método del valor residual y la programación matemática, que permiten estimar el precio sombra del agua, como metodologías inductivas basadas en funciones de producción para inferir la contribución marginal del recurso en la generación de valor. La revisión destaca que, en muchos casos, las tarifas vigentes no reflejan el verdadero costo económico, social y ambiental del agua, lo cual propicia su uso ineficiente y la sobreexplotación de las fuentes hídricas.

En el caso del sistema productivo de fresa, en las últimas décadas, se ha observado una notable expansión en su superficie cultivada tanto a nivel global como local. Este crecimiento, si bien ha generado importantes beneficios económicos en regiones agrícolas como Michoacán en México, California en Estados Unidos o Huelva en España, también ha puesto en evidencia sus impactos sociales y ambientales. Entre estos destaca el elevado consumo de agua requerido para mantener las condiciones óptimas de producción, lo que genera una presión considerable sobre los recursos hídricos locales (FAO, 2024).

En general, la agricultura representa a nivel mundial aproximadamente 70% del consumo total de agua dulce extraída, siendo una de las principales causas del estrés hídrico y de conflictos asociados al uso de este recurso (United Nations, 2023). En el caso específico de México, este porcentaje asciende a 77%, lo que refleja la significativa contribución del sector agrícola al estrés hídrico que enfrentan diversas regiones del país (CONAGUA, 2020; Spring, 2014). En particular, la producción de fresa es uno de los cultivos más exigentes en términos hídricos, llegando a utilizar entre 3,000 y hasta 40,000 metros cúbicos por hectárea dependiendo del método de riego y condiciones locales específicas (Flores et al., 2017; Monroy et al., 2012)

Por lo tanto, resulta crucial desarrollar enfoques que permitan valorar adecuadamente el agua utilizada en la agricultura, específicamente en cultivos altamente demandantes como la fresa. En este contexto, los métodos de valoración económica del agua se presentan como herramientas para evaluar y gestionar la utilización del agua, orientando las políticas públicas para una tarificación que considere los múltiples valores del agua (Berbel et al., 2007; Montilla-López et al., 2017; Ramírez et al., 2019).

En ese sentido, el presente documento analiza la problemática del consumo de agua en la producción de fresa y discute las metodologías para la valoración del uso del recurso hídrico en la agricultura, con el propósito de contribuir al desarrollo de estrategias que minimicen los impactos ambientales mediante esquemas tarifarios en el sector. Además, la revisión de la literatura sirva como base para desarrollar investigaciones en la valoración económica del agua, mismas que contemplen los costos sociales y ambientales derivados de su uso en sistemas agrícolas de irrigación que generan un alto valor de producción y están integrados en las cadenas globales de valor.

1. La producción de fresa y el uso del agua

1.1. Contexto actual en la producción de fresa

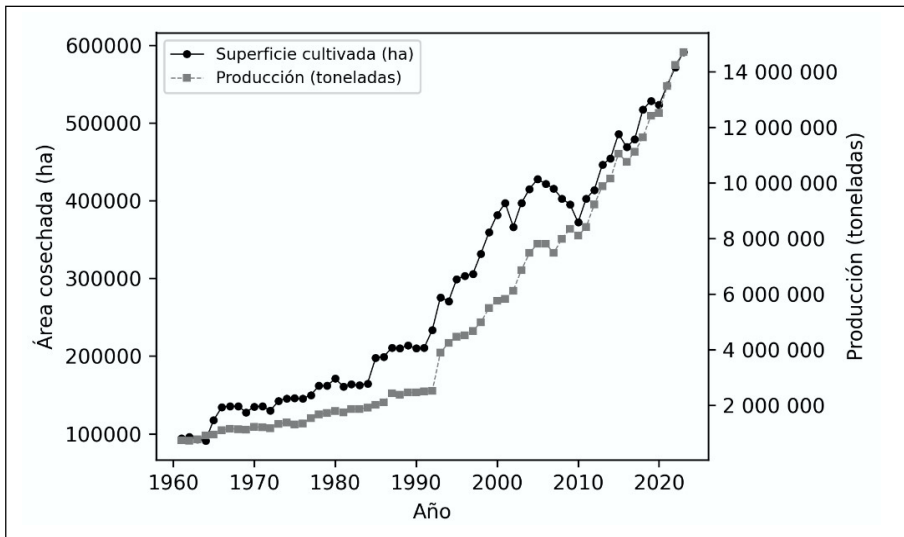
La producción de fresa ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, impulsada por la creciente demanda en los mercados nacionales e internacionales. Este cultivo, caracterizado por su alta rentabilidad y su papel en las cadenas de exportación, se ha convertido en un motor económico para diversas regiones agrícolas. Sin embargo, su éxito comercial también conlleva una serie de desafíos, entre ellos, su elevada demanda de agua y su impacto en la disponibilidad del recurso en las zonas productoras.

A nivel global, la producción de fresa ha tenido una tendencia al crecimiento. El análisis de los datos de FAO (2024) nos muestra que en el 2023 la superficie total cultivada con fresa ascendió a 591,295 hectáreas, mientras que la producción total alcanzó 14.7 millones de toneladas, lo que resulta en un rendimiento promedio de 24.86 toneladas por hectárea (Figura 1). Estos valores reflejan la importancia creciente del cultivo de fresa en diversas regiones del mundo y sugieren diferencias significativas en los niveles de productividad entre países (FAO, 2024).

De acuerdo con los mismos datos, los principales países en términos de superficie cultivada son China (156,316 ha), Rusia (39,690 ha), Polonia (30,000 ha) y Estados Unidos de América (22,986 ha). Sin embargo, no todos

estos países coinciden con los mayores productores en términos absolutos de toneladas. En este sentido, China lidera la producción con 4.2 millones de toneladas, seguida por Estados Unidos con 1.25 millones de toneladas, Egipto con 0.73 millones de toneladas y Turquía con 0.68 millones de toneladas. Incluso en los países, la producción tiende a concentrarse en zonas específicas con condiciones climáticas particulares. Por ejemplo, en China destacan las provincias de Hebei, Shandong y Liaoning; en Estados Unidos, California domina la producción, especialmente en zonas costeras; en México, los estados de Michoacán, Baja California, y Guanajuato aprovechan climas templados; mientras que, en España, la provincia de Huelva, en Andalucía, se beneficia de su clima suave invernal. Similarmente, en Turquía, las regiones Mediterránea y Egea, como la provincia de Mersin, son clave, y en Egipto, la producción se concentra en el delta del Nilo, como en Ismailía, Beheira y Qalyubia, debido a su clima templado favorable para el cultivo. En Rusia las zonas con mayor producción son Krasnodar, Rostov, y la región central. Por último, en Alemania las zonas con mayor producción son Baja Sajonia, Renania del Norte-Westfalia, y Baden-Württemberg.

Figura 1. Evolución de la superficie cultivada y producción global de fresa.



Fuente: FAO (2024).

Por otro lado, el rendimiento agrícola, medido en toneladas por hectárea, muestra diferencias notables entre países. Mientras que algunos logran altos volúmenes de producción con grandes extensiones de cultivo, otros optimizan su productividad con menores superficies. Los cinco países con mayor rendimiento son Países Bajos con 55.68 toneladas por hectárea (t/ha), Estados Unidos (54.38 t/ha), Albania (53.52 t/ha), Israel (48.68 t/ha) y España (45.04 t/ha). Esto indica que, aunque China es el mayor productor, su eficiencia en términos de producción por hectárea es inferior a la de otros países con menor superficie cultivada, pero con un manejo más intensivo del cultivo.

El análisis de la evolución de la producción y la superficie cultivada de fresa a nivel global indica un crecimiento sostenido en ambas variables, aunque a ritmos distintos. En promedio, la producción mundial ha crecido a una tasa de 5.17% anual, mientras que la superficie cultivada ha aumentado a un ritmo menor, de 3.19% anual. Esto sugiere que el incremento en la producción no ha dependido exclusivamente de la expansión territorial, sino también de mejoras en la productividad del cultivo, a través de avances tecnológicos y prácticas agrícolas más eficientes.

1.2. Requerimientos hídricos en la producción de fresa

El sector agrícola en México es el principal consumidor de agua, representando aproximadamente 77% del consumo total de agua en el país (Spring, 2014). Este alto consumo plantea desafíos para la gestión sostenible del agua, especialmente en un contexto de creciente escasez y competencia por el recurso entre diferentes sectores.

El cultivo de fresa es altamente demandante en términos de agua, debido a su ciclo de crecimiento y a la necesidad de mantener condiciones de humedad constantes para garantizar la calidad y el rendimiento del fruto. En sistemas de producción convencionales, se estima que se requieren entre 3,000 y 40,000 metros cúbicos de agua por hectárea durante la temporada de cultivo, dependiendo del clima, el tipo de suelo y la eficiencia del sistema de riego empleado (Tabla 2).

Tabla 2. Revisión de literatura. Consumo de agua en cultivos de fresa.

Consumo de Agua (m ³ /ha)	Técnica de Riego	Fuente
3,000	Riego por goteo	(Trout & Gartung, 2003)
6,840	Riego por goteo	(Jo et al., 2021)
Sabrina: 5,642 a 7,957	Riego por goteo	(Lozano et al., 2016)
Antilla: 6,171 a 8,460		
8,487 (2018), 8,986 (2019)	Riego por goteo	(Amini et al., 2022)
307-313 mm por temporada (aproximadamente 3,070 - 3,130 m ³ /ha)	Riego por goteo	(Ariza et al., 2021)
20,000 m ³ /ha por ciclo	Riego por gravedad	(Monroy et al., 2012)
6200 - 7027 m ³ /ha	Riego por goteo	(García et al., 2012)
8894.25 m ³ /ha	Riego por goteo	(Concha, 2022)
11,843 m ³ /ha	Riego por goteo	(Peniche, 2010)
40,000 m ³ /ha	Riego por goteo	(Flores et al., 2017)

Fuente: elaboración propia.

El método de riego más utilizado en la producción de fresa es el riego por goteo, que permite una aplicación más eficiente del agua en comparación con otros sistemas, como el riego por aspersión o gravedad. No obstante, la implementación de estas tecnologías no siempre garantiza un uso sostenible del recurso, ya que la sobreexplotación de acuíferos y la disminución de la recarga hídrica continúan siendo problemáticas en regiones con una producción intensiva.

1.3. Comparación con otros cultivos

A lo largo de las últimas décadas se han llevado a cabo múltiples estudios en diferentes regiones del mundo que han cuantificado el consumo de agua en la actividad agrícola mediante diversas metodologías. Estas investigaciones han expresado el consumo en unidades como metros cúbicos por hectárea (m³/ha) y en términos de huella hídrica unitaria (m³/t), lo que permite evaluar la eficiencia en el uso del recurso hídrico en función de la producción. Los enfoques utilizados abarcan desde simulaciones numéricas y mediciones de evapotranspiración hasta análisis de eficiencia de riego y estudios de

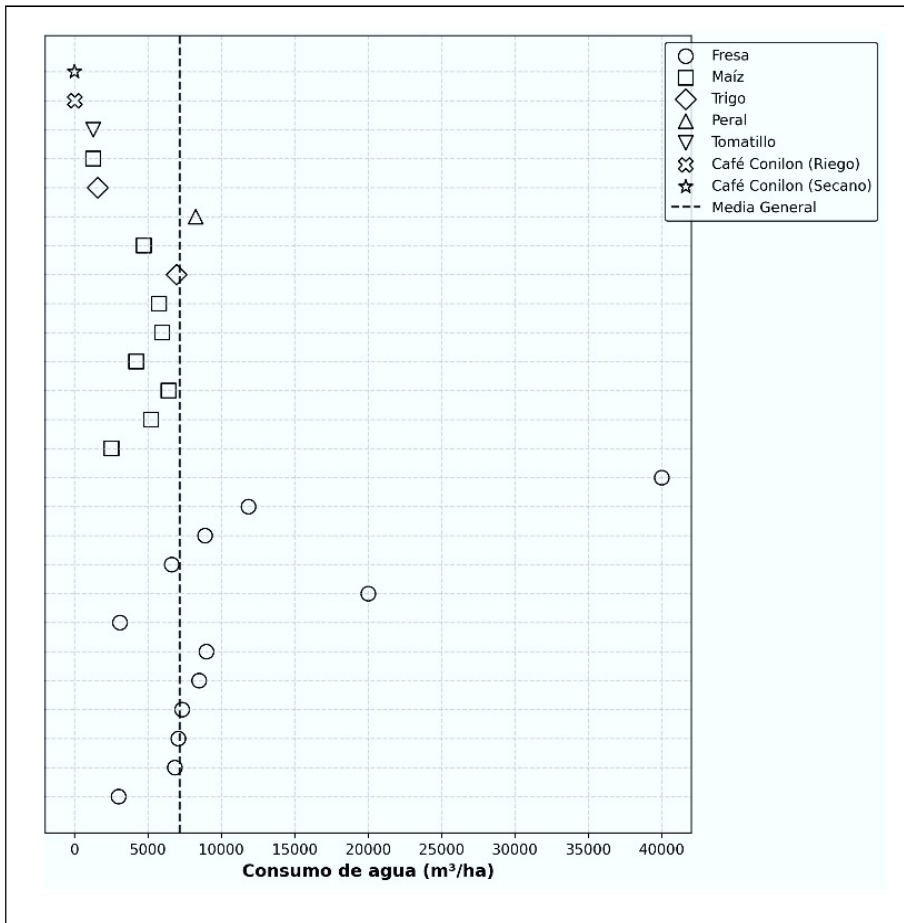
manejo agrícola, proporcionando una visión integral sobre el uso del agua en cultivos clave.

En estudios realizados en China, por ejemplo, se han evaluado tratamientos de riego en cultivos de maíz de primavera utilizando el modelo HYDRUS-1D, reportándose consumos de aproximadamente 2,525, 3,159 y 3,788 m³/ha (Feng *et al.*, 2021). Por otro lado, la aplicación del modelo METRIC en plataformas de teledetección ha permitido estimar valores de evapotranspiración acumulada (ETc) para el maíz en torno a 5,220–5,330 m³/ha, lo que evidencia la importante demanda hídrica de este cultivo durante su ciclo de crecimiento (Gordillo-Salinas *et al.*, 2024).

Asimismo, en México se ha investigado el consumo de agua en cultivos de alto valor, como el tomatillo (*Physalis ixocarpa*), donde un estudio realizado en invernaderos determinó que, bajo una cubierta de polietileno transparente, el consumo de agua fue de 84 litros por planta por ciclo, lo que, considerando una densidad de 1.5 plantas/m², equivale a aproximadamente 1,260 m³/ha. Además, se reportó una eficiencia en el uso del agua de 26 litros por kilogramo de fruto, lo que representa una mejora significativa en la productividad del cultivo (Ramos-López *et al.*, 2017).

Los datos recopilados sobre el consumo de agua tanto en sistemas de cultivo de fresa como en los otros cultivos muestran una amplia variabilidad. Se observa que el consumo promedio varía desde los 1,200 m³/ha en el caso del tomatillo hasta valores superiores a los 40,000 m³/ha en algunos sistemas de producción de fresa.

De acuerdo con los datos de la literatura revisada, el promedio de consumo de agua por hectárea varía considerablemente entre cultivos (Figura 2). La fresa presenta el consumo más alto con 10,990 m³/ha, seguida por el peral (8,257 m³/ha), el trigo (6,943 m³/ha) y el maíz (4,873 m³/ha), mientras que el tomatillo registra un consumo mucho menor (1,260 m³/ha).

Figura 2. Consumo de agua por tipo de cultivo.

Fuente: elaboración propia.

Dado que en muchos casos, y en particular en México, el agua de riego está subsidiada o no refleja su verdadero costo ambiental y económico, resulta necesario contar con herramientas que permitan valorar su aporte en la producción agrícola. En la siguiente sección se discuten los métodos de valoración económica del agua, útiles para estimar su contribución al valor generado por los cultivos y como base para determinar estructuras tarifarias del agua adecuadas al sector.

2. Métodos de valoración económica del agua

Existen diversos métodos para valorar el agua en términos económicos o el precio o valor del agua en la agricultura. Estos métodos se pueden clasificar en enfoques deductivos e inductivo.

