

Equilibrio Económico

REVISTA DE ECONOMÍA, POLÍTICA Y SOCIEDAD

Volumen 20(1) semestre Enero-Junio 2024. Número 57

Presentación

Temas de vanguardia en la economía del cambio climático en México y América Latina

Cutting-edge issues in the economics of climate change in Mexico and Latin America

Adán L. Martínez Cruz

Artículos

Emisiones de CO₂ y crecimiento económico en la región de América Latina

CO₂ emissions and economic growth in the Latin American region

Isaac Sánchez Juárez

Rosa María García Almada

Ninfa Stella Chávez Gutiérrez

Aprovechamiento de sistemas socioecológicos para disminuir desigualdades sociales, estudio de caso: Laguna Ojo de Liebre

Harnessing social-ecological systems to reduce social inequalities, a case study:

Laguna Ojo de Liebre

Diana Patricia Carreño

Víctor Hernández Trejo,

Armando Monge Quevedo

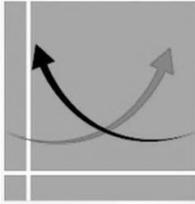
Oportunidades y consideraciones para el desarrollo de la economía circular en el campo mexicano

Opportunities and considerations for the development of the circular economy in the Mexican countryside

Daniel Alejandro García López

Francisco Hernández Quinto

Sagrario Alejandre Apolinar



Equilibrio Económico

REVISTA DE ECONOMÍA, POLÍTICA Y SOCIEDAD

ISSN: 2007-3666

Publicada desde 1998

Equilibrio Económico. Revista de Economía, Política y Sociedad, Vol. 20 (1) Semestre enero-junio de 2024 Núm. 57, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Coahuila, a través de la Facultad de Economía, Unidad Universitaria Camporredondo, Edificio E, C.P. 25280, Saltillo, Coahuila, México Tel. 01 (844) 412-87-82.

www.economia.uadec.mx

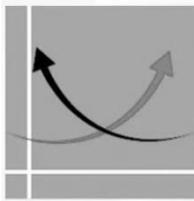
equilibrioeconomico@uadec.edu.mx

Los manuscritos deberán enviarse a:

<http://www.erevistas.uadec.mx/index.php/EE/login>

Editora en jefe: Reyna Elizabeth Rodríguez Pérez. Reserva de Derecho al Uso Exclusivo No. 04-2022-061314050100-102, ISSN: 2007-3666, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. La responsabilidad por lo expresado en los artículos y comentarios es estrictamente de sus autores; en consecuencia, *Equilibrio Económico. Revista de Economía, Política y Sociedad*, la Universidad Autónoma de Coahuila y las instituciones a las que estén asociados los autores son ajenos a ello. Todos los derechos reservados. Sólo se permite realizar copias impresas o digitales de manera parcial, exclusivamente para uso personal o escolar, si se incluye en todos los casos, junto con la ficha completa, el nombre del autor al que se cite. Última modificación enero 04 de 2024.

Equilibrio Económico. Revista de Economía. Política y Sociedad aparece indizada en las siguientes bases de datos: LATAM-STUDIES, LATINDEX, AcademicKeys, LatinRev.



Equilibrio Económico

REVISTA DE ECONOMÍA, POLÍTICA Y SOCIEDAD

ISSN: 2007-3666

Publicada desde 1998

DIRECTORIO

Jesús Octavio Pimentel Martínez
Rector

Víctor Manuel Sánchez Valdés
Secretario General

Luis Gutiérrez Flores
**Director de Investigación y
Posgrado**

Mario Alberto Nájera Hernández
**Director de la
Facultad de Economía**

Editora en Jefe: Reyna Elizabeth Rodríguez Pérez

Coordinador del número: Sergio Colín Castillo

Asistente Editorial: Jairo Morales Rodríguez

Apoyo técnico: Ana Paula Isais

Comité Editorial:

Reyna Elizabeth Rodríguez Pérez (FE-UAdeC); Vicente German Soto (FE-UAdeC); Karina Jazmín García Bermúdez (FEM UAdeC); Luis Gutiérrez Flores (CISE-UAdeC); David Castro Lugo (CISE-UAdeC); Ignacio Javier Cruz Rodríguez (CISE-UAdeC); Ceyla Antonio Anderson (FCA-UAdeC); Sergio Colín Castillo (CISE-UAdeC).

Consejo Editorial:

Raquel Llorente Heras (Universidad Autónoma de Madrid); Gustavo Felix Verduzco (CISE-UAdeC); Aurelio Granados Alcántar (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo); Alejandra Trejo Nieto (El Colegio de México); Francisco Martínez Gómez (CISE-UAdeC); Daniel Ventosa-Santaularia (Centro de Investigación y Docencia Económica); Luis Huesca Reynoso (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo); Ramón Castillo Ponce (California State University y Universidad Autónoma de Baja California); Ismael Aguilar Benítez (El Colegio de la Frontera Norte, A.C.); Edgar Ramírez de la Cruz (Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C.); Veronika Sieglin Suetterlin (Universidad Autónoma de Nuevo León); Pablo Mejía Reyes (Universidad Autónoma del Estado de México); Gregory Brock (Georgia Southern University, U.S.); María Cecilia Lara Martínez (Universidad de la República, Uruguay).

Temas de vanguardia en la economía del cambio climático en México y América Latina

Cutting-edge issues in the economics of climate change in Mexico and Latin America

Adán L. Martínez Cruz

ARTÍCULOS

Emisiones de CO₂ y crecimiento económico en la región de América Latina

6 -32

CO₂ emissions and economic growth in the Latin American region

Isaac Sánchez Juárez, Rosa María García Almada, Ninfa Stella Chávez Gutiérrez

Aprovechamiento de sistemas socio ecológicos para disminuir desigualdades sociales, estudio de caso: Laguna Ojo de Liebre

33- 60

Harnessing social-ecological systems to reduce social inequalities, a case study: Laguna Ojo de Liebre

Diana Patricia Carreño, Víctor Hernández Trejo, Armando Monge Quevedo

Oportunidades y consideraciones para el desarrollo de la economía circular en el campo mexicano

61 – 99

Opportunities and considerations for the development of the circular economy in the Mexican countryside

Daniel Alejandro García López, Francisco Hernández Quinto, Sagrario Alejandre Apolinar

Presentación

Temas de Vanguardia en la Economía del Cambio Climático en México y América Latina

Adán L. Martínez Cruz¹

Este número de *Equilibrio Económico* ofrece a los y las lectoras una oportunidad para adentrarse en temas no sólo de vanguardia académica sino de suma relevancia práctica en lo que se refiere a la Economía del Cambio Climático en México y América Latina. Específicamente, él y la lectora se adentrarán en la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) con una perspectiva regional latinoamericana (Sánchez-Juárez et al., 2024); en la implementación del Enfoque Socio Ecológico para que la conservación de recursos naturales no implique un incremento en desigualdades sociales (Carreño-León et al., 2024); y en la exploración del potencial de la Economía Circular para que el campo mexicano enfrente los retos del cambio climático (García López et al., 2024).

Enfocándose en seis países de América Latina -Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México y Perú-, y analizando datos para el período que abarca los años 1990 a 2019, Sánchez-Juárez et al. (2024) documentan que el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ están correlacionados y cointegrados, pero sólo en Chile y Perú guardan una relación causal en el sentido de Granger -aun cuando la varianza de las emisiones de CO₂ en todos los países está explicada en un 78% en promedio por la varianza del PIB. El mensaje general de estos resultados es que la evidencia de una relación causal entre crecimiento y emisiones de CO₂ no es tan contundente para América Latina como lo es en otras regiones -por ejemplo, en Europa (Pata et al., 2023). Las implicaciones de

¹ Profesor-investigador, Departamento de Economía Forestal, y Centro de Investigación en Economía Ambiental y de Recursos (CERE), Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia (SLU).
adan.martinez.cruz@slu.se

esta falta de contundencia se entienden mejor a la luz de la hipótesis detrás de la curva de Kuznets: el crecimiento económico genera contaminación hasta que se alcanza un nivel de crecimiento, a partir del cual se reducen las emisiones como consecuencia de un cambio en prioridades por parte de las sociedades. En este contexto, los resultados de Sánchez-Juárez et al. (2024) pueden ser evidencia de dos potenciales situaciones. Por un lado, pueden indicar que no debemos tener mucha esperanza de que en la región latinoamericana llegaremos a un umbral de crecimiento a partir del cual veremos una disminución de emisiones. Por otro lado, pueden indicar exactamente lo opuesto: que el umbral de la curva de Kuznets se ha alcanzado en algunos países y la relación negativa entre crecimiento y emisiones en estos países compensa la relación positiva en otros países, de tal manera que la evidencia promedio de una relación causal no es contundente. Yo espero que investigaciones futuras de este tema revelen evidencia del segundo escenario planteado -lo cual sería una muy buena noticia a la luz de las expectativas puestas sobre las clases medias de la región, junto con India y China, en términos de su rol para disminuir reducciones de CO₂ conforme las economías correspondientes crezcan (Gertler et al., 2016).

Carreño-León et al. (2024) ilustran la relevancia de utilizar el Enfoque de Sistemas Socio Ecológicos (ESSE) para abordar los problemas ambientales sin perder de vista las desigualdades sociales. El ESSE entiende a los sistemas ecológicos que brindan no sólo servicios ambientales sino sociales también como un entramado de relaciones en torno a recursos que son necesarios para la vida humana y, como tal, los sistemas SSE implican la interacción de factores sociales y ambientales (Ostrom, 2009). Por ello, el ESSE no trata a los SSE solamente como sistemas que enfrentan retos ecológicos, sino que considera también sistemas sociales humanos implicados. De tal manera que Carreño-León et al. (2024) abordan con un ESSE los retos de conservación del área natural

protegida (ANP) de Laguna Ojo de Liebre, ubicada al norte del estado mexicano de Baja California Sur, donde conviven la pesca, acuicultura, turismo y extracción de sal. La relevancia de abordar el reto de conservación de un ANP con un ESSE es que las comunidades humanas que históricamente han dependido de los recursos naturales que ahora se busca conservar necesariamente deben ser atendidas también. De lo contrario, se corre el riesgo de no sólo quedarse corto en los objetivos de conservación sino de ahondar desigualdades sociales existentes. Para el caso de la ANP de Laguna Ojo de Liebre, los autores documentan que la comunidad humana que depende de este SSE es resiliente, pues ha logrado diversificar sus actividades pesqueras. No sólo eso, sino también ha diversificado las actividades económicas, transitando hacia el turismo y la acuicultura. En este contexto, los autores enfatizan la relevancia del apoyo gubernamental que permita que los miembros de la comunidad completen la curva de aprendizaje para completar la transición a otras actividades económicas -tenemos el caso del programa PACE-Vaquita para recordarnos lo que sucede si el apoyo gubernamental, aun si es significativo al inicio, no se mantiene hasta que se complete el proceso de transición (véase Avila-Forcada et al., 2020).

García López et al. (2024) exploran oportunidades y retos para el desarrollo de la Economía Circular en el campo mexicano. La Economía Circular es un modelo de producción y consumo propuesto para evitar la sobre-producción de productos manufacturados, el sobreuso de recursos naturales, y el desperdicio de materias primas. La Economía Circular busca que los materiales y productos en una economía tengan una vida útil más larga, lo cual se lograría si, en la mayor medida posible, se comparten, se rentan, se re-usan, se reparan, se restauran, y se reciclan (European Parliament, 2026). Embarcarse en una conversación sobre los retos y oportunidades de la Economía Circular en México es, sin duda alguna, indispensable no sólo desde el punto de vista académico sino desde puntos de vista muy prácticos. Por ejemplo, se espera que el

comercio internacional se convierta en un motor que impulse el crecimiento económico inclusivo y la reducción de la pobreza, contribuyendo al desarrollo sostenible (United Nations, 2015). Como parte de este esfuerzo, los países de la Unión Europea se están comprometiendo a corroborar que sus socios comerciales implementen medidas encaminadas a hacer que de la Economía Circular una realidad -por ejemplo, la Unión Europea ya cuenta con un reglamento sobre las cadenas de suministro que busca que los países miembros dejen de contribuir a la deforestación en países no miembros (López Bejarano, 2022). En este contexto, la contribución de García López et al. (2024) no puede llegar en mejor momento. Espero que los autores y los y las lectoras de este artículo continúen estas exploraciones hasta el punto en que se puedan proponer recomendaciones escalables a nivel nacional y, de esta manera, México se posicione como el socio comercial preferido de los países que buscan que la Economía Circular se haga realidad globalmente.

REFERENCIA

- Avila-Forcada, S., Martínez-Cruz, A. L., Rodríguez-Ramírez, R., y Sanjurjo-Rivera, E. (2020). Transitioning to alternative livelihoods: The case of PACE-Vaquita. *Ocean & Coastal Management*, 183, 104984.
- Carreño-León D.P., Hernández-Trejo V., Monge-Quevedo A., Lluch-Cota, S.E, y Sicard-González, M.T. (2024). Aprovechamiento de sistemas socio ecológicos para disminuir desigualdades sociales, estudio de caso: Laguna Ojo de Liebre. *Equilibrio Económico*. Este número.
- European Parliament (2016). Closing the loop -New circular economy package. Disponible en [último acceso: 7 de Abril de 2024] http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/573899/EPRS_BRI%282016%29573899_EN.pdf
- García López, D.A., Hernández Quinto, F., y Alejandro Apolinar, S. (2024). Oportunidades y consideraciones para el desarrollo de la economía circular en el campo mexicano. *Equilibrio Económico*. Este número.

- Gertler, P. J., Shelef, O., Wolfram, C. D., y Fuchs, A. (2016). The demand for energy-using assets among the world's rising middle classes. *American Economic Review*, 106(6), 1366-1401.
- López Bejarano, Joaquín Mauricio (2022). La UE Prohibirá Importaciones de Países Que Deforestan ¿Cómo Afectará a Colombia?. Diario La República. December 7, 2022. Disponible en [último acceso: 7 de Abril de 2024] <https://www.larepublica.co/economia/la-ue-prohibira-importaciones-de-paises-que-deforestan-como-afectara-a-colombia-3504457>.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Pata, U. K., Ahmed, Z., Eryilmaz, S., Zeren, F., y Gencer, Y. G. (2023). Analyzing the environmental Kuznets curve for transportation modes in European countries. *Transportation research part D: transport and environment*, 122, 103893.
- Sánchez-Juárez, I., García Almada, R.M., y Chávez Gutiérrez, N.S. (2024). Emisiones de CO2 y crecimiento económico en la región de América Latina. *Equilibrio Económico*. Este número.
- United Nations (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Disponible en [último acceso: 7 de Abril de 2024] <https://sdgs.un.org/2030agenda>.

Emisiones de CO₂ y crecimiento económico en la región de América Latina.

Isaac Sánchez Juárez *

Rosa María García Almada **

Ninfa Stella Chávez Gutiérrez ***

Resumen

El objetivo de este artículo consiste en verificar la relación econométrica de causalidad entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en una muestra de seis países de América Latina de 1990 al 2019 (Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México y Perú). La hipótesis es que a mayor actividad económica medida por el PIB mayor la emisión de contaminantes, particularmente de CO₂. Para verificarla se usaron series de tiempo tomadas de la CEPAL de las emisiones de CO₂ en miles de toneladas y el PIB total en millones de dólares. Se evaluó estacionariedad de las series, estimaron modelos VAR, calcularon funciones impulso-respuesta, cointegración y causalidad en el sentido de Granger y finalmente se aplicó el método de descomposición de varianza. El principal resultado fue que para la región existe correlación y cointegración entre las series estudiadas; no obstante, no se encontró causalidad en el sentido de Granger, aunque sí se demuestra que la varianza de las emisiones de CO₂, tras un choque de 10 años parece estar explicada en un 78% en promedio por la varianza del PIB, este resultado con algunas diferencias se mantiene a nivel de los seis países de la muestra. Por lo que resulta urgente transitar hacia un crecimiento sostenible.

Palabras clave: Contaminación, desarrollo económico, ambiente, Latinoamérica, series de tiempo.

Abstract

CO₂ emissions and economic growth in the Latin American region

The objective of this paper is to verify the econometric causal relationship between CO₂ emissions and economic growth in a sample of six Latin American countries from 1990 to 2019 (Argentina, Brazil, Colombia, Chile, Mexico, and Peru). The hypothesis is that the greater the economic activity measured by GDP, the greater the emission of pollutants, particularly CO₂. To verify it, time series taken from ECLAC of CO₂ emissions in thousands of tons and total GDP in millions of dollars were used. Stationarity of the series was evaluated, VAR models were estimated, impulse-response functions, cointegration and Granger causality were calculated and finally the variance decomposition method was applied. The main result was that for the region there is correlation and cointegration between the series studied; However, no causality was found in the Granger sense, although it is shown that the variance of CO₂ emissions, after a 10-year shock, seems to be explained on average by 78% by the variance of GDP, this result with some differences remain at the level of the six countries in the sample. Therefore, it is urgent to move towards sustainable growth.

Keywords: Pollution, economic development, environment, Latin America, time series

JEL Classification: Q01, Q56, R11

* Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
isaac.sanchez@uacj.mx
<https://orcid.org/0000-0002-1975-5185>

** Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
maria.garcia@uacj.mx
<https://orcid.org/0000-0003-2330-8385>

*** Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
cgnstella@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2041-4775>

1. Introducción¹

En la actualidad, la economía global se encuentra en constante crecimiento y desarrollo, esto trae consigo una serie de desafíos y preocupaciones ambientales, incluidas las emisiones de dióxido de carbono. Es fundamental comprender la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de dióxido de carbono para poder abordar el problema y tomar medidas efectivas para mitigarlo. La producción y el consumo de energía son los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluido el dióxido de carbono, y son los impulsores del crecimiento económico. A medida que la economía se expande, la demanda de energía y los patrones de consumo también aumentan, lo que resulta en un aumento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂).

Por lo tanto, este artículo tiene como base la siguiente pregunta de investigación: ¿las emisiones de CO₂ son explicadas por las variaciones del PIB en la región de América Latina? En concreto el objetivo de este capítulo consiste en verificar la existencia de una relación de causalidad entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ en una muestra de seis países de América Latina de 1990 al 2019 (Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México y Perú). La hipótesis es que a mayor actividad económica medida por el PIB mayor será la emisión de contaminantes, particularmente de CO₂. El estudio encuentra su justificación ya que es importante analizar y comprender esta relación para abordar los desafíos que enfrenta el ambiente y hallar soluciones que permitan un crecimiento económico sostenible. La investigación resulta relevante por el uso de técnicas de econometría de series de tiempo, la selección de una muestra de los países más importantes de la región latinoamericana y el llamado a la atención a un problema preocupante para la humanidad sobre una base científica.

¹ Se agradecen los comentarios de los dos revisores anónimos. Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Problemas Estructurales de la Economía Mexicana de la UACJ.

II. *Revisión de la literatura*

El primer trabajo revisado para el caso latinoamericano fue el de Apergis y Payne (2009), los autores estudiaron la relación causal entre emisiones de CO₂, el consumo de energía y el producto de 1971 al 2004. Encontraron que, en el largo plazo, el consumo de energía tiene un impacto significativo y positivo sobre las emisiones; mientras que el producto real denota un patrón de “U” invertida semejante a la hipótesis ambiental de la curva de Kuznets. Por otro lado, la dinámica de causalidad en el corto plazo les indicaba que el consumo de energía y el producto real observaron una causalidad unidireccional, mientras que a largo plazo la causalidad era bidireccional.

Otros autores que investigaron la relación entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en Latinoamérica fueron Blanco, González y Ruiz (2013), dichos autores utilizaron la prueba de causalidad de Granger para relacionar la inversión extranjera directa (IED) recibida con las emisiones de CO₂ de 1980 al 2007. Los autores destacan que, la causalidad va de la IED recibida en industrias altamente contaminantes hacia las emisiones per cápita de CO₂. Sin embargo, en otros sectores de actividad económica, los autores no lograron demostrar que la IED sea la causante de las emisiones.

Con datos de 116 países, Acheampong (2018), estudió las relaciones dinámicas entre las emisiones de CO₂, el consumo de energía y el crecimiento económico, de 1990 al 2014. Por medio de un panel de vectores autorregresivos (PVAR) estimado con el método generalizado de momentos (GMM) estableció las relaciones claves en el diseño de políticas públicas de índole ambiental. Sus resultados apuntan que, tanto a nivel regional como a nivel global, el crecimiento económico no es causa del consumo de energía; en segundo lugar, los resultados empíricos apuntan que, con la única excepción de Latinoamérica y el Caribe, el crecimiento económico no tiene un impacto causal sobre las emisiones de CO₂.

En Europa, Balsalobre-Lorent, Shahbaz, Roubaud y Farhani (2018) estudiaron la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ de 1985 al 2016.

Sus resultados confirman la existencia de una figura de “N” en la relación entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂. Además, incorporaron variables adicionales como: el consumo de energías renovables, apertura comercial, abundancia de recursos naturales y la innovación en recursos energéticos para mejorar las emisiones de carbono en el aire. En el caso del consumo de energías renovables y la interacción con el crecimiento económico encontraron un impacto positivo con las emisiones de CO₂. Confirmaron la necesidad de reducir los efectos negativos del consumo de recursos energéticos fósiles sobre el ambiente.

De manera similar, Gorus y Aydin (2019) estudiaron la relación causal entre consumo de energía, crecimiento económico y emisiones de CO₂ a través de la prueba de causalidad de Granger en ocho países ricos en petróleo: Argelia, Egipto, Irán, Irak, Omán, Arabia Saudita, Túnez y los Emiratos Árabes Unidos, para el periodo 1975-2014. No encontraron un nexo causal entre el crecimiento económico y las emisiones de CO₂.

Regresando a los estudios del continente americano, Román-Collado y Morales-Carrión (2018) realizaron un análisis de descomposición espacial multirregional, para estudiar la relación entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico per cápita. Sus resultados apuntan que la región de Latinoamérica usa muchas energías fósiles y sufre los efectos de la carbonización. Por lo que la lección es que los países de la región deben desacoplar el crecimiento económico de las emisiones de CO₂.

De manera similar, en Seri y de Juan Fernández (2022), usando modelos de series de tiempo con pruebas de cointegración de 1960 al 2017, se estimaron los efectos del ingreso per cápita sobre las emisiones de CO₂. Sus resultados apuntan que la hipótesis de Kuznets en el largo plazo describe la relación entre el ingreso y las emisiones en una minoría de países de América Latina, mientras que en muchos casos el efecto del CO₂ sí tiene un impacto sobre la dirección de las políticas públicas en las acciones ambientales de la región.

Yuping et al. (2021) estudiaron el caso de Argentina para el periodo 1970-2018, encontraron que para el caso de Argentina la elasticidad de un modelo autorregresivo de rezagos distribuidos muestra que el consumo de energía renovable reduce las emisiones; mientras que el consumo de energía no renovable las empeora tanto en el corto como en el largo plazo. Con información de los países del MERCOSUR, de Souza, Freire, y Pires (2018) analizaron el impacto del consumo de energía separando entre energía renovable y no renovable; así como el efecto de ésta en las emisiones de CO₂. Con datos obtenidos del Banco Mundial, dividieron a los países en un panel balanceado con una serie de 1990 al 2014; los resultados muestran que el consumo de energía de fuentes renovables tiene un impacto negativo sobre las emisiones de CO₂, mientras que el consumo de energía de fuentes no renovables tuvo un impacto positivo.

Continuando con la búsqueda sobre el impacto de la actividad económica en la emisión de gases contaminantes se revisó el trabajo de Imori y Guilhoto (2008), quienes estudiaron esta relación en Brasil para el año 2004. Los autores documentan la contribución de la diversidad de sectores productivos sobre el total de emisiones, tomando en cuenta la estructura tecnológica de la economía, las interrelaciones entre los sectores y la capacidad sectorial para generar valor agregado, así como la participación del sector en la demanda final. El método utilizado fue una matriz de insumo-producto; su principal resultado muestra que, tanto desde una perspectiva de oferta como de una perspectiva de demanda, los sectores productivos claves, en especial el transporte contribuye a la contaminación.

Siguiendo con los estudios sobre Brasil, el documento elaborado por Seyfettin, Durmuş y Ayfer (2019) reporta que en años recientes las emisiones de CO₂ son un tema crítico que necesita ser atendido, sobre todo en países que son objeto de relocalización industrial como los llamados BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica). Mediante un análisis de cointegración para el periodo 1992-2016, los autores encontraron una relación de largo plazo entre el crecimiento económico y

las emisiones de CO₂. El análisis de causalidad reveló la existencia de una relación bidireccional entre ambas variables.

Por otra parte, Pao y Tsai (2011), analizaron la dinámica entre las emisiones contaminantes, el consumo de energía y el producto de Brasil de 1980 al 2007. Por medio de un modelo de predicción de Grey (GM) encontraron que éstas tres variables tenían una relación de largo plazo. Las emisiones aparecían como una función inelástica tanto del consumo de energía como del producto. Detectaron que el consumo de energía era el determinante más importante de las emisiones. En lo referente a causalidad reportaron bidireccionalidad entre el ingreso, el consumo de energía y las emisiones. Sus recomendaciones apuntan a que Brasil tiene que adoptar una estrategia dual que incremente la inversión en energías limpias, así como en infraestructura que ayude a detener el desperdicio de energía mejorando la eficiencia de su uso.

En un estudio comparativo entre tres países asiáticos y Brasil, Alam, Murad, Noman y Ozturk (2016) verificaron el tipo de relación entre las variables de emisiones y producto, añadiendo el tamaño de la población del país. Los autores emplearon series de tiempo con datos anuales de 1970-2012. Estimaron un modelo de vectores autorregresivos con rezagos distribuidos (ARLD por sus siglas en inglés), en términos generales los resultados mostraron significancia estadística respecto a que aumentos en el ingreso y consumo de energía se corresponden con incrementos de CO₂. En lo que respecta a la relación entre las emisiones de CO₂ y el crecimiento de la población, hallaron significancia estadística para el caso de India y Brasil; pero no para el caso de China e Indonesia.

