

Los sistemas socio-ecológicos: un enfoque transdisciplinario para la atención de los problemas socioambientales

Socio-ecological systems: A transdisciplinary approach to addressing socio-environmental problems

Omar Larios-Lozano

omarlarios.loz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2595-9421>

Numa P. Pavón

npavon@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-0666-5268>

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Jessica Bravo-Cadena

jessica_bravo@uaeh.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-8032-9938>

Instituto Tecnológico Superior de Oriente del Estado de Hidalgo
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Recibido: 31 de julio de 2024

Aceptado: 10 de septiembre de 2024

Publicado: 5 de enero de 2025

Doi: <https://doi.org/10.29057/h.v7i1.13469>

Poblado en el municipio de Zaualipán, Hidalgo. Fotografía: Omar Larios-Lozano.

Resumen

En este trabajo abordamos diferentes aspectos teóricos que permiten el entendimiento de los conceptos relacionados con los sistemas complejos y en particular sobre los sistemas socio-ecológicos (SSE). Además, se comparten ejemplos de trabajos publicados donde utilizan a los SSE para realizar el diagnóstico y las propuestas de solución a los problemas socio-ambientales. Se aborda la perspectiva transdisciplinaria como necesaria en la consolidación de las estrategias de políticas públicas que promueven el desarrollo humano sostenible. En México, la aplicación de los SSE es relativamente reciente, sin embargo, se ha probado su utilidad en estudios de caso a escala local y regional. Se promueve el uso de herramientas basadas en los SSE para abordar problemáticas ambientales como el cambio climático.

Palabras clave: Sistema socio-ecológico, sostenibilidad, conservación y gobernanza