2.1. Método del Valor Residual

El Método del Valor Residual (MVR - *Residual Value Method*), también conocido como Método de Imputación Residual (MIR - *Residual Imputation Method*) o Aproximación de Imputación Residual (AIR - *Residual Imputation Approach*), es un método deductivo utilizado para estimar el valor económico del agua de riego en la agricultura (Berbel et al., 2007; Buttinelli et al., 2024; Conradie & Hoag, 2004; Sa'diyah et al., 2021; Speelman et al., 2009). Se basa en la premisa de que, en un proceso de producción donde se utilizan múltiples insumos, si se pueden asignar precios apropiados (presumiblemente por las fuerzas del mercado) a todos los insumos excepto uno, el remanente del valor total del producto se atribuye al insumo restante, que en este caso específico es el agua (Speelman et al., 2008).

El principio fundamental del MVR es estimar el precio sombra (valor implícito o costo de oportunidad) del agua a partir de su uso como un insumo intermedio en la producción agrícola (Berbel et al., 2007; Upadhyaya et al., 2022). La metodología se apoya en el teorema de agotamiento del producto, desarrollado por Philip Wicksteed. La idea central es que el valor total de la producción (VTP) debe ser igual a la suma de los costos de oportunidad de todos los insumos utilizados en el proceso productivo, incluyendo el valor marginal del producto del agua multiplicado por la cantidad de agua utilizada (Speelman et al., 2008) :

$$VTP = \sum p(VMP_i * Q_i) + VMP_w * Q_w$$

Donde:

- VTP es el valor total del producto o mercancía producida.
- VMP_i es el valor del producto marginal del insumo.
- Q_i es la cantidad del insumo i utilizada en la producción.

- VMP_w es el valor del producto marginal del agua.
- Q_w es la cantidad de agua utilizada en la producción (w para agua).

El MVR asume que los costos de oportunidad de los insumos no relacionados con el agua están dados por sus precios de mercado (o sus precios sombra estimados) (Buttinelli *et al.*, 2024). Por lo tanto, el precio sombra del agua (que representa su valor económico) se calcula como la diferencia (el residuo) entre el valor total de la producción (ingresos brutos) y los costos de todos los insumos no relacionados con el agua.

En la práctica, el valor del agua por unidad (por ejemplo, por metro cúbico) se calcula dividiendo el retorno neto de la producción de cultivos (después de deducir los costos de todos los demás insumos) por la cantidad total de agua utilizada para el riego. En esencia, lo que queda de los ingresos después de cubrir todos los demás costos se considera la contribución económica del agua a la producción (Conradie & Hoag, 2004).

La validez de los resultados obtenidos mediante el MVR depende críticamente de varios supuestos (Speelman *et al.*, 2011):

1. Competencia perfecta en mercados no acuícolas: Se asume que todos los mercados de los insumos utilizados en la producción agrícola, excepto el mercado del agua, son perfectamente competitivos. Esto implica que los precios de estos insumos reflejan sus verdaderos costos de oportunidad.
2. Rendimientos decrecientes: Se suele asumir que existen rendimientos decrecientes en la producción agrícola con respecto al uso del agua, lo que justifica la existencia de un valor marginal para el agua.
3. Asignación óptima de otros insumos: Se supone que los agricultores utilizan todos los demás insumos en proporciones óptimas, dadas sus funciones de producción y los precios de los insumos.
4. El agua es el insumo residual: El método designa al agua como el factor de producción cuyo valor se deriva residualmente, después de contabilizar todos los demás costos.
5. Homogeneidad del agua: El método a menudo asume que toda el agua utilizada es de calidad homogénea y tiene el mismo valor marginal.

El MVR ha sido aplicado en diversos estudios para estimar el valor del agua de riego en diferentes contextos geográficos y para diferentes cultivos (Conradie & Hoag, 2004; Faux & Perry, 1999):

1. Estimación del valor del agua para diferentes cultivos: Se ha utilizado para valorar el agua en la producción de arroz, maíz, soja y cacahuetes.
2. Análisis a nivel de pequeñas explotaciones: El MVR se considera una técnica adecuada para estimar el valor del agua en pequeños sistemas de riego, donde los datos de mercado para el agua pueden ser inexistentes o poco fiables.
3. Estudios regionales: Se ha empleado para valorar el agua en cuencas hidrográficas específicas, como la cuenca del Guadalquivir en España (Ohab-Yazdi & Ahmadi, 2015), la cuenca del río Orange en Namibia, la región de Anglia Oriental y el distrito de riego de Mooi River en Sudáfrica (Berbel *et al.*, 2007).
4. Comparación con otros métodos: Algunos estudios han utilizado el MVR como una de las metodologías para comparar diferentes enfoques de valoración del agua (Conradie & Hoag, 2004).

El MVR presenta algunas ventajas (Berbel *et al.*, 2007):

1. Simplicidad: Es relativamente sencillo de aplicar, especialmente cuando se dispone de datos detallados sobre los ingresos y costos de producción.
2. Facilidad de replicación: Una vez que se conocen los valores de las variables definidas en la ecuación de valoración, el método puede replicarse fácilmente.
3. Utilidad en ausencia de mercados de agua: Es particularmente útil en situaciones donde no existen mercados activos para el agua de riego, por lo que no hay precios de mercado directos disponibles.

El MVR también adolece de varias limitaciones importantes (Speelman *et al.*, 2008):

1. Supuesto de competencia perfecta: La violación del supuesto de competencia perfecta en los mercados de insumos no acuícolas

puede llevar a una sobreestimación o subestimación del valor del agua. Por ejemplo, si los agricultores tienen poder de mercado en la venta de sus productos, el valor residual atribuido al agua podría estar inflado.

2. Dificultad para estimar costos de insumos no comercializados: La valoración precisa de los costos de insumos que no se comercializan activamente (como la tierra propia, la mano de obra familiar o la maquinaria ya amortizada) puede ser desafiante y subjetiva. La omisión o representación errónea de estos costos puede llevar a una sobreestimación del valor del agua.
3. Naturaleza residual: Al ser un método residual, cualquier error en la estimación de los ingresos o los costos de otros insumos se traslada directamente a la estimación del valor del agua.
4. Ignora las interdependencias de los insumos: El MVR trata al agua como un insumo independiente y no considera completamente las posibles interacciones y complementariedades con otros factores de producción.
5. Sensibilidad a los precios de los productos: Las fluctuaciones en los precios de los productos agrícolas pueden tener un impacto significativo en el valor residual atribuido al agua, incluso si la productividad física del agua no ha cambiado.
6. Puede no reflejar el valor de escasez: En situaciones de severa escasez hídrica, el valor residual podría no capturar completamente el verdadero valor de escasez del agua.
7. Sesgos estratégicos en métodos directos (Valoración Contingente): Aunque el MVR se considera más indirecto que métodos como la valoración contingente, es importante mencionar que los métodos directos pueden verse afectados por sesgos estratégicos o la creencia de que el agua es un bien gratuito.

El valor económico del agua estimado mediante el MVR puede utilizarse como base para informar las decisiones sobre la fijación de precios o tarifas del agua de riego (Berbel *et al.*, 2007). La lógica subyacente es que los agricultores deberían pagar por el agua al menos su valor económico en

la producción para fomentar un uso más eficiente y sostenible del recurso (Ramírez et al., 2019).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el “justo precio” del agua es un concepto complejo que puede ir más allá de su simple valor productivo. Las políticas de tarificación también deben considerar otros factores, como los costos de suministro (inversión, mantenimiento, operación), los costos ambientales asociados al uso del agua, la equidad social y la capacidad de pago de los agricultores (Álvarez & Rodríguez, 2002).

En el contexto de la tarificación, el MVR puede ayudar a determinar el valor marginal del agua en diferentes usos agrícolas, lo que a su vez puede informar el diseño de tarifas volumétricas, tarifas por tramos o incluso la implementación de mercados de agua. Por ejemplo, si el MVR revela que el valor del agua es alto en ciertos cultivos de alto valor añadido, esto podría justificar tarifas más elevadas para esos usos, incentivando una asignación del agua hacia las aplicaciones más productivas (Ramírez et al., 2019).

2.2. Programación Matemática

El método de Programación Matemática (PM - *Mathematical Programming*) consiste en el uso de modelos matemáticos para analizar y optimizar la toma de decisiones en el sector agrícola en relación con el precio o la tarifa del agua de riego (Montilla-López et al., 2017; Tsur, 2010). Estos modelos buscan representar el comportamiento de los agricultores ante diferentes escenarios de precios del agua y evaluar las consecuencias económicas, sociales y ambientales de las políticas de precios (Gómez-Limón & Riesgo, 2004; Isselhorst et al., 2018; Manos et al., 2011).

En esencia, la PM aplicada a la determinación del precio del agua en la agricultura se basa en la idea de que los agricultores toman decisiones racionales para maximizar un objetivo (como el beneficio o la utilidad) sujeto a diversas restricciones (como la disponibilidad de tierra, agua, capital, tecnología y regulaciones) (Gómez-Limón & Martínez, 2006). Al incorporar el precio del agua como un factor en estos modelos, se puede simular cómo los cambios en dicho precio afectan las decisiones de los agricultores, como la elección de cultivos, las técnicas de riego utilizadas, la cantidad de agua

demandada y, en última instancia, sus ingresos y el uso de otros recursos (Montilla-López *et al.*, 2017; Rosen & Sexton, 1993).

Diversos tipos de modelos de PM se emplean para analizar el precio del agua en la agricultura, entre los que destacan:

1. Programación Lineal (PL - *Linear Programming*): Este es uno de los métodos más utilizados, especialmente en estudios iniciales. La PL se caracteriza por tener una función objetivo lineal (lo que el agricultor busca optimizar, por ejemplo, el beneficio neto) y restricciones lineales (limitaciones en los recursos o requerimientos técnicos. El precio del agua se introduce como un costo variable que afecta el beneficio neto de cada actividad agrícola (Montilla-López *et al.*, 2017). Al variar el precio del agua en el modelo y resolverlo repetidamente, se puede obtener la curva de demanda de agua y el “precio sombra” del agua, que representa el valor marginal de una unidad adicional de agua (Tsur, 2010). Sin embargo, la PL puede ser rígida al asumir relaciones lineales y la optimización de un único objetivo.
2. Programación Matemática Positiva (PMP - *Positive Mathematical Programming*): Desarrollada por Howitt (1995) (Medellín-Azuara *et al.*, 2012) la PMP es una técnica de modelado que busca calibrar el modelo para que reproduzca las decisiones observadas en el mundo real. A diferencia de la PL, la PMP generalmente incorpora una función de costos no lineal (a menudo cuadrática) en la función objetivo, lo que permite simulaciones más flexibles y realistas del comportamiento de los agricultores. La PMP se aplica en varios pasos para calibrar el modelo con datos observados de uso de recursos y producción, y luego se utiliza para simular la respuesta a cambios en el precio del agua. Ha sido ampliamente utilizada para analizar el impacto de políticas de precios del agua en diferentes regiones (Hassani & Shahdany, 2021).

Los modelos de PM se han aplicado en numerosos estudios para analizar el precio del agua en la agricultura en diversas regiones del mundo, incluyendo:

- España: Se han utilizado extensivamente modelos de PL, PMP y MAUT para analizar el impacto de diferentes políticas de precios del agua en diversas zonas de riego, como el Valle del Duero, Andalucía y Palencia (Gallego-Ayala, 2012; Gómez-Limón & Martínez, 2006). Estos estudios han evaluado los efectos sobre la demanda de agua, los ingresos agrícolas, el empleo y la sostenibilidad. También se ha analizado la combinación de políticas de precios con incentivos para la adopción de tecnologías de ahorro de agua.
- Irán: Se ha empleado la PMP para determinar escenarios de precios del agua y evaluar sus efectos económicos, sociales y ambientales en distritos de riego como Rudasht y la llanura de Hamadan-Bahar (Hassani & Shahdany, 2021). Estos estudios han investigado cómo la fijación de precios del agua puede afectar los patrones de cultivo y la adopción de sistemas de riego modernos.
- California (EE.UU.): Se han utilizado modelos de producción agrícola basados en PMP para analizar los efectos de diferentes precios del agua en la región del Valle Central de Tulare (Medellín-Azuara *et al.*, 2012).
- Otros países: Los métodos de PM también se han aplicado en países como Marruecos, China, México, Sudáfrica y Turquía para evaluar la demanda de agua y analizar las políticas de precios existentes (Tsur, 2010). En México, se ha utilizado la programación lineal para determinar el precio sombra del agua en la Región Lagunera (Ramírez *et al.*, 2019).

2.3. Precios sombra del agua

El tema de los “precios sombra” es fundamental en el marco de la determinación de los precios o la tarificación del agua en el sector agrícola, ya que proporciona una valoración económica del recurso que va más allá de los costos directos de su suministro. Permite reflejar la escasez del agua y su valor de oportunidad, lo cual es crucial para promover un uso más eficiente y racional en la agricultura (Buttinelli *et al.*, 2024; Ramírez *et al.*, 2019).

El precio sombra del agua representa el valor económico de una unidad adicional de agua en un contexto específico. En el sector agrícola, se interpreta como el aumento en el valor de la producción (por ejemplo, en términos de beneficio neto) que se obtendría si se dispusiera de una unidad adicional de agua. Alternativamente, también puede verse como la pérdida en el valor de la producción si se pierde una unidad de agua.

Este precio sombra no es un precio de mercado real que se paga, sino un valor implícito que surge de la escasez del recurso y de las restricciones existentes en un sistema de producción (Ramírez *et al.*, 2019). Se calcula a menudo utilizando modelos de optimización, como la programación lineal, donde la restricción de la disponibilidad de agua genera un multiplicador de Lagrange (el precio sombra) que indica cuánto aumentaría el valor óptimo de la función objetivo (por ejemplo, la maximización de beneficios agrícolas) si la disponibilidad de agua se incrementara en una unidad.

La estimación de los precios sombra del agua de riego se realiza a menudo mediante enfoques econométricos, como el uso de funciones de producción (Buttinelli *et al.*, 2024). Estos modelos analizan la relación entre los insumos agrícolas (incluida el agua) y los resultados (como el rendimiento de los cultivos) para inferir el valor marginal de cada insumo. Por ejemplo, un estudio realizado en Italia estimó el precio sombra del agua de riego para el maíz grano utilizando un panel de datos de explotaciones agrícolas y una función de producción econométrica. Los resultados de este estudio indicaron que el precio sombra promedio del agua de riego era de 6.56 MXN/m³, con una mediana de 4.52 MXN/m³. Además, se encontró que la productividad total del agua representaba un tercio del valor bruto promedio de la producción de maíz.

La principal relevancia de los precios sombra radica en su capacidad para informar la política de tarificación del agua en la agricultura. Las tarifas de agua basadas en los costos directos de suministro a menudo no reflejan la verdadera escasez del recurso, lo que puede llevar a un uso ineficiente y a la sobreexplotación de las fuentes de agua (Ramírez *et al.*, 2019). Al tomar como referencia el precio sombra, las tarifas pueden enviar una señal económica más clara a los usuarios sobre el valor real del agua y la necesidad de utilizarla de manera racional.

No obstante, la aplicación práctica de los precios sombra en la tarificación del agua enfrenta desafíos. Requiere una comprensión detallada de las funciones de producción y el beneficio marginal del agua para cada cultivo y zona, así como la capacidad de medir el consumo de agua a nivel individual (Alarcón *et al.*, 2011). Además, consideraciones sociales y políticas, como la asequibilidad de las tarifas para los pequeños agricultores y los posibles impactos en la producción de alimentos, también deben tenerse en cuenta (IMCO, 2023; Zavala-García & Valencia-Zambrano, 2021). En muchos países, como México, el agua para uso agropecuario a menudo está subsidiada y las tarifas pueden no reflejar el costo total del suministro. En tales casos, la transición hacia un sistema de tarificación basado en el valor económico del agua requeriría una reforma integral de las políticas hídricas y de subsidios.

Un estudio realizado en la Región Lagunera (Coahuila y Durango, México) ilustra claramente esta importancia. En esta región, se determinó que el precio sombra del agua de riego era significativamente mayor que las tarifas que los agricultores pagaban (Ramírez *et al.*, 2019). Concretamente, el precio sombra estimado para el agua de bombeo fue de \$1.56 MN/m³ y para el agua de gravedad de \$0.91 MN/m³, mientras que la tarifa promedio pagada por el riego por gravedad era de tan solo \$0.09 MN/m³. Esta gran diferencia indica que el agua se estaba utilizando a un costo muy inferior a su valor económico real, lo que incentivaba un uso excesivo e ineficiente.