El estudio de Young-Jong, Chang y Seung-Hoon (2015) investigó la causalidad entre las variables de consumo de energía, emisiones de CO₂ y el crecimiento económico en Chile. Los autores utilizaron datos anuales desde 1965 hasta el 2010 para realizar pruebas econométricas de series de tiempo, así como una prueba de causalidad, la cual mostró que existía una relación unidireccional entre el consumo de energía y el crecimiento económico de las emisiones de CO₂ con el

crecimiento económico y del consumo de energía con las emisiones de CO₂. Sus resultados sugieren que el consumo de energía puede inducir el crecimiento económico, pero no a la inversa. Concluyen que Chile tiene un consumo dependiente de la energía del carbón por su rápido crecimiento económico, causando considerables emisiones de CO₂. Lo que sugiere que el país debería hacer esfuerzos por desarrollar tecnologías eficientes en el uso de energía, además de fuentes de energía renovable que ayuden a crecer de manera sostenible.

Para el caso colombiano Román, Cansino y Rodas (2018) utilizaron una metodología llamada “Análisis de descomposición de índices y/o método del índice de división medio logarítmico” (IDA-LMDI por sus siglas en inglés). El modelo fue desarrollado para encontrar la razón detrás de los cambios en las emisiones de CO₂ entre 1990 y el 2012. Sus resultados ayudan a entender el impacto de las medidas para mitigar las emisiones de CO₂. El análisis de descomposición cuenta con seis efectos que deben tomarse en cuenta: la carbonización, la sustitución de energías fósiles, la penetración de las energías renovables, la intensidad en el uso de la energía, la población y el ingreso. Los efectos del ingreso y la población aparecen como los principales responsables para el periodo analizado, de lo cual extraen como recomendación la necesidad de establecer políticas para mitigar las emisiones compatibles con el crecimiento económico.

Patiño, Padilla, Alcántara y Raymond (2020) estudiaron en Colombia la relación entre las emisiones de CO₂ y el gasto de energía con el PIB, las tres variables a nivel per cápita, para el periodo 1971-2017. Los autores estimaron dos modelos de ajuste parcial y encontraron que hay una disminución en las presiones ambientales durante algunos años; no obstante, sus resultados rechazan la hipótesis de la curva de Kuznets ambiental e indican que el crecimiento económico se relaciona con un aumento de estas presiones ambientales.

Para el caso de Perú, Raihan y Tuspekova (2022) evaluaron el impacto del crecimiento económico, el uso de energías renovables y la expansión de la tierra

dedicada al uso agrícola sobre las emisiones de CO₂. Los autores utilizaron datos de series de tiempo de 1990 al 2018 con las que estimaron un modelo ARLD. Los resultados arrojaron evidencia positiva y significativa del crecimiento económico sobre las emisiones de CO₂. Además, el uso de energías renovables parece reducir las emisiones de CO₂ en el largo plazo. El uso extensivo de tierra para cultivos agrícolas también tuvo un impacto en las emisiones de CO₂. El documento realiza recomendaciones de política para impulsar una economía que promueva el uso de energías renovables para asegurar la reducción de las emisiones y la sustentabilidad ambiental.

Alonso (2022), en un estudio para Perú probó el impacto del desarrollo del sistema financiero, el ingreso per cápita y el consumo de energía sobre las emisiones de CO₂. Mediante un modelo de vector de corrección de errores encontró una relación positiva entre el consumo de energía y las emisiones de CO₂; pero no halló significancia estadística que demostrara que el desarrollo del sistema financiero impactaba a la degradación ambiental.

En el caso mexicano Seung-Jae y Seung-Hoon (2016) investigaron la causalidad de corto y largo plazo entre el consumo de energía, las emisiones de CO₂ y el crecimiento económico, utilizando datos anuales de 1971 a 2017. Los autores emplearon pruebas de raíces unitarias, cointegración y causalidad de Granger. Los resultados indicaron la existencia de causalidad unidireccional entre el consumo de energía y las emisiones de CO₂ sobre el crecimiento económico, sin efectos de retroalimentación. Además, encontraron una causalidad bidireccional entre el consumo de energía y las emisiones de CO₂, lo que significa que un incremento en el consumo de energía afecta directamente las emisiones de CO₂ y además las emisiones de CO₂ estimulan el consumo de energía.

Otro estudio que analizó el caso mexicano y demostró la causalidad entre la actividad económica, la apertura comercial y las emisiones de CO₂ es el de Gómez y Rodríguez (2016). Los autores estudiaron el periodo 1971-2011, encontraron evidencia en el corto plazo de una causalidad unidireccional entre el PIB y el

cuadrado del PIB con las emisiones de CO₂, y entre el PIB y el cuadrado del PIB con la apertura comercial. Además de una causalidad bidireccional entre la apertura comercial y el PIB; los autores enfatizan que todas las variables tienen una causalidad unidireccional con las emisiones de CO₂ a largo plazo. A partir de su investigación sugieren que una reducción en el consumo de energía, de la actividad económica o un incremento de la apertura comercial podrían ayudar a reducir la contaminación.

Finalmente, Salazar-Nuñez, Venegas-Martínez y Lozano-Diez (2022) estudiaron las relaciones de corto y largo plazo entre el consumo de energías renovables y energías no renovables, el crecimiento económico y las emisiones de CO₂ en México para el periodo 1973-2018. Los autores demuestran con un modelo de cointegración ampliamente modificado de mínimos cuadrados ordinarios (FMOLS por sus siglas en inglés) las posibles asociaciones entre las variables. Además, aplicaron un modelo de causalidad de Granger para verificar empíricamente la hipótesis de Kuznets. Sus resultados apuntan que las emisiones de CO₂ en el corto y largo plazo están altamente influenciadas por el crecimiento económico. Los rezagos del PIB y los rezagos del consumo de energías no renovables influyen en el sentido de Granger a las emisiones de CO₂. Por lo que concluyen que las políticas deberían enfocarse en el uso de energías renovables para los sectores de transporte, manufacturas y construcción.

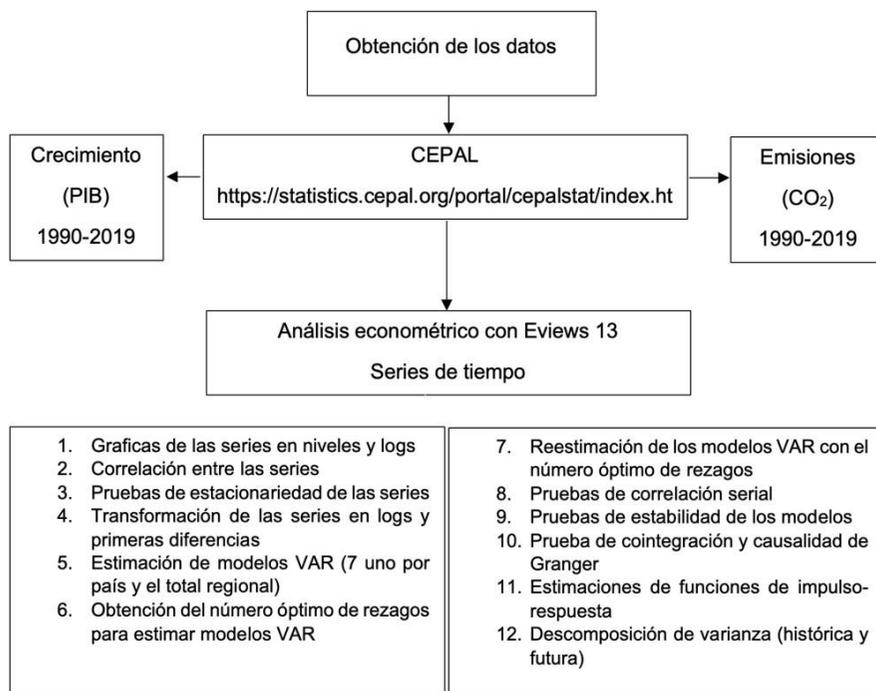
III. Datos y método

La presente investigación se realizó con dos variables anuales, por un lado, una serie de CO₂ en miles de toneladas y por el otro una serie de PIB real en millones de dólares. Los datos se obtuvieron de la CEPAL para el periodo 1990-2019. Se trabajó con datos de Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú y el total de la muestra. Se eligieron estos países por ser aquellos con los que se contaba con información completa para el periodo y ser los más importantes de la región

objeto de estudio (además se decidió dejar fuera el periodo de la pandemia para interpretar mejor los resultados).

En cuanto a procedimiento metodológico primero se graficaron las series en sus niveles para observar su comportamiento y tendencia, enseguida se verificó que conforme a la hipótesis de trabajo existiera correlación positiva entre las variables y esta fuera estadísticamente significativa. Ahora bien, para analizar la causalidad y realizar un análisis de descomposición de varianza en primer lugar se verificó que las series fueran estacionarias, para ello se utilizó la prueba ADF (Dickey-Fuller Aumentada), esto permitió descubrir que en niveles no eran estacionarias, pero sí en primeras diferencias, en consecuencia, la estimación de los modelos VAR se hizo con los logaritmos de las variables en primeras diferencias.

Los modelos VAR se estimaron usando el número de rezagos indicado por los criterios de información AIC (Akaike), SC (Schwarz) y HQ(Hannan-Quinn). Una vez estimados los VAR se procedió a verificar que no existiera un problema de correlación serial en los residuos y que los modelos fueron estables mediante la raíz inversa del polinomio característico autorregresivo. Garantizada la calidad de los modelos, se verificó la cointegración y causalidad en el sentido de Granger, se estimaron las funciones de impulso-respuesta y se terminó con un ejercicio de descomposición de varianza histórica y futura (con un choque de 10 años) para verificar si las variaciones en el PIB son responsables (y en qué medida) de las variaciones en las emisiones de CO₂. Todas las operaciones se realizaron con Eviews 13 (ver Figura 1).

Figura 1. Procedimiento metodológico

Fuente: Elaboración propia

IV. CO₂ y crecimiento económico en América Latina

Como se puede apreciar en la Tabla 1 existe una correspondencia positiva entre el país con mayor PIB y número de emisiones de CO₂, entre el país con menor PIB y número de emisiones de CO₂. El país que más contamina es Brasil, seguido de México, Argentina, Colombia, Chile y Perú, este orden de países se mantiene si se usa el criterio del PIB. Como se puede apreciar en la Gráfica 1 existe una alta correlación entre las series que son objeto de investigación, los puntos máximo y mínimo coinciden. Aunque también debe reconocerse que existen momentos en los cuales las series siguen una relación inversa, como fue del 2016 al 2019.

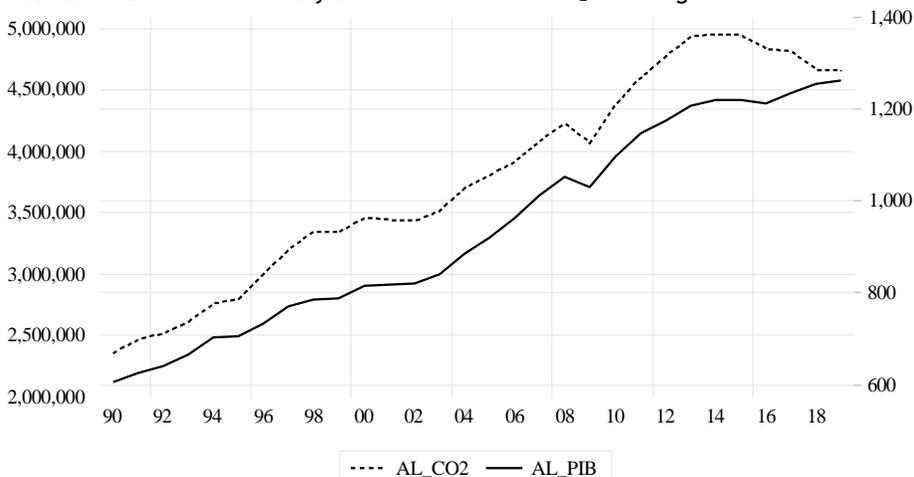
Tabla 1. Estadísticas básicas de las series regionales.

	Argentina		Brasil		Colombia		Chile		México		Perú		AL	
	PIB	CO ₂	PIB	CO ₂	PIB	CO ₂	PIB	CO ₂	PIB	CO ₂	PIB	CO ₂	PIB	CO ₂
Media	42,4062	145	1,497,753	342	219,231	63	188,938	59	909,763	402	129,594	36	3,369,343	1,049
Mediana	395,117	143	1,441,986	330	196,894	59	182,801	55	906,190	423	110,667	31	3,227,660	1,040
Máximo	557,960	185	1,999,881	511	344,753	82	298,181	91	1,222,297	486	227,521	56	4,570,473	1,362
Mínimo	246,388	100	988,407	197	128,961	48	78,272	29	609,308	269	62,623	20	2,113,959	667
Desviación est.	101,002	28	354,701	92	68,459	9	69,043	19	186,860	69	53,947	12	823,366	225
Jarque-Bera	2.67	2.72	2.87	1.44	2.81	3.11	20.3	1.65	1.49	3.01	2.89	3.24	2.59	2.02
Probabilidad	0.26	0.25	0.23	0.48	0.24	0.21	0.36	0.43	0.47	0.22	0.23	0.19	0.27	0.36
Observaciones	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

* PIB en millones de dólares reales y CO₂ en miles de toneladas. AL: América Latina (muestra total)

Fuente: elaboración propia.

Dado que se realizaron estimaciones econométricas con las series, destaca de la Tabla 1 que éstas son normales, lo que garantiza parte de la calidad de estas. En cuanto a la volatilidad de las series del PIB se observa que la que tuvo la mayor desviación estándar fue Brasil y la menor Perú. En el caso de CO₂ la de mayor volatilidad fue Brasil y la menor Colombia. En la Gráfica 1 se observa que la tendencia tanto de emisiones de CO₂ como de PIB es creciente con caídas en los noventa, principios de los dos mil, 2008-2009 y 2015. La tasa media anual de crecimiento de emisiones de CO₂ durante el periodo de estudio fue de 2.19%, mientras que la del PIB 2.60%, lo que revela la alta sincronía entre las series.

Gráfica 1. Evolución del PIB y de las emisiones de CO₂ en la región

AL: América Latina (muestra total)
Fuente: elaboración propia.

A nivel de país el crecimiento promedio anual del PIB y CO₂ respectivamente fue el siguiente: Argentina (2.6, 1.74%), Brasil (2.29, 2.65%), Colombia (3.33, 1.71%), Chile (4.56, 3.72%), México (2.34, 1.72%) y Perú (4.39, 3.39%). Observe que en dos de los tres países de alto crecimiento del PIB se registró también un alto crecimiento de las emisiones de CO₂. La Tabla 2 presenta los coeficientes de correlación entre las series, el más elevado se registró en Argentina y el menor en Chile, para toda América Latina existió una elevada correlación positiva, finalmente anotar que todos estos coeficientes resultaron estadísticamente significativos. Lo que se tiene hasta aquí es evidencia de la relación que existe entre el crecimiento económico y las emisiones, en la siguiente sección se presenta evidencia de la relación de causalidad para cumplir con el objetivo propuesto en la investigación.

Tabla 2. Coeficientes de correlación y significancia estadística

	Correlación		
	PIB vs CO₂	t-estadístico	Prob.
Argentina	0.83	7.78	0.000
Brasil	0.67	4.75	0.000
Colombia	0.64	4.43	0.000
Chile	0.34	1.91	0.066
México	0.71	5.11	0.000
Perú	0.34	1.93	0.063
AL	0.98	33.3	0.000

AL: América Latina (muestra total)

Fuente: elaboración propia.

V. Relación econométrica entre las emisiones de CO₂ y el PIB

En la Tabla 3 se presentan las pruebas de estacionariedad en las series, se confirma que las series tienen raíz unitaria en niveles, pero son estacionarias en primeras diferencias, en consecuencia, la estimación de los modelos VAR se realizó con los logaritmos y primeras diferencias del PIB y CO₂ (esto se corresponde con el cálculo de tasas de crecimiento, ver anexo 1).

Tabla 3. Pruebas de estacionariedad de las series (ADF)

	PIB				CO₂			
	Niveles		Difs.		Niveles		Difs.	
	t-estadístico	Prob.	t-estadístico	Prob.	t-estadístico	Prob.	t-estadístico	Prob.
Argentina	-1.48	0.528	-4.29	0.002	-1.47	0.531	-3.88	0.006
Brasil	-0.68	0.834	-3.57	0.013	-1.27	0.635	-4.23	0.002
Colombia	0.88	0.99	-2.81	0.068	-0.67	0.849	-5.84	0.000
Chile	-0.26	0.918	-4.19	0.002	-0.17	0.931	-5.30	0.000
México	-0.21	0.926	-5.60	0.000	-2.28	0.182	-5.26	0.000
Perú	2.66	1.000	-3.44	0.017	0.425	0.986	-4.48	0.001
AL	-0.45	0.886	-4.58	0.001	-1.73	0.403	-3.90	0.005

ADF (Dickey-Fuller Aumentada)

AL: América Latina (muestra total)

Fuente: elaboración propia.

Toda vez que se sabía que las series a utilizar debían estar en primeras diferencias se estimaron los VAR, posterior a ello se determinó el número óptimo de rezagos a considerar. En el caso de toda la muestra (AL) se trabajó con un rezago de

acuerdo con el criterio de información AIC (Akaike). En el caso de Argentina un rezago. Brasil dos rezagos. Colombia un rezago. Chile un rezago. México un rezago y Perú un rezago. Se reestimaron los VAR con los rezagos indicados. Para saber si estos VAR eran adecuados para realizar el análisis de causalidad y de descomposición de varianza se realizaron dos pruebas, la primera de correlación serial y la segunda de estabilidad, los resultados aparecen en la Tabla 5, se demuestra que los siete VAR estimados cumplen satisfactoriamente con la ausencia de correlación y resultaron estables.

Tabla 4. Pruebas de correlación serial y estabilidad de los VARs

VAR	H0: Ausencia de correlación serial		Raíces del polinomio característico
	Rao F-estadístico	Probabilidad	
PIB Arg vs CO ₂ Arg	0.221	0.924	No
PIB Bra vs CO ₂ Bra	0.954	0.443	No
PIB Col vs CO ₂ Col	0.592	0.714	No
PIB Chi vs CO ₂ Chi	0.621	0.649	No
PIB Mex vs CO ₂ Mex	1.529	0.210	No
PIB Per vs CO ₂ Per	0.389	0.814	No
PIB AL vs CO ₂ AL	0.884	0.480	No

* En el caso de la prueba de correlación serial se hizo con 4 rezagos, solo se reporta el último.

No: Ninguna raíz se encontró fuera del círculo unitario.

AL: América Latina (muestra total)

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron las siete pruebas de causalidad, para la muestra total no se identificó alguna relación entre las variables, lo mismo ocurrió en Argentina y México. En Brasil y Colombia todo parece indicar que las emisiones tienen una relación unidireccional con el PIB, lo que significa que es probable que las emisiones sean un determinante del crecimiento económico. Ahora bien, en Chile y en Perú la causalidad va del PIB al CO₂, lo que confirma la hipótesis de investigación parcialmente y permite asumir que la mayor contaminación proviene de la actividad humana para la generación de productos para nuestro consumo, lo que tiene implicaciones fundamentales en términos de lo que puede hacerse para contrarrestar la creciente contaminación (ver Tabla 5, para ver las pruebas de cointegración revisar anexo 2).

Tabla 5. Pruebas de causalidad de Granger

	Causalidad	Chi-cuadrada	Probabilidad
Argentina	PIB → CO ₂	0.09	0.761
	CO ₂ → PIB	0.82	0.364
Brasil	PIB → CO ₂	2.41	0.298
	CO ₂ → PIB	5.46	0.065
Colombia	PIB → CO ₂	1.97	0.159
	CO ₂ → PIB	3.40	0.065
Chile	PIB → CO ₂	5.45	0.019
	CO ₂ → PIB	0.00	0.923
México	PIB → CO ₂	0.12	0.720
	CO ₂ → PIB	0.37	0.540
Perú	PIB → CO ₂	2.88	0.089
	CO ₂ → PIB	0.274	0.600
AL	PIB → CO ₂	0.39	0.527
	CO ₂ → PIB	0.00	0.966

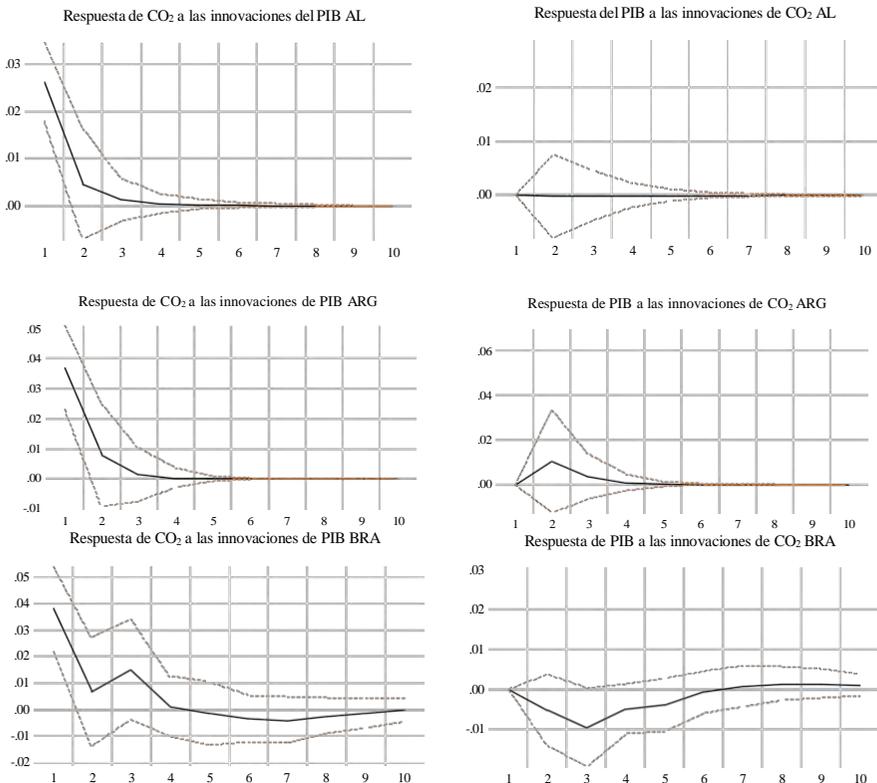
* La hipótesis nula es que la variable del lado izquierdo no es causa Granger de la del lado derecho.
 AL: América Latina (muestra total)
 Fuente: elaboración propia.

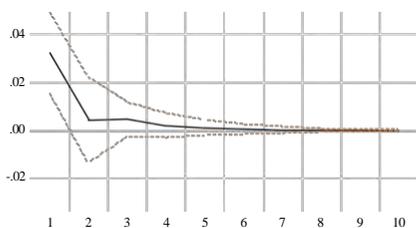
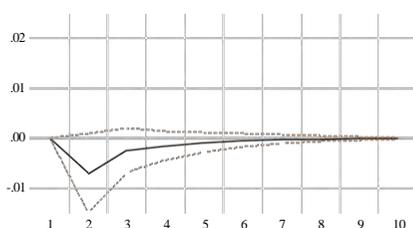
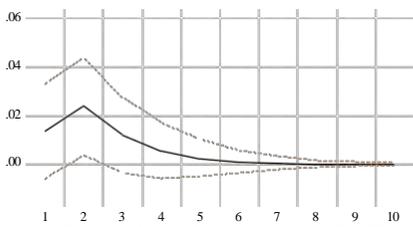
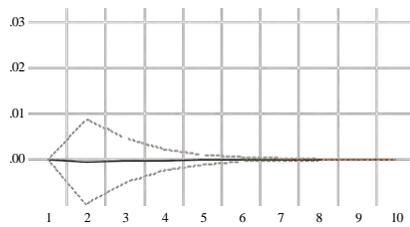
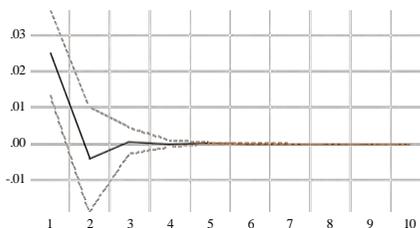
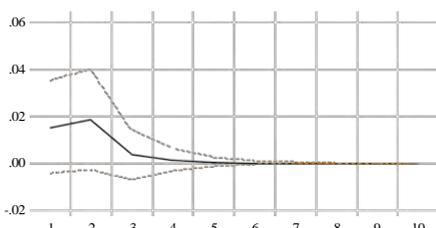
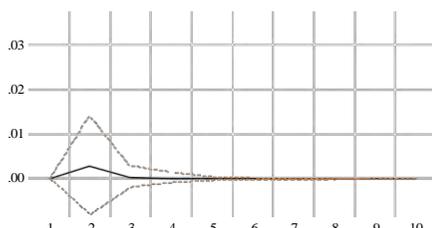
En aras de verificar con mayor detalle la relación de largo plazo entre las variables se estimaron las funciones de impulso-respuesta. En el caso de la muestra total y Argentina se encontró que la respuesta del CO₂ a las innovaciones del PIB eran positivas y se presentaban en los tres primeros años para luego desvanecerse. En Brasil las innovaciones positivas se observaron hasta el cuarto año, mientras que entre el sexto y octavo año se tornaron negativas. En este mismo país las respuestas del PIB a las innovaciones de CO₂ fueron negativas en los cinco primeros años del choque simulado. En el caso colombiano la respuesta del CO₂ a las innovaciones del PIB fueron positivas los primeros cuatro años para luego desvanecerse y de forma similar a Brasil las respuestas del PIB a las innovaciones de CO₂ fueron negativas los primeros cinco años. En Chile hasta el sexto año la respuesta de las innovaciones del CO₂ respecto al PIB fueron positivas. En el caso de México como se adelanta por la prueba de causalidad, las innovaciones tanto en un sentido como en otro son despreciables. Finalmente, en Perú hasta el

cuarto año la respuesta de las innovaciones del CO₂ respecto del PIB fueron positivas, mientras que la respuesta de las innovaciones del PIB respecto al CO₂ fueron positivas solo hasta el segundo año (ver Gráficas 2).