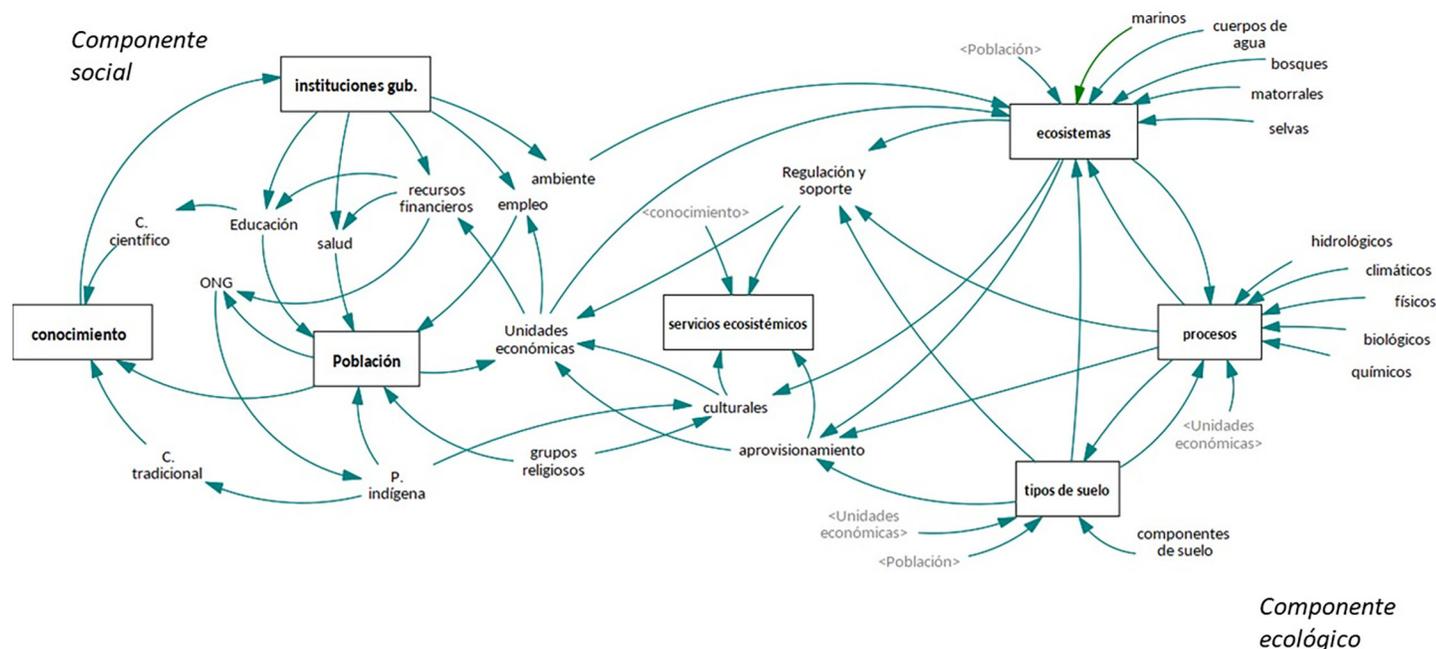
Abstract

Socio-ecological systems reveal the interconnections between the components of social and natural systems. In this work, we address different theoretical aspects that allow the understanding of the concepts related to complex systems, particularly socio-ecological systems. In addition, examples of published works are shared where socio-ecological systems are used to diagnose and propose solutions to socio-environmental problems. The transdisciplinary perspective is addressed as necessary to consolidate public policy strategies that promote sustainable human development. In Mexico, the application of socio-ecological systems is relatively recent. However, its usefulness has been proven in case studies at local and regional scales. Based on this work, using tools based on socio-ecological systems is promoted to address environmental problems such as climate change-related problems.

Key words: Socio-ecological system, sustainability, conservation and governance

Sistemas complejos y transdisciplinaria

Los sistemas socio-ecológicos (SSE) se pueden definir como una red de conexiones entre los componentes sociales y ecológicos que en tiempo y espacio mantienen flujos de información, estas interacciones pueden generar respuestas de diversa naturaleza, intensidad y magnitud. En términos generales un SSE es un sistema complejo. Lo complejo no alude a complicado sino más bien proviene del latín *plexus* traducido como algo entretejido y que está formado por



Representación del Sistema Socio-ecológico.

diversos componentes. Mientras que el término sistema hace referencia al conjunto de elementos relacionados entre sí y que ordenadamente contribuyen a cumplir un objetivo. Para profundizar en el concepto y los fundamentos epistemológicos de los sistemas complejos recomendamos ampliamente la obra de Rolando García (2006).

Los componentes sociales de los SSE son múltiples, tales como la población, su origen, su demografía, la estructura de edades, de género, los ingresos, las actividades que realizan, las variables culturales, la educación, entre otras. Por otro lado, los componentes ecológicos son también muy variados. Por ejemplo, si hablamos de las características del lugar o región donde se encuentran las comunidades humanas, incluimos el clima, el suelo, la orografía, la flora, la fauna, la vegetación, los ecosistemas, las interacciones bióticas, etc. Los seres humanos, como cualquier otra especie animal, interactuamos con nuestro entorno aprovechando los bienes y servicios que proporciona la naturaleza para poder sobrevivir. Así que, en lo real, o sea físicamente, formamos un sistema socio-ecológico tan complejo como componentes e interacciones tenga. Los SSE son entonces muy variables tanto cualitativa como cuantitativamente y representan un modelo de la humanidad unida con la naturaleza (Raskin, 2008).

La complejidad inherente de los SSE complica la construcción de su estructura y, por ende, es difícil comprender su funcionamiento desde una sola perspectiva o abordar su estudio desde una sola disciplina del conocimiento. Es así que, cuando estudiamos los SSE necesitamos echar mano de muchos conceptos que se originan de diversas disciplinas tales como las matemáticas, química, lógica, informática, de las