El precio sombra del agua se puede determinar mediante diversos modelos matemáticos, dependiendo del enfoque y los supuestos del análisis. Los modelos de programación lineal (PL) (Tsur, 2010) son los más comunes, ya que permiten calcular el valor dual de la restricción de disponibilidad de agua, reflejando su valor marginal en la producción agrícola. La programación matemática positiva (PMP) (Montilla-López *et al.*, 2017) mejora la calibración del modelo al comportamiento real de los agricultores. Los modelos no lineales (Sapino *et al.*, 2022) capturan relaciones económicas más complejas, mientras que los enfoques multi-atributo (Montilla-López *et al.*, 2017) consideran objetivos adicionales más allá del beneficio económico. Finalmente, los modelos bi-objetivo (Mitropoulos *et al.*, 2015) analizan los compromisos entre rentabilidad y sostenibilidad. En todos los

casos, el precio sombra representa el valor económico del agua en función de su escasez y uso óptimo dentro del sistema analizado.

2.4. Función de producción

La función de producción es un método inductivo que se fundamenta en el análisis de datos de series de tiempo para estimar el valor económico del agua (D'Odorico *et al.*, 2020). Este enfoque requiere información detallada sobre los diversos factores que influyen en el rendimiento de los cultivos a lo largo del tiempo. Al estudiar las relaciones estadísticas entre estos insumos y la producción obtenida, se busca inferir la contribución marginal de cada factor, incluyendo el agua, al valor final de la cosecha.

Para aplicar este método, es necesario recopilar datos históricos exhaustivos que abarquen variables como (D'Odorico *et al.*, 2020):

1. Rendimiento de los cultivos: Datos de producción por unidad de superficie (por ejemplo, kilogramos por hectárea) a lo largo de varios periodos.
2. Uso de agua de riego: Cantidades de agua aplicadas a los cultivos, idealmente medidas a nivel de parcela o explotación, y diferenciando entre diferentes técnicas de riego si es posible.
3. Otros insumos de producción: Información sobre la utilización de otros factores como mano de obra, fertilizantes, pesticidas, maquinaria, semillas, y la calidad del suelo.
4. Condiciones ambientales: Datos climáticos relevantes como precipitaciones, temperatura, horas de sol, y evapotranspiración.
5. Precios de los productos agrícolas: Precios de mercado de los cultivos cosechados en los periodos analizados.

Una vez que se dispone de esta información histórica, se pueden estimar funciones de producción cultivo-agua (Ramírez *et al.*, 2019). Estas funciones buscan modelar la relación física entre la cantidad de agua aplicada y el rendimiento del cultivo, manteniendo constantes o controlando el efecto de otros factores de producción y condiciones ambientales. Diferentes formas funcionales (lineales, cuadráticas, logarítmicas, etc.) pueden utilizarse

para representar esta relación, y la selección de la forma adecuada dependerá de las características específicas de los cultivos y las condiciones de la zona de estudio. Métodos econométricos como la regresión lineal múltiple o modelos de panel de datos son comúnmente empleados para estimar los parámetros de estas funciones (Buttinelli *et al.*, 2024).

Además de estimar la relación física, la función de producción se utiliza para desarrollar las funciones de demanda de agua de riego (Ramírez *et al.*, 2019). Esto se logra estudiando la relación entre el precio del producto agrícola y el costo variable del agua. El precio del producto determina el valor del rendimiento obtenido con el uso del agua, mientras que el costo del agua (que puede incluir tarifas, costos de bombeo, etc.) representa el gasto asociado a su utilización (Montilla-López *et al.*, 2017).

El proceso para desarrollar las funciones de demanda a partir de las funciones de producción implica (Montilla-López *et al.*, 2017):

1. Derivar la productividad marginal del agua: A partir de la función de producción estimada, se calcula el incremento en el rendimiento del cultivo que se obtiene al utilizar una unidad adicional de agua, manteniendo los demás factores constantes.
2. Valorar la productividad marginal: Esta productividad marginal física se multiplica por el precio del producto agrícola para obtener la productividad marginal en términos de valor monetario ($\$/\text{m}^3$ de agua). Este valor representa el beneficio adicional que el agricultor obtiene al utilizar una unidad más de agua.
3. Establecer la condición de equilibrio: En un escenario de maximización de beneficios, un agricultor estará dispuesto a utilizar agua hasta el punto en que el valor de su productividad marginal sea igual al costo marginal de obtener y aplicar esa agua (la tarifa del agua, por ejemplo).
4. Construir la curva de demanda: Variando el costo marginal del agua (simulando diferentes tarifas), se puede determinar la cantidad óptima de agua que el agricultor demandará a cada nivel de precio, generando así la curva de demanda de agua de riego. Esta curva generalmente tendrá una pendiente negativa, indicando que a medida que aumenta el precio del agua, la cantidad demandada disminuye.

2.5. Multiplicadores de Lagrange

Los multiplicadores de Lagrange son una herramienta fundamental en el campo de la optimización matemática, especialmente cuando se busca maximizar o minimizar una función sujeta a una o varias restricciones (Tsur, 2005). En el contexto de la economía agrícola y la gestión de recursos hídricos, los multiplicadores de Lagrange desempeñan un papel crucial al proporcionar información valiosa sobre el valor marginal de los recursos limitados, como el agua de riego. Este valor marginal se conoce comúnmente como precio sombra.

En términos generales, cuando se desea optimizar una función objetivo $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ sujeta a una restricción de igualdad $g(x_1, x_2, \dots, x_n) = c$, el método de los multiplicadores de Lagrange introduce una nueva variable, denotada típicamente por λ (el multiplicador de Lagrange), para formar una nueva función, llamada la función Lagrangiana:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \lambda) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) - \lambda [g(x_1, x_2, \dots, x_n) - c]$$

La condición necesaria para encontrar un óptimo (máximo o mínimo) es que las derivadas parciales de la función Lagrangiana con respecto a todas sus variables las (x_i) y (λ) sean iguales a cero. Resolver este sistema de ecuaciones proporciona los valores de las variables de decisión x_i que optimizan la función objetivo, así como el valor del multiplicador de Lagrange λ :

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial x_i} + \lambda \frac{\partial g}{\partial x_i} = 0, \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = g(x_1, x_2, \dots, x_n) - c = 0$$

La interpretación económica clave del multiplicador de Lagrange λ es que representa la tasa de cambio del valor óptimo de la función objetivo con respecto a un cambio unitario en el nivel de la restricción. En otras palabras, indica cuánto mejorará (o empeorará) el valor óptimo de la función

objetivo si se relaja (o se hace más estricta) la restricción en una unidad (Ramírez et al., 2019).

En el contexto de la gestión del agua de riego, los modelos de optimización, como la programación lineal (PL) y la programación matemática (PM), a menudo se utilizan para determinar la asignación óptima de recursos (tierra, agua, mano de obra, capital) entre diferentes actividades agrícolas (cultivos) con el objetivo de maximizar beneficios, márgenes brutos o alguna otra función objetivo.

En estos modelos, la disponibilidad total de agua para riego se formula como una restricción: la suma del agua utilizada por todos los cultivos no puede exceder la cantidad total de agua disponible. El multiplicador de Lagrange asociado a esta restricción de agua es el que se interpreta como el precio sombra del agua.

El precio sombra del agua indica el aumento en el valor óptimo de la función objetivo (por ejemplo, el beneficio total de la explotación o región) que se obtendría si se dispusiera de una unidad adicional de agua para riego, manteniendo todas las demás restricciones constantes (Trujillo-Murillo & Perales-Salvador, 2022). Alternativamente, puede interpretarse como la pérdida en el valor óptimo de la función objetivo si la disponibilidad de agua se reduce en una unidad. Económicamente, el precio sombra del agua representa el valor marginal del agua en su uso más eficiente dentro del sistema modelado. Es el costo de oportunidad de utilizar esa última unidad de agua en la actividad óptima, en lugar de en su siguiente mejor uso alternativo (que ya no es factible debido a la restricción de agua).

2.6. El método del precio de costo marginal

El método del precio de costo marginal es un principio fundamental en economía que sugiere que el precio de un bien o servicio debe ser igual al costo de producir una unidad adicional del mismo. En teoría, esta estrategia de precios conduce a una asignación eficiente de los recursos, ya que los consumidores pagan exactamente por el costo de los recursos necesarios para satisfacer su demanda en el margen.

Aplicado al agua, el costo marginal se refiere al costo adicional incurrido para proporcionar una unidad más de agua a los usuarios. Este costo puede incluir varios componentes, dependiendo de la fuente del agua y la infraestructura necesaria para su extracción, tratamiento y distribución. Por ejemplo, para aguas superficiales, el costo marginal podría estar asociado con la operación y mantenimiento de las represas y los canales de distribución, así como los costos de tratamiento para potabilización si se trata de uso doméstico o industrial. Para aguas subterráneas, podría incluir los costos de bombeo (principalmente energía), mantenimiento de pozos y posibles costos asociados con la sobreexplotación del acuífero (como un mayor costo de bombeo a medida que baja el nivel freático). En el caso del riego, también se deben considerar los costos de la infraestructura de distribución hasta las parcelas agrícolas (Trujillo-Murillo & Perales-Salvador, 2022).

Una parte significativa del costo del suministro de agua para riego está asociada con la inversión en infraestructura (presas, canales, sistemas de bombeo). Estos son costos fijos o semifijos que no varían directamente con la cantidad de agua suministrada en el corto plazo. Asignar estos costos a una base por unidad para determinar el costo marginal puede ser complejo y arbitrario, llevando a precios que no reflejan el costo de una unidad adicional en el instante de consumo.

Por otro lado, el uso del agua, especialmente en la agricultura, puede generar externalidades significativas que no se reflejan directamente en los costos privados de los agricultores. Estas pueden incluir el agotamiento de acuíferos, la degradación de la calidad del agua para otros usuarios o para el medio ambiente, y los impactos ecológicos de la alteración de los flujos de agua. Un precio basado únicamente en el costo marginal privado de suministro podría no internalizar estos costos sociales y ambientales (Álvarez & Rodríguez, 2002). La Directiva Marco de Aguas (DMA) mencionada en Álvarez y Rodríguez (2002), aboga por tener en cuenta los costos ambientales y de los recursos, lo que complica la noción simple de costo marginal de suministro (IMCO, 2023).

Otro aspecto para destacar es respecto al costo de proporcionar una unidad adicional de agua. Este puede variar significativamente dependiendo

de las condiciones hidrológicas (sequía o abundancia), la disponibilidad del recurso y la demanda en un momento dado (Ramírez *et al.*, 2019). En épocas de escasez, el costo de oportunidad de usar una unidad adicional de agua para riego puede ser muy alto, ya que podría privar de este recurso a usos de mayor valor, como el consumo doméstico. El precio sombra, discutido previamente, refleja este valor marginal del agua desde la perspectiva de su utilidad o beneficio generado, que puede diferir del costo marginal de su suministro.

Otro aspecto determinante tiene que ver con los subsidios y las políticas públicas en torno al agua. Históricamente, el agua para riego ha sido fuertemente subsidiada en muchas regiones (IMCO, 2023). Estas políticas mantienen los precios pagados por los agricultores por debajo del costo real de suministro (ya sea marginal o promedio), lo que no incentiva el uso eficiente del recurso. La transición hacia precios basados en costos (incluyendo el costo marginal) a menudo encuentra resistencia debido a los impactos en la rentabilidad agrícola (Montilla-López *et al.*, 2017).

El agua es un insumo esencial para la producción agrícola, especialmente en los sistemas de riego que dependen de fuentes superficiales o subterráneas. Sin embargo, las tarifas cobradas por su uso en el sector son variables entre países y, en muchos casos, no reflejan el verdadero valor económico del recurso (FAO, 2021; OECD, 2010). Este análisis reúne información de múltiples fuentes—incluyendo bases de datos de la FAO, informes de la OCDE, artículos científicos recientes—para construir una base comparativa de las tarifas de agua para uso agrícola.

Los resultados muestran divergencias en las tarifas de agua entre países, tanto en el tipo de esquemas implementados como en los montos cobrados. Algunos países, como Chile o Israel, tienen tarifas relativamente altas, que en ciertos contextos superan los \$10 MXN/m³ (Garrido & Calatrava, 2009; World Bank, 2017), mientras que, en otros casos, como Pakistán, India o Egipto, las tarifas son simbólicas o incluso inexistentes como también el caso de México donde es subsidiada (FAO, 2021; Tsur *et al.*, 2004).

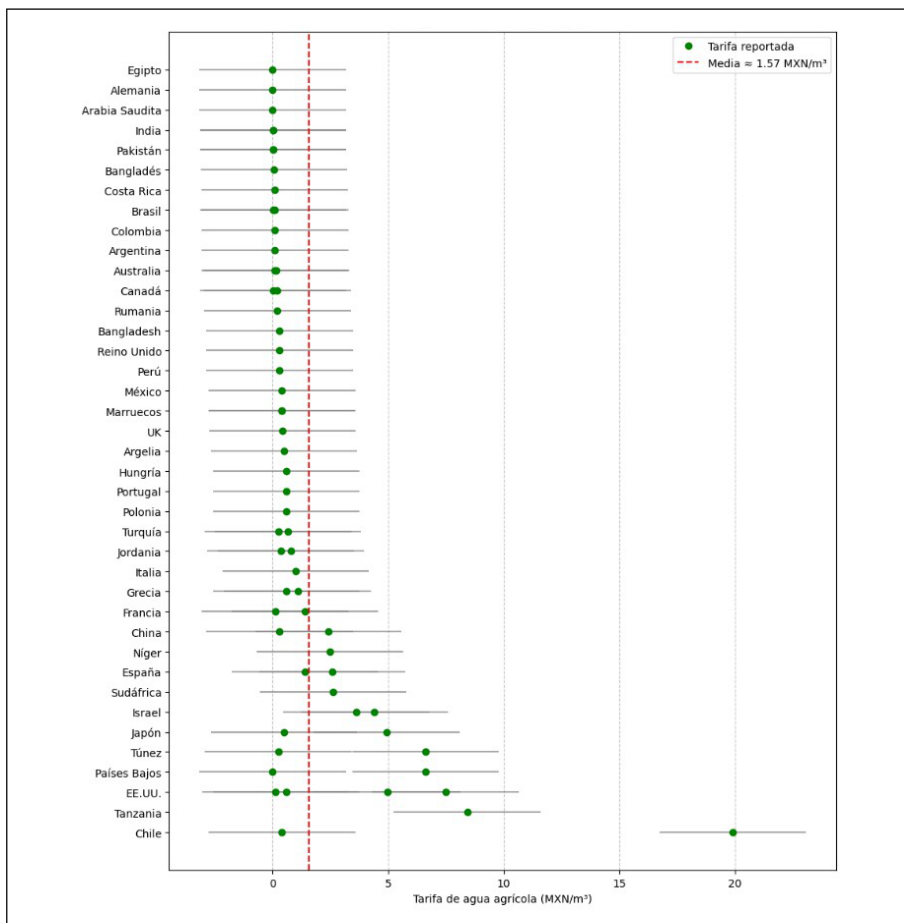
De acuerdo con lo revisado, la tarifa media estimada a partir del conjunto de países analizados es de aproximadamente \$1.57 MXN/m³, aunque con una amplia desviación estándar. La figura 3 muestra esta

disparidad de tarifas por país, donde evidentemente la gran mayoría está por debajo de la media.

Por otro lado, el análisis de las estructuras tarifarias en estos países revela varios modelos: tarifas volumétricas (cobro por unidad de agua consumida), tarifas por superficie regada, esquemas de dos partes (combinando un cargo fijo y uno variable), y sistemas comunitarios donde el pago puede ser en especie o mediante trabajo (FAO, 2006; Perry, 2001). La implementación de tarifas volumétricas es más frecuente en países con infraestructura moderna de medición y control, como España, Francia o Australia, mientras que en muchos países de América Latina, África y Asia predomina el cobro por hectárea o el subsidio total (Garrido & Calatrava, 2009; Molle & Berkoff, 2007).