Gráficas 2. Funciones de impulso-respuesta PIB y CO₂

Respuesta Cholesky a las innovaciones una D.S.
± 2 asintótico analítico E.S.s



Respuesta de CO₂ a las innovaciones de PIB COLRespuesta de PIB a las innovaciones de CO₂ COLRespuesta de CO₂ a las innovaciones de PIB CHIRespuesta de PIB a las innovaciones de CO₂ CHIRespuesta de CO₂ a las innovaciones de PIB MEXRespuesta de PIB a las innovaciones de CO₂ MEXRespuesta de CO₂ a las innovaciones de PIB PERRespuesta de PIB a las innovaciones de CO₂ PER

AL: América Latina (muestra total), ARG: Argentina, BRA: Brasil, COL: Colombia, CHI: Chile, MEX: México, PER: Perú.
Fuente: elaboración propia.

Con los modelos VAR se estimó la forma en la que tras un choque de diez años reaccionaba la varianza del CO₂ respecto del PIB. Como se puede ver en la Tabla 6 se encontró para la muestra total en promedio 78% de la varianza de las emisiones es explicada por el crecimiento económico, lo que ofrece evidencia para respaldar

la hipótesis de investigación, lo que además confirma buena parte de la revisión de la literatura. En los casos de Colombia, Chile y Perú fue donde se observó una asociación débil del CO₂ con el PIB. En los tres países más grandes de la región: Argentina, Brasil y México la varianza del CO₂ parece responder de forma importante en el crecimiento económico. Como evidencia adicional de la importancia que tienen las variaciones del PIB sobre la varianza de las emisiones de CO₂, en el anexo 3 se presenta una técnica conocida como descomposición histórica de varianza, la cual confirma que durante el periodo para el cual se tuvo información el crecimiento económico puede confirmarse parcialmente como un determinante de la contaminación medida a través de las emisiones de CO₂.

Tabla 6. Descomposición de varianza del CO₂ ante cambios en el PIB (10 años)

	Años	Varianza		Varianza		Varianza		Varianza
Argentina	1	67.16	Brasil	58.35	Colombia	41.61	Chile	7.00
	2	65.75		59.07		39.18		23.16
	3	65.66		62.32		39.66		26.40
	4	65.65		61.54		39.72		27.08
	5	65.65		60.40		39.74		27.23
	6	65.65		60.22		39.75		27.26
	7	65.65		60.31		39.75		27.26
	8	65.65		60.39		39.75		27.26
	9	65.65		60.40		39.75		27.27
	10	65.65		60.37		39.75		27.27
México	1	48.67	Perú	8.22	AL	82.19		
	2	49.37		17.78		79.61		
	3	49.38		18.09		78.98		
	4	49.38		18.13		78.84		
	5	49.38		18.14		78.80		
	6	49.38		18.14		78.80		
	7	49.38		18.14		78.79		
	8	49.38		18.14		78.79		
	9	49.38		18.14		78.79		
	10	49.38		18.14		78.79		

AL: América Latina (muestra total)

Fuente: elaboración propia.

VI. Conclusiones

Esta investigación se construyó sobre la base de la siguiente pregunta: ¿las emisiones de CO₂ son explicadas por las variaciones del PIB en la región de América Latina? Tras revisar la literatura y aplicar técnicas econométricas de series de tiempo se puede responder que efectivamente para toda la muestra existe evidencia parcial en el sentido de que la contaminación ambiental, aproximada por las emisiones de CO₂, es explicada por la actividad humana, en particular por las variaciones de la producción. No obstante, existen diferencias respecto a esto por país, se logró probar causalidad de Granger unidireccional en los casos de Chile y Perú, pero no fue así para el resto de los países. En el caso de la descomposición de varianza en los tres países más grandes de la región tras simular choques a diez años, los cambios en las emisiones de CO₂ se explican en un porcentaje alto por el crecimiento económico. Por lo que en conclusión existe evidencia favorable para la hipótesis de investigación propuesta, pero no es tan contundente como inicialmente se anticipaba.

Debe entenderse que las emisiones de gases de efecto invernadero, incluido el CO₂, son un problema ambiental global que requiere acción inmediata. En el caso específico de América Latina hay varias medidas que se pueden implementar para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger el ambiente. Aquí están algunas:

Energías renovables: Una de las medidas más efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es aumentar el uso de las energías renovables, como la energía solar, eólica e hidroeléctrica. Estas fuentes de energía son sostenibles y no emiten gases de efecto invernadero.

Eficiencia energética: Mejorar la eficiencia energética es otro medio efectivo para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto incluye la implementación de tecnologías más innovadoras en la producción de energía y en el uso de esta en hogares, edificios e industrias.

Transporte sostenible: El sector de transporte es uno de los principales contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero. Para abordar este problema, es necesario fomentar el uso de vehículos eléctricos y de transporte público sostenible, así como mejorar la eficiencia energética de los vehículos a combustión interna.

Agricultura sostenible: La agricultura también puede contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. Al implementar prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura de conservación, se puede reducir la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por la industria agrícola.

Cambios en los patrones de consumo: Finalmente, es importante abordar los patrones de consumo que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto incluye la promoción de un estilo de vida sostenible, como la adopción de dietas vegetarianas y la reducción del uso de productos de plástico desechables.

A estas medidas debe agregarse el establecer una economía circular para comprometerse con el reciclaje, reutilización, reducción y reparación de los bienes, como se ha intentado probar en esta investigación, todo parece indicar que el crecimiento económico debe reducirse, lo que significa crecer solo de forma sostenible y esto puede lograrse transitando de una economía lineal a una economía circular. Tareas en las que es fundamental la participación de los gobiernos, la industria y la sociedad en general.

VII. Referencias

- Acheampong, A. O. (2018). Economic growth, CO₂ emissions and energy consumption: What causes what and where? *Energy Economics*, 74 (August), 677-692. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.07.022>
- Alam, M., Murad, W., Noman, A. H., & Ozturk, I. (2016). Relationships among carbon emissions, economic growth, energy consumption and population growth: Testing environmental Kuznets curve hypothesis for Brazil, China, India and Indonesia. *Ecological Indicators*, 70, 466-479. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.06.043>
- Alonso, F. (2022). El impacto del consumo de energía, el desarrollo del sistema financiero y el ingreso sobre las emisiones de CO₂ en el Perú. *Desafíos: Economía y Empresa*, (002), 55-65. <https://doi.org/10.26439/ddee2022.n002.5720>
- Apergis, N & Payne, J. E. (2009). CO₂ emissions, energy usage, and output in Central America. *Energy Policy*. 37 (8), 3282-3286. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.048>
- Balsalobre-Lorente, D; Shahbaz, M.; Roubaud, D.; & Farhani, S. (2018). How economic growth, renewable electricity and natural resources contribute to CO₂ emissions? *Energy Policy*, 113 (February), 356-367. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.050>
- Blanco, L; González, F. & Ruiz, I. (2013). The impact of FDI on CO₂ emissions in Latin America. *Oxford Development Studies*, 41 (1), 104-121. <https://doi.org/10.1080/13600818.2012.732055>
- de Souza, E. S., Freire, F. D. & Pires, J. (2018). Determinants of CO₂ emissions in the MERCOSUR: the role of economic growth, and renewable and non-renewable energy. *Environ Science and Pollution Research*. 25, 20769-20781. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2231-8>
- Gómez, M. y Rodríguez, J. C. (2016). Analysis of causality between economic growth and carbon emissions: The case of Mexico 1971-2011. *International*

Journal of Energy and Environmental Engineering, 10 (12), 1086-1091.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1128099>

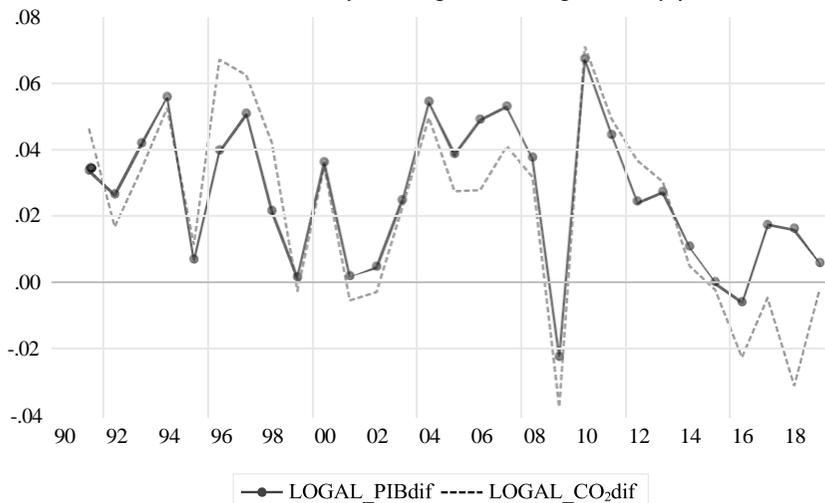
- Gorus, M.S. & Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and CO₂ emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain. *Energy*, 169 (February), 815-822.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.139>
- Imori, D. y Guilhoto, J. (2008). How the CO₂ emissions are related with the Brazilian productive structure. En *WRSAL Regional Science Association International, Sao Paulo*. (pp. 25), São Paulo. Regional Science Association International
<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2408058>
- Pao, H, & Tsai, C. (2011). Modeling and forecasting the CO₂ emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, 36 (5), 2450-2458
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.01.032>
- Patiño, I. L., Padilla, E., Alcántara, V. y Raymond, J. L. (2020). The relationship of energy and CO₂ emissions with GDP per capita in Colombia. *Atmosphere*, 11(8), 778. <https://doi.org/10.3390/atmos11080778>
- Raihan, A. & Tuspekova, A. (2022). The nexus between economic growth, renewable energy use, agricultural land expansion, and carbon emissions: New insights from Peru. *Energy Nexus*. 6, (100067).
<https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100067>
- Román-Collado, R. & Morales-Carrión, A. V. (2018). Towards a sustainable growth in Latin America: A multiregional spatial decomposition analysis of the driving forces behind CO₂ emissions changes. *Energy Policy*, 114 (April), 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.019>
- Román, R., Cansino, J. M., & Rodas, J. A. (2018). Analysis of the main drivers of CO₂ emissions changes in Colombia (1990-2012) and its political implication. *Renewable Energy*, 116 (Part A), 402-411.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.016>
- Salazar-Nuñez, H., Venegas-Martínez, F. y Lozano-Diez, J. A. (2022). Assessing the interdependence among renewable and non-renewable energies, economic growth, and CO₂ emissions in Mexico. *Environment, Development and*

Sustainability, 24,12850-12866. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01968-y>

- Seri, C. & de Juan Fernández, A. (2022). CO₂ emissions and income growth in Latin America: long-term patterns and determinants. *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02211-y>
- Seung-Jae, L., & Seung-Hoon, Y. (2016). Energy consumption, CO₂ emission, and economic growth: Evidence from Mexico. *Energy Source, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11 (8), 711-717. <https://doi.org/10.1080/15567249.2016.126695>
- Seyfettin, E, Durmuş, Ç., & Ayfer, G. (2019). Investigation of causality analysis between economic growth and CO₂ emissions: The case of BRICS-T countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*. 9 (6), 430-438. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8546>
- Young-Jong, J., Chang S., & Seung-Hoon Y. (2015). Energy consumption, CO₂ emission, and economic growth: Evidence from Chile. *International Journal of Green Energy*. 12 (5), 543-550. <https://doi.org/10.1080/15435075.2013.834822>
- Yuping, L., Ramzan, M, Xincheng, L., Murshed, M., Ayobamiji, A., & Sunday, T. (2021). Determinants of carbon emissions in Argentina: The roles of renewable energy consumption and globalization. *Energy Reports*, 7 (November), 4747-4760. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.065>

VIII. Anexos

Anexo 1. Relación entre el PIB y CO₂ regional en logaritmos y primeras diferencias



Fuente: elaboración propia.

Anexo 2. Pruebas de cointegración de las series en logaritmos y primeras diferencias.

		Est.-z	Probabilidad
AL	PIB	-17.96	0.0349
	CO ₂	-14.44	0.0982
Argentina	PIB	-25.14	0.0026
	CO ₂	-25.79	0.0020
Brasil	PIB	-15.32	0.0770
	CO ₂	-11.59	0.2011
Colombia	PIB	-14.93	0.0860
	CO ₂	-30.44	0.0002
Chile	PIB	-18.85	0.0261
	CO ₂	-26.57	0.0014
México	PIB	-26.79	0.0013
	CO ₂	-25.55	0.0022
Perú	PIB	-25.71	0.0020
	CO ₂	-30.11	0.0003

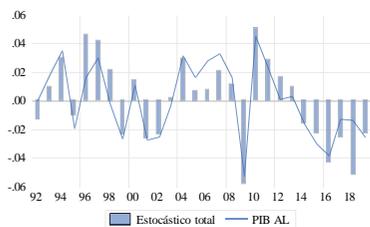
Salvo el caso marcado en negritas en todos se rechaza la hipótesis nula.

* La hipótesis nula es que las series no están cointegradas.

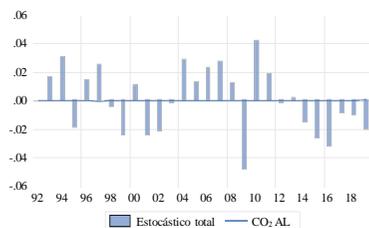
Fuente: elaboración propia.

Anexo 3. Descomposición histórica usando los ponderadores de Cholesky

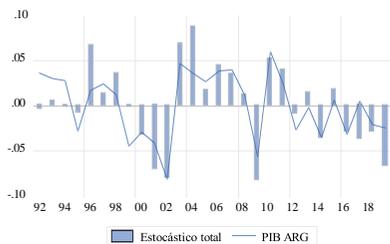
Choques del CO₂ a partir del PIB AL



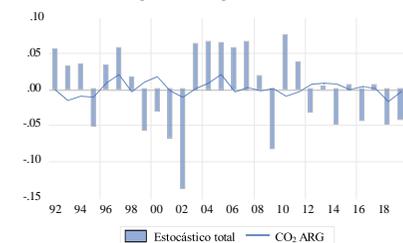
Choques del PIB a partir de CO₂ AL



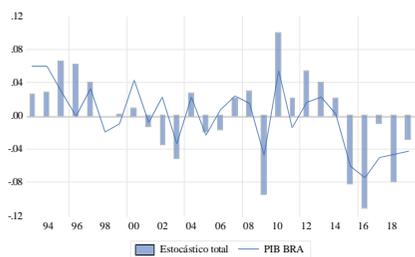
Choques del CO₂ a partir del PIBARG



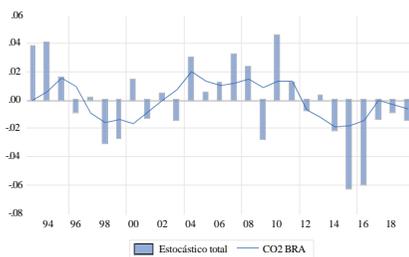
Choques del PIB a partir del CO₂ ARG



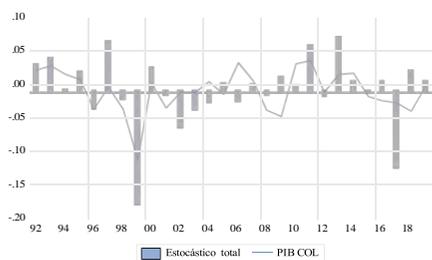
Choques del CO₂ a partir del PIB BRA



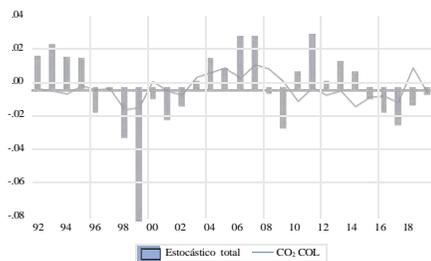
Choques del PIB a partir del CO₂ BRA

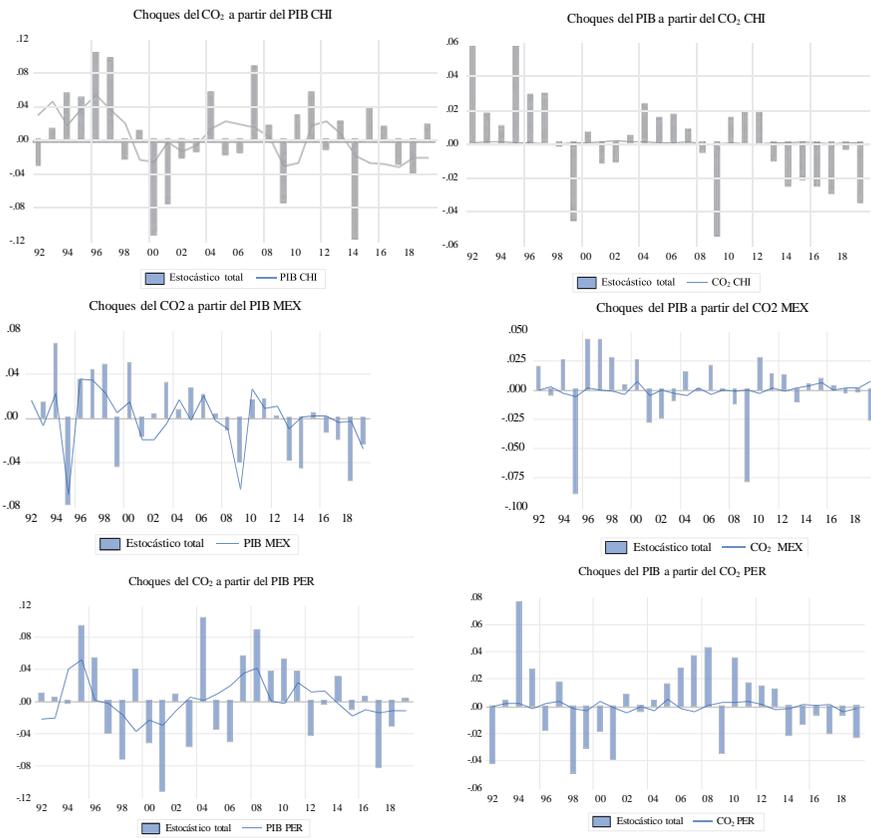


Choques del CO₂ a partir del PIB COL



Choques del PIB a partir del CO₂ COL





AL: América Latina (muestra total), ARG: Argentina, BRA: Brasil, COL: Colombia, CHI: Chile, MEX: México, PER: Perú.
 Fuente: elaboración propia.

Aprovechamiento de sistemas socioecológicos para disminuir desigualdades sociales, estudio de caso: Laguna Ojo de Liebre

Diana Patricia Carreño-León *
Victor Hernández Trejo **
Armando Monge Quevedo ***

Resumen

Existen diversos sistemas ecológicos en México con una función ambiental y social en comunidades rurales. Por otro lado, diversos estudios muestran que existe una vocación natural para lograr el desarrollo sustentable que México necesita, pero es fundamental considerar investigaciones específicas para cada ambiente que garanticen la viabilidad a largo plazo. Se presenta el estudio de caso del Sistema Socio Ecológico (SSE) del área natural protegida (ANP) de Laguna Ojo de Liebre (LOL), ubicada al norte del estado de BCS, donde conviven la pesca, acuicultura, turismo y extracción de sal. La pesca ha sido durante décadas fuente de sustento familiar en esa área. Se identificaron 5 grupos de actores clave: Usuarios, Empresas, Organizaciones no gubernamentales, Instituciones de Gobierno e Instituciones Educativas y de investigación. Los recursos clave detectados son: recursos pesqueros, recursos acuícolas, investigación, turismo y extracción de sal. Se concluye que se trata de una comunidad resiliente, sin embargo, es necesario implementar políticas públicas que permitan la diversificación de las actividades económicas sustentables con el fin de limitar la actividad extractiva, y disminuir las brechas de desigualdad, así como la intensificación de programas de educación ambiental que generen una mayor conciencia del usuario con respecto a la importancia de su entorno en su propio bienestar.

Palabras Clave: Sistemas socio ecológicos, Pesca, Acuicultura, Desarrollo Sustentable, desigualdad social.

Abstract

Using socio-ecological systems to reduce social inequalities, a case study: Laguna Ojo de Liebre

There are diverse ecological systems in Mexico with an environmental and social function in rural communities. On the other hand, several studies show that there is a natural vocation to achieve the sustainable development that Mexico needs, but it is essential to consider specific research for each environment to ensure long-term viability. The case study of the Socio-Ecological System (SSE) of the Laguna Ojo de Liebre (LOL) natural protected area (NPA), located in the north of the state of BCS, where fishing, aquaculture, tourism, and salt extraction coexist, is presented. Fishing has been a source of family livelihood in the area for decades. Five groups of key actors were identified: Users, Companies, Non-Governmental Organizations, Government Institutions and Educational and Research Institutions. The key resources identified are fishing resources, aquaculture resources, research, tourism, and salt extraction. It is concluded that this is a resilient community, however, it is necessary to implement public policies that allow the diversification of sustainable economic activities to limit the extractive activity and reduce inequality gaps, as well as the intensification of environmental education programmer that generate greater user awareness of the importance of their environment in their own well-being.

Keywords: Socio-ecological systems, fisheries, aquaculture, sustainable development, social inequality.

Clasificación Q57, Q01, Q56

* Diana Patricia Carreño-León
Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México,
dcarreno04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5607-6790>

** Universidad Autónoma de Baja California Sur, México
victorh@uabcs.mx
<https://orcid.org/0000-0001-5990-7684>

*** Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México,
amonge04@cibnor.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9160-4218>

I. Introducción

Las interacciones entre sociedad y naturaleza son inevitables y necesarias para lograr desarrollo y bienestar; sin embargo, la historia nos dice que es indispensable que el diseño de políticas públicas, incluidos proyectos y planes de desarrollo, incorpore el concepto de sostenibilidad para mantener estas potencialidades a largo plazo (Gallopín, 2003, Cortés-Mura y Peña-Reyes, 2015, Postigo y Young, 2016). El enfoque de Sistemas Socio Ecológicos (SSE), donde se consideran de forma integral los componentes social y ecológico interactuando en una localidad, nos permite identificar de forma práctica y objetiva los procesos y componentes del sistema, detectar sus límites o sensibilidad e inferir sus respuestas ante cambios en el sistema (Liu et al., 2007; Ostrom, 2009; Postigo y Young, 2016). En este sentido, el enfoque de SSE facilita el control de los cambios locales a través del conocimiento y sortear problemas como la falta de recursos, pobreza, sobreexplotación y pérdida de biodiversidad, desigualdad social, o incluso tomar medidas ante el inminente cambio climático.

México cuenta con una amplia variedad de sistemas ecológicos, que cumplen funciones ambientales y sociales específicas en las localidades en las que se encuentran. Particularmente en las comunidades rurales costeras, los atributos naturales de los ecosistemas costeros pueden ser aprovechados para lograr un mejor desarrollo de las comunidades, manteniendo su vocación natural; sin embargo, existen factores que dificultan este proceso, como son la situación geográfica y socioeconómica, la falta de acceso a la tecnología y la falta de conocimientos e información. Estos factores resultan frecuentemente en condiciones de desigualdad social y el acceso diferencial y selectivo a programas gubernamentales de desarrollo (Ivanova et al., 2012). Una forma de reducir estas brechas es promover una estrecha comunicación con y entre los habitantes de las zonas rurales.

Baja California Sur es el estado con mayor cantidad de litorales de México, con cerca de 2 700 km (PED BCS, 2021), por lo que en gran medida su vocación se

encuentra ligada al uso de la zona costera y, particularmente en el caso de la zona rural, a la pesca ribereña (Ivanova et al., 2017). Al mismo tiempo, es un estado donde se ha puesto énfasis, desde la política pública, a la conservación del capital natural de la región, lo que representa un reto enorme para compatibilizar con el desarrollo social.

La incertidumbre que existe acerca de cómo se deben aprovechar los sistemas protegidos, como áreas naturales y reservas ecológicas, resulta en que se presenten reservas ante cualquier intento de desarrollo en esas zonas. Aun cuando evidentemente se trata de un tema delicado, no podemos ignorar las necesidades de desarrollo de comunidades que ahí habitan y debe de atenderse con responsabilidad para procurar al mismo tiempo permitir ese desarrollo y evitar el abuso en el uso de los recursos o la degradación ambiental en cualquiera de sus formas. El estudio de caso que se aborda en el presente trabajo considera una zona costera rural, inmersa en un área natural protegida (ANP), conocida como Laguna Ojo de Liebre (LOL), en el estado de Baja California Sur (BCS). El objetivo es aportar elementos para que, a través del análisis con enfoque de SSE, se pueda implementar un plan de desarrollo comunitario, basado en el uso sostenible de los recursos naturales, para disminuir su desigualdad social.