ingenierías, salud, entre otras más. Considerar los SSE desde una sola disciplina implicaría enfocarse en los árboles dejando de percibir el bosque. Tampoco se trata de generar estudios multidisciplinarios donde el resultado son un cúmulo de perspectivas generadas por disciplinas aisladas sin una integración. Por lo que, un enfoque transdisciplinario es necesario si queremos comprender el funcionamiento de un SSE. La transdisciplina involucra generar una visión holística que atraviese los límites de las disciplinas y obtenga solo lo necesario de ellas. Enfrentar problemas ambientales implica, en principio, generar un diagnóstico del sistema que considere no solo la complejidad sino además todos los escenarios posibles de acuerdo con las percepciones científicas (Caro-Sainz et al., 2020). En otras palabras, la transdisciplinariedad no es un método cuyo objetivo fundamental sea generar conocimiento, sino que su misión es resolver problemas, como los ambientales. Por ejemplo, fenómenos como el deterioro de los ecosistemas o el cambio climático resultado de múltiples interacciones entre variables sociales y ecológicas (García, 2006), son los problemas más importantes que enfrentamos hoy en día como humanidad. Generar estrategias de solución para estos problemas solo se lograrán si se considera el sistema completo, por muy complejo que este sea.

El diagnóstico que se realiza usando el marco de los SSE implica que los problemas ambientales que afectan al ser humano no son solo del ambiente, sino que son resultado de las actividades humanas. Problemas específicos a escala local, como la contaminación de un lago, es resultado de diversos factores sociales y económicos. Solucionar esa contaminación no solo implica generar un programa que evite se viertan contaminantes al lago, sino además deben considerarse los factores que dan origen a esos contaminantes, como el uso de insecticidas



La pérdida de identidad cultural por la globalización es un efecto poco conocido. Fotografía: Omar Larios Lozano.

y herbicidas para la agricultura. Sin embargo, prohibir el uso de esos químicos agrícolas no representa una solución dentro del SSE, ya que esto provocaría otros problemas, principalmente socioeconómicos. En México, un serio problema es el uso del herbicida glifosato que genera importantes ganancias económicas a expensas de contaminar y hasta provoca enfermedades como el cáncer en humanos. El gobierno federal estableció su prohibición para 2023, sin embargo, debido a los importantes compromisos económicos y políticos, se pospuso la prohibición hasta nuevo aviso. En el SSE nacional eliminar de un día para otro el glifosato u otros herbicidas generarían la pérdida de cosechas y, a su vez, podría provocar pobreza, desnutrición, vulnerabilidad, entre otros impactos de una acción no reflexionada. Entonces, ¿cuál es la solución? Las soluciones tendrían que ser aquellas estrategias que no afecten el SSE sino más bien lo fortalezcan. En particular, para el glifosato se están buscando alternativas no contaminantes pero que tengan igual capacidad herbicida. Por cierto, el gobierno mexicano prohibió el uso de transgénicos para proteger la biodiversidad del país. Bajo el marco de los SSE ¿qué te parece esta resolución?

La importancia de los SSE radica en la posibilidad de romper con la dicotomía hombre/naturaleza, esa visión en la que las sociedades humanas nos percibimos como una dimensión distinta y a veces aparte de la naturaleza. Los SSE retoman aspectos de la cosmovisión de las civilizaciones antiguas que en la generalidad se consideraban parte y no aparte de la naturaleza (Berkes y Folke, 1998).

Se han propuesto distintos conceptos para definir a los SSE y abordar su estudio, buscando resaltar la igualdad en importancia de sus principales componentes, el social y el natural. Scholz y Binder (2004) los llamaron sistemas hombre-ambiente para incluir a todos los sistemas ecológicos y tecnológicos relevantes para el ser humano y que son afectados por nosotros mismo. Raskin (2008) los llamó sistemas ecológico-humanos, con dos grandes dominios, el humano y los ecosistemas. Aunque no existe una definición universal de un SSE, el común denominador es que tienen estructuras complejas con dos principales componentes y múltiples subcomponentes. En el aspecto social incluye las formas de organización humana, las instituciones políticas, económicas y sociales, sus valores éticos, conocimientos, ideología e identidad cultural. Mientras que el ecológico circunscribe a los ecosistemas, los componentes del suelo, los procesos biológicos, climáticos, hidrológicos y fisicoquímicos (Estoque y Murayama, 2014).