Otro aspecto importante que se destaca en la literatura es que, en la gran mayoría de los países, las tarifas cobradas no alcanzan a cubrir ni siquiera los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de riego, mucho menos los costos de inversión o el valor ambiental del recurso (OECD, 2010; World Bank, 2017). Esto se traduce en subsidios generalizados que, si bien cumplen un objetivo social al apoyar a los agricultores, principalmente pequeños productores, también generan distorsiones en el uso del agua, desincentivando su uso eficiente (Tsur *et al.*, 2004).

En este sentido, los análisis de eficiencia hídrica (expresada como valor económico agregado agrícola por unidad de agua utilizada) muestran que existen países que logran producir más con menos agua, sin necesariamente tener las tarifas más elevadas (FAO, 2021). Según los datos de 2021 del sistema AQUASTAT, en el Norte Global, los países con mayor eficiencia en el uso del agua agrícola incluyen a Países Bajos con \$502.00 por cada metro cubico de agua consumida (MXN/m³), Eslovenia (182.63 MXN/m³), Suiza (119.74 MXN/m³), Suecia (71.96 MXN/m³) y Nueva Zelanda (86.54 MXN/m³). También se encuentran Estados Unidos con un valor de eficiencia de 21.45 MXN/m³, y Canadá con 20.04 MXN/m³, ambos por encima del promedio global. En contraste, algunos países del Norte Global presentan eficiencias muy bajas, como Irlanda y Luxemburgo, ambos con 0.00 MXN/m³, y Finlandia con 0.37 MXN/m³.

Figura 3. Forest Plot. Tarifas agrícolas de agua por país en la agricultura.

Fuente: elaboración propia.

En el Sur Global, destacan por su alta eficiencia Yibuti (267.17), Brunéi Darussalam (127.06), Seychelles (93.63) y Sierra Leona (76.14). En cuanto a América Latina, Chile alcanza una eficiencia de 7.62 MXN/m³, mientras que México registra un valor de 6.62 MXN/m³, situándose por debajo del promedio general. Por otro lado, varios países del Sur Global presentan valores bajos de eficiencia, como Sudán del Sur (0.38), Níger (0.07), Lesoto (0.29), Togo (0.32) y Guyana (0.26 MXN/m³).

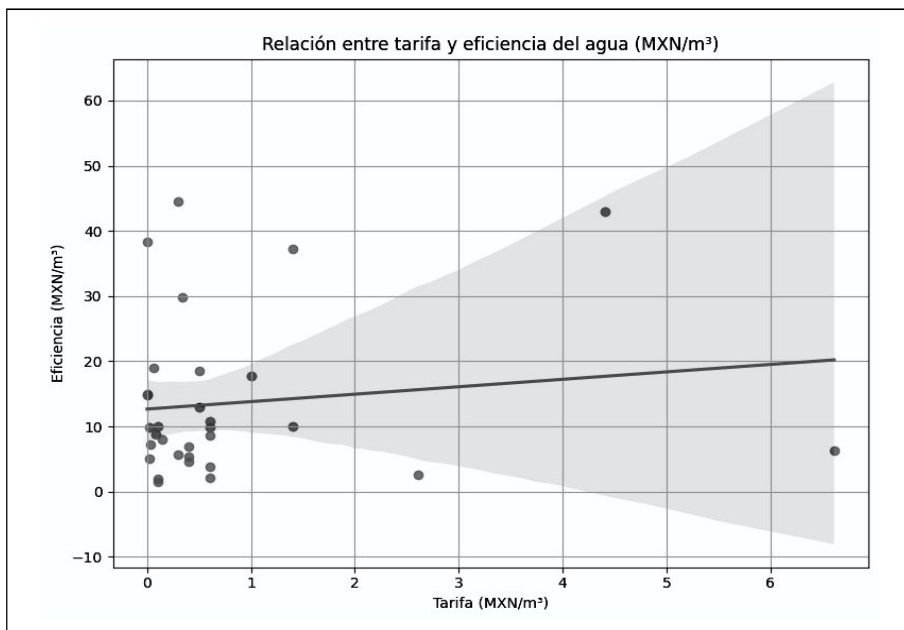
El análisis de correlación entre las tarifas cobradas por el consumo de agua en la agricultura y la eficiencia hídrica, utilizando datos reportados por la FAO (2021), arroja un coeficiente de 0.13, lo cual indica una correlación positiva muy débil. Sin embargo, este valor sugiere que, en casos muy específicos, los países con tarifas más altas tienden a registrar una mayor eficiencia en el uso del agua agrícola.

Por ejemplo, Israel, que aplica tarifas de \$4.41 para el agua en el sector agrícola, que son más elevadas en comparación con muchos países de América Latina, también presenta un alto nivel de eficiencia hídrica (\$42.92), lo que se traduce en una mayor productividad por unidad de recurso hídrico. Del mismo modo, Chile y Australia, ambos países con estructuras tarifarias relativamente altas muestran eficiencias superiores al promedio global. En contraste, países como India, Pakistán y Egipto, donde las tarifas por el uso agrícola del agua son bajas o simbólicas, exhiben también niveles bajos de eficiencia hídrica.

En el caso de México, los datos muestran una tarifa agrícola bastante baja, y una eficiencia hídrica limitada, con un valor aproximado de 6.62 MXN/m³ generados por cada metro cúbico de agua utilizada, que refleja un patrón similar al de muchos países en desarrollo, donde la política de subsidios al agua agrícola no se traduce necesariamente en mejoras en la productividad hídrica.

Sin embargo, esta relación no es fuerte ni determinante, debido a que, en muchos casos, no existe una estructura tarifaria clara y homogénea sobre el uso del agua en actividades agrícolas de irrigación; además, esto sugiere que el nivel tarifario no es el único factor que explica la eficiencia hídrica, sino también el uso de tecnologías o esquemas de innovación.

En general, la revisión de la literatura ha puesto de manifiesto la complejidad de valorar económicamente el agua en el ámbito agrícola, resaltando tanto las fortalezas como las limitaciones de los métodos de valoración. Por otro lado, los análisis comparativos entre cultivos evidencian que las tarifas actuales, en muchos casos subsidiadas y desvinculadas de los costos reales, fomentan un uso ineficiente y una sobreexplotación del recurso. Por ello, se subraya la importancia de integrar enfoques multidisciplinarios y de reformar las políticas tarifarias, orientándolas hacia

Figura 4. Relación entre tarifa y eficiencia del agua (MXN/m³).

Fuente: elaboración propia.

una asignación racional del agua que reconozca sus costos económicos, sociales y ambientales.

Conclusiones

Este estudio ha permitido identificar y analizar diversas metodologías para valorar en términos económico el consumo de agua en la agricultura, y el de la importancia de adoptar un enfoque que combine consideraciones económicas, ambientales y sociales en la determinación del valor. La revisión de literatura sobre las estructuras tarifarias respalda la importancia de reformar la tarificación del agua para que refleje su verdadero valor y se incentive un uso más eficiente, en particular en aquellas regiones donde el recurso hídrico está subsidiado.

Por otro lado, se observa que el cultivo de fresa, a pesar de su rentabilidad, impone el mayor consumo de agua entre los cultivos analizados,

y opera bajo tarifas que no reflejan sus costos de suministro ni su valor de escasez. También se analizó que la relación entre tarifa y eficiencia es débil, la cual indica que tarifas más altas por el consumo de agua no conducen necesariamente a una mayor productividad hídrica.

Finalmente, es importante reconocer que la valoración económica del agua debe adaptarse a los contextos locales específicos, ya que cada región tiene características únicas en cuanto a disponibilidad, demanda y condiciones ambientales. Por ejemplo, en zonas donde se enfrenta una marcada escasez hídrica o condiciones climáticas adversas, resulta indispensable priorizar el consumo de agua hacia sectores que generen un mayor valor social, en lugar de centrarse únicamente en beneficios económicos. En general, la incorporación de factores climáticos, geográficos y socioeconómicos en la valoración del agua permite desarrollar metodologías de tarificación más pertinentes que respondan a los contextos particulares de cada región.

Agradecimiento al Programa de Becas Posdoctorales de la UNAM por financiar la estancia de investigación, y agradecimiento al proyecto PAPIIT IN223824 “Deterioro socioambiental del agua y el suelo por la expansión de la agricultura de exportación en Michoacán”, coordinado por la Dra. Mayra Elena Gavito Pardo.

Referencias

- Alarcón, J., Mesa-Jurado, M., & Berbel, J. (2011). "Devising irrigation water tariffs with overconsumption penalties". *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 9, núm. 4, 971-980.
<http://dx.doi.org/10.5424/sjar/20110904-537-10>
- Álvarez, L., & Rodríguez, J. (2002). "Políticas de tarificación y de ahorro de agua en el regadío. Análisis de su aplicación conjunta". *Revista española de estudios agrosociales y pesqueros*, vol. 197, 63-104.
- Amini, A., Karami, F., Sedri, M., & Khaledi, V. (2022). "Determination of water requirement and crop coefficient for strawberry using lysimeter experiment in a semi-arid climate". *H2Open Journal*, vol. 5, núm. 4, 642-655.
- Ariza, M., Miranda, L., Gómez-Mora, J., Medina, J., Lozano, D., Gavilán, P., Soria, C., & Martínez-Ferri, E. (2021). "Yield and fruit quality of strawberry cultivars under different irrigation regimes. *Agronomy*", vol. 11, núm. 2.
- Berbel, J., Calatrava, J., & Garrido, A. (2007). *Irrigation Water Pricing: A Review of the European Experience* (F. Molle y J. Berkoff, Eds.; pp. 295-327). CAB International.
- Buttinelli, R., Cortignani, R., & Caracciolo, F. (2024). "Irrigation water economic value and productivity: An econometric estimation for maize grain production in Italy". *Agricultural Water Management*, vol. 295, 108757.
- Concha, C. (2022). *Expansión del monocultivo de fresa y sus impactos socioambientales en el corredor agrícola "Morelia-Pátzcuaro" en el estado de Michoacán, México* [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad.
- Conradie, B., & Hoag, D. (2004). "A review of mathematical programming models of irrigation water values". *Water SA*, vol. 30, núm. 3, 287-292.
- D'Oodorico, P., Chiarelli, D., Rosa, L., Bini, A., Zilberman, D., & Rulli, M. (2020). "The global value of water in agriculture". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 117, núm. 39, 21985-21993.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2005835117>
- FAO. (2006). *The role of agriculture and rural development in revitalizing abandoned/ depopulated areas*. Food and Agriculture Organization.
- FAO. (2021). *AQUASTAT Database: Water withdrawal and tariff data*.
<https://www.fao.org/aquastat>
- FAO. (2024). *FAOSTAT: Cultivos y productos de ganadería*.
<https://www.fao.org/faostat/>

- Faux, J., & Perry, G. (1999). "Estimating Irrigation Water Value Using Hedonic Price Analysis: A Case Study in Malheur County, Oregon". *Land Economics*, núm. 75, vol. 3, 440-452.
- Feng, Z., Shi, H., Miao, Q., Sun, W., Liu, M., & Dai, L. (2021). "Water use analysis of cultivated land with typical sand layers in Hetao Irrigation District of Inner Mongolia using HYDRUS-1D model". *Trans Chin Soc Agric Eng*, vol. 37, 90-99.
- Flores, N., Saldivar, A., Hernández, V., & Pérez, O. (2017). "Valoración del agua de riego agrícola en el valle de Zamora, Michoacán, México". *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, vol. 8, núm. 4, 811-823.
- Gallego-Ayala, J. (2012). "Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi-methodological approach". *Mathematical and Computer modelling*, vol. 55, núm. 3-4, 861-883.
- García, J., Montensinos, P., Rodríguez, J., Camacho, E., & Hess, T. (2012). "Hacia la sostenibilidad del cultivo de la fresa: Demanda real de riego y posibilidades de mejora". *Actas del XXX Congreso Nacional de Riegos, D-1*, 149-150.
- Garrido, A., & Calatrava, J. (2009). "Water pricing and irrigation: A review of the European experience". En A. Dinar y J. Mody (Eds.), *Irrigation water pricing: The gap between theory and practice*. CABI Publishing.
- Gómez-Limón, J., & Martínez, Y. (2006). "Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study". *European journal of operational research*, vol. 173, núm. 1, 313-336.
- Gómez-Limón, J., & Riesgo, L. (2004). "Irrigation water pricing: Differential impacts on irrigated farms". *Agricultural Economics*, vol. 31, 47-66.
<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2004.tb00221.x>
- Gordillo-Salinas, V., Arista-Cortes, J., Meraz-Maldonado, N., Ojeda-Bustamante, W., Valle-Gough, R., & Jiménez-Jiménez, S. (2024). "Application of the METRIC model to estimate maize crop evapotranspiration at field scale with Google Earth Engine". *Revista de Teledetección*, vol. 64, 1-14.
- Hassani, Y., & Shahdany, S. (2021). "Implementing agricultural water pricing policy in irrigation districts without a market mechanism: Comparing the conventional and automatic water distribution systems". *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 185, 106121.
- IMCO. (2023). *El costo del agua en México: Un análisis de tarifas y de sus impactos para la sociedad*. IMCO. <https://imco.org.mx>
- Isselhorst, S., Berking, J., & Schütt, B. (2018). "Water pricing following rainfall distribution and its implications for irrigation agriculture: A case study from Vélez Blanco, Andalusia (1967-2006)". *Agricultural Water Management*, vol. 199, 34-47.

- Jo, W., Kim, D., Sim, H., Ahn, S., Lee, H., Moon, Y., Woo, U., & Kim, S. (2021). "Estimation of evapotranspiration and water requirements of strawberry plants in greenhouses using environmental data". *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 5, 684808.
- Lozano, D., Ruiz, N., & Gavilán, P. (2016). "Consumptive water use and irrigation performance of strawberries". *Agricultural water management*, vol. 169, 44-51.
- Manos, B., Bournaris, Th., Kamruzzaman, M., Begum, A., & Papathanasiou, J. (2011). "The regional impact of irrigation water pricing in Greece under alternative scenarios of European policy: A Multicriteria analysis". *Regional Studies*, vol. 45, núm. 8, 1055-1068.
<https://doi.org/10.1080/00343401003726903>
- Medellín-Azuara, J., Howitt, R., & Harou, J. (2012). "Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology". *Agricultural water management*, vol. 108, 73-82.
- Mitropoulos, P., Vasileiou, K., & Mitropoulos, I. (2015). "A bi-objective model for analysing the potential impacts of water pricing and regulation strategies on the performance of irrigated agriculture". *International Journal of Green Economics*, vol. 9, núms. 3-4, 291-315.
- Molle, F., & Berkoff, J. (2007). *Irrigation water pricing: The gap between theory and practice*. CABI.
- Monroy, J., Vera, J., Carrera, M., Grageda, O., & Peña, J. (2012). *Absorción de nitrógeno (15n) y productividad del agua por el cultivo de fresa (Fragaria x ananasa) en "El Bajío", México Terra Latinoamericana, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, AC Chapingo. México.*
- Montilla-López, N., Gutiérrez-Martín, C., & Gómez-Limón, J. (2017). "Impacto de la tarificación del agua de riego en el Bajo Guadalquivir". *ITEA. Información Técnica Económica Agraria*, vol. 113, núm. 1, 90-111.
- OECD. (2010). *Pricing water resources and water and sanitation services*. OECD Publishing.
- Ohab-Yazdi, S. & Ahmadi, A. (2015). "Design and Evaluation of Irrigation Water Pricing Policies for Enhanced Water Use Efficiency". *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 141, núm. 12, 04015028.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000610](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000610)
- Peniche, S. (2010). *Agua y economía fresera en la cuenca del río Duero. La transformación del modelo hidroagrícola mexicano* [PhD Thesis]. El Colegio de Michoacán.