II. Desarrollo sustentable en comunidades costeras de Baja California Sur

El desarrollo económico de México depende en gran medida de su riqueza natural, siendo un país que posee una gran biodiversidad (Sarukhán, et al. 2017), por lo que resulta prioritario que el tema de desarrollo sustentable sea incorporado a las estrategias de desarrollo. Para que esto sea viable, el concepto debe ser comprendido y difundido entre las instituciones de gobierno, las instituciones de educación e investigación y la población en general, para promover la participación de los diferentes actores involucrados y su corresponsabilidad en la toma de decisiones. El Plan Estatal de Desarrollo de Baja California Sur 2021-2027 (PED CBS, 2021) incorpora dentro de sus objetivos, estrategias y líneas de acción, el tema de sustentabilidad, tanto para la pesca como para acuicultura, pero su

éxito dependerá también de la participación social efectiva en su implementación; es decir, el involucramiento de los actores principales de las comunidades, con conocimiento y conciencia, con un sentido de apropiación y con un interés colectivo por el bien común; donde estén representados sus intereses junto con los de otros sectores. En este sentido, es importante informar, educar y retroalimentar a los habitantes de estas comunidades rurales para trascender una realidad socioeconómica, de bajo nivel de estudios, escasa educación ambiental, altos niveles de pobreza y falta de infraestructura y tecnología, que los ha llevado, en muchos casos, la sobre explotación de los recursos y la degradación ambiental (Barrett et al., 2011). En la medida que estos actores internalicen su dependencia de los servicios ecosistémicos y la viabilidad de usarlos de forma sustentable, la comunidad transitará de ser el problema a ser parte de la solución (Lagunas-Vázquez, et al., 2008) y, al tiempo que aumentan las probabilidades de mantener los servicios y funciones ecosistémicos, se abren oportunidades para disminuir la desigualdad social (Ostrom, 2009).

III. *Desigualdad social en comunidades costeras de Baja California Sur*

La desigualdad social es un tema de gran relevancia, con varias aristas y en general asociado a problemas de pobreza, exclusión y marginación social (Parada y Ziccardi, 2001). Sin embargo, su atención es además importante porque se considera que puede tener consecuencias negativas para el medio ambiente (Correa-Restrepo, 2007, Barrett et al., 2011) debido a que frecuentemente los grupos más vulnerables dependen fuertemente de los recursos naturales para subsistir. De acuerdo con los indicadores socioeconómicos y de medición de la pobreza emitidos el Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social (CONEVAL) en el 2020, el 55.3 % de la población de comunidades rurales en México se encuentran en condiciones de pobreza, esto es aproximadamente 17 millones de personas. Esto se ve también reflejado en el estado de BCS, donde muchas de las comunidades rurales carecen de servicios básicos por la situación geográfica en la que se encuentran (Inteligencia Pública, EDF de México, 2019).

En Baja California Sur, aunque se cuenta con destinos turísticos populares como Los Cabos y La Paz, existen comunidades rurales y periurbanas que enfrentan dificultades en términos de acceso a servicios básicos, empleo, educación y atención médica. Las comunidades rurales y costeras de Baja California Sur a menudo carecen de infraestructura adecuada, lo que dificulta el acceso a servicios esenciales como agua potable, electricidad y transporte. Además, la falta de empleo y oportunidades económicas limita las opciones para los residentes, especialmente en áreas fuera de los centros turísticos (Montaño Armendáriz et al., 2023).

Una de las zonas rurales más alejadas de los polos de desarrollo turístico en BCS, es la comunidad de Laguna Ojo de Liebre, siendo ejemplo de una comunidad rural costera que enfrenta desigualdad social y rezago (CONEVAL, 2022). Esta comunidad depende en gran medida de la pesca como fuente de sustento. Sin embargo, la falta de infraestructura, acceso a servicios básicos, empleo diversificado y oportunidades de desarrollo limitan las condiciones de vida de los habitantes. Además, la dependencia económica de la pesca puede generar inestabilidad económica, especialmente cuando hay cambios en los ecosistemas marinos o restricciones en la actividad pesquera. Esto puede llevar a la falta de empleo y a la dificultad para generar ingresos consistentes para los habitantes de la comunidad.

El estado de BCS se caracteriza por contar con la mayor extensión de costas del país, donde la mayor parte de la población dentro de los cinco municipios, están asentados en zonas costeras, y de acuerdo con los informes de la CONAPO (2021) y la CONEVAL (2022), es considerado uno de los estados con mejores condiciones en cuanto a rezago social y, por ende, con bajo índice de pobreza de forma global. Sin embargo, cuando se visualizan los datos comparativos de medición multidimensional de la pobreza en el estado notamos que la población en situación de pobreza, pasó de un 18.6% en 2018 a un 27.6% en 2020, donde la población en situación de pobreza moderada y pobreza extrema se incrementaron un 7.3% y 1.7% respectivamente, así mismo, la privación social se incrementó en

un 2.1%, y en cuanto al bienestar económico, la población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos se incrementó en un 5.6% y la población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos pasó de 23.9% en 2018 a 35.9% en 2020. Los indicadores de carencia social mostraron un incremento en rezago educativo (0.9%), carencia por acceso a los servicios de salud (6.7%), carencia por acceso a la seguridad social (1.8%) y carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad (4.5%) (CONEVAL, 2022).

Al analizar los datos por municipio y población, es posible notar el contraste que existe a lo largo de la media península, en donde si bien, existen regiones focalizadas con infraestructura y desarrollo, en el resto de las comunidades persisten las desigualdades. En 2020, el municipio de Mulegé, donde se localiza La Laguna Ojo de Liebre en la Ciudad de Guerrero Negro, ocupó el tercer lugar del estado de BCS de población en situación de pobreza con un 24.1% y un 20.9% de población en pobreza moderada, donde la Ciudad de Guerrero Negro se encuentra en el rango de pobreza del 20-40%, así mismo, un 36.4% de la población del municipio de Mulegé es vulnerable por carencias sociales, 18.2% presenta rezago educativo, 18.7% con carencia de servicios de salud y un 44% de carencia por acceso a la seguridad social, el 15.6% de la población presenta carencia por acceso a la alimentación y cuenta con un 30.% de población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos (CONEVAL, 2022).

Para buscar solución a este tipo de condiciones, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha establecido objetivos de desarrollo sostenible que, entre otros temas, permiten combatir las desigualdades sociales y generar oportunidades para mejorar la calidad de vida de la población en un marco de desarrollo sostenible, considerando tres ejes principales: crecimiento económico, inclusión o participación social y sostenibilidad ambiental (FAO, 2018). En general, la situación vulnerable en la que se encuentran las localidades costeras rurales genera una baja calidad de vida y limita las condiciones para su desarrollo, es por ello que las estrategias y esfuerzos gubernamentales para disminuir la brecha de desigualdad y generar oportunidades para estas localidades, deben ir dirigidas a

mejorar las condiciones, mediante programas y apoyos acorde a las necesidades de cada región para desarrollar sus capacidades y sin perder de vista su vocación natural.

La falta de oportunidades y espacios de participación de la población en estas comunidades rurales ha generado una desvinculación y desarticulación de los actores de estos SSE; gobierno, instituciones de educación e investigación y sociedad (Brondizio et al., 2009). En este sentido, se hace evidente que es necesario adoptar un modelo de gestión integrada de los recursos ecosistémicos, que promueva la participación de los usuarios y atienda equilibradamente los valores y necesidades de los componentes social, ambiental y económico.

VI. *Sistemas socio ecológicos de áreas naturales protegidas*

El estudio de zonas costeras rurales desde la perspectiva de los SSE permite analizar el sistema de forma integral, considerando las relaciones existentes entre el sistema natural o ecosistema y el sistema social (Gallopín, 2001, UNESCO, 2010, Challenger et al., 2014). En las últimas décadas hemos visto una degradación de los recursos naturales marinos por efecto de factores como la sobreexplotación, cambios climáticos, contaminación, entre otros (FAO, 2016). Algunos de estos factores son inherentes a la naturaleza y deben ser asimilados como tales; sin embargo, otros son producto de la estrecha relación que existe entre el ecosistema y la sociedad (Challenger et al., 2014) que demandan una comprensión profunda para poder ser atendidos. En este sentido, el estudio de los SSE aporta una perspectiva de cómo se encuentran estructurados e interaccionan distintos componentes culturales, políticos, sociales, económicos y ecológicos (Berkes & Folke, 1998, Walker et al., 2002, Ostrom, 2009), es decir, se pueden utilizar los SSE como la unidad de análisis para conocer y entender el uso y manejo de los recursos, para lograr la sustentabilidad del sistema (Gallopín et al., 2001; Ostrom, 2009; Leslie et al., 2015; Torres-Lima y Cruz-Castillo, 2019).

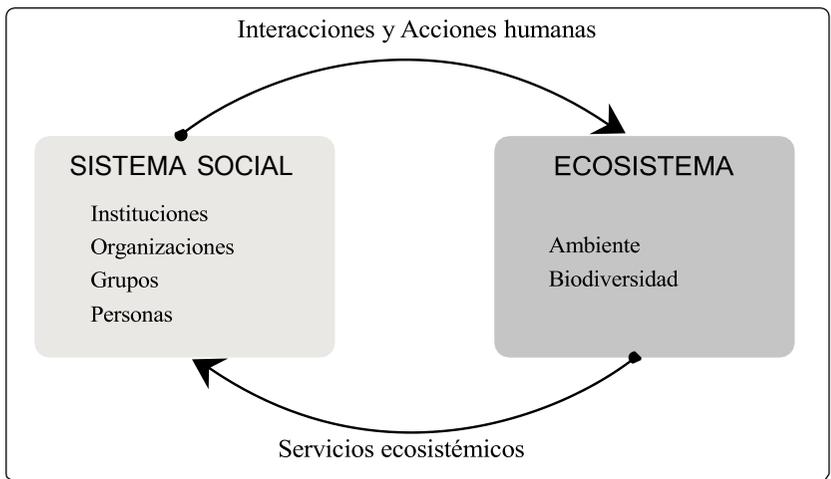
Existen diversos enfoques que explican los SSE y se han desarrollado diversas metodologías para su análisis o caracterización, con diferentes alcances y diseñados alrededor de diferentes objetivos, como lograr su sostenibilidad (Berkes y Folke, 1998), conocer su resiliencia y capacidad adaptativa (Folke et al., 2003), evaluar la resiliencia y ciclos adaptativos del sistema (Walker et al., 2002), identificar las variables relevantes en un sistema multinivel (Ostrom, 2009) o alcanzar una mejor descripción de las dinámicas socio-ecológicas mediante una modelación del sistema, de forma participativa (Etienne et al., 2011, Fallot et al., 2013).

Las áreas naturales protegidas (ANP) son consideradas como sistemas particularmente complejos, debido a que en ellas conviven de forma más explícita las necesidades de los componentes social y económico con el de conservación de la biodiversidad y los procesos ecosistémicos que los conforman; es decir, se hace énfasis en el objetivo de conservación de los ecosistemas y la biodiversidad (García-Frapolli y Toledo, 2008; Figueroa et al., 2011; LGEEPA 2014; Duval, 2018). En principio, por diseño este tipo de SEE poseen un alto valor natural y por lo tanto se considera prioritario preservarlos ambientalmente; sin embargo, el simple hecho de ser declarados como ANP puede resultar insuficiente, ya que las actividades antropogénicas que en ellos se realizan suelen ser su principal amenaza (Espinoza-Tenorio et al., 2014). Es en este sentido, su análisis como SSE puede permitir una mejor gestión ambiental, para garantizar las condiciones, servicios y funciones del ecosistema y para generar conocimiento que informe mejor al proceso de diseño e implementación de políticas y planes de manejo y desarrollo (Ostrom, 2009). Como se describió con anterioridad, en este proceso resulta clave la participación de todos los actores genuinamente involucrados con la APN. Este involucramiento, desde el análisis, planificación y gestión, es indispensable para lograr una apropiación real de proyectos y planes (García-Frapolli y Toledo, 2008; Bonilla-Moheno y García-Frapolli, 2012; Maldonado-Ibarra et al., 2020), facilitando su implementación y disminuyendo los conflictos sociales que se han creado en torno a estos temas.

V. *El sistema socio ecológico de Laguna Ojo de Liebre*

En un sistema socio ecológico interactúan las actividades sociales y productivas con un ecosistema específico (Figura 1). El ecosistema alberga la biodiversidad y el ambiente que lo rodea, y proporciona servicios al sistema social, que pueden ser alimento, condiciones climáticas, agua, energía, entre otros, mientras que el sistema social compuesto por organizaciones, instituciones, grupos o personas, cuyas actividades generan un impacto sobre el ecosistema (Marten, 2001).

Figura 1. Interacciones entre ecosistema y sistema



Fuente: Elaboración propia con base en Marten, 2001

VI. *Estudio de caso: Laguna Ojo de Liebre en BCS*

VI.1 Descripción del ecosistema

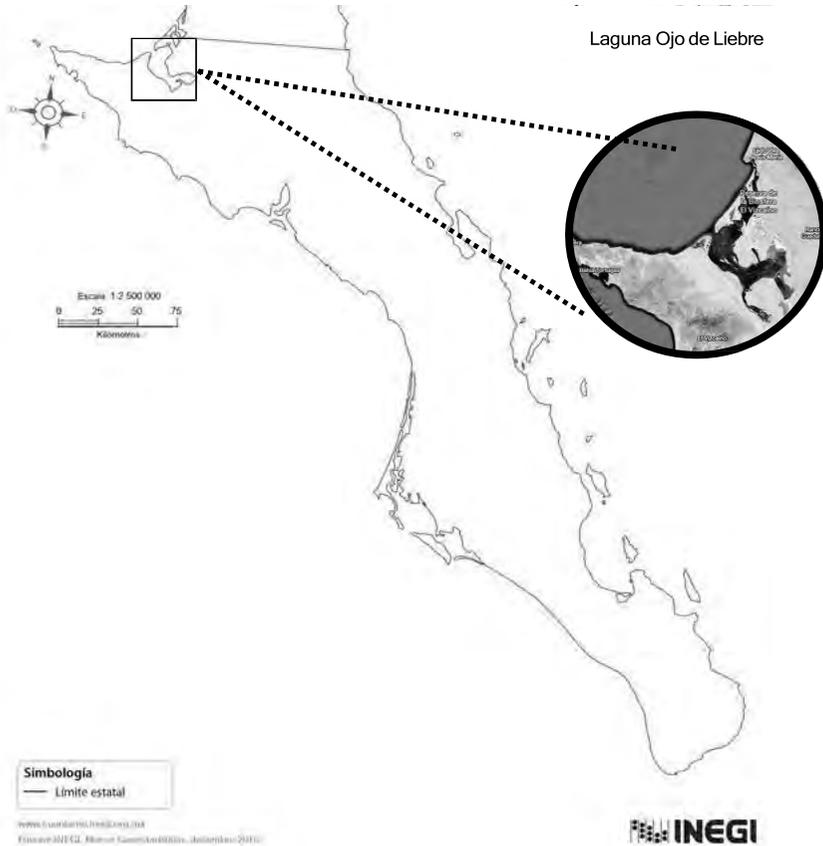
La Laguna Ojo de Liebre (LOL) es una laguna costera que se encuentra dentro del Complejo Lagunar Ojo de Liebre, que se localiza en la costa occidental del estado de Baja California Sur (BCS) (Figura 2). Clasificada como Área Natural Protegida (ANP), pertenece a la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, por ser considerado un ecosistema de gran importancia al ser refugio de la ballena gris y donde existen 130 especies de aves muchas de estas protegidas y/o en peligro de extinción. No hay población humana asentada en el complejo lagunar; sin embargo, se

desarrollan actividades de turismo de bajo impacto ambiental y explotación de recursos pesqueros y acuícolas, incluidas especies de alta importancia comercial como la langosta roja (*Panulirus interruptus*), el callo de hacha (*Atrina maura*, *Pinna rugosa*), las almejas chocolata (*Megapitaria squalida*), mano de león (*Nodipecten subnudosus*), catarina (*Argopecten circularis*) y pata de mula (*Anadara sp*), el pulpo (*Paraoctopus digueti*) y el caracol panocha (*Megastraea undosa*) (CONANP, 2016). Si bien, esta laguna costera posee gran relevancia por su diversidad biológica, especies endémicas, santuario de la ballena gris y presencia de aves migratorias, otro de los atributos especiales, es que dentro de esta zona, existen importantes bancos de almeja mano de león (*N. subnudosus*), reportándose que los bancos localizados en las zonas de El Alambre, Carros viejos, La Ventana, La Bocana, y El Borbollón, son los que han mantenido y presentado una mayor biomasa, representada por un mayor número de organismos por metro cuadrado (Massó-Rojas et al., 2014). Aunque, como se comenta en el párrafo anterior, no existe asentamientos humanos en el complejo lagunar, las actividades primarias y terciarias que se llevan a cabo en esta ANP son la principal fuente de sustento de la población de Guerrero Negro, Baja California Sur, localizada al norte de esta zona rural costera.

VI.2 Área de estudio

La laguna Ojo de Liebre, es una laguna costera localizada en el municipio de Mulegé en las coordenadas 27°45'N y 114°05'O, colindando con la ciudad de Guerrero Negro al norte del estado de Baja California Sur (Figura 2).

Figura 2. Localización de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, modificado de (Inegi, 2018)¹

VI.3 Metodología

Para describir o caracterizar un SSE, es necesario conocer sus componentes sociales y ecosistémicos, así como las interacciones entre las actividades humanas y el funcionamiento de los ecosistemas, a través de las prácticas y acciones de los

¹ Imagen de acceso libre descargable en el sitio <https://cuentame.inegi.org.mx/mapas/bcs.aspx?tema=M>

actores, en este caso la Laguna Ojo de Liebre (LOL). Se utilizó la metodología descriptiva de las dinámicas socio-ecológicas para la caracterización del sistema, de forma participativa (Etienne et al., 2011). La información fue obtenida a través de fuentes primarias (grupos focales) y secundarias. Para las fuentes primarias, se aplicó el método de investigación participativa, realizando entrevistas y reuniones con los actores clave de la comunidad. Se llevaron a cabo 10 reuniones con los actores clave, realizando un total de 30 entrevistas. En el caso de las fuentes secundarias se utilizaron fuentes oficiales de información como las del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), el Consejo Nacional de Población (CONAPO), Consejo Nacional para la Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), con las cuales se realizó la construcción de matrices de datos y la inferencia de los índices presentados en esta investigación.

En el caso de las reuniones, estas se realizaron con permisionarios y/o cooperativistas, así como investigadores y empresarios que previamente fueron identificados como potenciales usuarios actuales o históricos del ecosistema, y que han interactuado con la comunidad y/o han realizado algún tipo de estudio en la zona, quienes eventualmente podrían proveer información relevante que contribuyera con el cumplimiento de los objetivos, esto con base en los registros oficiales y mediante la identificación a través de otros actores (investigadores principalmente) con los que han tenido algún tipo de interacción. A cada uno de los actores se les aplicó una entrevista idéntica, la cual incluyó las siguientes dimensiones y reactivos:

La primera dimensión de la entrevista son los datos del entrevistado, cuyos reactivos incluye el tipo de actividad que realiza, su rango de edad, años de residencia en la comunidad, años en la actividad, escolaridad, dependientes económicos, y cuántos de ellos tiene la misma actividad que el entrevistado. La segunda dimensión corresponde a los datos de la actividad, en este caso los reactivos utilizados fueron el tiempo que le dedican a la actividad, el tipo de arte de pesca que utilizan, tipo de embarcación, instalaciones, certificaciones, así como el nivel de importancia que le dan al recurso. En el caso de la tercera

dimensión, las preguntas están relacionadas con los datos de captura, que incluyen cantidades, los periodos de extracción, costos de producción/extracción, y los precios de venta. Para la cuarta dimensión, en donde el objetivo era saber si el entrevistado estaba al tanto de la problemática, se les preguntó si han notado o estaban enterados de la disminución de los bancos naturales, y en caso de respuesta afirmativa, se les cuestionó sobre el tiempo que tiene de conocer de ello, la razón de esta disminución, los efectos en los ingresos y la economía familiar y de la comunidad, asimismo se les cuestionó acerca de las estrategias que siguieron para resolver o mitigar los efectos, y si alguna de esas estrategias ha funcionado, que nuevas problemáticas enfrenta y que están haciendo para resolverlas. En las siguientes tres dimensiones se buscó mediante reactivos muy simples conocer si el entrevistado estaba interesado en la producción acuícola de la especie en cuestión, y si tenía la capacidad para hacer inversión económica en ese sentido, asimismo se interrogó acerca de cómo ha diversificado su actividad extractiva, y finalmente se indagó sobre el nivel de conciencia sobre las problemáticas de sobreexplotación, cambio climático, enfermedades de la especie, entre otros. Como parte de cierre de la entrevista, se le pidió al entrevistado sus observaciones generales para dar oportunidad a que, de forma abierta, pudiese expresar sobre sus conocimientos locales y planteamientos no considerados en la entrevista.

VI.4 Resultados

• Identificación de Actores Clave

Los actores clave fueron clasificados en 5 grupos (Tabla 1): usuarios, empresas, organizaciones no gubernamentales, instituciones de gobierno e instituciones educativas y de investigación. Los recursos clave detectados fueron: producción pesquera, producción acuícola, investigación científica, turismo, y producción de sal por las actividades de extracción que se realizan en la zona.

Los usuarios son considerados como los actores centrales, dado que tienen una relación directa y constante con los recursos bióticos y el ecosistema. Dentro de esta categoría de usuarios encontramos a los pescadores locales, permisionarios y cooperativistas, quienes cuentan con permiso de pesca, realizan actividades de extracción controlada, y sus actividades quedan registradas en CONAPESCA para las estadísticas anuales de pesca. Así mismo se detectó dentro de esta misma clasificación a los pescadores foráneos, mismos que no cuentan con autorización o permiso de pesca en estas zonas, dado que las reglas de operación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) solo permiten la pesca controlada de baja escala a residentes de las comunidades. En este sentido, la pesca realizada por estos pescadores foráneos es ilegal, también conocida como pesca furtiva, y por ende no se cuenta con registro de sus capturas. También se incluyen como usuarios a los acuicultores, quienes usan el ecosistema para la producción de especies acuícolas, conocido como maricultura, dedicados principalmente a la producción de ostión japonés (*Crassostrea Gigas*)

Tabla 1. Actores clave del ecosistema de la Laguna Ojo de Liebre

Clasificación	Actores	Actividad en el ecosistema
<i>Usuarios</i>	• Pescador Local	• Extracción
	• Pescador Foráneo	• Extracción
	• Cooperativista	• Administración
	• Permisionario	• Extracción
	• Acuicultores	• Uso del ecosistema para producción
<i>Empresas</i>	• Exportadora de Sal, SA de CV (ESSA)	• Extracción
	• Empresas de servicios turísticos	• Uso del ecosistema para actividades recreativas
<i>Organizaciones no gubernamentales</i>	• Comité de Sanidad Acuícola del Estado de BCS (CSABCS)	• Vigilancia y control de enfermedades
<i>Instituciones de Gobierno</i>	• Niparajá	• Conservación del ecosistema
	• SEMARNAP	• Legislación y normatividad del ecosistema
	• CONANP	• Control, regulación y protección
	• CONAPESCA	• Control y Regulación
<i>Instituciones de Educación e Investigación</i>	• PROFEPA	• Inspección y Vigilancia normativa
	• UABCS	• Investigación del ecosistema
	• CIBNOR	
	• CICIMAR	
	• CICESE	
	• INAPESCA - CRIP	
• UABC		

Fuente: Elaboración propia con base en la información de fuentes primarias y secundarias.

Dentro de la clasificación de empresas, como actores del sistema, se encuentran las empresas de servicios turísticos, que solamente cuentan con autorización para la prestación de servicios para el avistamiento de la Ballena Gris, así como Exportadora de Sal, S.A de C.V. (ESSA), quien realiza actividades de extracción de sal de los depósitos formados en zonas de inundación de las partes bajas de las marismas de la Laguna Ojo de Liebre. La extracción de sal se realiza por la evaporación solar del agua de mar y se cuenta con un área de concentración para producir salmuera en condiciones controladas, misma que se encuentra separada por un dique que permite aislar del resto de los terrenos de la laguna.

En la clasificación de las organizaciones no gubernamentales (ONG´s) como actores, se encuentran el Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur (CSABCS), cuya función es la de vigilancia, detección y control de enfermedades en organismos de la pesca y acuicultura, así mismo, se detectó la participación de la Sociedad de Historia Natural Niparajá A.C., con actividades que promueven la conservación de los ecosistemas y la educación ambiental.

Las instituciones de gobierno cumplen un rol importante en la regulación y legislación de las Áreas Naturales protegidas. Se ubicaron a la SEMARNAT es quien establece los criterios e instrumentos normativos para asegurar la protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales del país. La CONANP, por su parte, es quien se encarga de la preservación y sustentabilidad de ecosistemas y ambientes naturales, impulsado y fortalecido iniciativas para la conservación y el manejo sustentable de la biodiversidad, a través de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). CONAPESCA que se encarga de implementar políticas, programas y normatividad para lograr un desarrollo sustentable del sector pesquero y acuícola; asimismo, llevan un control y registro de la producción pesquera y acuícola del país y de los productores. PROFEPA con la función principal de vigilar la observancia de la normatividad y el cumplimiento de las leyes en materia ambiental, con actividades de inspección y verificación para garantizar la protección de los recursos naturales.

Las instituciones de educación e investigación con un papel dentro del sistema incluyen a la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), así como instituciones de investigación presentes en la Península de Baja California; CIBNOR, CICIMAR localizados en BCS, y CICESE localizado en BC. Estas Instituciones tienen la función de realizar, mediante proyectos de investigación científica y tecnológica, el análisis y evaluación de los ecosistemas de las zonas de estudio y generar información científica que se hace disponible a través de artículos científicos, informes técnicos, capítulos de libro, y tesis, así como a través de talleres y pláticas para las comunidades. También dentro de esta clasificación se encuentra INAPESCA - CRIP, quien se encarga de dirigir, coordinar y orientar la investigación científica y tecnológica en materia de pesca y acuicultura, así como el desarrollo, innovación y transferencia tecnológica que requiera el sector pesquero y acuícola.

• Identificación de recursos clave

Dentro de los recursos clave identificados, encontramos seis tipos: (1) Recursos Pesqueros, identificando 8 especies como los recursos de mayor importancia comercial (Tabla 2).