La complejidad de los SSE condiciona la necesidad de limitarlos, espacial y temporalmente, para su estudio a partir de objetivos y alcances específicos. Por otro lado, los SSE podrían reconocerse como estructuras anidadas, es decir, un SSE puede contener a otros SSE. Algo similar ocurre en los ecosistemas donde un bosque representa a un ecosistema, pero dentro de este hay otros ecosistemas limitados. Por ejemplo, en un bosque, después de una lluvia, se forma una charca que tiene los componentes bióticos-abióticos y los flujos de materia y energía para ser considerada un ecosistema. Cada sistema se

El uso de los SSE en el estudio de problemas ambientales en México

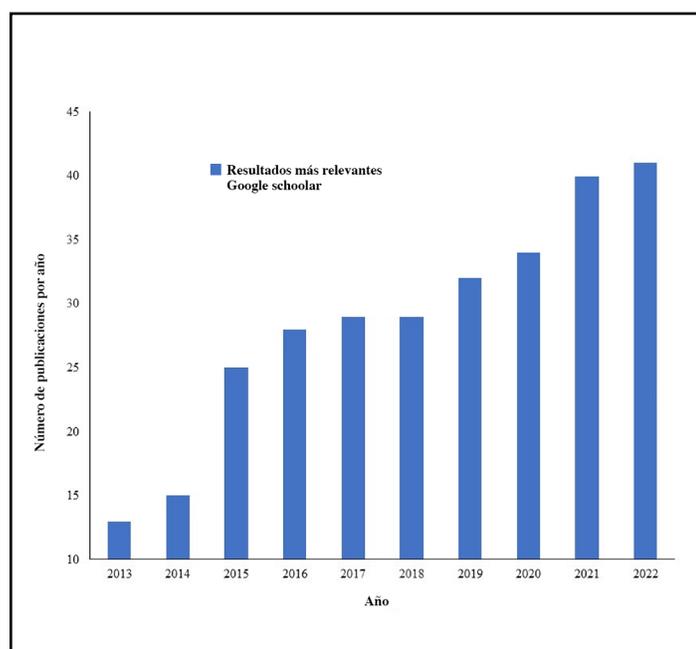
reconoce como autónomo, sin embargo, se relacionan y se retroalimentan entre sí. Son las interacciones entre componentes y subcomponentes la razón de que se refieran a los SSE como sistemas complejos y dinámicos (Berkes y Folke, 1998). Las interacciones expresan propiedades emergentes que rigen procesos de transformación, autoorganización y adaptación al interior de estos sistemas. El funcionamiento de los SSE está condicionado por dinámicas no necesariamente lineales, sino que pueden contener bucles o interacciones circulares, y hasta pueden ocurrir sucesos impredecibles que lleven al sistema hacia dinámicas desconocidas (Raskin, 2008). Además, las interacciones determinan la capacidad de resiliencia en los SSE, lo que implica su capacidad de mantener sus funciones ante presiones socioambientales (Folke, 2006).

Algunas aproximaciones metodológicas para estudiar a los SSE son, por ejemplo, los marcos de análisis basados en índices que emplean múltiples indicadores de sus componentes social y natural, para llevar a cabo una evaluación de su condición o estado actual (Estoque y Murayama, 2014). Por otro lado, mediante la dinámica de sistemas, es posible modelar las relaciones causales entre sus distintos componentes y tratar de predecir su comportamiento futuro. El programa Vensim (<http://vensim.com/free-downloads/>), de libre uso, permite generar la estructura del SSE, ponerle valores (cualitativos y/o cuantitativos) a los componentes y a los flujos para correr simulaciones del comportamiento del sistema. Además, se han sumado métodos participativos mediante los cuales se ha incorporado a los grupos sociales para complementar las evaluaciones sumando la perspectiva de actores clave en el funcionamiento de los SSE para así mejorar su comprensión y optimizar los modos de gestión (Proswitz *et al.*, 2021).