- Perry, C. (2001). "Charging for irrigation water: The issues and options, with a case study from Iran". *Irrigation and Drainage*, vol. 50, núm. 1, 31-38.
- Ramírez, B., González, A., Valdivia, R., Salas, J., & García, J. (2019). "Tarifas eficientes para el agua de uso agrícola en la Comarca Lagunera". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 3, núm. 10, 539-550.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v10i3.1295>
- Ramos-López, B., Martínez-Gutiérrez, G., Morales, I., Escamirosa-Tinoco, C., & Pérez-Herrera, A. (2017). "Consumo de agua y rendimiento de tomate de cáscara bajo diferentes cubiertas de invernaderos". *Horticultura brasileira*, vol. 35, 265-270.
- Rosen, M., & Sexton, R. (1993). "Irrigation Districts and Water Markets: An Application of Cooperative Decision-Making Theory". *Land Economics*, vol. 69, núm. 1, 39-53.
- Sa'diyah, H., Sjah, T., & Tenriawaru, A. (2021). "Irrigation water economic valuation for irrigation water tariff basis". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 681, núm. 1, 012063.
- Sapino, F., Pérez-Blanco, C., Gutiérrez-Martín, C., García-Prats, A., & Pulido-Velázquez, M. (2022). "Influence of crop-water production functions on the expected performance of water pricing policies in irrigated agriculture". *Agricultural Water Management*, vol. 259, 107248.
- Shanmugaratnam, T., Okonjo-Iweala, N., Mazzucato, M., & Rockström, J. (2021). *The Economics of Water: Valuing the Hydrological Cycle as a Global Common Good* (H. Ovink, Ed.). Global Commission on the Economics of Water.
- Speelman, S., Farolfi, S., Perret, S., D'Haese, L., & D'haese, M. (2008). "Irrigation Water Value at Small-scale Schemes: Evidence from the North West Province, South Africa". *International Journal of Water Resources Development*, vol. 24, núm. 4, 621-633.
<https://doi.org/10.1080/07900620802224536>
- Speelman, S., Frija, A., Perret, S., D'Haese, M., Farolfi, S., & D'Haese, L. (2009). "Variability in smallholder's irrigation water values: Study in North-West province, South Africa". *Irrigation and Drainage*, vol. 58, 1560-1566.
- Speelman, S., Frija, A., Perret, S., D'haese, M., Farolfi, S., & D'haese, L. (2011). "Variability in smallholders' irrigation water values: Study in North-West Province, South Africa". *Irrigation and Drainage*, vol. 60, núm. 1, 11-19.
- Spring, Ú. (2014). "Water security and water management in Mexico". *Springer Water*.
https://consensus.app/papers/water-security-water-mexico-spring/9f95ae4ecc285a1c9477e11a2b22aba4/?utm_source=chatgpt
- Trout, T., & Gartung, J. (2003). "Irrigation water requirements of strawberries". *IV International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops* 664, 665-671.

- Trujillo-Murillo, J., & Perales-Salvador, A. (2022). "Precio sombra y costo real del agua para riego en Acámbaro, Guanajuato / Shadow price and real cost of water for irrigation in Acámbaro, Guanajuato". *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 13, núm. 5, 326-349.
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-13-05-09>
- Tsur, Y. (2005). "Economic Aspects of Irrigation Water Pricing". *Canadian Water Resources Journal*, vol. 30, núm. 1, 31-46.
<https://doi.org/10.4296/cwrj300131>
- Tsur, Y. (2010). *Pricing irrigation water: Principles and cases from developing countries*. Routledge.
- Tsur, Y., Dinar, A., & others. (2004). *Pricing Irrigation Water: Principles and Cases from Developing Countries*. Resources for the Future.
- United Nations. (2023). *The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water*. UNESCO.
- Upadhyaya, A., Jeet, P., Singh, A., Kumari, A., & Sundaram, P. (2022). "Efficacy of influencing factors in the decision-making of irrigation water pricing: A review". *Water Policy*, vol. 24, núm. 6, 963-979.
<https://doi.org/10.2166/wp.2022.004>
- World Bank. (2017). *Beyond scarcity: Water security in the Middle East and North Africa*. World Bank Publications.
- Zavala-García, E., & Valencia-Zambrano, X. (2021). "Políticas tarifarias de riego y su incidencia en el desarrollo agrícola aguas abajo del sitio de presa Poza Honda". *Polo del Conocimiento*, vol. 6, núm. 9, 2028-2050.
<https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3154>

PANELES SOLARES. DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DESDE LA ECONOMÍA CIRCULAR

*Jovanna Carranza Maldonado **
*Hilda Rosalba Guerrero García Rojas ***
*Carmen Cecilia García Castillo ****

Introducción

Los hogares y empresas que instalan paneles solares pueden ahorrar hasta un 75% en sus facturas de electricidad a lo largo de 20 años, y en algunos casos, recuperar la inversión en menos de 10 años (Fields & Walker, 2024). Además de las ventajas económicas, los paneles solares tienen menores impactos ambientales; y desde el punto de vista técnico, ya que, son de bajo mantenimiento.

Actualmente, el mundo muestra cada vez más consciencia del impacto ambiental, donde los paneles solares han sido aclamados como una de las soluciones más prometedoras para la transición energética hacia fuentes renovables. Sin embargo, detrás de esta tecnología aparentemente limpia y amigable con el medio ambiente, existen desafíos importantes que deben abordarse para garantizar que su ciclo de vida sea verdaderamente sustentable.

* Alumna del Doctorado en Desarrollo y Sustentabilidad en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH). 1208420x@umich.mx

** Doctora en Recursos Ambientales. Profesora e Investigadora Titular en la Facultad de Economía de la UMSNH. hilda.guerrero@umich.mx

*** Doctora en Desarrollo y Sustentabilidad. Profesora del Instituto Tecnológico de Valle de Morelia (Tecnológico Nacional de México). carmen.gc@vmorelia.tecnm.mx

Debido a que los paneles solares también constituyen una fuente de residuos electrónicos —pues entre los componentes se encuentra vidrio, metales (aluminio, silicio, y cobre), plásticos y adhesivos—, la inadecuada disposición final de su vida útil puede generar contaminación ambiental (Chowdhury *et al.*, 2019). Si estos componentes no son correctamente separados y reciclados, pueden provocar impactos negativos en el medio ambiente. En este contexto, la Economía Circular (EC) podría desempeñar un papel clave para determinar cuán sustentable pueden llegar a ser los paneles solares (Kabir *et al.*, 2018).

El objetivo del presente trabajo es analizar las posibilidades que la EC aporta en el ciclo de vida de los paneles solares, se explora el ciclo de vida de los paneles solares, destacando los desafíos ambientales asociados con su producción, uso y disposición final. Asimismo, se analiza cómo los principios de la EC pueden aplicarse para minimizar estos impactos, mediante la promoción de estrategias como la prolongación de la vida útil, reciclaje y remanufactura de paneles solares. Estas acciones permiten integrarlos en un sistema energético más sustentable y ambientalmente responsable.

A nivel mundial, se estima que para el año 2050 los residuos de paneles solares podrían superar los 78 millones de toneladas métricas si no se implementan estrategias adecuadas de gestión (Weckend, *et al.*, 2016). Esta proyección ha despertado una creciente preocupación internacional debido al riesgo que estos residuos representan para el medio ambiente, al contener materiales potencialmente tóxicos como plomo, cadmio y flúor (Herceg *et al.*, 2020). Diversos estudios han advertido que la falta de infraestructura para el reciclaje y tratamiento de estos desechos puede conducir a una nueva ola de contaminación electrónica (Yang *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2024; Ndzibah *et al.*, 2021; Badran *et al.*, 2025). Ante esta situación, se ha intensificado el llamado a adoptar modelos de EC que permitan transformar los residuos en recursos, reduciendo así los impactos negativos en el entorno natural y fomentando la sustentabilidad del sector fotovoltaico a largo plazo (Franco & Groesser, 2021; De Sousa *et al.*, 2023).

En México la instalación de paneles solares en el sector industrial, comercial y de servicios ha ido aumentando, sin embargo, la adopción de esta ecotecnología en los hogares es aún lenta, pues apenas de un 0.5% de

las viviendas cuentan con paneles solares (Cervantes, 2023). Para los hogares mexicanos que instalan paneles solares se requiere realizar un contrato con la Comisión Federal de Electricidad y deben cumplir con las normas oficiales mexicanas correspondientes, sin embargo, recuperan su inversión entre 2.5 a 5 años (Tapia, 2023).

El desarrollo de este trabajo se justifica en varios aspectos, entre ellos, encaminar los esfuerzos del uso sustentable para los paneles solares, así como fomentar modelos de negocios sostenibles en el área de la energía solar; además los esfuerzos realizados en este tema también contribuyen a la extensión de la vida útil de los materiales y reducción de residuos contaminantes. Además, la generación de información relacionada con los paneles solares también apoya a los tomadores de decisiones con respecto a las estrategias gubernamentales en el área de energía.

1. Revisión de literatura

Se ha estudiado y podido constatar que se pueden recuperar cantidades significativas de materiales como silicio, vidrio y metales de los paneles solares; el porcentaje de recuperación es de hasta un 90% de silicio y un 95% de vidrio, lo que disminuye el impacto ambiental asociado a la eliminación de los paneles solares y reducción de la demanda de materiales vírgenes (Chen *et al.*, 2024), así como la promoción de descarbonización del suministro eléctrico (Matsuoka *et al.*, 2024).

Entendiendo que la transición a energía renovables es crucial para abordar los desafíos climáticos globales, los países en el mundo han incrementado el uso de paneles solares para atender sus necesidades energéticas, entre los que destacan, se encuentran Australia, Japón, Italia, Alemania, Unión Europea, México, Corea del Sur, Reino Unido, Estados Unidos, Turquía y China, siendo este último, el mayor productor y a la vez consumidor mundial de paneles solares (Chen *et al.*, 2024).

Cabe mencionar que los avances tecnológicos en energías renovables reducen las emisiones de manera significativa en los países desarrollados, mientras que en los países con economías emergentes se muestra un progreso más lento pero constante; además, también se observa un desacoplamiento

entre el crecimiento económico y las emisiones de contaminantes a la atmosfera (Zheng *et al.*, 2025); esta situación conlleva a la necesidad de generar políticas que incentiven la innovación en energías renovables y se prioricen los principios de la EC.

Las investigaciones más recientes coinciden en la necesidad de implementar soluciones de EC dentro de la cadena de valor de los paneles solares y con ello, disminuir los impactos generados por los residuos de estos (Van *et al.*, 2025; Matsuoka *et al.*, 2024; Hu *et al.*, 2024). Asimismo, se observa un crecimiento exponencial de las investigaciones relacionadas con la EC y las energías renovables, a partir del año del 2018, impulsado principalmente por los objetivos del desarrollo sustentables de las Naciones Unidas y el Acuerdo de París. Los temas principales son la recuperación de recursos, la eficiencia energética y los marcos políticos reflejando la naturaleza interdisciplinaria de este campo de estudio (Abdirahman *et al.*, 2025). Cerca de un 70% de las investigaciones se han desarrollado en países como Reino Unido, España, Estados Unidos e Italia.

La implementación de modelos de EC en la industria de los paneles solares es todavía un área en crecimiento, por lo que es una gran área de oportunidad para realizar también futuras investigaciones y desarrollar procesos de fabricación multitecnologías simultáneas así como investigación sobre técnicas de desmantelamiento multitecnológico; pues se ha podido identificar que la reutilización de los materiales es la estrategia menos implementada en la industria fotovoltaica (Kamal, 2024).

Dentro del territorio mexicano, la adopción de paneles solares ha crecido principalmente en el sector industrial, comercial y de servicios, particularmente en estados con alta irradiación solar como Sonora, Chihuahua, Baja California y Nuevo León (Zapien, 2024; Bracho *et al.*, 2022). Sin embargo, aún no existe un sistema consolidado para el reciclaje de paneles solares, lo cual representa un reto ambiental emergente, ya que muchos dispositivos en desuso terminan almacenados o desechados de manera inadecuada (Domínguez, 2017). A pesar de ello, se han identificado avances importantes: por ejemplo, la Estrategia Nacional de Energía contempla acciones de transición energética sustentable y recientemente, iniciativas académicas y privadas han comenzado a desarrollar tecnologías

para el reciclaje de materiales fotovoltaicos y la implementación de normas específicas (Gobierno de México, 2024).

2. Marco teórico

En el camino hacia la integración de la sustentabilidad en la vida cotidiana, han surgido diversos enfoques que permiten analizar y proponer soluciones más responsables con el medio ambiente. Uno de estos enfoques es la EC, la cual plantea un modelo alternativo al sistema lineal tradicional, incorporando principios como la reutilización, el reciclaje y la prolongación de la vida útil de los productos, resulta esencial comprender el ciclo de vida del producto en cuestión, ya que este permite identificar en qué etapas puede intervenir la EC y, con ello, contribuir significativamente a una gestión más sustentable.

2.1. Sustentabilidad

La sustentabilidad se ha convertido en un concepto clave para enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos del siglo XXI. Su evolución histórica refleja la preocupación por los límites del planeta y la necesidad de repensar nuestros modelos de desarrollo. Si bien, el concepto de sustentabilidad se empezó a utilizar a partir de los años 80's, existían ideas asociadas que se habían planteado décadas antes. Este concepto viene desde la preocupación por el daño que el ser humano le ha hecho al medio ambiente, esta preocupación se encuentra primero en el año 1949 en la obra *Le planete au pillage* por el presidente de la Sociedad Zoológica de Nueva York, Farfiel Osborn, analizando el efecto del desarrollo en ese año, alertando al mundo sobre los efectos negativos del agotamiento de los recursos naturales (Osbon, 2009).

Un hito fundamental en la consolidación del pensamiento sustentable fue la publicación del Informe Brundtland en 1987, titulado *Nuestro Futuro Común*. Elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, este documento introdujo por primera vez el concepto de *desarrollo sostenible*, definiéndolo como aquel que satisface las necesidades

del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas. Esta definición sentó las bases para una visión integral del desarrollo, que considera de manera conjunta los aspectos ambientales, sociales y económicos (Keeble, 1988; Fehr *et al.*, 1996; Bárcena, 1992; Parks & Tsioumani, 2023).

A partir de entonces, la sustentabilidad comenzó a tomar forma en diversos foros y acuerdos internacionales. En 1992, durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro —conocida como la Cumbre de la Tierra— se adoptaron instrumentos clave como la Agenda 21, un plan de acción global para promover el desarrollo sostenible (Stavi, 2022); el Convenio sobre el Cambio Climático, que posteriormente daría lugar al Protocolo de Kioto; y el Convenio sobre la Diversidad Biológica, orientado a la protección de la vida en el planeta (Friedman *et al.*, 2022).

En el año 2000, la Declaración del Milenio, firmada por 189 países en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York, reafirmó la urgencia de impulsar un crecimiento económico sostenible, dando paso a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (Fehling *et al.*, 2013). Una década más tarde, en 2012, la conferencia Río+20 reunió nuevamente a líderes de todo el mundo para evaluar los avances y renovar el compromiso con la sustentabilidad. De ese encuentro surgió el documento *El Futuro que Queremos*, el cual subrayó la necesidad de transformar los modelos de producción y consumo, y sentó las bases para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados en 2015 (Balaji, 2024).

La sustentabilidad abarca tres dimensiones fundamentales que son interdependientes y deben integrarse de manera equilibrada para lograr un desarrollo verdaderamente sustentable (Jum'a *et al.*, 2022; Ruggerio, 2021; Zeng *et al.*, 2022):

1. Dimensión ambiental: Se centra en la conservación y el uso eficiente de los recursos naturales, asegurando que las actividades humanas no degraden el medio ambiente. Incluye la reducción de la contaminación, el manejo sostenible de los ecosistemas, la protección de la biodiversidad y la minimización de la huella ecológica (Ruggerio, 2021).

2. Dimensión social: Enfocada en mejorar la calidad de vida y el bienestar humano, esta dimensión promueve la equidad, la justicia social y el acceso equitativo a recursos y oportunidades. También incluye la participación de las comunidades en la toma de decisiones, el respeto a los derechos humanos y la creación de sociedades más inclusivas y justas (Mies & Gold, 2021).
3. Dimensión económica: Busca fomentar un crecimiento económico que sea inclusivo y eficiente, pero que también esté alineado con los límites ambientales. Implica la creación de sistemas productivos que generen empleo y desarrollo sin causar agotamiento de los recursos naturales o daño ambiental, promoviendo así la EC y la eficiencia en el uso de materiales (Moskalenko *et al.*, 2021).