Tabla 2. Recursos pesqueros de importancia comercial para LOL

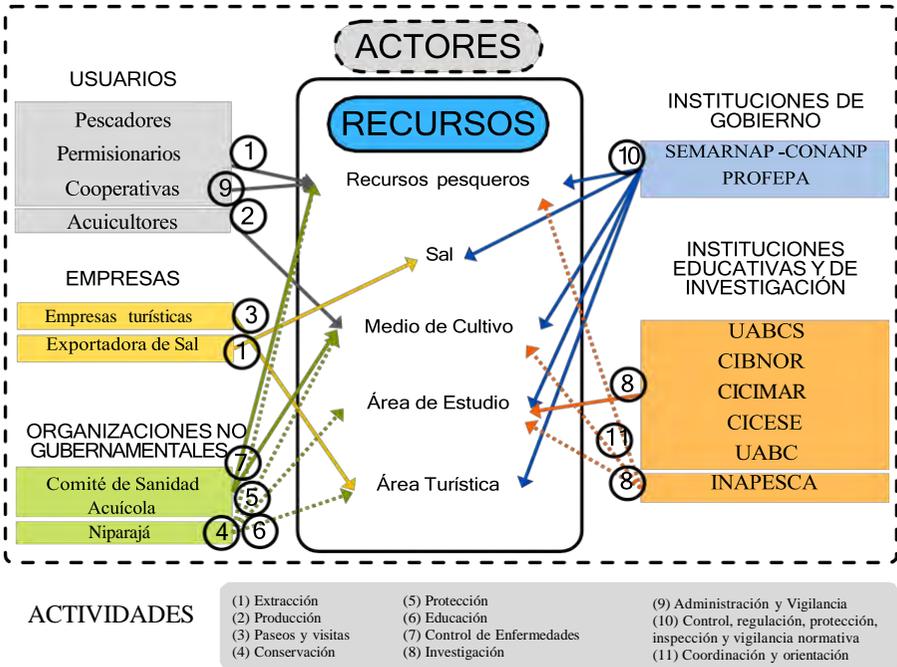
Especies
Langosta roja - <i>Panulirus interruptus</i>
Callo de hacha - <i>Atrina maura, Pinna rugosa</i>
Almeja chocolata - <i>Megapitaria squalida</i>
Almeja mano de león - <i>Nodipecten subnudosus</i>
Almeja catarina - <i>Argopecten circularis</i>
Pulpo pigmeo - <i>Paraoctopus digueti</i>
Pata de mula - <i>Anadara sp</i>
Caracol panocha - <i>Megastrea undosa</i>

Fuente: Elaboración propia con base en la información de fuentes primarias y secundarias.

Por otro lado, (2) la sal se considera clave al pertenecer al mismo ecosistema, pero además por la influencia que las actividades de extracción pueden generar en las dinámicas del ecosistema de LOL y su impacto socioeconómico en las comunidades. (3) sitio de cultivo, el ecosistema proporciona las condiciones ambientales, como alimento, espacio, oxígeno, entre otros, para el crecimiento y desarrollo de las especies en cultivo, así como lo hace para las especies naturales del ecosistema (4) fungir como área para estudio, porque es utilizado por sus características especiales de biodiversidad y productividad por las instituciones de educación e investigación. Por otro lado, (5) la ballena gris y (6) las aves nativas y migratorias, son otros de los recursos clave al ser el centro de atención de las actividades turísticas permitidas en esta ANP.

Con esta caracterización de actores y recursos, se identificaron las relaciones entre ellos como SSE. La Figura 3 es una representación gráfica de la síntesis de la información recabada.

Figura 3. Diagrama de relaciones entre actores y recursos de LOL



Fuente: Elaboración propia con base en la información de fuentes primarias y secundarias.

• Dinámicas e Interacciones

Finalmente, con base en la información recabada y las visitas de campo, se definieron los principales procesos y dinámicas que surgen por la interacción entre las actividades de los actores y el funcionamiento del ecosistema, que pueden tener un efecto sobre el SSE.

El proceso de extracción de la pesca artesanal de recursos pesqueros de importancia comercial en la zona, que en su mayoría son especies bentónicas, es realizado por buceo y se utilizan lanchas como medio de transporte hacia los sitios de pesca. Actualmente se realiza el desconche y pre-proceso de los productos de la pesca en línea de playa, en un espacio establecido para ello, sin embargo, no siempre fue así, ya que entre el 2010 y el 2012 hubo una baja de bancos de

moluscos bivalvos, y un evento de mortandad masiva, que obligó al gobierno a realizar el cierre de las pesquerías de estas especies en el 2012 debido a una contingencia ambiental, de la cual aún se desconocen las causas (Massó-Rojas et al, 2014). Lo anterior ha ocasionado una disminución de su pesquería, ocasionando un desbalance de la actividad regular de los pescadores y el aumento de la pesca ilegal por pescadores de otras zonas, ocasionando una pérdida de control del sistema, al no poder estimar el volumen de pesca, siendo este un factor importante para el análisis de estas dinámicas de extracción, y producto de una posible sobreexplotación de los recursos.

Otro factor a considerar para el análisis de la dinámica de extracción, en relación a la pesca furtiva, es una posible falta de control sobre el cuidado del medio ambiente, porque al no tener control sobre la pesca ilegal, se puede estar conservando las viejas prácticas de desconche y pre-proceso en la lancha sobre el cuerpo de agua, donde son arrojados los desechos al mar, esta acción ya no es permitida por las autoridades y los pescadores locales lo saben, por lo que han establecido estrategias para ello, pero no se puede afirmar esta situación en los pescadores ilegales.

La acuicultura o maricultura en esta zona, es otra actividad que genera procesos o dinámicas dentro del cuerpo de agua, ya que, al utilizarlo como el área de cultivo, se introducen instalaciones o sistemas de cultivo que consisten en canastas de malla colgantes, atadas a sistemas de flotadores superficiales, anclados a su vez en el fondo, para evitar su movimiento. Este tipo de sistemas de maricultura, ejercen una presión sobre el sistema natural, al generar competencia entre las especies en cultivo y las naturales, por disponibilidad de alimento natural, captación de oxígeno, y uso de espacio en el cuerpo de agua, así como la generación de mayor producción de materia orgánica.

Las operaciones de la empresa Exportadora de Sal, S.A. de C.V. (ESSA), genera a su vez otro tipo de procesos o dinámicas que pueden influir en el ecosistema. Su principal actividad es la extracción de sal del sistema de forma natural, por evaporación del agua marina por acción directa del sol. Para ello existen marismas

o zonas bajas de la LOL que son inundadas por medio de bombeo de agua del mar. Si bien el proceso es vigilado y controlado por la empresa y las Instituciones gubernamentales, existen algunos riesgos asociados dentro de esta dinámica, como es la generación de salmueras amargas ricas en cloruro de magnesio que proviene de la evaporación, como un residuo del proceso de extracción con altas concentraciones de magnesio, lo cual puede tener un efecto sobre el ecosistema, en caso de un accidente de derrame, por fractura del canal o alguna condición climatológica, como lo son la presencia de huracanes o lluvias extremas (CONANP, 2016). En este mismo sentido, existe la posibilidad de la modificación de las condiciones ambientales como son cambios en el pH, salinidad y temperatura del ecosistema.

De las actividades turísticas, se desprenden algunas dinámicas que pueden tener efecto sobre el sistema para la zona de estudio, como lo es el turismo en lancha con motor fuera de borda para transportar a los turistas para el avistamiento de ballenas en las temporadas de arribo, que van de noviembre a marzo de cada año. Si bien se manejan condiciones permitidas dentro de la normatividad de Áreas Naturales Protegidas, no están exentos de accidentes en donde ocasionalmente se genera derrame de combustible, contaminando el ecosistema, así mismo, el ruido y las vibraciones que genera el motor, la lancha y la actividad de los turistas en ella, pueden perturbar el ambiente en el que se desarrollan las especies.

Estos procesos descritos, sirvieron de base para la obtención de los modelos de las dinámicas socio-ecológicas, que resultan ser fundamentales para comprender este sistema complejo de la Laguna Ojo de Liebre.

• Los servicios ecosistémicos de la Laguna Ojo de Liebre

Se realizó el análisis de la información, para determinar los servicios proporcionados al SSE por el ecosistema de la Laguna Ojo de Liebre. Los servicios ecosistémicos encontrados son:

1. Servicios de provisión o abastecimiento: Pesquería, acuicultura, sal, alimento, agua
2. Servicios de regulación: Control de eventos extremos, barrera contra inundaciones
3. Servicios de apoyo o soporte; Condiciones para reproducción de la ballena gris, productividad primaria, suelos para especies bentónicas, biodiversidad, recursos genéticos
4. Servicios de cultura; Avistamiento de ballenas y aves, salina más grande de México,

Al contar con las características del SSE de Laguna Ojo de Liebre, es posible entender las dinámicas y relaciones que existen en esta ANP, y tener una visión amplia e integrada de las interacciones entre los recursos naturales y el sistema social que lo integran. De las actividades que mayor demandan energía del ecosistema lagunar están la pesca de pequeña escala y la acuicultura. Estas actividades primarias se consideran como alternativas con alto potencial de desarrollo, como estrategia para cubrir las necesidades de alimento de la población, así como para la generación de empleos directos e indirectos que permitan disminuir la pobreza principalmente en las zonas rurales y con ello de desigualdad social.

En Baja California Sur, al ser el estado con mayor extensión de costas en el país y tener una alta diversidad biológica, este gran potencial podría utilizarse para el desarrollo de forma sustentable de la industria acuícola que permita satisfacer no solo el consumo interno, sino las demandas del mercado internacional, logrando un gran impacto en la economía tanto local, como nacional.

En el caso específico del sistema lagunar Ojo de Liebre, la acuicultura es aún incipiente y es llevada a cabo por los propios permisionarios de pesca de la zona, y básicamente se trata de cultivo de ostión (engorda) en sistemas de bajo impacto ambiental. En cuanto a la pesca, esta tiene una tradición de al menos cinco

generaciones, donde la extracción de moluscos, como es el caso de la almeja mano de león y otros bivalvos, han sido los más relevantes para esta comunidad por el alto valor en el mercado. Sin embargo, la caída en la producción en la última década ha llamado la atención de la comunidad de pescadores, de las instituciones de gobierno y de las instituciones de enseñanza e investigación y han obligado a revisar las condiciones de ese complejo lagunar.

Es importante remarcar que una de las funciones del análisis de los SSE, es la de evaluar el grado de vulnerabilidad del sistema ante la ocurrencia de eventos extremos y cambios en las condiciones del ecosistema, así como de la capacidad de adaptación o respuesta, modificando comportamientos y tecnologías para ajustarse a los cambios, minimizar el daño potencial, beneficiarse de las oportunidades que presentan los impactos positivos y reducir, en la medida de lo posible, las consecuencias negativas derivadas. Es decir, cada sistema tiene un cierto nivel de vulnerabilidad que depende de la magnitud y el tiempo de exposición al cambio, de su sensibilidad y del espacio para la adaptación. Este tipo de análisis son indispensables para conocer no solo su funcionamiento bajo condiciones óptimas, sino también para evaluar sus fortalezas y debilidades y, con ello, poder proyectar posibles escenarios futuros y sus potenciales impactos para, en función de esto, incrementar la capacidad de resiliencia a través de estrategias de adaptación.

Otros de los factores que pueden provocar cambios ambientales, como se menciona anteriormente, son las actividades de extracción de sal y el turismo, junto a factores ambientales naturales, como son cambios de clima y la presencia de huracanes (CONANP, 2016). Sus efectos podrían incluir la disminución de bancos naturales de las especies bentónicas y de otras especies de esta zona, o bien el bajo avistamiento de ballena gris dentro del complejo lagunar. Cuando estas condiciones prevalecen, se desestabiliza el sistema social y se crean conflictos que impactan el bienestar social, al ser una comunidad alejada geográficamente de las zonas urbanas, con limitaciones de infraestructura y opciones de desarrollo. El enfoque de SSE puede permitir identificar cambios

posibles en el sistema social y la naturaleza participativa del proceso facilitar la apropiación y por tanto la implementación de estrategias para la sustentabilidad del sistema con un beneficio tanto ecológico como económico.

La biodiversidad, es considerada una fuente de riqueza y generadora de empleos, siempre y cuando las actividades de desarrollo en torno a ella se lleven a cabo de forma sustentable, siempre buscando el crecimiento económico, la inclusión social y la sostenibilidad ambiental. De entre los diversos factores que han limitado el desarrollo sostenible de esta zona, podemos remarcar la falta de articulación, vinculación real y efectiva entre gobierno, academia y sector productivo.

VII. Consideraciones finales

Para abordar la desigualdad social y el rezago en la comunidad Laguna Ojo de Liebre, es esencial implementar medidas específicas que aborden las necesidades y desafíos particulares de la comunidad. Algunas de estas medidas pueden incluir mejorar la infraestructura básica, diversificar las fuentes de empleo y generar oportunidades económicas, así como fortalecer los servicios educativos y mejorar el acceso a la atención médica. Es fundamental que estas soluciones se desarrollen de manera integral y participativa, involucrando a los residentes y organizaciones locales en la planificación y ejecución de proyectos. En ese mismo sentido, es relevante mencionar que la comunidad que interactúa en este SSE puede considerarse resiliente, toda vez que ha logrado adaptarse diversificando sus actividades pesqueras, o bien cambiando su enfoque productivo, ya sea hacia el turismo o la acuicultura, actividades distintas a la pesca, y que para lograr su dominio requieren que el participante pase a través de una curva de aprendizaje, en donde los apoyos gubernamentales y de otras entidades se vuelven fundamentales. En ese contexto, es importante señalar la necesidad de implementar políticas públicas que busquen apoyar la diversificación de las actividades productivas en el SSE, en donde se busque que la comunidad dependa cada vez en menor medida de las actividades de extracción de productos marinos. La acuicultura rural sostenible y el turismo alternativo parecen ser actividades

adecuadas para los comunitarios, y que pueden representar un muy bajo impacto ambiental, y de forma inversa una fuente de ingresos y de mejora social importante. Aunado a lo anterior, es importante que dentro de esas políticas públicas se incluyan amplias campañas de educación ambiental, así como una constante supervisión y adecuación de leyes y reglamentos que permitan que el equilibrio sano sea mantenido.

VIII. Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado a través de la beca para estancia sabática, a la Universidad Autónoma de Baja California Sur por su apoyo brindado, al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. por las facilidades prestadas para realizar este trabajo, en particular al grupo de trabajo del laboratorio de Ecofisiología de Organismos Acuáticos. Este trabajo es parte integral del proyecto “Impactos biológicos de la variabilidad térmica y clima extremo en ectotermos marinos bentónicos: aptitud biológica, potencial de adaptación y plasticidad fenotípica” (Ciencia de Frontera 78911), financiado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología.

XI. Referencias

- Barrett, C. B., Travis, A. J., & Dasgupta, P. (2011). On biodiversity conservation and poverty traps. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(34), 13907-13912.
- Berkes, F., Kislalioglu, M., Folke, C., & Gadgil, M. (1998). Minireviews: exploring the basic ecological unit: ecosystem-like concepts in traditional societies. *Ecosystems*, 1, 409-415.
- Bonilla-Moheno, M., & García-Frapolli, E. (2012). Conservation in context: a comparison of conservation perspectives in a Mexican protected area. *Sustainability*, 4(9), 2317-2333.
- Brondizio, E. S., Ostrom, E., & Young, O. R. (2009). Connectivity and the governance of multilevel social-ecological systems: the role of social capital. *Annual review of environment and resources*, 34, 253-278.
- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Chavero, E. L., & Maass, M. (2014). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación Ambiental: Ciencia y Política Pública*, 6(2), 1-21.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2016). Programa de Manejo Reserva de la Biosfera, Complejo Lagunar Ojo de Liebre. Descripción de la Problemática.
- CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social) (2020). Informe de pobreza y evaluación 2020. Baja California Sur.
- Correa Restrepo, F. (2007). Crecimiento económico, desigualdad social y medio ambiente: evidencia empírica para América Latina. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 6(10), 12-30.
- Cortés Mura, H. G., & Peña Reyes, J. I. (2015). A model of sustainable development for the implementation of policies and projects. *Revista EAN*, (78), 40-55.
- Duval, V. S. (2018). Enfoque integral de las áreas protegidas desde la geografía. El caso de la provincia de La Pampa. *Boletín Geográfico*, 1(40), 52-65.
- Espinoza-Tenorio, A., Moreno-Báez, M., Pech, D., Villalobos-Zapata, G. J., Vidal-Hernández, L., Ramos-Miranda, J., ... & Espejel, I. (2014). El ordenamiento ecológico marino en México: un reto y una invitación al quehacer científico. *Latin american journal of aquatic research*, 42(3), 386-400.
- Etienne, M., Du Toit, D. R., & Pollard, S. (2011). ARDI: a co-construction method for participatory modeling in natural resources management. *Ecology and society*, 16(1).
- Fallot, A., Aguilar, M. T., Vides-Almonacid, R., & Le Coq, J. F. (2013). Análisis de las dinámicas socio-ecológicas de la Cuenca Zapocó Informe sobre el

- Bosque Modelo Chiquitano (Bolivia) para el Deliverable 2.5" Socio-Ecological Dynamics": Tarea 2.4.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.
- FAO. (2018). FAO Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit. FishStatJ, a tool for fishery statistics analysis, Release: 3.04.5, Universal Software for Fishery Statistical Time Series. Global aquaculture production: Quantity 1950-2016; Value 1950-2016; Global capture production: 1950-2016; 2018-03-16.
- Figueroa, F., Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., & Linaje, M. (2011). Evaluación de la efectividad de las áreas protegidas para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. ¿Un índice es suficiente? *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), 951-963.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global environmental change*, 16(3), 253-267.
- Folke, C., Colding, J., & Berkes, F. (2003). Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems. *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, 9(1), 352-387.
- Gallopín, G. C. (2001). Science and technology, sustainability and sustainable development.
- Gallopín, G. C. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. Cepal.
- Gallopín, G. C., Funtowicz, S., O'Connor, M., & Ravetz, J. (2001). Science for the twenty-first century: from social contract to the scientific core. *International Social Science Journal*, 53(168), 219-229.
- García-Frapolli, E., & Toledo, V. M. (2008). Evaluación de sistemas socioecológicos en áreas protegidas: un instrumento desde la economía ecológica. *Argumentos (México, DF)*, 21(56), 103-116.
- INEGI 2018. Marco Geoestadístico, diciembre 2018. Cuéntame de México. Mapas para imprimir. Baja California Sur. Sin división municipal. <https://cuentame.inegi.org.mx/mapas/bcs.aspx?tema=M>
- Inteligencia Pública, EDF de México (2019). "Impacto Social de la Pesca Ribereña en México: Propuestas para impulsar el bienestar social en el sector pesquero." CDMX: EDF de México.
- Ivanova, A., & Gámez, A. E. (2012). Plan estatal de acción ante el cambio climático para Baja California Sur. La Paz, México.
- Ivanova, A., Cariño Olvera, M. M., Monteforte-Sánchez, M., Ramírez Ivanova, E. A., & Domínguez, W. (2017). La economía azul como modelo de sustentabilidad para estados costeros: el caso de Baja California Sur. *Sociedad y ambiente*, (14), 75-98.

- LA UNESCO, S. L. (2010). Declaración Universal de la UNESCO sobre la diversidad cultural. *Praxis*, 64, 65.
- Lagunas-Vázquez, M., Beltrán-Morales, L. F., Urciaga-García, J., & Ortega-Rubio, A. (2008). Evaluación rural participativa: uso de los recursos naturales en la reserva de la biosfera El Vizcaíno, BCS, México. *Economía, sociedad y territorio*, 8(26), 451-476.
- Leslie, H. M., Basurto, X., Nenadovic, M., Sievanen, L., Cavanaugh, K. C., Cota-Nieto, J. J., ... & Aburto-Oropeza, O. (2015). Operationalizing the social-ecological systems framework to assess sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(19), 5979-5984.
- LGEEPA (2014). Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Última Reforma DOF 09-01-2015.
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., . & Taylor, W. W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, 317(5844), 1513-1516.
- Maldonado Ibarra, O. A., Chávez Dagostino, R. M., & Bravo Olivas, M. L. (2020). Áreas naturales protegidas y participación social en América Latina: problemas y estrategias para lograr la integración comunitaria. *Región y sociedad*, 32.
- Marten, G. (2001). *Ecología humana: conceptos básicos para el desarrollo sustentable*. Marten, G. Cap, 1.
- Massó-Rojas, J. A. E., Morales-Bojórquez, E., Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B. P., Talavera-Maya, J., Ceseña-Espinoza, N., ... & Enrique, M. B. (2014). Almeja mano de león *Nodipecten subnodosus*. Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo. SAGARPA e Instituto Nacional de Pesca, 17-48.
- Montaño Armendáriz, A., Martínez Sidón, G., & Pérez Concha, J. C. (2023). Actividad turística y desigualdad del ingreso en Los Cabos, Baja California Sur, México. *Análisis económico*, 38(98), 155-172.
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419-422.
- Parada, M. B., & Ziccardi, A. (2001). Pobreza, desigualdad social y ciudadanía: los límites de las políticas sociales en América Latina.
- PED-BCS (2021). Plan estatal de desarrollo Baja California Sur 2021-2027.
- Postigo, J., & Young, K. (2016). En Naturaleza y sociedad. Perspectivas socio-ecológicas sobre cambios globales en América Latina. Lima: Desco, IEP e INTE-PUCP.
- Sarukhán J., Koleff P., Carabias J., Soberón J., Dirzo R., et al. (2017). Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e

institucionales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- Torres-Lima, P., & Cruz-Castillo, J. G. (2019). Procesos urbanos y sistemas socioecológicos. Trayectorias sustentables de la agricultura de chinampa en Ciudad de México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (25), 168-190.
- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G., Janssen, M., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G., Pritchard, R., (2002). "Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach". *Conservation Ecology* 6(1):14.

Oportunidades y consideraciones para el desarrollo de la economía circular en el campo mexicano

Daniel Alejandro García López *
Francisco Hernández Quinto **
Sagrario Alejandre Apolinar ***

Resumen

Por su configuración “extraer-hacer-tirar”, el sistema actual de producción se denomina economía lineal y abarca todas las etapas de producción. De manera similar, la agricultura se centra en la explotación de recursos, con la consecuente generación de impactos negativos al ambiente. Una alternativa al actual modelo lineal es el denominado economía circular, donde se busca la circularidad de los procesos. Se considera que la aplicación de la economía circular en la agricultura es una alternativa para desarrollar una agricultura con enfoque sustentable. Sin embargo, para validar esta suposición es necesario un análisis de las implicaciones de su adecuación dentro del sistema agrícola. La presente investigación tiene como objetivo discutir las oportunidades y consideraciones de aplicar la economía circular en el campo mexicano a partir de la crítica a la teoría del desarrollo, es así que, se realiza un análisis del discurso de los conceptos que emanan de la sustentabilidad, por tanto, una de las principales conclusiones son los impactos negativos de la agricultura en el ambiente y se explora la aplicación del modelo de la economía circular para recircular recursos como nutrientes, agua, y materiales. Finalmente, se comparten algunos estudios de casos que han aplicado la economía circular en la región de Libres, Puebla.

Palabras Clave: Sistema agrícola, crecimiento económico, recursos naturales, economía regional, desarrollo regional

Abstract

Opportunities and considerations for the development of the circular economy in the Mexican countryside

Because of its “extract-make-pull” configuration, the current production system is called a linear economy and encompasses all stages of production. Similarly, agriculture focuses on the exploitation of resources, with the consequent generation of negative impacts on the environment. An alternative to the current linear model is the so-called circular economy, where the circularity of processes is sought. The application of the circular economy in agriculture is seen as an alternative to develop a sustainable approach to agriculture. However, to validate this assumption, an analysis of the implications of its appropriateness within the agricultural system is necessary. This research aims to discuss the opportunities and considerations of applying the circular economy in the Mexican countryside based on the critique of development theory. Thus, an analysis of the discourse of the concepts that emanate from sustainability is carried out, therefore, one of the main conclusions is the negative impacts of agriculture on the environment and the application of the circular economy model to recirculate resources such as nutrients, water, and materials is explored. Finally, some case studies that have applied the circular economy in the region of Libres, Puebla are shared.

Keywords: Agricultural system, economic growth, natural resources, regional economics, regional development

JEL Classification Q5, Q57, Q01

* TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres
daniel.gl@libres.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8557-4895>

** TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Perote
doc-058@itsperote.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-0567-9361>

*** TecNM: Instituto Tecnológico Superior de Libres
sagrario.aa@libres.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0004-6375-8641>

I. Introducción

La evolución del capitalismo a nivel mundial y su ampliación en la mayoría de las regiones del orbe, ha generalizado una reproducción social de las condiciones de pobreza, paradójicamente a lo que se prometía o esperaba respecto al crecimiento y desarrollo económico, fundamentados en la racionalidad económica del modelo neoliberal. Así pues, en el siglo XXI enfrentamos el reto de dar respuesta a un alto incremento poblacional mundial, algunas estimaciones apuntan a una población de 10 000 millones para el 2050 y un máximo de alrededor de 11 000 millones a finales de siglo (ONU), lo cual se traduce en mayor demanda de recursos y alimentos. De manera similar, en México se estima alcanzar una población superior a los 155 millones para el 2050, posicionando al país como el tercero más poblado del continente, solo después de Estados Unidos y Brasil (ONU, 2019). La principal preocupación del incremento poblacional es a causa de los altos impactos ambientales que representará satisfacer las futuras necesidades bajo los actuales medios de producción. Esto debido a que el modelo de producción predominante prioriza el rápido consumo para ofertar nuevos productos en un corto plazo, lo cual integra desde la generación de energía y materiales, hasta la producción de alimentos. Por su configuración dicho modelo de producción es conocido como economía lineal, donde la producción tiene un solo sentido, iniciando con la extracción de recursos y finalizando con su desecho, que como veremos ha generado una serie de efectos negativos en el ambiente.