Challenger y colaboradores (2014), reflexionan sobre la importancia de la implementación del marco de los SSE en la búsqueda de pautas más sustentables para el desarrollo humano y coinciden en que el trabajo colaborativo permite identificar los factores de riesgo y los mecanismos para hacerles frente. En México, las publicaciones que usan el concepto de SSE se han incrementado con objetivos de diagnóstico y para la atención de los problemas socioambientales.

Algunos estudios de caso en donde se ha aplicado el concepto de los SSE a escala local son por ejemplo, el trabajo de Cervantes *et al.* (2014) en la comunidad de San Nicolás Zoyatlán, en el estado de Guerrero, en el que identificaron impactos ecológicos crónicos y conflictos agrarios, con una consecuente degradación de la vegetación y suelo, por lo que establecieron líneas de acción mediante el trabajo colaborativo para definir estrategias de restauración con importantes avances en etapas tempranas de su intervención. Calderón-Contreras (2017), describió distintos estudios de caso en la zona centro del país, tales como las barrancas del sur del Estado de México, el Área Natural Protegida Nevado de Toluca, y la Cuenca del Río Magdalena al suroeste de la Ciudad de México. En ese trabajo abordaron distintas temáticas relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales en cuanto al impacto que podría tener el uso tradicional sobre la conservación biológica, los conflictos entre las comunidades y autoridades locales, la relación entre las comunidades y el manejo de las áreas naturales protegidas, y la sobre explotación de los recursos hídricos derivados de la sobrepoblación humana. En cuanto a los SSE costeros podemos resaltar el trabajo de Ávila y Espejel (2020), quienes abordan la importancia de las zonas costeras como centros económicos, con políticas públicas enfocadas al crecimiento económico y trabajos productivos que los convierten en puntos con alta concentración poblacional; señalan cómo estos factores se han convertido en estresores de los procesos ecológicos por lo que describen una serie de elementos que pueden ayudar a aumentar su capacidad de resiliencia.

México cuenta con distintas instituciones para la atención de temas diversos que conciernen a los SSE, algunas regulatorias y otras de información. A nivel federal, la Secretaría de Economía, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría del Bienestar son instituciones regulatorias y ejecutivas de la política pública. Mientras que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), el Instituto de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) son compilatorias y generadoras de información. Sin embargo, estas instituciones han operado durante bastante tiempo en partes, es decir, enfocadas a atender una serie de objetivos particulares, con límites de acción que han llegado a ser contradictorias entre sí y con la población. Es recientemente



Número de publicaciones (2013-2022) que incluyen el uso de SSE en México. Estudios publicados en inglés y español.



La agricultura convencional modifica los ecosistemas y es la principal causa de contaminación del agua.
Ejido de Leandro Valle, Valle del Mezquital, Hidalgo. **Fotografía:** Omar Larios-Lozano.

que se ha desarrollado acción colaborativa que ha resultado en estrategias útiles. Por ejemplo, la creación del Instituto Nacional de Ecología y posteriormente su transformación en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, en 2012, ha contribuido con una gran cantidad de información y ha puesto a disposición general herramientas como el atlas de vulnerabilidad o el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, para la toma de decisiones en la planeación y desarrollo.

Desde que en 2008 se reconocieran a las áreas destinadas voluntariamente a la conservación, dentro de este programa se incentivó la participación de las comunidades locales como actores activos en la gestión sostenible del capital natural, y en la actualidad existen más de 370 predios funcionando bajo esta modalidad. Aunque no es explícito, esta nueva aproximación para lograr conservar la naturaleza está dentro de la concepción socio-ecosistémica. En el ámbito académico se han generado áreas de estudio transdisciplinarias, como es el caso de la creación del Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera (LANRESC) en 2015, una iniciativa impulsada por distintas instituciones de educación superior, sectores públicos y privados, dedicado al estudio de la resiliencia en ambientes costeros en el contexto de la sustentabilidad y el cambio global. Por otro lado, el reconocimiento de los SSE dentro de la política de CONAHCyT (2018-2024) dentro de los Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES), nos habla del interés por generar soluciones a los problemas ambientales en el contexto de los sistemas complejos. Esto sin duda, significa un salto significativo de la visión especializada

disciplinar o incluso de la multidisciplinaridad de las anteriores políticas enfocadas a la atención de los problemas.