Entender la sustentabilidad como un proceso integral que abarca lo social, lo económico y lo ambiental permite reconocer que no se trata únicamente de un objetivo final, sino de una forma distinta de relacionarnos con el entorno y de organizar nuestras actividades cotidianas. En ese contexto, surge la necesidad de repensar los modelos tradicionales de producción y consumo, que han demostrado ser insostenibles frente a los límites planetarios. Es precisamente en esta búsqueda de alternativas donde la EC aparece como una propuesta transformadora, capaz de replantear el ciclo de vida de los productos, reducir el desperdicio y generar nuevas oportunidades dentro de un marco regenerativo.

2.2. Economía Circular (EC)

La EC ha emergido como una alternativa estratégica frente a las limitaciones del modelo lineal tradicional, promovida inicialmente por la Unión Europea y adoptada progresivamente por economías líderes como China, Japón, Reino Unido, y varios países nórdicos. Este enfoque propone una transformación profunda en la manera en que se producen y consumen bienes, priorizando la eficiencia en el uso de recursos, la prolongación del ciclo de vida de los productos y la reducción de residuos. Su implementación implica que tanto gobiernos como empresas reconsideren sus modelos de

negocio, integrando prácticas sostenibles que aborden no solo la rentabilidad económica, sino también los impactos sociales y ambientales. Para lograrlo, es necesario rediseñar procesos, fomentar la reutilización y el reciclaje, e incorporar principios de responsabilidad ambiental en cada etapa de la cadena de valor (Korhonen et al., 2018; Suchek *et al.*, 2021).

La economía lineal se basa en un modelo de producción y consumo que sigue un flujo unidireccional: extracción de recursos, fabricación, uso y descarte. Este sistema, impulsado desde la Revolución Industrial, permitió el desarrollo económico y social, pero ha generado impactos ambientales severos al tratar los recursos como si fueran ilimitados (Melo *et al.*, 2022; Payares, 2017). Sus consecuencias incluyen la degradación del suelo, contaminación de cuerpos de agua, pérdida de biodiversidad y presión sobre ecosistemas esenciales, especialmente en sectores como la agricultura, la construcción y el transporte (Didenko et al., 2018; Nasir *et al.*, 2017; Nunes *et al.*, 2019). Además, los flujos de materiales y energía entre la naturaleza y la economía humana siguen siendo predominantemente lineales, lo que ha intensificado el deterioro ambiental (Korhonen *et al.*, 2018).

Este modelo está alcanzando un punto crítico, ya que el crecimiento económico entra en conflicto con la capacidad limitada del planeta. El avance de fenómenos como la desertificación, el aumento del nivel del mar y la expansión demográfica comprometen la estabilidad ecológica global (Jain *et al.*, 2024; Ahmed *et al.*, 2020; Birnintsaba *et al.*, 2021). Frente a esta problemática, surge la EC como una alternativa viable, al proponer un sistema basado en ciclos cerrados de materiales y uso eficiente de la energía. Aunque esta última no puede reciclarse, su aprovechamiento puede optimizarse mediante sistemas en cascada, reduciendo significativamente el impacto ambiental asociado al modelo lineal (Dada *et al.*, 2023; Isiksal *et al.*, 2022).

La EC se define como un modelo económico que maximiza los recursos y contempla los problemas ambientales actuales, utilizando flujos de materiales cíclicos y fuentes de energía renovables. Contribuyendo a las tres dimensiones del desarrollo sustentable: económica, ambiental y social. Gautam et al. (2019) definieron el desarrollo sustentable como la necesidad de limitar el consumo actual con el fin de asegurar que las generaciones

futuras hereden una base de recursos al menos igual a la que recibió la generación anterior. Esta perspectiva subraya la importancia de gestionar de manera responsable los recursos para no comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades.

El concepto de EC circular ha ganado popularidad, ya que, extiende la utilización de desechos y subproductos, enfatizando el uso del valor incrustado en los materiales en aplicaciones de alto valor, lo que significa que los materiales se utilizan en sus formas más valiosas antes de ser reciclados para otros usos (Korhonen *et al.*, 2018). La Fundación Ellen MacArthur (2016), reconocida por impulsar la transición hacia un modelo económico más sostenible, define la EC como un sistema que busca mantener los productos, materiales y recursos en uso el mayor tiempo posible, reduciendo al mínimo los residuos y la contaminación. Este enfoque se basa en tres principios clave: eliminar los desechos desde el diseño, mantener los productos y materiales en su valor más alto mediante la reutilización, reparación o reciclaje, y regenerar los ecosistemas naturales mediante prácticas que favorezcan la biodiversidad y el uso responsable de los recursos.

La EC propone un enfoque estratégico para optimizar el uso de los recursos dentro del sistema económico. En lugar de desechar los materiales tras su uso, se prioriza su reutilización, reparación, reacondicionamiento y remanufactura, dejando el reciclaje tradicional como una opción secundaria, y considerando la incineración y el vertido como últimos recursos (Korhonen *et al.*, 2018). Esta jerarquía permite conservar el valor económico de los productos el mayor tiempo posible dentro del ciclo productivo, reduciendo los costos asociados a la extracción de materias primas nuevas y disminuyendo los impactos ambientales derivados del modelo lineal de producción y consumo. Extender la vida útil de los materiales no solo tiene sentido ecológico, sino también financiero, al aprovechar al máximo la inversión inicial en recursos y energía, y comparativamente ofrece mayores beneficios que el enfoque extractivo-produce-usa-desecha del sistema actual (Korhonen *et al.*, 2018).

Por otra parte, este modelo distingue entre dos ciclos fundamentales: el biológico y el técnico. El ciclo biológico incluye materiales que pueden

reintegrarse de forma segura al medio ambiente, como alimentos, algodón o madera, devolviendo nutrientes al ecosistema una vez finalizada su utilidad económica (Fundación Ellen MacArthur, 2022). Por otro lado, el ciclo técnico agrupa a productos diseñados para mantenerse en circulación mediante estrategias como la reparación, el reacondicionamiento o la remanufactura, especialmente aquellos duraderos como maquinaria, electrónicos o componentes industriales (Fundación Ellen MacArthur, 2022). A diferencia del reciclaje tradicional, que muchas veces implica perder parte del valor del producto original, la EC busca mantener ese valor en su nivel más alto durante todo el ciclo de vida (Korhonen *et al.*, 2018), mejorando así la eficiencia energética y contribuyendo a un sistema económico más sostenible.

La transición hacia una EC enfrenta diversos desafíos, principalmente en tres áreas clave: la humana, la financiera y la técnica. Si estas limitantes no se abordan de manera integral y coordinada, el proceso de transición no solo se complicará, sino que incluso podría volverse inviable (Corvellec *et al.*, 2021). En cuanto a las limitantes humanas, una de las principales es la resistencia al cambio, influenciada por barreras psicológicas, culturales y organizativas (Corvellec *et al.*, 2021). Estas barreras se manifiestan en distintos niveles. A nivel individual, cada persona posee hábitos de consumo y estilos de vida profundamente arraigados. Transformar estos comportamientos hacia un modelo de EC requiere un proceso continuo de reeducación y concientización, el cual demanda tiempo, esfuerzo y adaptación.

Dentro del nivel empresa, los desafíos están relacionados con la transformación de procesos internos, estrategias comerciales o modelos de negocio que han sido rentables en un marco de economía lineal durante años. Este cambio implica inversiones en tecnología, capacitación del personal y modificaciones en las cadenas de suministro, lo que genera incertidumbre y temor a posibles pérdidas financieras o dificultades operativas (Steenmans & Lesniewska, 2023). Como resultado, en los mercados, los productos o servicios que siguen el modelo lineal suelen ser más económicos en comparación con aquellos que han adoptado o están en proceso de transición hacia la EC, lo que genera una falta de interés en esta transición por parte de los actores económicos.

En el mundo actual existen diversas leyes y tratados que implementan la EC, buscando cambiar los modelos lineales de producción y consumo (Steenmans & Lesniewska, 2023). Una de las pioneras es la Ley de Economía Circular de China, publicada el 29 de agosto de 2008, la cual fue un paso clave en la regulación del uso eficiente de los recursos y la reducción de residuos en el país. Posteriormente, en Europa, se promulgó la Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular en España en 2022, que establece objetivos claros de reducción de residuos, reciclaje, y reutilización, alineada con los objetivos de sostenibilidad de la Unión Europea. En México, aunque a nivel nacional aún no se cuenta con una ley específica, Ciudad de México adoptó en 2023 su propia Ley de Economía Circular, enfocada en la transición hacia un modelo más sostenible en la capital, destacando la importancia de cerrar los ciclos de los materiales y fomentar la innovación en los sectores productivos.

Estas leyes reflejan el esfuerzo internacional por combatir la contaminación y la sobreexplotación de los recursos, adaptando la legislación a las necesidades de cada país o región. China, como potencia industrial, tomó medidas tempranas para gestionar su alta demanda de recursos, mientras que España sigue los lineamientos europeos para cumplir con las metas de sostenibilidad. Aunque México se encuentra en una etapa inicial, ha mostrado compromiso a nivel local en la Ciudad de México, lo que podría servir de base para futuras regulaciones a nivel nacional.

2.3. Ciclo de vida

El concepto de ciclo de vida, en el ámbito de la sustentabilidad, puede compararse con la vida de un árbol. Desde la semilla (creación), pasando por su crecimiento (uso), hasta que finalmente cae y se descompone (eliminación), cada etapa del árbol impacta de alguna manera en su entorno. En lugar de centrarse únicamente en el tiempo en que el árbol da frutos, se debe considerar también cómo fue plantado, qué recursos se utilizaron para hacerlo crecer, y qué ocurre cuando sus ramas caen y se convierten en parte del suelo. Este enfoque holístico, aplicado a productos o servicios, busca ver más allá de su utilidad inmediata. No solo interesa cómo se usa un producto,

sino también cómo se fabrica, de qué materiales está hecho, cuánto tiempo dura y qué pasa cuando ya no sirve. La idea es minimizar el impacto ambiental en cada una de estas fases, desde el nacimiento hasta el final, asegurando que el producto sea lo más duradero posible y que, al final de su vida, pueda volver a ser parte de un ciclo, en lugar de convertirse en un desperdicio (Vegter *et al.*, 2020).

El ciclo de vida, dentro de la sustentabilidad, aborda las diversas etapas que un producto, servicio o proceso, atraviesa, desde su creación hasta su eliminación, con un énfasis particular en la durabilidad y la reducción del impacto ambiental (Visentin *et al.*, 2020). Este enfoque no se limita solo al uso o fabricación de un producto, sino que busca evaluar el impacto ambiental a lo largo de cada una de las fases de su existencia.

El término ciclo de vida tiene su origen en la biología, donde describe las etapas por las que pasa un organismo vivo, desde su nacimiento hasta su muerte (Ibáñez, 2020). Este enfoque refleja un proceso natural y continuo de cambio y transformación.

A mediados del siglo XX, el concepto se introdujo en el marketing bajo el término ciclo de vida del producto (O'Rand & Krecker, 1990), para describir las fases por las que pasa un producto en el mercado, desde su lanzamiento hasta su declive. Este enfoque fue formalizado por Theodore Levitt en un artículo publicado en 1965 en la revista Harvard Business Review y también fue adoptado en el área de la sustentabilidad, para analizar los impactos ambientales de los productos en cada una de las etapas de su vida útil (Martínez-Vallejo *et al.*, 2022).

En diversos estudios (Skone *et al.*, 2014; Porzio & Scown, 2021; Walker & Rothman, 2020; Tian *et al.*, 2021) se identifican cinco etapas principales del ciclo de vida, mismas que se describen a continuación:

1. Extracción de materias primas: Esta fase involucra la obtención de los recursos naturales necesarios para la fabricación. En términos de sustentabilidad, es esencial minimizar la extracción de recursos no renovables, reduciendo al mismo tiempo el impacto sobre los ecosistemas y promoviendo la regeneración de los recursos.
2. Producción y fabricación: Aquí, las materias primas se transforman en productos finales. Un enfoque sustentable busca utilizar tecnologías más eficientes, que reduzcan el consumo de energía y

la generación de residuos, así como las emisiones contaminantes. Además, se promueve la integración de materiales reciclados o biodegradables en los procesos productivos. Es por eso que, el uso de fuentes de energía renovable como los paneles solares se ha convertido en una práctica cada vez más común para disminuir la dependencia de combustibles fósiles durante la manufactura. Al incorporar energía solar en la operación de maquinaria, sistemas de climatización o iluminación industrial, se reduce significativamente la huella de carbono asociada a la producción (Stevovic et al., 2021).

3. Distribución y transporte: El traslado de los productos hacia los consumidores o puntos de venta es un proceso en el que la sustentabilidad se enfoca en disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y optimizar las rutas logísticas para reducir las distancias recorridas y el consumo de combustibles fósiles.
4. Uso del producto: Durante esta etapa, el usuario final interactúa con el producto. La sustentabilidad busca fomentar el diseño de productos que consuman menos energía, agua o recursos durante su uso, y que puedan ser reparados o actualizados, extendiendo su vida útil y minimizando el desperdicio.
5. Fin de vida: Finalmente, cuando el producto ya no es útil, su disposición adecuada es crucial. En esta fase, la sustentabilidad se basa en facilitar el reciclaje, la reutilización o la biodegradación de los productos para minimizar el impacto ambiental y reducir los residuos que terminan en vertederos.

Comprender el ciclo de vida de un producto va más allá de conocer sus etapas; implica adoptar una mirada crítica sobre los impactos que genera en cada fase, desde su origen hasta su disposición final. Este enfoque permite identificar oportunidades concretas para optimizar procesos, reducir daños ambientales y tomar decisiones más informadas tanto en el diseño como en la producción. Al reconocer los puntos críticos del ciclo, se abren posibilidades para introducir mejoras que, acumulativamente, hacen que los productos sean no solo funcionales, sino también coherentes con una visión sustentable a largo plazo.

3. Ciclo de vida de los paneles solares

Los paneles solares son dispositivos diseñados para capturar la energía del sol y convertirla en electricidad mediante un proceso llamado efecto fotovoltaico. Están compuestos por celdas solares, generalmente de silicio, que reaccionan a la luz solar generando una corriente eléctrica continua que luego puede ser transformada en energía utilizable para alimentar distintos tipos de dispositivos, sistemas o instalaciones. Su función principal es ofrecer una fuente de energía renovable, limpia y sostenible que contribuya a disminuir la dependencia de combustibles fósiles y reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera (Gerold & Antrekowitsch, 2024).

A lo largo de los últimos años, el uso de paneles solares se ha expandido considerablemente en distintos sectores. En el ámbito doméstico, cada vez más hogares los incorporan como una solución eficiente para cubrir el consumo energético cotidiano, ya sea en zonas urbanas o rurales, lo cual no solo permite un ahorro económico a mediano y largo plazo, sino que también favorece la autonomía energética. En el sector empresarial, muchas industrias y oficinas han comenzado a integrar sistemas fotovoltaicos para abastecer parte o la totalidad de sus operaciones, como parte de sus estrategias de responsabilidad ambiental y eficiencia energética.

En el campo, los paneles solares han resultado especialmente útiles para electrificar zonas alejadas de la red convencional, permitiendo operar sistemas de riego, alumbrado, bombeo de agua y otras herramientas agrícolas (UNDP, 2024; World Bank Group, 2023). En las ciudades, su presencia se ha vuelto cada vez más común en infraestructuras públicas, como estaciones de carga para vehículos eléctricos, alumbrado urbano, techos de edificios gubernamentales, hospitales y escuelas, promoviendo una transición hacia entornos urbanos más sostenibles.

En un panel solar su ciclo de vida comienza con la extracción de materias primas, como el silicio, el cobre, el aluminio, y en algunos casos, elementos raros como el indio o el galio. Esta fase inicial genera un impacto ambiental significativo debido a la energía intensiva requerida en la minería y procesamiento de estos materiales. Además, la producción de los paneles involucra el uso de sustancias químicas tóxicas, como el ácido fluorhídrico,

lo que añade más presión a los ecosistemas si no se gestionan adecuadamente (Muteri *et al.*, 2020).

Este ácido es especialmente peligroso por su alta capacidad corrosiva y su habilidad para penetrar rápidamente la piel, afectando los tejidos profundos sin causar daño inmediato en la superficie, lo que puede retrasar su detección. En concentraciones industriales, representa un riesgo tanto para la salud humana como para los cuerpos de agua y suelos cercanos, en caso de derrames o una disposición inadecuada. Por ello, su uso requiere estrictas medidas de seguridad y manejo ambientalmente responsable para minimizar sus efectos adversos.