En la actualidad somos testigos de cambios climáticos globales, derivados del fenómeno conocido como cambio climático, diferentes escenarios pronostican un aumento progresivo de la temperatura media global durante el próximo siglo. El inminente ascenso de la temperatura producirá múltiples consecuencias para la humanidad como la aceleración de los procesos de desertificación, degradación del suelo, erosión, pérdida de vegetación, incendios forestales, deshielo de casquetes polares, pérdida de la biodiversidad, escasez de agua y pérdida del rendimiento de los cultivos (IPCC, 2022). Se prevé que las regiones más afectadas por efectos del cambio climático serán aquellas que se encuentran en latitudes

tropicales y subtropicales, regiones donde se encuentran principalmente países en desarrollo, como México, donde una parte de la economía depende de la producción agrícola (IPCC, 2022).

Como resultado de la emergencia climática que impone el cambio climático distintos países dentro de las Naciones Unidas han buscado promover el desarrollo humano alineado a un futuro sostenible, prueba de ello son los objetivos del milenio a inicios del siglo XXI y de manera más reciente los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) dentro de la agenda 2030. Los ODS establecen 17 objetivos y 169 metas que buscan transformar la relación de la humanidad con su ambiente para garantizar un desarrollo que no comprometa los recursos de las generaciones futuras. Sin embargo, los ODS al igual que los objetivos del milenio, están lejos de alcanzar todas sus metas para el cercano 2030, principalmente aquellas alineadas al manejo de recursos naturales y la producción de alimentos: ODS 2-Hambre cero, ODS 6-Agua limpia y saneamiento, ODS 13-Acción por el clima, ODS 15-Vida de ecosistemas terrestres (Tabla 1). Es decir, a menos de 10 años de la fecha propuesta para el cumplimiento de las metas, varios objetivos se encuentran estancados; lo cual nos hace cuestionar la sostenibilidad de nuestros actuales sistemas de manejo, producción y consumo de recursos.

Tabla 1. Avance de los ODS y la agenda 2030

ODS	Meta	Indicador	Estatus
2	2.4	Intensidad de uso de fertilizantes Consumo de uso de plaguicidas	Estancado respecto a la meta
6	6.1 6.2	Agua potable gestionada de forma segura Saneamiento seguro	Estancado respecto a la meta
13	13.3	Emisiones de gases de efecto invernadero	En retroceso respecto a la meta En retroceso respecto a la meta
15	15.1	Áreas de bosques	En retroceso respecto a la meta

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de CEPAL, 2020

Conjuntamente a lo mencionado, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2019b) considera que dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible; “cero hambre” plantea como propósito lograr la

seguridad alimentaria, mejorando la nutrición y promoviendo una agricultura sostenible, lo cual, sigue siendo uno de los grandes desafíos que enfrenta el mundo, esto es, cómo garantizar que una creciente población mundial tenga alimentos de calidad suficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales para una vida saludable.

Otra consecuencia del actual modo de producción es la alta generación de residuos. En la segunda década del siglo XXI, cada persona de la región de América Latina produce alrededor de un kilogramo de basura al día, es decir, 541 000 toneladas diarias, lo que representa alrededor del 10 % de la basura a nivel mundial. De manera similar, en México la producción de basura por persona es de 1 kilogramo, y por año se generan más de 44 millones de toneladas de residuos, de los cuales cerca del 90 % termina en vertederos a cielo abierto en su mayoría mal operados o que no cumplen con el manejo adecuado de los residuos (FAO).

El problema de la generación de basura no termina en su producción y acumulación, hay que destacar que cerca del 50 % del total de los residuos es de origen orgánico y su descomposición en vertederos es responsable de la contaminación del suelo, agua, emisión de gases efecto invernadero, generación de plagas e infecciones que pueden poner en riesgo la salud humana y ambiental. El impacto de los desperdicios orgánicos es alarmante, a nivel mundial se estima que el 30 % de los cereales y el 45 % de las frutas y vegetales que se cosechan se desperdician. Cifras de la FAO han calculado que anualmente se pierden 1 300 millones de toneladas de comida producida para el consumo humano, es decir, un tercio del total producido.

Como se puede apreciar, se requiere dar respuesta a los retos que nos impone el cambio climático y el actual modelo de producción. Por consiguiente, es necesario revisar el sistema de producción agrícola, así como, reconsiderar su pertinencia y congruencia con las demandas ambientales y sociales del siglo XXI. Por tal motivo, se deben considerar otros modelos de producción que logren alinear sus metas con las del desarrollo sostenible.

II. Hacia una concepción del modelo de desarrollo económico

Para comprender la concepción sobre el modelo de desarrollo actual, es necesario precisar que sentó sus bases por casi cincuenta años en América Latina, Asia y África, en tales espacios se ha predicado intensamente la doctrina sobre el desarrollo. Conviene subrayar que fue formulado inicialmente como una estrategia del desarrollo por parte de Estados Unidos y Europa durante los años que siguieron al fin de la Segunda Guerra Mundial, no obstante, fue aceptado y mejorado por las élites y gobernantes del Tercer Mundo que al cabo de pocos años se convirtió en una fuerza poderosa (Escobar, 2007).

Como punto de partida, en Estados Unidos el presidente Harry Truman en 1949 anunció al mundo entero su concepto de “trato justo” como una idea para llamar al mundo en resolver los problemas de las “áreas subdesarrolladas”, la doctrina planteada por Truman fundó las bases para una nueva comprensión y manejo de los asuntos mundiales, en particular de los países económicamente menos avanzados con el objetivo de crear los escenarios necesarios para reproducir en todo el globo los rasgos característicos de las sociedades desarrolladas de la época, asociados con altos niveles de industrialización y urbanización, tecnificación de la agricultura, rápido crecimiento de la producción material y los niveles de vida, así como, con la adopción generalizada de la educación y los valores culturales modernos (Escobar, 2007).

Sin embargo, las evidencias actuales sobre cambio climático, pobreza y desigualdad alrededor del mundo, han contribuido a imaginar alternativas, es decir, otras formas de representar y diseñar nuestras múltiples realidades de organizar la vida social, económica y cultural, sin reducirlas a un patrón único; sistemas económicos, tecnológicos y ni a un modelo cultural hegemónico (Escobar, 2007).

Para Escobar hablar del desarrollo implicó la creación de un dominio del pensamiento y de la acción sobre los países del Tercer Mundo, a partir de este

argumento planteó las características e interrelaciones de los tres ejes que definen la noción del mismo, esto es, “las formas de conocimiento que a él se refieren, a través de las cuales llega a existir y es elaborado en objetos, conceptos y teorías; el sistema de poder que regula su práctica y las formas de subjetividad fomentadas por este discurso, aquellas por cuyo intermedio las personas llegan a reconocerse a sí mismas como “desarrolladas” o “subdesarrolladas” (Escobar, 2007).

Las concepciones de occidente sobre los lugares del tercer mundo presentan dificultades para pensar fuera del discurso construido sobre el desarrollo, nociones vinculadas a sobrepoblación, hambruna, pobreza, analfabetismo son los significantes más comunes, la cual define la visión que penetra cada vez más, transformando el tejido económico, social y cultural de las ciudades y pueblos. (Escobar, 2007)

En suma, la representación de desarrollo está fundada en la industrialización y urbanización como las únicas trayectorias progresivas hacia la modernización actual, en consecuencia, con el desarrollo material podría producirse el progreso social, cultural y político de las áreas subdesarrolladas, lo cual, determinó desde sus albores el reconocimiento de que la inversión de capital era el elemento más importante del crecimiento económico y el desarrollo (Escobar, 2007).

De acuerdo a los debates latinoamericanos actuales, el concepto de desarrollo ha estado asociado a una visión productivista, un crecimiento indefinido, la mercantilización de la naturaleza en la institucionalización del discurso global moderno sobre el desarrollo sostenible o sustentable, así como, el empleo de categorías globales tales como Responsabilidad Social Empresarial y la gobernanza corporativa, esto significa que la política de desarrollo se ha orientado principalmente al crecimiento de las exportaciones y al control de rentas generadas en materias de hidrocarburos y energía por parte del Estado (Svampa, 2016).

Lo señalado hasta aquí, muestra un continuo acoplamiento entre esta visión y el neoliberalismo, expresado de modo marcado por Perú, Colombia o México, no obstante, también en otros países con perfil extractivista, pero con gobiernos mayormente progresistas, como sucede en los casos de Bolivia, Brasil, Ecuador y Argentina, entre otros (Svampa, 2016).

Otro argumento revelador es el de Acosta (2012) acerca de las discusiones sobre el extractivismo, esto es, el modelo de desarrollo de países ricos con recursos naturales y distinguidos por sustentar su economía en la extracción y exportación, aunque, con mayores dificultades para desarrollarse a través de una dotación limitada de productos primarios, en comparación, con otras naciones que resulta más compleja su situación al basar sus economías en el financiamiento con recursos provenientes del petróleo y minerales, tales condiciones señaladas, parecen condenarlos a la idea de subdesarrollo.

En este tenor, se presume que estos países estarían atrapados en una lógica de “la paradoja de la abundancia” o “la maldición de los recursos naturales”. En este contexto, a juicio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) esboza que cuanto más rico sea un país en recursos naturales, más lento será su desarrollo y mayores sus desigualdades internas” recuperado de Gudynas, (2009) por Acosta (2012).

Para delinear una aproximación al término de extractivismo implica reflexionar sobre los destrozos ambientales que son obtenidos como costos ineludibles para alcanzar el desarrollo, entonces, se concibe como aquellas actividades que remueven grandes volúmenes de recursos naturales que no son procesados, sobre todo para la exportación, por ejemplo, los minerales, petróleo, además del agrario, forestal e incluso pesquero (Acosta, 2012).

En suma, el extractivismo se ha formado como la explotación de las materias primas para el desarrollo industrial y el bienestar de las sociedades modernas a partir del discurso del desarrollo y sus prácticas de intervención en los países del Tercer Mundo.

III. Economía, medio ambiente y alternativas al desarrollo

En el debate sobre la construcción de la idea de desarrollo, Gudynas (2012) analiza que ya desde hace más de treinta años, el economista brasileño Celso Furtado advertía que el desarrollo era un mito, esto es, tal idea fue empleada con el propósito de “movilizar a los pueblos de la periferia y llevarlos a aceptar enormes sacrificios, para legitimar la destrucción de formas de cultura arcaicas, para explicar y hacer comprender la necesidad de destruir el medio físico, para justificar formas de dependencia que refuerzan el carácter predatorio del sistema productivo”. No obstante, estas y otras evidencias muestran que el debate sobre el concepto de desarrollo, sus fines y medios aún permanece latente en América Latina (Gudynas, 2012). Por ejemplo, los significados usuales de la palabra desarrollo han asentado a los avances y progresos principalmente en el ámbito económico y social, sin embargo, el vocablo proviene de otros campos disciplinares, fundamentalmente en la biología para referirse a las etapas de crecimiento y maduración de un ser vivo, retomado el término en la llamada “economía del desarrollo” se fue popularizando inmediatamente con su conveniente sustento teórico en la economía para establecer soluciones e interpretaciones prácticas frente a fenómenos como la pobreza y la distribución de la riqueza (Gudynas, 2012).

Por tanto, fue consolidándose a mediados del siglo XX una visión del desarrollo como un proceso de evolución lineal, esencialmente económico, mediado por la apropiación de recursos naturales, guiado por diferentes versiones de eficiencia y rentabilidad económica, y orientado a emular el estilo de vida occidental recuperado por Gudynas (2012) de Bustelo, (1998); Unceta, (2009).

En este tenor, los primeros esfuerzos por estudiar a la Ecología y los límites al crecimiento empezaron paralelamente a las discusiones alrededor de la dependencia hasta que en 1972, se presenta un reporte que causó controversia y debate denominado “Los límites del crecimiento” auspiciado por los empresarios del Club de Roma al Massachusetts Institute of Technology que tuvo como objetivo analizar las tendencias globales de crecimiento, por ejemplo; población mundial,

industrialización, producción de alimentos y explotación de recursos naturales, centrándose en un correlato de la idea del desarrollo como un crecimiento perpetuo dejando en evidencia que las tendencias de incremento poblacional e industrialización, a la par de contaminación y consumo de recursos colisionaron contra los límites planetarios (Gudynas, 2012).

La discusión continuó su marcha y en la década de 1980 surgen las primeras versiones del “desarrollo sostenible” como sucedió con el primer término el calificativo de ser sostenible se recupera de la biología de la población estudiantil como “la posibilidad de extraer o cosechar recursos renovables mientras se lo hiciera dentro de sus tasas de renovación y reproducción. A su vez, esa extracción debía estar directamente orientada a satisfacer las necesidades humanas y asegurar la calidad de vida, metas distintas al simple crecimiento” (Gudynas, 2012).

Lo anterior, dio pie a la discusión, críticas y alternativas sobre el desarrollo latinoamericano que van desde quienes defendían el mercado o reclamaban la presencia del Estado para encauzar el desarrollo y otros cuestionamientos más duros como fue el caso de las advertencias sobre los límites sociales y ambientales (Gudynas, 2012).

Por su parte, Mañán (2010) plantea que la economía del desarrollo surge con el descrédito que comienza a ganar el pensamiento económico neoclásico a partir de la gran depresión, particularmente, en la popular teoría de la convergencia se afirmaba que el crecimiento económico traería ineludiblemente el achicamiento de las brechas de ingreso entre los países centrales y los de menor desarrollo relativo sosteniendo que cambio técnico es un bien público, y una vez producido es imposible detener. En suma, las condiciones generales en la vida de las poblaciones en países subdesarrollados no han cambiado, y resulta un desafío inevitable el porvenir de la sociedad, tal desafío consistiría en superar el imaginario que sostienen las vías “eurocentristas” al desarrollo y a su vez, que rescate un proceso social que incorpore a las grandes mayorías del mundo.

IV. Alternativas al desarrollo

En el marco de la discusión sobre alternativas al sistema de la heterodoxia económica se ha planteado la impostergable emergencia socioeconómica de alternativas humanizadoras del sistema, así pues, en el trabajo que realiza el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO, 2020) plantean a las nuevas propuestas dentro del sistema del mundo capitalista, que buscan humanizarlo a través de sus campos de fuerza y las emergencias socioeconómicas complementarias, clasificadas en cuatro categorías que va desde 1) el campo de los valores/antivalores: en el que se incluyen movimientos como la Responsabilidad Social Corporativa, la Economía Humana, la Economía del Bien Común, el Sistema B y las Organizaciones TEAL; 2) el campo de la Sustentabilidad/insustentabilidad Ambiental en la cual se insertan la Economía Circular, la Economía Azul y la Economía Dónut; 3) el campo de la Tecnología, aquí incorporan a la denominada Economía de Innovación Social Disruptiva y/o Frugal; 4) en el campo de la Inclusión Social se destacan a la Economía Social de Mercado, a las Redes Globales de Valor y la Economía Social.

En este tenor, tales economías emergentes son complementarias al sistema en el marco de la cooperación-competencia, conviene subrayar que para un mayor abordaje de estas se recomienda profundizar en la revisión de cada una de ellas. No obstante, en el marco de la teoría desarrollista y del crecimiento económico se encuentra el campo de la sustentabilidad destacando la Economía Circular como alternativa a la “economía lineal de extraer-hacer-tirar” cuando los ingleses Pearce y Turner (1989) formularon el término. (ITESO, 2020, p. 48)

En América Latina, los actuales procesos de cambio se dan luego de décadas de políticas neoliberales: privatizaciones, masivas inversiones extranjeras y, sobre todo, apertura de las economías a los mercados globales en detrimento de la soberanía de las comunidades locales sobre sus recursos naturales y sus territorios, y los servicios que estos proveen (comida, agua, etc.). Según Lander, (2011) hay múltiples experiencias comunitarias, locales y regionales que ilustran que existen modos de vivir y producir que constituyen alternativas al desarrollo.

Sin embargo, es poca la experiencia y elaboración teórico-conceptual con la cual contamos en relación con el ámbito de las políticas públicas encaminadas a construir alternativas al desarrollo y al extractivismo.

Finalmente, para Svampa (2016), las discusiones acerca de las alternativas al modelo de desarrollo dominante hoy en América Latina y su vínculo con la globalización asimétrica no son nuevas, ni tampoco únicas en el mundo, la necesidad de elaborar propuestas alternativas viables, que sin dejar de tomar en cuenta los modelos ejemplares existentes se planteen en una escala más general, a nivel nacional, regional y global.

V. *Situación de la producción agrícola en México*

La agricultura es un sector con gran valor para la economía mexicana y el desarrollo del país, su participación en la economía nacional representa el 2.5 % del producto interno bruto (PIB) donde sus actividades emplean a más de 6 millones de personas y se estima que el 19 % de los hogares en México dependen directa o indirectamente del sector (INEGI, 2022), es de resaltar que en algunos estados de la República Mexicana el porcentaje de personas dedicadas al campo supera al 10 % de su población (Guerrero 17.13 %, Oaxaca 13.04 %, Chiapas 13.04 %, Tlaxcala 12.82 %), lo cual pone de manifiesto la importancia del sector agrícola para la economía nacional. También, a nivel mundial México destaca como país agrícola, ya que se posiciona en el lugar 11 en la producción de alimentos en el mundo (SIAP, 2022), lo cual se manifiesta por el porcentaje de territorio nacional destinado a la actividad llegando a ser de entre el 12 % al 13 %, equivalente a 25 millones de hectáreas.

No obstante, en contraste con los datos anteriores, México tiene una agricultura altamente heterogénea, marcada por una enorme desigualdad social e insostenibilidad ambiental, derivado del actual sistema de producción donde se prioriza el desarrollo económico de una pequeña parte del sector y prácticas agrícolas intensivas. Datos que dan veracidad de estas afirmaciones se pueden encontrar en el panorama nacional agroalimentario (SIAP, 2022), donde se pone

en evidencia que el 50 % de las personas dedicadas al campo reciben un salario mínimo por su labor, un 18 % perciben entre 1 y 2 salarios mínimos, un 3.5 % perciben entre 2 y 5 salarios mínimos, y solo un 0.7 % más de 5 salarios mínimos, mientras que el resto no se encuentra indicado o no percibe ingresos por su labor. Por otra parte, es de destacar que una gran parte del sector tiene condiciones sociales limitantes como estudios básicos, donde el 85 % de la población dedicada a actividades agrícolas posee educación hasta nivel secundaria o inferior y un alto porcentaje del sector sobrepasa la tercera edad, de modo que el 72% de los productores son personas mayores de 65 años.

De la misma forma, datos de la pasada encuesta nacional agropecuaria (INEGI, 2019) identifican entre las mayores limitantes del desarrollo del campo, el alto coste de insumos (fertilizantes, materias primas, energía), precios bajos para comercializar, falta de capacitación y asistencia al campo, pérdida de la fertilidad del suelo e ingresos bajos de la labor agrícola; es de destacar que más del 50 % de los productores comercializan sus productos mediante intermediarios, perdiendo valor de su producción al repartirlo entre mayores eslabones.

Cabe mencionar que, a pesar de las repercusiones en la economía nacional, las prácticas agrícolas tienen un impacto negativo en el ambiente. Se estima que el 23 % del total de los gases de efecto invernadero provienen de la agricultura y algunos cultivos tienen un mayor impacto como es el caso del arroz, el cual es responsable de entre el 10 y el 25 % de las emisiones globales de gas metano, debido a la acción de bacterias al descomponer la materia orgánica en los campos de arroz inundados (IPCC 2022). Por otro lado, el sector agrícola es el principal usuario de agua a nivel global llegando a un 70 % del consumo del agua extraída en el planeta, mientras que en países en desarrollo y agrícolas como México el consumo puede llegar al 78 % o más (SEMARNAT, 2018). Al consumo de agua hay que sumar la contaminación difusa o no puntual que se genera como resultado del agua al interactuar con fertilizantes y pesticidas químicos que son acarreados por el agua hasta ríos o aguas subterráneas, causando el deterioro la calidad de cuerpos de agua.

Como las cifras demuestran, una gran parte de las personas dedicadas a la actividad agrícola se encuentran en una situación vulnerable ya que carecen de oportunidades de desarrollo y acceso a mejores condiciones sociales. Adicionalmente, se tienen los efectos negativos de las prácticas agrícolas sobre el ambiente, lo cual consolida la precaria situación de las personas dedicadas a estas prácticas dentro de sus regiones. Es decir, la agricultura alineada al actual modelo de producción lineal presenta grandes retos a resolver para permitir el desarrollo de las zonas rurales, por lo cual es necesario explorar otras propuestas de producción debido a que se trata de un sector clave para lograr el desarrollo sustentable por sus implicaciones en el cambio climático, medio ambiente, manejo de recursos y desarrollo social. Una propuesta ante el modelo lineal de producción es el denominado modelo circular de producción, en donde como veremos se busca romper con la linealidad del actual modelo.

VI. Aproximación a la economía agrícola, ambiental y circular

De acuerdo con Common y Stagl (2008) es a principios de la década de 1970 cuando inicia en la economía neoclásica un interés revitalizado en el medio ambiente natural configurándose así dos campos disciplinares; el primero fue llamado como economía ambiental, la cual, se ocupa de lo que la economía introduce en el medio ambiente y de los problemas de la contaminación ambiental, conjuntamente, se conforma otro campo denominado como economía de los recursos naturales enfocada en lo que la economía extrae del medio ambiente, además de aquellos problemas asociados con el uso de los recursos naturales.

Otro pilar del renovado interés ambiental fue el desarrollo de la definición del desarrollo sostenible, utilizada por primera vez en 1987 por la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU; enunciada como “un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades” (Zúniga, 2011). Zúniga (2011), analiza la importancia de la economía agrícola en el desarrollo local sostenible,

esboza que la economía agrícola es una ciencia aplicada al sector primario que presenta los problemas relacionados al sector agropecuario y forestal, un subsector, una empresa, u organización de un país.

La valorización del ambiente llevó gradualmente al desarrollo de una economía circular, donde se prioriza el ambiente sin perder el valor de desarrollo que presentan las actividades económicas. No existe una definición oficial que describa la economía circular, usualmente se considera la definición de la Fundación Ellen MacArthur como la más aceptable: “Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible.”

Deckymn (2018), menciona que el objetivo de la economía circular es preservar el valor de los materiales y productos durante el mayor tiempo posible, evitando enviar de regreso a la naturaleza la mayor cantidad de desechos y logrando que estos se reintegren al sistema productivo para su reutilización. Con el desarrollo de una economía circular se busca reducir la generación de residuos al mínimo y cerrar el ciclo de vida, de modo tal que los residuos no sean vistos como desechos sino como recursos (Zaman, 2010).

Por consiguiente, a diferencia del modelo lineal de producción y consumo (basado en extraer-hacer-tirar), la economía circular pretende aprovechar al máximo los recursos naturales, sosteniendo el valor sustentable en las empresas y en la región donde se encuentran ubicadas, evitando así la escasez que causa la sobreexplotación de los recursos naturales, lo que trae consigo minimizar el impacto al ambiente.

Es importante destacar que, las organizaciones que no adopten estrategias sustentables, están comprometiendo su supervivencia al no promover la

reutilización, el reciclaje y por ende la incorporación de un modelo de negocio circular (Solórzano, 2018). De tal forma que el enfoque circular fomenta que el ciclo de vida útil de los productos o servicios se alargue y se reduzcan al mínimo los desperdicios.

Es bien conocido que las actividades agrícolas son una necesidad para el desarrollo económico y social, en contraparte, también son causantes de diferentes impactos ambientales por su alta demanda de recursos, principalmente, suelo, agua, insumos químicos y materiales. En el pasado los sistemas de producción agrícola eran autosuficientes con una cantidad reducida de recursos y energía, con el paso del tiempo se ha incrementado exponencialmente su dependencia por una mayor cantidad de insumos para satisfacer las demandas actuales del aumento poblacional entre fertilizantes de fuentes fósiles, materiales plásticos, grandes cantidades de agua y energía; en consecuencia, también se han incrementado sus impactos ambientales y sociales dentro de los sistemas de producción (Ward et al., 2016). Prueba de ello es que las actividades agrícolas se encuentran entre las actividades que liberan las mayores emisiones de gases efecto invernadero, generan el mayor consumo de agua, degradación de suelos, y una gran parte de las personas dedicadas a la actividad agrícola se encuentran entre la población más vulnerable en zonas rurales, principalmente en países en desarrollo como México.

En la actualidad es necesario producir alimentos bajo los retos que impone el cambio climático como aumento de temperaturas y disminución de agua para riego. La economía circular surge como alternativa de sistema de producción y consumo, para satisfacer nuestras necesidades de desarrollo de una manera sostenible, busca la circularidad de los procesos productivos y la colaboración entre diferentes actores para lograrlo (Ortiz Gutiérrez et al., 2021). Bajo este enfoque de producción se busca hacer un mejor uso de los residuos mediante la circularidad de los procesos productivos con el objetivo de mejorar la sustentabilidad ambiental y económica (Toop et al., 2017).

El desarrollo de una economía circular busca reducir las emisiones de dióxido de carbono, así como la emisión de gases de efecto invernadero y mantener los residuos orgánicos fuera de los centros de disposición final o basureros, además se busca una reducción en el consumo de materias primas vírgenes. A lo anterior podemos agregar que, debido al deterioro del suelo hemos visto perderse la biodiversidad acompañada de la desaparición de paisajes únicos, lo que a su vez generó un incremento en el uso de fertilizantes; es por ello que para recuperar una mayor productividad del suelo, la reducción de residuos en la cadena de valor alimentaria y el retorno de los nutrientes al suelo a través del proceso de compostaje permitiría incrementar el valor de la tierra y suelo como activos, lo que, paulatinamente, podría ayudar a regenerar el suelo y permitiría sustituir y reducir el uso de fertilizantes químicos.