Consideraciones finales

El pensamiento sistémico y el concepto de los sistemas complejos de a poco van ganando mayor reconocimiento como el medio para la atención a los problemas socioambientales.

Como humanidad nos enfrentamos a enormes retos para nuestra supervivencia, los esfuerzos hasta ahora no han sido suficientes. Por desgracia, el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) señaló que las emisiones de gases contaminantes continúan aumentando y que los planes para mitigar sus efectos no son lo suficientemente ambiciosos. Además, los modos de vida siguen siendo en esencia los mismos, el modelo económico mundial de producción y consumo globalizado mantiene su ritmo, las diferencias políticas entre algunos países han elevado la preocupación de conflictos bélicos a mayor escala y las desigualdades sociales aumentan. Las presiones sobre el sistema ambiental son cada vez mayores y la retroalimentación ha generado efectos negativos, con periodos de sequía o inundaciones más agresivos o como vivimos recientemente, una pandemia que provocó millones de pérdidas humanas y puso contra las cuerdas al sistema económico mundial, con lo que alcanzar las metas de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) para el año 2030 parece complicado. 

Referencias

- Ávila, S. y Espejel, I. (2020). Resiliencia de socio-ecosistemas costeros. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. En F. Berkes y C. Folke (Eds.), *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience* (pp. 01-26). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Calderón-Contreras, R. (2017). Los Sistemas Socio-ecológicos y su Resiliencia: Casos de Estudio. Universidad Autónoma Metropolitana, Ed. Gedisa, Ciudad de México.
- Caro-Saiz, J., Díaz-de la Fuente, S., Ahedo, V., Zurro Hernández, D., Madella, M., Galán, J. M., Izquierdo, L.R., Santos, J.I. y Olmo, R.D. (2020). Multidisciplinariedad, interdisciplinariedad, transdisciplinariedad. En J. Caro-Sainz (Coord.), *Terra Incognita: Libro blanco sobre transdisciplinariedad formas de investigación en el Sistema Español de Ciencia y Tecnología* (pp. 29-44). <https://doi.org/10.1016/j.futures.2003.10.002>
- Cervantes, V., Gama, J.E., Roldán, I.E. y Hernández, G. (2014). Bases para Implementar Estrategias de Restauración: El Sistema Socio-Ecológico San Nicolás Zoyatlán (Guerrero, México). *Terra Latinoamericana*, 32 (2), 143-159.
- Challenger, A., Bocco, G., Equihua, M., Lazos Chavero, E. y Maass, M. (2014). La aplicación del concepto del sistema socio-ecológico: alcances, posibilidades y limitaciones en la gestión ambiental de México. *Investigación Ambiental*, 6 (2), 01-21.
- Estoque, R.C. y Murayama, Y. (2014). Social-ecological status index: A preliminary study of its structural composition and application. *Ecological Indicators*, 43, 183-194.
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16 (3), 253-267.
- García, R. (2006). *Sistemas complejos. Conceptos, métodos y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Ed. Gedisa, Barcelona.
- Proswitz, K., Edward, M.C., Evers, M., Mombo, F., Mpwaga, A., Näschen, K., Sesabo, J. y Höllermann, B. (2021). Complex socio-ecological systems: translating narratives into Future land use and land cover scenarios in the Kilombero Catchment, Tanzania. *Sustainability*, 13 (12), 6552.
- Raskin, P.D. (2008). World lines: A framework for exploring global pathways. *Ecological Economics*, 65 (3), 461-470.
- Scholz, R.W. y Binder, C.R. (2004). Principles of Human-Environment Systems (HES) Research. *International Congress on Environmental Modelling and Software*, 116, 1-6.