Además del uso de ácido fluorhídrico, otros materiales clave en la fabricación de paneles solares también presentan desafíos ambientales significativos. El silicio, aunque abundante, requiere un proceso de purificación altamente energético para ser útil en celdas fotovoltaicas, lo que eleva considerablemente su huella de carbono si la energía proviene de fuentes fósiles. El aluminio, empleado en los marcos, implica una extracción intensiva que genera residuos altamente contaminantes como los lodos rojos. El cobre, esencial en el cableado, puede generar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y suelos debido a los productos químicos utilizados en su extracción. Por su parte, elementos como el indio o el galio, presentes en algunas tecnologías más avanzadas, son escasos y difíciles de recuperar, lo que limita su reciclaje y agrava la presión sobre los recursos naturales.

México ha experimentado un crecimiento notable en la capacidad instalada de energía solar en los últimos años. Según datos de Statista, en 2023 se alcanzaron los 10,910 megavatios (MW), posicionando al país como el segundo en América Latina con mayor generación de energía solar. Este incremento refleja una tendencia ascendente en la adopción de tecnologías fotovoltaicas. Proyecciones del mercado sugieren que la capacidad instalada de energía solar en México continuará en ascenso. Se estima que crecerá de 10.67 gigavatios en 2024 a 16.35 gigavatios para 2029, lo que representa una tasa compuesta anual del 8.91% durante este período (Statista, 2024; Emmi, 2025; Mordor Intelligence, 2024).

Además, los paneles solares tienen una vida útil promedio de entre 25 y 30 años, lo que implica que, a lo largo del tiempo, millones de toneladas

de estos dispositivos llegarán al final de su ciclo de vida (Muteri et al., 2020). Este hecho plantea una pregunta esencial: ¿qué sucede con los paneles cuando dejan de ser útiles? La respuesta a la pregunta también es un desafío mayor, ya que la disposición inadecuada de paneles solares al final de su vida útil puede provocar que metales pesados como el plomo y el cadmio se filtren en el suelo y las fuentes de agua, causando graves daños ambientales y riesgos significativos para la salud humana. (Kubier *et al.*, 2019; US EPA, 2024).

El plomo es altamente tóxico y su presencia en el agua potable es particularmente peligrosa. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) señala que la exposición al plomo puede tener consecuencias devastadoras para la salud humana, especialmente en niños, afectando el desarrollo neurológico y causando problemas cognitivos y de comportamiento. Además, el plomo puede infiltrarse en el agua potable cuando las tuberías que lo contienen se corroen, lo que representa un riesgo adicional para las comunidades (US EPA, 2024).

El cadmio, por su parte, es un metal pesado que, al ser liberado al medio ambiente, puede acumularse en organismos acuáticos y cultivos agrícolas. La exposición crónica al cadmio está asociada con daños en órganos como los riñones y puede promover el desarrollo de cáncer. Además, el cadmio puede ingresar a la cadena alimentaria a través de plantas que lo absorben del suelo contaminado, representando un riesgo para la salud humana (ATSDR, 2016; Moreno-Rivas & Montfort, 2018).

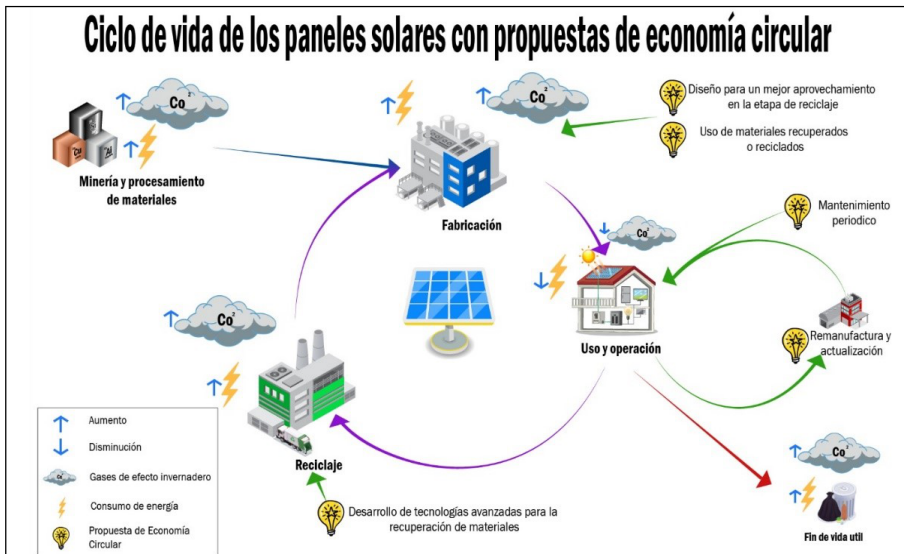
Considerando los impactos ambientales asociados a los materiales utilizados en los paneles solares, resulta esencial incorporar los principios de la EC como una estrategia para gestionar de forma más responsable su ciclo de vida. Desde esta perspectiva, los paneles solares pueden integrarse de manera significativa en la transición hacia una EC, no solo por su capacidad de generar energía limpia a partir de una fuente renovable como el sol, sino también por el potencial de reutilizar, reciclar y revalorizar sus componentes al final de su vida útil. La “energía limpia”, en este contexto, hace referencia a aquella que no emite carbono durante su funcionamiento, lo que posiciona a los paneles solares como piezas clave en la reducción de

la dependencia de combustibles fósiles y en la lucha contra el cambio climático (Durán *et al.*, 2022).

Sin embargo, aunque su producción de energía sea limpia, su inclusión dentro de la EC requiere una evaluación más amplia que contemple todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. En la Figura 1. se visualizan algunas de las propuestas que se pueden incluir dentro del ciclo de vida de los paneles solares.

Para que su producción y uso sean coherentes con los principios de este modelo, es necesario que no solo contribuyan a la sustentabilidad energética, sino que también su ciclo de vida sea manejado de manera eficiente (Fundación Ellen Macarthur, 2022). Esto significa que su fabricación debe ser responsable en cuanto al uso de recursos, y su disposición debe contemplar la recuperación y reutilización de materiales. Además, el diseño de los paneles debe ser innovador y considerar desde un inicio un análisis profundo sobre su destino al final de la vida útil, lo cual permite anticiparse y ofrecer soluciones a los problemas que podrían surgir en esta etapa, promoviendo así una verdadera EC.

Figura 1. Ciclo de vida de los paneles solares con propuestas de EC.



Fuente: Fundación Ellen Macarthur (2022).

Un enfoque circular implicaría diseñar paneles solares que sean más fáciles de dismantelar y reciclar al final de su ciclo de vida (Fundación Ellen Macarthur, 2022). Esto incluye utilizar materiales que sean menos tóxicos y más fáciles de separar, así como reducir el uso de sustancias peligrosas durante la producción. Un diseño modular permitiría reparar o reemplazar componentes defectuosos sin necesidad de descartar todo el panel.

Otro aspecto clave de la EC es la prolongación de la vida útil de los productos (Fundación Ellen Macarthur, 2022). Es importante el mantenimiento periódico de los paneles solares, ya que un mantenimiento de calidad no solo garantiza un funcionamiento eficiente, sino que también prolonga la vida útil del panel, ayudando a maximizar su aprovechamiento dentro de un enfoque de EC. Además, en lugar de que los paneles solares sean reemplazados al final de su vida útil estándar, podrían ser sometidos a procesos de remanufactura o actualización, mejorando su rendimiento y reduciendo la necesidad de nuevos paneles. En este sentido, podrían establecerse marcos regulatorios o incentivos legales que obliguen o fomenten la realización de revisiones técnicas periódicas, similares a las inspecciones vehiculares, con el objetivo de garantizar su eficiencia operativa y facilitar la detección temprana de fallos.

Actualmente, el reciclaje de paneles solares es caro y poco rentable, ya que los materiales valiosos, como el silicio y el vidrio, están fuertemente fusionados con otros elementos. Sin embargo, el desarrollo de tecnologías de reciclaje avanzadas podría permitir extraer estos materiales de manera más eficiente, disminuyendo la dependencia de nuevas materias primas. En un escenario circular, los materiales recuperados de los paneles obsoletos podrían reutilizarse en la fabricación de nuevos paneles, cerrando el ciclo de producción.

Si bien la EC ofrece soluciones viables, su implementación en la industria de los paneles solares enfrenta varios desafíos. En primer lugar, el reciclaje avanzado de estos dispositivos aún está en una etapa inicial, y se requieren mayores incentivos económicos y normativos para que las empresas inviertan en esta tecnología. Además, la adopción de principios de diseño sostenible en la fabricación de paneles solares sigue siendo limitada.

Para que la EC sea una realidad, es crucial que los gobiernos y las industrias colaboren para crear un marco regulatorio que promueva el reciclaje y la reutilización de materiales. Esto podría incluir subsidios o exenciones fiscales para las empresas que adopten prácticas circulares, así como la creación de infraestructura para el reciclaje a gran escala de paneles solares. Además, es fundamental fomentar la colaboración en el ámbito de la investigación multidisciplinar, trabajando de forma conjunta con universidades y diferentes facultades, como ingeniería, ciencias ambientales, economía y derecho.

Existen algunos ejemplos como lo es Ámsterdam y Róterdam que han adoptado iniciativas de EC que incluyen la gestión sostenible de paneles solares. Empresas como Solarge producen paneles solares con materiales reciclados y diseñados para facilitar su desmantelamiento al final de su vida útil, promoviendo la reutilización de componentes y materiales.

Se han creado programas y compañías especializadas en la recolección y reciclaje de paneles solares, contribuyendo a reducir el desperdicio y reutilizando materiales como vidrio, aluminio y silicio, en lugares como Japón, Austria y Alemania. Al mejorar el diseño, el reciclaje y la reutilización de estos dispositivos, se puede minimizar su huella ambiental y avanzar hacia un sistema energético más sostenible y justo. Incorporar prácticas circulares, como el diseño modular, la recuperación de materiales valiosos y la creación de infraestructura para el reciclaje, es clave para garantizar que los paneles solares no solo proporcionen energía limpia, sino que también se integren completamente en una cadena de valor circular.

Conclusiones

Los paneles solares representan una fuente de energía limpia, con bastantes ventajas, entre ellas, el ahorro de energía eléctrica, bajos costos de mantenimiento, incentivos fiscales y menor impacto ambiental, sin embargo, al finalizar su vida útil, se convierte en un residuo contaminante que llega a generar impactos ambientales negativos al terminar en un vertedero.

La EC es un modelo que promueve la reducción de los residuos y aprovechamiento de los materiales de los productos. En el contexto internacional,

la creciente acumulación de residuos fotovoltaicos ha encendido alertas sobre la urgencia de implementar modelos circulares, ya que se estima que para 2050 estos podrían superar los 78 millones de toneladas si no se gestionan adecuadamente (Weckend, *et al.*, 2016). Aplicar la EC al ciclo de vida de los paneles solares es una estrategia sustentable que permite disminuir los impactos de estos. Además, el aporte de la EC no se limita a la generación de electricidad sustentable, implica también una gestión responsable de los recursos en todas las etapas de su vida útil, desde la extracción de materias primas hasta su reciclaje o reutilización al final de su funcionamiento.

Sin duda, el futuro de la energía solar depende no solo de su capacidad para generar electricidad de manera limpia, sino también de cómo se gestiona su vida útil de principio a fin. Al adoptar un enfoque circular, se pueden maximizar sus beneficios, reducir sus impactos negativos y contribuir a un sistema energético más resiliente y sostenible para las generaciones futuras.

Para que la transición de los paneles solares hacia un ciclo de vida más sustentable dentro del modelo de EC sea factible, es necesario contar con regulaciones claras, políticas públicas eficaces y programas específicos que fomenten la extensión de la vida útil de los materiales, la reducción de residuos y la minimización de la contaminación. Asimismo, resulta esencial establecer incentivos y apoyos dirigidos a modelos de negocio basados en principios circulares, que hagan viable y económicamente accesible el reciclaje de los componentes de los paneles solares desde su fase de diseño. En México, aunque aún persiste la falta de una infraestructura sólida para el tratamiento de residuos fotovoltaicos, se han comenzado a desarrollar iniciativas académicas, privadas y gubernamentales que buscan impulsar procesos de reciclaje y normativas específicas. De esta manera, se contribuye activamente a la transición energética sin comprometer los objetivos de sustentabilidad a largo plazo.

Referencias

- Abdirahman, A., Asif, M., & Mohsen, O. (2025). "Circular Economy in the Renewable Energy Sector: A Review of Growth Trends, Gaps and Future Directions". *Energy Nexus*, 100395.
<https://doi.org/10.1016/j.nexus.2025.100395>
- Ahmed, Z., Asghar, M., Malik, M., & Nawaz, K. (2020). "Moving towards a sustainable environment: The dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China". *Resources Policy*, vol. 67, 101677.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101677>
- ATSDR (2016) *Resumen de Salud Pública: Cadmio (Cadmium)*. PHS.
https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs5.html
- Badran, G., & Lazarov, V. (2025). "From Waste to Resource: Exploring the Current Challenges and Future Directions of Photovoltaic Solar Cell Recycling". *Solar*, vol. 5, núms. 1, 4.
<https://doi.org/10.3390/solar5010004>
- Balaji, K. (2024). Charting the Path to Global Prosperity. In *Advances in computer and electrical engineering book series* (pp. 1-22).
<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2865-1.ch001>
- Barbhuiya, S., Das, B., & Adak, D. (2024). "A comprehensive review on integrating sustainable practices and circular economy principles in concrete industry". *Journal of Environmental Management*, vol. 370, 122702.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122702>
- Bárcena, A. (1992). "An Overview of the Oceans in Agenda 21 of the 1992 United Nations Conference on Environment and Development". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 25, núms. 1-4, 107-111.
[https://doi.org/10.1016/0025-326x\(92\)90197-e](https://doi.org/10.1016/0025-326x(92)90197-e)
- Birnintsaba, D., Ozdeser, H., & Saliminezhad, A. (2021). "Impact Analysis on the Effective Synergy Between Climate Change, Ecological Degradation and Energy Consumption on Economic Growth in Nigeria". *Sage Open*, vol. 11, núm. 4. <https://doi.org/10.1177/21582440211061361>
- Bracho, R., Alvarez, J., Aznar, A., Brancucci, C., Brinkman, G., Cooperman, A., Flores-Espino, F., Frazier, W., Gearhart, C., Fernandez, O. G., Hurlbut, D., Kolker, A., Kroposki, B., Lantz, E., Maclaurin, G., Roberts, B., Lankao, P., Saur, G., Stark, G., & Sky, H. (2022). *Mexico Clean Energy Report*. <https://doi.org/10.2172/1862951>
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2025). *The trade association of the German solar energy industry*. German Solar Association.
<https://www.solarwirtschaft.de/en/home/>

- Cervantes, P. (2023). “Paneles solares: ahorros de más de 90%, pero menos de 1% de casas en México los tienen”. *Forbes México*.
<https://forbes.com.mx/paneles-solares-ahorros-de-mas-de-90-pero-menos-de-1-de-casas-en-mexico-los-tienen>
- Chowdhury, M., Rahman, S., Chowdhury, T., Nuthammachot, N., Techato, K., Akhtaruzzaman, M., Tiong, S., Sopian, K., & Amin, N. (2019). “An overview of solar photovoltaic panels’ end-of-life material recycling”. *Energy Strategy Reviews*, vol. 27, 100431.
<https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100431>
- Corvellec, H., Stowell, A., & Johansson, N. (2021). “Critiques of the circular economy”. *Journal of Industrial Ecology*, vol. 26, núm. 2, 421-432.
<https://doi.org/10.1111/jiec.13187>
- Dada, J., Ajide, F., & Al-Faryan, M. (2023). “Economic Complexity and Ecological Degradation in Africa: Does Globalization Matter?” *The International Trade Journal*, 1-29.
<https://doi.org/10.1080/08853908.2023.2243328>
- De Rooij, D. (2023). RECLAIM solar PV recycling. Sinovoltaics (Hong Kong Office).
<https://sinovoltaics.com/learning-center/recycling/reclaim-solar-pv-recycling/>
- De Sousa, N., Oliveira, C., & Cunha, D. (2023). “Photovoltaic electronic waste in Brazil: Circular economy challenges, potential and obstacles”. *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 7, núm. 1, 100456. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100456>
- Didenko, N., Klochkov, Y., & Skripnuk, D. (2018). “Ecological Criteria for Comparing Linear and Circular Economies”. *Resources*, vol. 7, núms. 3, 48.
<https://doi.org/10.3390/resources7030048>
- Domínguez, A., & Geyer, R. (2017). “Photovoltaic waste assessment in Mexico”. *Resources Conservation And Recycling*, vol. 127, núms. 29-41.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.013>
- Durán, A., Atasu, A., & Van Wassenhove, L. (2022). “Cleaning after solar panels: applying a circular outlook to clean energy research”. *International Journal of Production Research*, vol. 60, núms. 1, 211-230.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1990434>
- Emmi (2025). *Avances de la energía fotovoltaica en México*. Emmi.
<https://emmi.mx/energia-fotovoltaica-en-mexico-puerto-penasco-como-caso-de-exito>
- Fehling, M., Nelson, B., & Venkatapuram, S. (2013). “Limitations of the Millennium Development Goals: a literature review”. *Global Public Health*, vol. 8, núms. 10, 1109-1122. <https://doi.org/10.1080/17441692.2013.845676>