La economía circular para alcanzar sus objetivos busca mantener el mayor tiempo posible el valor dentro de los sistemas productivos, lo cual se puede alcanzar aplicando alguna o la combinación de las siguientes estrategias (IIIEE, 2020):

Procesos estrechos: Reducir la cantidad de materiales o energía necesarios para el desarrollo de un proceso. Hacer más con menos.

Procesos largos: Desarrollar productos y procesos con un ciclo de vida largos, un mayor tiempo de uso, que sean fáciles de reparar y mantener. Alargar el ciclo de vida.

Procesos cerrados: Lograr que los componentes de un producto o sistema al final de su ciclo vuelvan al inicio para ser reintegrados al sistema productivo. Reciclaje a largo plazo.

Aplicar los principios de la economía circular en la agricultura requiere desarrollar nuevas estrategias y rediseñar algunas prácticas para lograr transformar el actual sistema de producción agrícola de un sistema de producción lineal a uno de producción circular. No obstante, es necesario considerar algunas de las propuestas del diseño circular para determinar qué tan cerca se encuentran de alcanzar las metas de sustentabilidad y circularidad dentro de los sistemas

agrícolas. A continuación, se mencionan algunos ejemplos de cómo se aplican algunas estrategias circulares en diferentes recursos que son empleados dentro de la producción agrícola.

VII. *Circularidad de recursos dentro de la agricultura*

Nutrientes: La cadena de producción de alimentos bajo el modelo de producción actual está destinada a producir un alto porcentaje de residuos, lo cual genera una alta pérdida de nutrientes. Un gran porcentaje de los residuos de la agricultura pueden clasificarse como orgánicos o biodegradables; que se componen por los restos de cultivos y una mayor parte corresponde a alimentos que no se consumen y son desechados al final de la cadena de producción.

Datos de la FAO estiman que anualmente se desperdicia entre un tercio y un cuarto de los alimentos producidos para consumo humano, destacando entre el 40 y el 50 % de las raíces, frutas, hortalizas y semillas oleaginosas, el 30 % de los cereales, y el 20 % de la carne y productos lácteos; los cuales equivalen a 1 300 millones de toneladas de alimentos desperdiciados (FAO). Adicionalmente, es de destacar que la acumulación de desperdicios de alimentos a nivel mundial contribuye con alrededor del 8 % y el 10 % del total de emisiones de gases de efecto invernadero (IPCC, 2022). Por otra parte, la región de América Latina y el Caribe representan un 6% de las pérdidas mundiales de alimentos, aun cuando presentan un alto porcentaje de su población con escasez de alimentos. De manera particular, en México un tercio de los alimentos producidos se desperdician, lo que equivale a 38 toneladas por minuto, que bien podrían alimentar a 25.5 millones de personas con carencia alimentaria (UNEP, 2021).

Existe una manera desigual en el desperdicio de alimentos, mientras en países desarrollados el mayor desperdicio ocurre a manos del consumidor, en países en desarrollo la mayor parte del desperdicio se genera a manos del productor, principalmente por limitaciones tecnológicas, malas prácticas de manejo de cultivo, o daños durante la cosecha, transporte y resguardo de productos (Jurgilevich et al., 2016). Desafortunadamente el proceso de desperdicio de

alimentos genera un agotamiento de recursos y energía en los actuales sistemas de producción y se generan grandes cantidades de residuos orgánicos.

Otra consecuencia de la extracción masiva de nutrientes causada por técnicas de agricultura intensiva y monocultivo es la pérdida y degradación del suelo agrícola, donde se pierde la fertilidad y capacidad de sostener cultivos. Estimaciones indican que en México el 44.9 % de los suelos del país se encuentran afectados por algún proceso de degradación, siendo la agricultura uno de los principales causantes de este fenómeno (SEMARNAT, 2018). En relación con el rendimiento, la pérdida de 5 cm de suelo puede llevar a una pérdida de un 15 % del rendimiento de cultivos y algunas estimaciones pronostican que a nivel nacional el rendimiento promedio nacional de maíz en áreas agrícolas de temporal con erosión puede reducir hasta un 81 % de su producción (Cotler, 2020).

Por consiguiente, es necesario mejorar la gestión de residuos en la agricultura para reintroducir nutrientes a los sistemas agrícolas, así como evitar prácticas nocivas para el ambiente como lo son la incineración o la disposición de residuos en vertederos donde se desarrolla su descomposición generando gases y problemas sanitarios.

Uno de los principales problemas en la producción de residuos orgánicos es a causa de su gran volumen y al deficiente manejo que reciben, lo que genera daños ambientales en cuerpos acuíferos y propagación de plagas y enfermedades (Aznar-Sánchez et al., 2020). Entre algunas técnicas circulares que se pueden aplicar para recircular nutrientes dentro de los agroecosistemas encontramos el compostaje, reciclaje y transformación de materiales. García Corral et al., (2022) menciona que es indispensable aplicar el reciclaje y reúso de nutrientes como parte de la cadena de producción agrícola, lo cual se puede lograr mediante la transformación de residuos en materiales (Figura 1A), otra técnica incluye la transformación de residuos mediante compostaje para su reincorporación como fertilizante en cultivos (Figura 1B) o la transformación de residuos en energía (Figura 1C).

Es decir, para alcanzar la sustentabilidad en los sistemas de producción agrícola bajo un enfoque circular es necesario cambiar el enfoque de residuos o desperdicios por uno de materiales que pueden ser aprovechados y reintroducidos a la cadena de producción, generando ventajas económicas y ambientales. No obstante, tal cambio requiere aún el desarrollo tanto de infraestructura como de tecnología, competencias técnicas, así como un cambio de ideologías en los actores de la cadena de producción de alimentos. Por no mencionar que existen barreras termodinámicas para alcanzar el cien por ciento de la circularidad de los nutrientes sin la producción de otros contaminantes al aplicar reciclaje o transformación de los materiales.

Agua: El agua es indispensable para el desarrollo de todas las actividades agrícolas, por lo cual el sector agrícola es de los mayores consumidores del recurso a nivel mundial, siendo responsable de hasta entre el 60 % y 90 % de la extracción de agua en algunas regiones del mundo (Rodias et al., 2021). La necesidad del recurso hídrico para la agricultura es tal que su falta puede reducir el rendimiento de cultivos entre un 20 y 50 %, de manera que algunas estimaciones consideran que el crecimiento económico en países agrícolas con escasez de agua podría reducirse en un 6 % del PIB (Contreras-Medina y Melo-Sabogal 2022).

En México la agricultura demanda una gran cantidad del recurso, llegando a un consumo del 75.7 % del total de agua que se extrae en el país (CONAGUA, 2019). Sin mencionar que la falta de agua impacta al 40 % del país y el alto consumo por parte de la agricultura ha generado impactos en más del 40 % de los mantos acuíferos donde se ha comprometido el agua subterránea ya que la extracción del recurso excede la recarga (SEMARNAT, 2018).

Para lograr la sustentabilidad del agua dentro de una agricultura circular, es necesario promover su captura, reúso y uso eficiente como principales características que debe cumplir dentro de un sistema circular (Batlles-de la Fuente et al., 2022). Como ejemplo, el agua empleada para animales se puede capturar para posteriormente usarlo en irrigación (Jun y Xiang, 2011).

En la agricultura mexicana se suele depender en gran porcentaje de riego por temporal, aunque se encuentra la limitación ambiental y temporal. Por su parte, los agricultores que emplean riego, el 75 % emplea riego por gravedad o rodado, el cual tiene un bajo gasto de infraestructura, pero representa un alto desperdicio del recurso. En contraparte, el resto de los productores emplean sistemas de riegos más eficientes como goteo, aspersión, micro aspersión, etc., sistemas que minimizan el gasto de agua, pero son generadores de residuos plásticos como tuberías y mangueras, además de representar una mayor inversión. De tal motivo, el agua es un recurso crítico que se debe priorizar en el desarrollo de una agricultura circular.

El primer elemento para desarrollar es la captura y almacenamiento de agua de lluvia, ya que dependiendo de la precipitación del lugar se pueden aprovechar diferentes estructuras para canalizar agua y almacenarla para su posterior uso (Figura 1D). Otras estrategias incluyen desarrollos orientados a minimizar la cantidad de agua necesaria para producir alimentos como el riego por capilaridad subterráneo (Figura 1E), ejemplos de dichas estrategias se encuentran diseñadas por la Universidad Veracruzana en Xalapa, Veracruz o por el Instituto Tecnológico Superior de Libres, en Libres, Puebla. Dichos desarrollos han demostrado ser altamente productivos para el cultivo de hortalizas ya que requieren un riego subterráneo cada 15 o 30 días, dependiendo las condiciones climáticas, por lo cual tienen un gran potencial de ser empleadas para satisfacer los requerimientos alimenticios de una familia en regiones con bajo acceso al agua.

Finalmente, otras estrategias contemplan el aprovechamiento de aguas grises domésticas que pueden ser tratadas con humedales artificiales mediante fitorremediación para la producción de plantas ornamentales (Figura 1F) o con el cultivo de algas mediante ficorremediación, como se ha puesto en práctica en la comunidad Pastorías en Actopan, Veracruz (Zamora et al., 2019).

Como puede verse, el agua es un recurso limitante y necesario para las actividades agrícolas, las mejores estrategias serán aquellas que desarrollen su uso racional y reúso del recurso. Aunque no es posible garantizar el reúso total del

agua, por pérdidas como evaporación, infiltración y problemas de contaminación, las estrategias dirigidas a darle un segundo uso al recurso pueden contribuir enormemente a abastecer las grandes necesidades que tiene la agricultura de este recurso, principalmente frente al escenario del cambio climático.

Materiales (plásticos). El uso de materiales plásticos a nivel mundial se ha generalizado como una problemática ambiental por el corto tiempo de vida útil que contrasta con el largo tiempo que duran los materiales plásticos en degradarse. La industria de los plásticos ha logrado posicionarse en todos los aspectos de la sociedad actual, es tan alto su consumo que representa el 80 por ciento del mercado de los petroquímicos. Incluso las actividades agrícolas se encuentran repletas de materiales plásticos como aquellos usados en invernaderos, acolchados, embolsados, sistemas de riego, herramientas, envases de sustancias y fertilizantes, por nombrar algunos.

En el sector agrícola el uso de materiales plásticos conlleva diversos beneficios en la producción por sus distintos usos y aplicaciones, sin embargo, la falta de tratamiento e información de los residuos plásticos utilizados ha generado prácticas inadecuadas para su manejo y disposición final. Se estima que en México se consumen más de 30 millones de toneladas de materiales plásticos en la agricultura (CEDRSSA, 2021).

Para garantizar una agricultura circular el uso de plásticos se debe minimizar, reemplazar o asegurar el reúso de los materiales que generen menor daño ambiental. Una ventaja que tienen los materiales plásticos es su reciclaje (Figura 1G) aunque esta práctica aún no es desarrollada ampliamente en los sistemas de producción agrícola. Otra práctica que tiene potencial es la sustitución de materiales de origen fósil por materiales que provean similar función de origen orgánicos, como el uso de plantas leñosas para la construcción de estructuras (Figura 1H). Finalmente, la estrategia que puede permitir una cadena de producción circular contempla la sustitución de materiales de origen fósil por materiales biodegradables elaborados a partir de residuos que se generan dentro de la cadena de producción (Mostafa et al., 2018) (Figura 1I).

El uso de materiales es indispensable para la agricultura, promover su reciclaje o sustitución por materiales de menor impacto permitirá cerrar ciclos en el uso de materiales. Sin embargo, al igual que fue mencionado con el reciclaje de nutrientes, no existe garantía de alcanzar ciclos cerrados por limitaciones físicas y termodinámicas de la transformación de los materiales ya que todo proceso implica nuevamente inversión de energía, materiales y contaminación de algún tipo.

VIII. Circularidad del sistema económico agrícola:

De todas las estrategias antes mencionadas, la circularidad se logrará desarrollando procesos que mantengan valor durante mayor tiempo y minimicen sus impactos negativos. En la etapa de comercialización, la mayor pérdida económica que presentan los productores es debido a que un gran porcentaje de su economía se pierde al no comercializar directamente con los consumidores, ya que hasta más del 50 % de los productores dependen de intermediarios que comercializan con las tiendas de venta al consumidor, generando mayor distancia entre productores y consumidores, con lo cual se pierde valor de los productos cultivados por los campesinos. Ante esta situación, se puede reforzar el comercio regional mediante mercados y plazas donde se comercialicen productos frescos que no necesiten largos periodos de almacenamiento ni traslados a grandes distancias como habitualmente sucede. De esa manera se puede contribuir a fortalecer la economía de productores regionales y mejorar la calidad de productos que reciben los consumidores cercanos a áreas de producción agrícola. También, se puede reforzar a futuro el comercio digital, donde el productor comercialice directamente con los consumidores mediante aplicaciones como AGROOFERTA, desarrollada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) como una respuesta para desarrollar un comercio más equilibrado entre productores y consumidores.

Es necesario mencionar que los gobiernos deben impulsar y fortalecer desarrollos orientados a la economía circular. Un caso de éxito que se debe mencionar es que, en noviembre del 2021, el Senado Mexicano aprobó la Ley General de Economía Circular. Dicha Ley busca promover la eficiencia en el uso de los productos, mediante la reutilización, reciclaje y rediseño, evitando el uso de productos de un solo uso; de igual forma, busca estimular el desarrollo económico a través de la promoción de acciones que permitan cumplir con los principios de la economía circular (SENADO, 2021). A pesar de ser una Ley recién aprobada, es un primer paso del gobierno federal que asegura que las prácticas basadas en la economía circular serán una prioridad en los próximos años.

Es necesario mencionar que para lograr la adaptación de una agricultura bajo el modelo de economía circular es necesaria la participación de diferentes actores, entre algunos a destacar tenemos:

Industria, productores: Son el eje central en la producción y uso eficiente de los recursos, generando emprendimientos verdes e innovadores.

Sector público y gobierno: Establecen las condiciones para el desarrollo, a decir; políticas, regulaciones, desarrollo de guías técnicas, indicadores de seguimiento, apoyos y estímulos.

Academia: Facilitan la transición hacia desarrollos circulares mediante acciones como la creación y fortalecimiento de capacidades técnicas, difusión de resultados, y fungen como facilitadores en la aceptación de un nuevo modelo entre los otros actores.

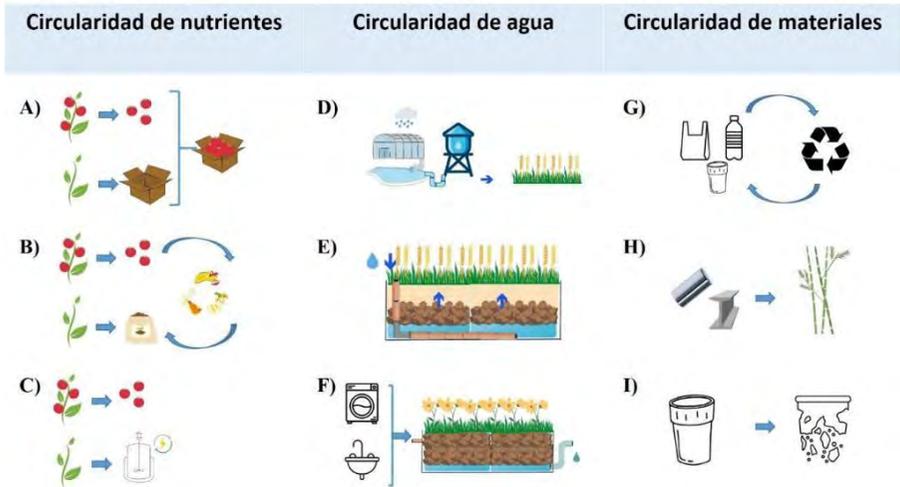
Consumidores: Son el eje final que decidirá cambiar sus hábitos de consumo, hacer elecciones responsables e informadas para elegir un producto respetable del medio ambiente sobre uno que no lo es.

Como se puede comprobar, en México existen todos los actores necesarios para dar el paso hacia un modelo de producción agrícola circular, aunque nos

encontramos en una etapa temprana, existen las condiciones para transitar gradualmente hacia opciones de producción sustentables.

No obstante, es posible que la aplicación de un modelo circular tenga limitada acción para transformar el actual modelo de producción ya que en parte no reemplaza la totalidad del enfoque de producción y consumo, en cambio incluye ciertas estrategias para minimizar sus impactos negativos. Es posible que por mantener cierta alineación con el modelo lineal económico y que incluye ciertas mejoras ambientales, sea la dirección que tomen las empresas y gobiernos para mantener los sistemas productivos con algunas acciones limitadas para abatir sus impactos. En particular, para la agricultura podría contribuir con la aplicación de algunas estrategias dirigidas a la circularidad de nutrientes, agua y materiales, aunque con limitaciones en la mitigación del total de los efectos negativos.

En la última sección se analizan casos de estudio, los cuales han sido exitosos para la región de Libres, Puebla, donde se han aplicado algunas alternativas de la economía circular en actividades comerciales orientadas a retener valor. En la Figura 1, la agricultura puede adaptarse a la circularidad empleando diferentes estrategias. La circularidad de nutrientes es una estrategia que se puede lograr con el aprovechamiento de residuos para producir materiales (A), la recuperación de nutrientes mediante compostaje (B), o la producción de bioenergía (C). El ciclo del agua contempla recolectar y aprovechar el agua de lluvia (D), desarrollar tecnologías eficientes en el uso del agua como camas de riego capilar subterráneo (E), o reúso de aguas grises mediante humedales para producción de plantas ornamentales (F). Los materiales plásticos pueden optar por el reciclaje de materiales (G), el reemplazo de materiales de origen fósil por materiales de origen vegetal (H), o el desarrollo de nuevos materiales biodegradables (I).

Figura 1. Circularidad del sistema económico agrícola

Fuente: Elaboración propia.

IX. *Desarrollo de la economía circular en la Región de Libres*

Caracterización de la Región 8 “Libres”

La Región de Libres, se localiza en la parte centro-norte del estado de Puebla, constituida por los municipios de Libres, Oriental, San Salvador el Seco, Nopalucan, Tepeyahualco, Rafael Lara Grajales, Cuyoaco, San José Chiapa, Soltepec, Ocoteppec y Mazapiltepec de Juárez. Las características principales de estos municipios se analizan retomando la información del Programa Regional de Libres basado en el enfoque de atención a los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 planteada en el Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024, el cual busca dar solución a las problemáticas presentes en la Región, y a través de ello contribuir al cumplimiento de los objetivos y metas de esta hoja de ruta que propone un horizonte en común con el fin de orientar acciones a favor de las

personas, la preservación del planeta, la prosperidad económica en disminución de desigualdades, así como fomentar la paz y las alianzas.

El Programa para la Región 8, cuya visión es lograr el desarrollo estratégico regional equilibrado, sostenible e incluyente que permita garantizar a las y los poblanos el ejercicio pleno de sus derechos sociales y económicos bajo un entorno de paz y justicia se caracteriza de la siguiente forma:

Sector primario: En el campo predomina la producción de productos derivados de la crianza de animales bovinos, porcinos y aves, en el sector agrícola se cultiva maíz, cebada y frijol. La Figura 2 detalla la proporción en que estas actividades se llevan a cabo en la Región.

Este programa cita que el objetivo para el sector es impulsar entornos favorables en la Región de Libres para la recuperación del campo por ello se establecieron las siguientes estrategias:

Estrategia 1. Impulsar cadenas productivas que fortalezcan la productividad.

Estrategia 2. Fortalecer canales de comercialización que propicien la integración de cadenas de valor estratégico.

Estrategia 3. Fortalecer la gestión de conocimiento en el desarrollo rural para el fortalecimiento de capacidades.

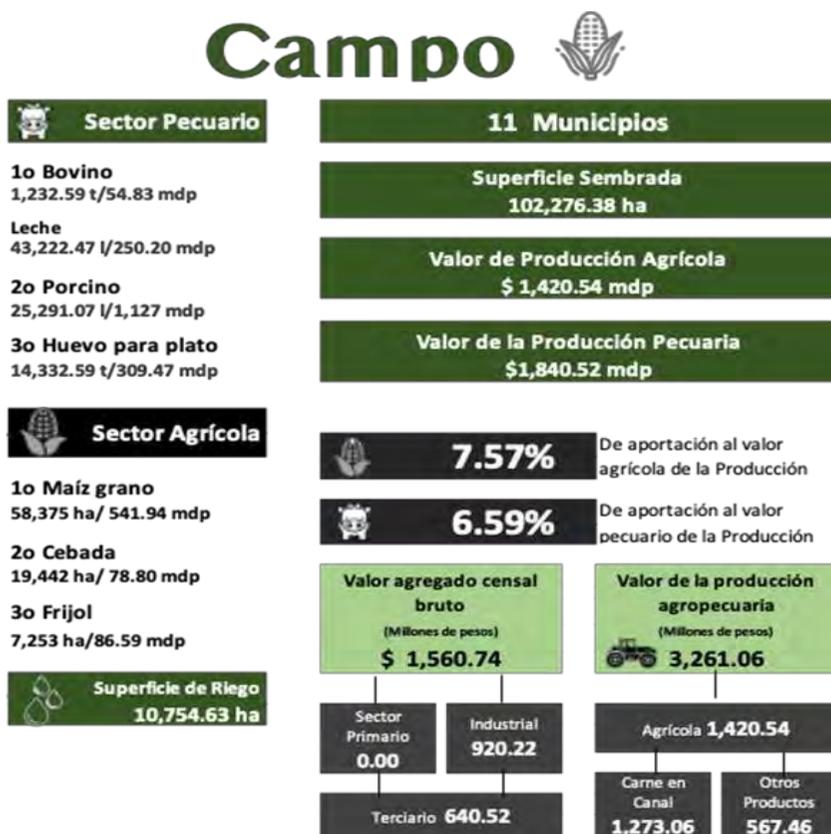
Estrategia 4. Impulsar la capitalización del campo a fin de transitar hacia un desarrollo rural sostenible.

Cada una de las estrategias cuenta con líneas de acción que consideran aspectos fundamentales para alcanzar el objetivo planteado entre las que se mencionan, el equipamiento, mecanismos de innovación productiva, inocuidad de los productos agropecuarios, acuícolas y apícolas, impulsar el comercio, fortalecer los subsidios,

posicionar en el mercado los productos, promover transferencia de conocimiento, promover la educación financiera y reducción de riesgos entre otros.

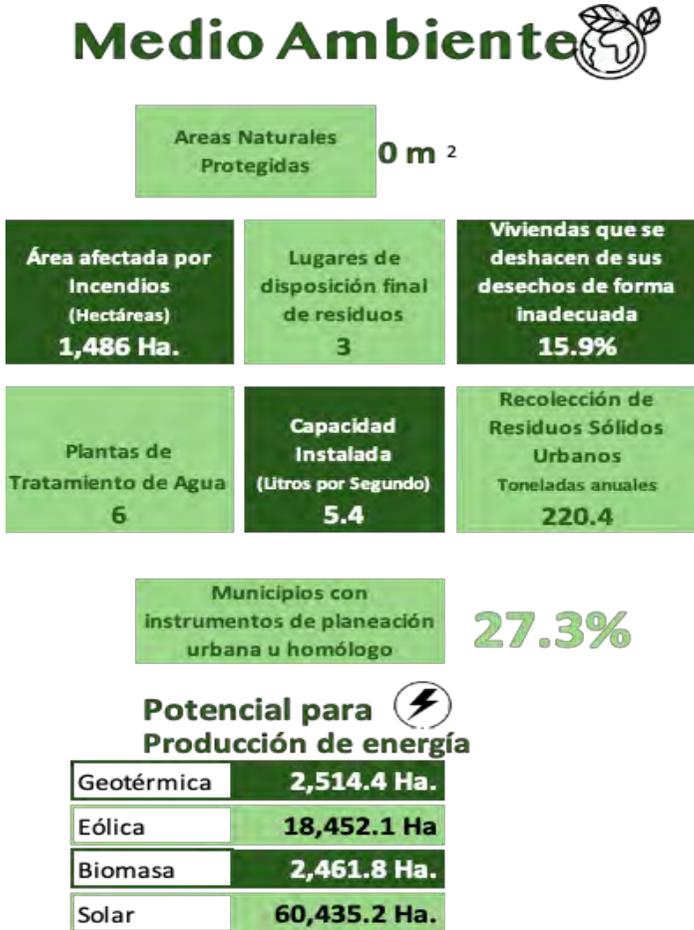
Otro factor importante que se debe analizar en esta caracterización es la situación del medio ambiente de la Región.

Figura 2. Situación del Campo Regional



Fuente: Gobierno de Puebla, (2019), Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024. Programa Regional (Región 8-Libres).

Figura 3. Situación del medio ambiente Regional



Fuente: Gobierno de Puebla, (2019), Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024. Programa Regional (Región 8-Libres).

La Figura 3 muestra que, si bien la Región tiene potencial para producir energía geotérmica, eólica, biomasa y solar, 1 486 ha., el suelo se ve afectado por incendios, un sector de la población no tiene la cultura del cuidado al medio ambiente ya que el 15.9 % el destino final de los desechos se realiza de forma inadecuada.

La Estrategia transversal de cuidado ambiental y atención al cambio climático tiene como objetivo promover mecanismos de adaptación en el medio rural para mitigar los impactos negativos del cambio climático y de la contaminación ambiental, las líneas de acción planteadas entre otras son impulsar la producción de manera sostenible para mitigar el cambio climático, promover el uso de tecnologías innovadoras para hacer eficiente el desarrollo productivo y la transición energética en el medio rural, preservar los servicios ecosistémicos y medios de vida en el campo, promover el manejo sostenible del suelo y agua con identidad que faciliten el cumplimiento del objetivo.

En lo relativo al desarrollo económico de la Región, el programa indica que se encuentran 9 874 unidades económicas de las cuales el 97.6 % son microempresas, el 1.8 % son pequeñas, el 0.4 % son medianas y el 0.2 % son grandes empresas establecidas en esta Región (Tabla 2).

Al comparar las 3 subregiones (Gráfica 1), el Bajo Río San Juan destaca por tener el mayor porcentaje de área de riego (30%), seguida por el Valle de México (10%) y el Bajo Grijalva (2%). Esta diferencia se explica en gran medida por la disponibilidad natural del agua, la cual en la zona norte es limitada mientras que en la zona sur es alta; situación que obliga a administrar su escasez y a generar la infraestructura necesaria para su mejor aprovechamiento.

El objetivo de este eje es impulsar el desarrollo económico sostenible en la región de Libres, las estrategias planteadas son:

Estrategia 1. Fomentar encadenamientos productivos y la atracción de inversiones para la generación de empleos

Estrategia 2. Fortalecer el trabajo digno para impulsar la productividad y el bienestar.

Tabla 2. Entidades económicas de la Región de Libres.

Municipio	Total	Primario	Secundario	Comercio	Servicios
San Salvador el Seco	2 429	1	888	909	631
Libres	2 251	6	294	1074	877
Rafael Lara Grajales	1 415	2	214	726	473
Nopalucan	1 008	3	184	529	292
Oriental	764	5	131	341	287
Tepeyahualco	535	6	116	227	186
Cuyoaco	472	0	59	232	181
Soltepec	440	2	56	219	163
San José Chiapa	355	2	45	182	126
Ocoatepec	108	1	24	46	37
Mazapiltepec de Juárez	97	1	16	41	39
Total	9 874	29	2 027	4 526	3 292

Fuente: Gobierno de Puebla (2019), INEGI, Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas

Algunas líneas de acción: Impulsar el emprendimiento con responsabilidad social para potenciar las vocaciones productivas de la región, establecer esquemas de coordinación entre los sectores público, académico, privado y social para garantizar la pertinencia del capital humano con las necesidades económicas de la región, impulsar la generación y consolidación de las MiPyMES para elevar su productividad y competitividad con un enfoque sostenible y de perspectiva de género, generar esquemas de desarrollo y promoción turística basados en innovación y vocación turística, diversificar y fortalecer los sectores estratégicos y emergentes a través de ecosistemas de innovación.

Estudio de Casos en la Región de Libres, Puebla

Considerando la caracterización de la Región a continuación se presentan casos prácticos de empresas que se han adaptado al desarrollo de la economía circular en la Región de Libres.

Las principales oportunidades para el desarrollo de la economía circular del campo en la Región de Libres por las condiciones orográficas, climatológicas e hidrológicas, mismas que le permiten ser productor importante de forrajes, más que otra clase de cultivos, siendo el maíz y la cebada los principales, la posicionan hoy en día como la proveedora más importante de la Central de Malta de Rafael Lara Grajales.

Otra actividad exitosa en el sector primario de la Región es la engorda de puercos a gran escala convirtiéndola en la principal abastecedora de carne porcina en Puebla, considerando adicionalmente que en el municipio de Oriental se encuentra establecida Granjas Carroll de México (GCM), empresa mexicana constituida en 1993 con el objetivo de criar, comercializar y procesar ganado porcino en pie. Está conformada por dos grupos privados que manejan operaciones internacionales: el primero, mexicano, Agroindustrias Unidas de México (AMSA), con actividades en la industria agroalimentaria; el segundo, Smithfield, estadounidense y principal productor y procesador de cerdo en el mundo.

GCM es una planta con Tipo Inspección Federal (TIF) la cual es una certificación para la inocuidad de primera línea en México y está integrada al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) del Gobierno Federal, en 2020, la planta procesadora de carne de cerdo obtiene certificación de la norma ISO 14000:2015 refrendando su compromiso por tener un Sistema de Gestión Ambiental con estándares internacionales.

Unidades Económicas MiPyMes

Las empresas han querido trasladar prácticas circulares aun cuando no se cuenta con el conocimiento preciso o la guía de cómo se debe realizar este proceso sustentable, y para implementar de forma exitosa la economía circular se requiere un cambio sistémico que no es factible llevarse a cabo sin considerar las particularidades de cada Región, analizando el mercado meta o a los consumidores.

En la Región prevalecen las MiPyMES, han surgido algunas cuyo modelo negocio está basado en la renta de diversos productos lo que contribuye a la economía circular prolongando la vida útil de los bienes, sin embargo, para que estas empresas logren permanecer en el mercado han tenido que enfrentarse a la barrera principal que es la renuencia de los usuarios pues para algunos, este tipo de negocio tiene relación directa con el estatus social, no obstante, se tiene que considerar que los modelos basados en alquiler deben ser muy precisos en el tipo de servicio que pueden prestar ya que hay productos que los usuarios no optan por rentar, las empresas que han permanecido en la Región son aquellas dedicadas a la renta de objetos como bicicletas, autos, ropa siempre y cuando sea para eventos específicos como graduaciones con la renta de trajes o vestidos o eventos académicos donde se requieran disfraces, botargas, etc. pero la latente renuencia de los usuarios a consumir otro tipo de servicios que no sean de una sola ocasión han limitado el número de este tipo de negocios.

Otros modelos de negocio con valor agregado han incursionado en la Región, en este modelo el usuario elige las características de los productos que requiere, y las expectativas del consumidor deben cubrirse al 100 % con ello se logra que a través de la mercadotecnia tradicional de boca en boca, el negocio crezca y se fortalece, como por ejemplo Dulce Cielo que es un empresa dedicada a elaborar figuras de mascotas con prendas de personas que tienen un significado especial para el cliente, o han fallecido, con ello se reutilizan telas y materiales y el producto final tiene un valor sentimental importante.

Casos de éxito en la Región han sido empresas cuyo negocio es la producción y venta de alimentos para mascotas, las cuales han incorporado a sus procesos productivos materias primas como vegetales que acopian como desechos de restaurantes, mercados, la propia familia e incluso entre la comunidad, así como proteína animal la cual obtienen de los desechos de carne animal, incursionado en la elaboración de productos orgánicos o a través de procesos artesanales, de esta forma contribuyen a la economía circular de la localidad.

También es muy conocido que en la Región por sus características geográficas y climáticas se realizan actividades de ecoturismo, una de las empresas reconocidas en el mercado nacional que se dedica a la renta de cabañas con actividades de recreación y ecoturismo, se encuentra en la ciudad de Libres, la cual forma parte del Grupo León Hermanos, esta empresa ha adoptado estrategias de sustentabilidad y actividades de ecoturismo controlado con cuidado al medio ambiente y su preservación ya que de lo contrario podría ver comprometido sus ingresos y hasta su propia supervivencia, es por ello que en los últimos años y debido al interés que demuestran por incorporar prácticas que apoyen el concepto de desarrollo económico basado en la economía circular, ha buscado la colaboración con Instituciones de la Región que le faciliten incorporarse a este enfoque alternativo cuya estrategia holística y sistémica busca redefinir el crecimiento económico, creando valor sustentable, no solo mejorando el desempeño medioambiental y social, sino también el económico. Para ello cuenta con un sistema de tratamiento para reciclar el agua, produce las materias primas,

como frutas y verduras que utiliza en el restaurante de la empresa, cuenta con plantas para el proceso de botanas, y en cada una de las actividades empresariales, lleva a cabo estrategias sustentables, elimina los residuos a través de un diseño reparador y regenerativo de materiales, productos, sistemas y modelos de negocio, crea nuevos productos que requiere en la prestación de servicios por ejemplo el jabón que se utiliza en la empresa se obtiene del reproceso de aceite que se obtiene en las plantas de frituras, manteniendo de esta forma los productos y materiales en uso y apoyando en la regeneración de los sistemas naturales, incluye dentro de esta cadena de valor a grupos vulnerables y/o de bajos ingresos brindando trabajo a colaboradores de la Región, así como a productores locales, para mejorar los ingresos y calidad de vida, pero también para fortalecer su propia economía e incrementar el valor económico local.

Las entidades económicas que incorporan estrategias sustentables invariablemente apoyan a la cadena agroalimentaria la cual es un conjunto de acciones donde intervienen varios actores que se relacionan técnica y económicamente, desde la producción primaria, procesos transformación, industrialización empaque y distribución, colaborando en gran medida a la circularidad de recursos dentro del sector primario.

En la Región los elementos clave para que el modelo de economía circular funcione es encontrar la colaboración ideal con otras empresas, universidades, asociaciones, centros de investigación, ya que estas alianzas fortalecen el conocimiento, superan las barreras y debilidades que van desde las capacidades, herramientas tecnológicas, producción e intercambio de recursos, infraestructura, recursos económicos, estrategias de mercado, características de mercado meta, regulaciones vigentes, además al ser un tema de vital importancia, es primordial incursionar en este ciclo para sensibilizar y generar conciencia de la importancia de preservar o extender la vida útil de los productos de consumo, entendiendo que solo es posible implementar la economía circular cuando se trabaja de forma colaborativa y sistémica considerando las bondades y condiciones regionales.

X. Referencias

- Acosta A. (2012). Capítulo Extractivismo y neoextractivismo: Dos caras de la misma maldición. En Más Allá del Desarrollo. Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. (Comp.) Lang Miriam y Mokrani Dunia. Universidad Politécnica Salesiana. Fundación Rosa Luxemburg.
- Aznar-Sánchez, J.A., Velasco-Muñoz, J.F., García-Arca, D., López-Felices, B. (2020) Identification of Opportunities for Applying the Circular Economy to Intensive Agriculture in Almería (South-East Spain). *Agronomy*, 10 (10), 1499. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101499>
- Batlles-de-la-Fuente, A., Abad-Segura, E., González-Zamar, M.D., Cortés-García, F.J. (2022) An Evolutionary Approach on the Framework of Circular Economy Applied to Agriculture. *Agronomy*, 12(3), 620. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030620>
- CEDRSSA (2021) Residuos plásticos en la agricultura, caso México. Cámara de diputados LXV LEGISLATURA. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/92Residuos%20pl%C3%A1sticos%20en%20la%20agricultura,%20caso%20M%C3%A9xico.pdf>
- CEPAL (2020) La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en el nuevo contexto mundial y regional. Escenarios y proyecciones en la presente crisis (LC/PUB.2020/5).
- Common M., Stagl S. (2008). Introducción a la Economía Ecológica. [Traducción: AMT Traducciones; versión española revisada por: Álvaro Isidro Paños Cubillo y Alfredo Cadenas Marín]. Barcelona: Reverté.
- CONAGUA (2019) Estadísticas del Agua en México 2019. https://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2019.pdf
- Cotler, H., Corona, J., Galeana-Pizaña, J. (2020). Erosión de suelos y carencia alimentaria en México: una primera aproximación. *Investigaciones Geográficas*. <https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- Deckymn, S. (2018) Circular Flanders: adaptive policy for a circular economy. actor X. *Eco-Efficiency in Industry and Science*, Springer https://doi.org/10.1007/978-3-319-50079-9_23
- Ellen MacArthur Foundation (s/f) What is a circular economy?. Circular economy introduction. Consultado el 20 de febrero de 2023. <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>
- Escobar A. (2007). La invención del tercer mundo. Construcción y deconstrucción del desarrollo. Fundación editorial el perro y la rana.
- FAO. (s/f) Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Consultado del 13 de abril de 2023.

<https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/#::-:text=La%20FAO%20calcula%20que%20dichos,%20cosecha%20almacenamiento%20y%20transporte>.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations, (FAO). (2019b). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejorar la nutrición y promover una agricultura sostenible. Consultado el 12 de junio de 2019. Recuperado en: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-2/en/>
- García Corral, F.J., Martínez Vázquez, R.M., Milán García, J., de Pablo Valenciano, J. (2022) The Circular Economy as an Axis of Agricultural and Rural Development: The Case of the Municipality of Almócita (Almería, Spain). *Agronomy*, 12(7), 1553. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071553>
- Gobierno del Estado de Puebla (2019). Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024, Programas Regionales 2020, Desarrollo Regional Estratégico. Región 8- Libres https://planeader.puebla.gob.mx/pdf/ProgramasRegionales2020/0_ProRegionales%2008%20Libres.pdf
- Gudynas E. (2012). Capitulo Debates sobre el desarrollo y sus alternativas en América Latina: Una breve guía heterodoxa. En Más Allá del Desarrollo. Grupo Permanente de Trabajo sobre Alternativas al Desarrollo. (Comp.) Lang Miriam y Mokrani Dunia. Universidad Politécnica Salesiana. Fundación Rosa.
- Lander Edgardo. El estado en los actuales procesos de cambio en América Latina: proyectos complementarios/divergentes en sociedades heterogéneas. (Comp.) Lang Miriam y Mokrani Dunia. Más allá del desarrollo. Universidad Politécnica Salesiana. Fundación Rosa Luxemburg. Quito-Ecuador. 2011.
- IIIEE (2020) Circular Economy-Sustainable Materials Management. International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE) at Lund University.
- INEGI (2019) Resultados Encuesta Nacional Agropecuaria 2019. Consultado el 23 de marzo de 2023. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/rrdp_ena2019.pdf
- INEGI (2019) Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2019)
- INEGI (2022) Panorama general. Censo Agropecuario 2022. Consultado el 23 de marzo de 2023. https://en.www.inegi.org.mx/contenidos/app/consultapublica/doc/descarga/CA2022/proyecto/Presn_ConsultaCA22.pdf
- IPCC (2022) Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf,

- S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.]). Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi:10.1017/9781009325844.
- ITESO. [Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente]. (2020). Las emergencias socioeconómicas humanizadoras del sistema. La heterodoxia económica frente a los mercados capitalistas convencionales. <https://complexus.iteso.mx/wp-content/uploads/sites/3/2020/03/Complexus-9-3-Las-emergencias-socioecon%C2%A2micas.pdf>
- Jung, H., Xiang, H. (2011) Development of Circular Economy Is A Fundamental Way to Achieve Agriculture Sustainable Development in China. *Energy Procedia* 5, 1530-1534. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.03.262>
- Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L., Schösler, H. (2016) Transition towards Circular Economy in the Food System. *Sustainability*, 8 (1) 69. <https://doi.org/10.3390/su8010069>
- Mañán O. (2010). Revisitando el desarrollo: los nuevos imaginarios son desafíos civilizatorios. *Revista Problemas del desarrollo*, 162 (41). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2010.162.20565>
- Contreras-Medina, L. M., Melo-Sabogal, D. V. (2022). ¿Cómo afecta la escasez de agua a la producción de tus alimentos y qué estrategias agrícolas se han implementado para reducir su impacto? *Digital Ciencia@UAQRO*, 15(1), 20-28. <https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/article/view/629>
- Mostafa, N.A., Farag, A.A., Abo-dief, H.M., Tayeb, A.M. (2018) Production of biodegradable plastic from agricultural wastes. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(4), 546-553. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.04.008>
- Naciones Unidas (2018) La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.
- Ortiz Gutiérrez, B.E., González Forero, J.C., Fernández Lizarazo, J.C., García Nieto, V. (2021) Agricultura circular: una estrategia sostenible para impulsar el agro colombiano. *Revista de la Universidad de La Salle*, 87. <https://doi.org/10.19052/ruls.vol1.iss87.10>
- ONU (s/f). Cambios demográficos. Consultado el 20 de marzo de 2023. <https://www.un.org/es/un75/shifting-demographics>.
- ONU, Department of Economic and Social Affairs. (2019) World Population 2019. World Population 2019: Wall Chart. Consultado el 20 de marzo de 2023. <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019-Wallchart.pdf>
- Rodías, E., Aivazidou, E., Achillas, C., Aidonis, D., Bochtis, D. (2021) Water-Energy-Nutrients Synergies in the Agrifood Sector: A Circular Economy Framework. *Energies*, 14(1), 159. <https://doi.org/10.3390/en14010159>

- Repsol (2023) Economía circular
<https://www.repsol.com/es/sostenibilidad/economia-circular/>
- SEMARNAT (2018) Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Consultado el 20 de junio de 2023.
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/index.html>
- SENADO (2021) Ley General de Economía Circular. Gaceta del Senado. Consultado el 20 de marzo de 2023.
https://www.senado.gob.mx/65/gaceta_del_senado/documento/101326
- SIAP (2022) Panorama agroalimentario 2022. Consultado el 5 de abril de 2023.
<https://drive.google.com/file/d/1jVWS4EFKK7HGwQOBpGeljUyaDT8X8lyz/view?pli=1>
- SIAP (2022) Expectativas agroalimentaria 2022. Consultado el 5 de abril de 2023.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/723488/Expectativas_Agroalimentarias_2022.pdf
- Solórzano, G. (2018) Economía circular y perspectivas de futuro. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (AIDIS). <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
- Svampa M. (2016). Debates latinoamericanos: indianismo, desarrollo, dependencia, populismo. Edhasa.
- Toop, T.A., Ward, S., Odfield, T., Hull, M., Kirby, M.E., Theodorou, M.K. (2007) AgroCycle - developing a circular economy in agriculture. Energy Procedia 123, 76-80. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.269>
- UNEP (2021) Índice de desperdicios de alimentos 2021. Consultado el 13 de abril de 2023 en: <https://www.unep.org/es/resources/informe/indice-de-desperdicio-de-alimentos-2021>
- Ward, S.M., Holden, N.M., White, E.P., Oldfield, T.L. (2016) The 'circular economy' applied to the agriculture (livestock production) sector - discussion paper. Conference Paper, presented at Workshop on the Sustainability of the EU's Livestock Production Systems. https://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-48/ward_-_circular_economy_applied_to_the_livestock_production_sector____brussels_2_40231.pdf
- Zaman, A. (2010) Comparative study of municipal solid waste treatment technologies using life cycle assessment method. International Journal of Environmental Science and Technology, 7, 225-234. <https://doi.org/10.1007/BF03326132>

- Zamorano, S., Sandoval, L., Marín-Muñiz, J.L., Fernández-Lambert, G., Hernández-Orduña, M.G. (2019) Impact of Ornamental Vegetation Type and Different Substrate Layers on Pollutant Removal in Constructed Wetland Mesocosms Treating Rural Community Wastewater. *Sustainability*, 7(8), 531. <https://doi.org/10.3390/pr7080531>
- Zúñiga, C. (2011). *Texto básico de economía agrícola: su importancia para el desarrollo local sostenible*. Editorial Universitaria, UNAN-León.

Instrucciones Para Colaboradores

Equilibrio Económico. Revista de Economía, Política y Sociedad (EE) es una revista semestral (se publica en enero y julio) editada por la Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Coahuila, México, dedicada a publicar los más recientes avances de todos los campos de la Economía, la Política y las ciencias sociales (historia económica, sociología, demografía, geografía económica, economía regional, planeación, economía ambiental, finanzas, entre otras). La meta de esta revista es llegar a ser una plataforma donde científicos, académicos y ensayistas promocionen, compartan y discutan los diversos desarrollos y problemas relacionados con la edificación y aplicación del conocimiento a la sociedad.

1.- Los artículos propuestos para su publicación en *EE* deberán abordar algún tema teórico o empírico de las áreas de Economía y Ciencias Sociales. *EE* únicamente considerará para su publicación artículos originales, escritos en español o inglés, que no hayan sido publicados previamente en ninguna de sus versiones y que no se hallen simultáneamente propuestos para tal fin en alguna otra revista.

2.- Los manuscritos deberán dirigirse a:

Equilibrio Económico. Revista de Economía, Política y Sociedad,
Facultad de Economía,
Universidad Autónoma de Coahuila,
Unidad universitaria Camporredondo,
Edificio "E", C.P. 25280,
Saltillo, Coahuila, México.
Tel. +52 844 412 87 82
O enviarse por correo electrónico a:

equilibrioeconomico@uadec.edu.mx o bien a:
<http://www.erevistas.uadec.mx/index.php/EE/login>

Las publicaciones de *EE* estarán disponibles en la página web:

www.economia.uadec.mx

3.- Los autores deberán atender las siguientes reglas editoriales:

a).- El documento final deberá estar escrito en el procesador de Microsoft Word en letra Arial 12 puntos con los márgenes superior, inferior y derecho de 3 cm. y el margen izquierdo de 3.5 cm. Las gráficas, cuadros o figuras pueden estar incluidas dentro del texto (como imagen) en el lugar donde se prefiera que aparezcan.

b). - Los artículos deberán estar escritos a espacio y medio y no deberán exceder de 25 hojas numeradas progresivamente, incluyendo el texto principal, cuadros, figuras y referencias bibliográficas.

c). - En la primera página deberán aparecer: título del trabajo (en español e inglés), autor (o autores), la institución a la que pertenece(n), la dirección completa a la que se debe enviar toda correspondencia, correo electrónico, fax y teléfono.

d). - A continuación deberá aparecer un resumen del trabajo, en español e inglés, no mayor a 100 palabras.

e). - Los autores deberán incluir las *palabras clave* (en español e inglés) que definan el trabajo (entre 3 y 5) y la *clasificación JEL* (entre 3 y 5).

f). - Después se adjuntarán el texto principal y las referencias bibliográficas.

g). - Las citas en el texto debe ser por nombre y año entre paréntesis. Ejemplos: La investigación es compleja (Rodríguez, 1990); Este resultado fue contradicho después por Robles y Smith (2000).

h). - El listado de referencias, al final del documento, deberá aparecer alfabéticamente como se indica:

Artículo de revista:

Gómez, J. and R. López (2009): "Effect of Investments in Economic growth", *Estudios Económicos*, 10:27-38.

Libro:

South, J. and Blass, B. (2001): *The future of modern genomics*, London: Blackwell.

Capítulo de libro:

Brown, B. and Aaron M. (2001): "The politics of nature", In: Smith J (ed.), *The rise of modern genomics*, 3rd ed. Wiley, New York, pp 230-257.

Tesis:

Trent, J.W. (1975): *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California.

i).- Toda ecuación matemática que se desee numerar debe ir en números arábigos, entre paréntesis y a la derecha de la ecuación. Éstas deben ser consecutivas.

j).- Todo documento debe cumplir (aunque no limitarse) con la siguiente estructura:

- Título del artículo
- Resumen
- Introducción
- Marco de referencia
- Desarrollo del tema
- Conclusiones
- Referencias

k).- Toda propuesta de investigación estará sujeta a dos procesos de revisión. Una revisión inicial del Comité Editorial sobre su idoneidad con la línea editorial de la revista, y una revisión posterior por dos dictaminadores externos a la Facultad de Economía.

l).- El Comité Editorial de *EE*, someterá a una revisión de estilo (si lo considera necesario) todo artículo aceptado.

Instructions For Contributors

Equilibrio Económico. Revista de Economía, Política y Sociedad (EE) is a semester journal (published in January and July) edited by Facultad de Economía of the Universidad Autónoma de Coahuila, Mexico, dedicated to publish the most recent advances in all areas of Economics, Politics and Social Sciences (Economic History, Regional Economics, Sociology, Demography, Economic Geography, Environmental Economics, Finance, among others). The aim of this journal is to constitute a platform where scientists, academics and essayists promote, share and discuss the several developments and problems related to the building and application of knowledge in society.

1.- The articles offered to be published in *EE* should address a theoretical or empiric topic from the fields of Economics or Social Sciences. *EE* will only consider for publication original articles, written in Spanish or English, which have not been previously published in any of their versions and should not be simultaneously proposed for this purpose in any other magazine.

2.- Manuscripts must be addressed to:

Equilibrio Económico. Revista de Economía, Política y Sociedad,
Facultad de Economía,
Universidad Autónoma de Coahuila,
Unidad Universitaria Camporredondo,
Edificio "E", C.P. 25280,
Saltillo, Coahuila, México. Tel. +52 844 4128782
Or sent by e-mail to:

equilibrioeconomico@uadec.edu.mx or
<http://www.erevistas.uadec.mx/index.php/EE/login>

Publications of *EE* will be available on the web page:

www.economia.uadec.mx

3.- Authors should meet the following editorial rules:

- a). - The final document must be written in Word Processor in Arial font, 12 points; all margins (superior, inferior, left, and right) of 1 inch. Graphs, tables and figures can be included within the text (as an image) in the place where desired.
- b).- Articles must have 1.5 spacing and they must not exceed 25 pages. Pages must be consecutively numbered, including main text, tables, figures and references.
- c). - The first page should contain: title of the article (both Spanish and English), author (or authors), institution of ascription, address to send correspondence, e-mail, fax and telephone numbers.
- d). - Next, there should appear an abstract of the work, both Spanish and English, of a maximum of 100 words .
- e). - Authors should provide 3 to 5 keywords (both Spanish and English) and also 3 to 5 JEL Codes, for indexing purposes.
- f). - Then, the main text and references should be included.

g).- Cite references in the text by name and year in parentheses. For example, Research is complex (Rodríguez, 1990); This result was later contradicted by Robles and Smith (2000).

h). - Reference list entries at the end of the document should be alphabetized by the last names of the first author of each work; e.g.:

Journal article:

Gómez, J. and R. López (2009): "Effect of Investments in Economic growth", *Estudios Económicos*, 10:27-38.

Book:

South, J. and Blass, B. (2001): *The future of modern genomics*, London: Blackwell.

Book chapter:

Brown, B. and Aaron M. (2001): "The politics of nature", In: Smith J (ed.), *The rise of modern genomics*, 3rd ed. Wiley, New York, pp 230-257.

Dissertation

Trent, J.W. (1975): *Experimental acute renal failure*. Dissertation, University of California.

i). - Any mathematical equation that you want to number should be in Arabic numbers, in parentheses and to the right of the equation. Numbering should be consecutive.

j). - The document must have, but not be limited to, the following structure:

- Title of article
- Abstract
- Introduction
- Framework
- Development of Topic
- Conclusions
- References
- Appendix (if necessary).

k). - All proposals will be subject to two different reviews. The first one is performed by the Editorial Board to decide mainly on their suitability with the editorial policy of the *REE*; the second round is executed by two external referees.

l). - The Editorial Committee of *EE* will submit any accepted article for style review (if deemed necessary).