- Fehr, R., Busse, M., Gabler, W. (1996). "Agenda 21 of the Rio conference — from public health and environmental sciences perspective". *Gesundheitswiss*, núm. 4, 184-188.
<https://doi.org/10.1007/BF02960130>
- Fields, S., & Walker, E. (2024). Highlights from the 2023 Energy Sage Solar and Storage Marketplace Report. Energysage.
<https://www.energysage.com/blog/2023-energysage-marketplace-report/>
- Franco, M., & Groesser, S. (2021). "A Systematic Literature Review of the Solar Photovoltaic Value Chain for a Circular." *Economy. Sustainability*, vol. 13, núm. 17, 9615.
<https://doi.org/10.3390/su13179615>
- Friedman, K., Bridgewater, P., Agostini, V., Agardy, T., Arico, S., Biermann, F., Brown, K., Cresswell, I., Ellis, E., Failler, P., Kim, R., Pratt, C., Rice, J., Rivera, V., & Teneva, L. (2022). "The CBDPost 2020 biodiversity framework: People's place within the rest of nature". *People And Nature*, vol. 4, núm. 6, 1475-1484.
<https://doi.org/10.1002/pan3.10403>
- Fundación Ellen MacArthur. (2016). Acerca de nosotros: Qué hacemos
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/sobre-nosotros/que-hacemos>
- Fundación Ellen Macarthur. (2022). El diagrama de la mariposa: visualizando la economía circular.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/el-diagrama-de-la-mariposa?sortBy=rel>
- Gautam, P., Kumar, S., & Lokhandwala, S. (2019). "Energy-Aware Intelligence in Megacities". In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 211–238). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64083-3.00011-7>
- Gay, H. (2012). "Before and After *Silent Spring*: From Chemical Pesticides to Biological Control and Integrated Pest Management — Britain, 1945–1980". *Ambix*, vol. 59, núm. 2, 88-108.
<https://doi.org/10.1179/174582312X13345259995930>
- Gerold, E., & Antrekowitsch, H. (2024). "Advancements and Challenges in Photovoltaic Cell Recycling: A Comprehensive Review". *Sustainability*, Vol. 16, núm. 6, 2542. <https://doi.org/10.3390/su16062542>
- Gobierno de México, P. R. (2024). *La Estrategia Nacional del Sector Eléctrico garantizará energía a todas y todos los mexicanos: presidenta Claudia Sheinbaum*.
<https://www.gob.mx/presidencia/prensa/la-estrategia-nacional-del-sector-electrico-garantizara-energia-a-todas-y-todos-los-mexicanos-presidenta-claudia-sheinbaum>

- Goh, K., Kurniawan, T., Goh, H., Zhang, D., Jiang, M., Dai, W., Khan, M., Othman, M., Aziz, F., Anouzla, A., & Meidiana, C. (2024). "Harvesting valuable elements from solar panels as alternative construction materials: A new approach of waste valorization and recycling in circular economy for building climate resilience". *Sustainable Materials And Technologies*, vol. 41, e01030. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e01030>
- Herceg, S., Bautista, S., & Weiß, K. (2020). "Influence of Waste Management on the Environmental Footprint of Electricity Produced by Photovoltaic Systems". *Energies*, vol. 13, núm. 9, 2146. <https://doi.org/10.3390/en13092146>
- Hu, X., Elshkaki, A., & Shen, L. (2024). "The Implications of Circular Economy Strategies on the Future Energy Transition Technologies and their Impacts: Solar PV as a Case Study". *Energy*, 133972. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133972>
- Ibáñez, C. (2020). "Sobre el uso de los conceptos de ciclo de vida e historia de vida en ecología y evolución". *Gayana* (Concepción), vol. 84, núm. 2, 93-100. <https://doi.org/10.4067/s0717-65382020000200093>
- Isiksal, A., Assi, A., Zhakanov, A., Rakhmetullina, S., & Joof, F. (2022). "Natural resources, human capital, and CO₂ emissions: Missing evidence from the Central Asian States". *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, núm. 51, 77333-77343. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21227-5>
- Jain, S., Srivastava, A., Khadke, L., Chatterjee, U., & Elbeltagi, A. (2024). "Global-scale water security and desertification management amidst climate change". *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 31, núm. 49, 58720-58744. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34916-0>
- Jum'a, L., Zimon, D., Ikram, M., & Madzík, P. (2022). "Towards a sustainability paradigm; the nexus between lean green practices, sustainability-oriented innovation and Triple Bottom Line". *International Journal of Production Economics*, vol. 245, 108393. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108393>
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A., & Kim, K. (2018). "Solar energy: Potential and future prospects". *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, 894-900. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
- Keeble, B. (1988). The Brundtland report: 'Our common future.' *Medicine and War*, 4(1), 17-25. <https://doi.org/10.1080/07488008808408783>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). "Circular Economy: The Concept and its Limitations". *Ecological Economics*, vol. 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

- Kubier, A., Wilkin, R. T., & Pichler, T. (2019). "Cadmium in soils and groundwater: A review". *Applied Geochemistry*, vol. 108, 104388. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2019.104388>
- Levitt, T. (1965). "Exploit the product life cycle". *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/1965/11/exploit-the-product-life-cycle>.
- Martínez-Vallejo, L., Cortés-Mora, H., Méndez-Alcázar, J., & Peña-Reyes, J. (2022). "Un enfoque desde la sustentabilidad: Análisis de ciclo de vida como herramienta para la toma de decisiones en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos en Colombia". *Gestión y Ambiente*, 24(Supl2), 224-237. <https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl2.86822>.
- Matsuoka, K., Fujii, Y., Shinojima, N., Kojima, T., Koide, R., & Murakami, S. (2024). "Seeking a better path for the circular economy of solar panels: Global sensitivity analysis focused on socioeconomic and physical factors". *Sustainable Production And Consumption*, vol. 50, 526-535. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.08.027>
- Melo, C., Castillo, G., & García, L. (2022). "De la economía lineal a la economía circular, transformaciones en el manejo de los residuos sólidos". *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, núm. 4, 52-82. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2516
- Mies, A., & Gold, S. (2021). "Mapping the social dimension of the circular economy". *Journal of Cleaner Production*, vol. 321, 128960. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128960>
- Mordor Intelligence. (2024). *México Energía solar tamaño del mercado*. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/mexico-solar-energy-market>.
- Moreno-Rivas, S., & Montfort, G. (2018). "Descontaminación de arsénico, cadmio y plomo en agua por biosorción con *Saccharomyces cerevisiae*". *Deleted Journal*, vol. 21, No. 51. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.155>
- Moskalenko, B., Lyulyov, O., Pimonenko, T., Kwilinski, A., & Dzwigol, H. (2021). "Investment attractiveness of the country: social, ecological, economic dimension". *International Journal of Environment and Pollution*, vol. 69, núm. 1/2, 80. <https://doi.org/10.1504/IJEP.2021.125192>
- Muteri, V., Cellura, M., Curto, D., Franzitta, V., Longo, S., Mistretta, M., & Parisi, M. (2020). "Review on Life Cycle Assessment of Solar Photovoltaic Panels". *Energies*, vol. 13, núm. 1, 252. <https://doi.org/10.3390/en13010252>

- Nasir, M., Genovese, A., Acquaye, A., Koh, S., & Yamoah, F. (2017). "Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry". *International Journal of Production Economics*, vol. 183, 443-457. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.06.008>
- Ndzibah, E., La Cruz, G., & Shamsuzzoha, A. (2021). "Collaboration towards value creation for end-of-life solar photovoltaic panel in Ghana". *Journal Of Cleaner Production*, Vol. 333, 129969. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129969>
- Nunes, P., Pinheiro, F., & Brito, M. (2019). "The effects of environmental transport policies on the environment, economy and employment in Portugal". *Journal of Cleaner Production*, vol. 213, 428-439. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.166>
- O'Rand, A., & Krecker, M. (1990). "Concepts of the life cycle: Their history, meanings, and uses in the social sciences". *Annual review of sociology*, vol. 16, núm. 1, 241-262. <https://doi.org/10.1146/annurev.so.16.080190.001325>
- Osbon Jr, H. (2009). "La planète au pillage (1948)". *Futuribles*, núm. 355, 75-82. <https://doi.org/10.1051/futur/200935575>
- Parks, L., & Tsioumani, E. (2023). "Transforming biodiversity governance? Indigenous peoples' contributions to the Convention on Biological Diversity". *Biological Conservation*, vol. 280, 109933. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109933>
- Payares, O. (2017). "Evolución del proceso administrativo desde los orígenes de la revolución industrial y su fundamento como una función del administrador". *Enfoque Disciplinario*, vol. 2, 1-14. <https://doi.org/10.70165/enfdis.v2i1.253>
- Rabaia, M., Shehata, N., Olabi, V., Abdelkareem, M., Semeraro, C., Chae, K., & Sayed, E. (2024). "Enabling the circular economy of solar PV through the 10Rs of sustainability: Critical review, conceptualization, barriers, and role in achieving SDGs". *Sustainable Horizons*, vol. 11, 100106. <https://doi.org/10.1016/j.horiz.2024.100106>
- Ruggerio, C. (2021). "Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions". *Science of The Total Environment*, vol. 786, 147481. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147481>
- Skone, T., Littlefield, J., Marriott, J., Cooney, G., Jamieson, M., Hakian, J., & Schivley, G. (2014). Life cycle analysis of natural gas extraction and power generation. Office of Scientific and Technical Information (OSTI). <http://dx.doi.org/10.2172/1526721>

- Solarge. (2024). Homepage | Solarge. <https://solarge.com/en/>. Acceso 14 de abril de 2025
- Statista. (2024). *México: capacidad instalada de energía solar 2013-2023*. <https://es.statista.com/estadisticas/1238183/capacidad-instalada-energia-solar-mexico/>
- Stavi, I. (2022). “Rio (1992) to Glasgow (2021): Three decades of inadequate mitigation of climate change and its slow onset effects”. *Frontiers In Environmental Science*, vol. 10. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.999788>
- Steenmans, K., & Lesniewska, F. (2023). “Limitations of the circular economy concept in law and policy”. *Frontiers In Sustainability*, vol. 4. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1154059>
- Stevovic, I., Mirjanic, D., & Petrovic, N. (2021). “Integration of solar energy by nature-inspired optimization in the context of circular economy”. *Energy*, vol. 235, 121297. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121297>
- Suchek, N., Fernandes, C., Kraus, S., Filser, M., & Sjögrén, H. (2021). “Innovation and the circular economy: A systematic literature review”. *Business Strategy and the Environment*, vol. 30, núm. 8, 3686–3702. <https://doi.org/10.1002/bse.2834>
- Tapia, P. (2023). “Paneles solares: ahorros de más de 90%, pero menos de 1% de casas en México los tienen”. *Forbes México*. <https://forbes.com.mx/paneles-solares-ahorros-de-mas-de-90-pero-menos-de-1-de-casas-en-mexico-los-tienen/>
- Tian, H., Wang, X., Lim, E., Lee, J., Ee, A., Zhang, J., & Tong, Y. (2021). “Life cycle assessment of food waste to energy and resources: Centralized and decentralized anaerobic digestion with different downstream biogas utilization”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 150, 111489. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111489>
- UNDP (2024,). *Solar-Powered Pump System to Boost Irrigation for Farming Communities*. <https://www.undp.org/ethiopia/news/solar-powered-pump-system-boost-irrigation-farming-communities>
- US EPA (2024). *Información básica sobre el plomo en el agua potable | US EPA*. <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-el-plomo-en-el-agua-potable>
- Van Opstal, W., Bocken, N., & Brusselaers, J. (2025). “Cooperating for Circularity? Perspectives of Citizen Energy Cooperative Members on Circular Solar Business Models”. *Journal Of Cleaner Production*, 144653. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144653>

- Vegter, D., van Hillegersberg, J., & Olthaar, M. (2020). "Supply chains in circular business models: processes and performance objectives". *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 162, 105046.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105046>
- Visentin, C., Trentin, A. W. da S., Braun, A., & Thomé, A. (2020). "Life cycle sustainability assessment: A systematic literature review through the application perspective, indicators, and methodologies". *Journal of Cleaner Production*, vol. 270, 122509.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122509>
- Walker, S., & Rothman, R. (2020). "Life cycle assessment of bio-based and fossil-based plastic: A review". *Journal of Cleaner Production*, vol. 261, 121158.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121158>
- Weckend, S., Wade, A., & Heath, G. (2016). *End-of-life management Solar Photovoltaic Panels*. IRENA.
<https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-Life-Management-Solar-Photovoltaic-Panels>
- World Bank Group. (2023). *Solar energy brings water to Niger's farms*. World Bank.
<https://www.worldbank.org/en/news/feature/2023/03/16/solar-energy-brings-water-to-niger-farms>
- Yan, G., Zhang, M., Sun, Z., Zhao, P., & Zhang, B. (2023). "Recycling technology of end-of-life photovoltaic panels: a review". *Energy Sources Part A Recovery Utilization And Environmental Effects*, vol. 45, núm. 4, 10890-10908.
<https://doi.org/10.1080/15567036.2023.2251925>
- Zapien, E. (2024). *Analyzing business model components for solar pv adoption in Mexican organizations*.
<https://doi.org/10.58837/chula.the.2024.422>
- Zeng, X., Yu, Y., Yang, S., Lv, Y., & Sarker, M. (2022). "Urban Resilience for Urban Sustainability: Concepts, Dimensions, and Perspectives". *Sustainability*, vol. 14, No. 5, 2481.
<https://doi.org/10.3390/su14052481>
- Zhang, Y., Shen, Z., Zhou, W., Liu, C., Li, Y., Ding, B., Zhang, P., Zhang, X., & Zhang, Z. (2024). "Environmental problems of emerging toxic metals and treatment technology and methods". *RSC Advances*, vol. 14, núm. 50, 37299-37310.
<https://doi.org/10.1039/d4ra06085g>
- Zheng, X., Imran, M., Umair, M., Lin, C., & Dong, Y. (2025). "Modern panelizing and optimization techniques for renewable energy projects; perspectives on how CO emissions impact the circular economy". *Energy*, 135881.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135881>

*Desarrollo y Sustentabilidad. Teoría y práctica
entre enfoques ortodoxos, heterodoxos y
alternativos*, se terminó de editar en noviembre
de 2025 en Editorial Morevalladolid.

El objetivo del Tomo III de la Colección “Desarrollo y Sustentabilidad” es transmitir —a una audiencia especializada— los resultados de investigaciones científicas relacionadas con temas de desarrollo y sustentabilidad. En el Tomo se presentan resultados en materia teórica y práctica obtenidos desde enfoques ortodoxos, heterodoxos y alternativos. La diversidad de perspectivas incluida en la compilación fue determinada deliberadamente por los coordinadores ante el hecho académico de que el desarrollo y la sustentabilidad son construcciones que no pueden estudiarse mecánicamente. Estas construcciones se retroalimentan con argumentos provenientes de la misma línea general (ortodoxia y heterodoxia), pero también se discuten con planteamientos emanados de otros paradigmas (alternativos).

ISBN: 978-607-542-354-8



9 786075 423548