

Servicios ecosistémicos: complejidad socioecológica en la Sierra de San Miguelito¹

Ecosystem Services: Socioecological Complexity in San Miguelito Mountain Range

Ameyalli Kasandra Romero Flores

ORCID: 0000-0002-6167-1129
El Colegio de San Luis, México
Contacto: ameyalli.romero@colsan.edu.mx

Recepción: mayo, 2025
Aceptación: septiembre, 2025
Publicación: octubre, 2025

Resumen

Este artículo examina los fundamentos epistemológicos de los servicios ecosistémicos a través de la complejidad socioecológica; se toma como contraste empírico la designación de la Sierra de San Miguelito como Área Natural Protegida (ANP). La conceptualización que se emplea en la propuesta como ANP evidencia una fragmentación artificial que impide abordar las relaciones emergentes entre elementos físicos, biológicos y sociales. La Sierra no puede entenderse como sistema aislado, ya que mantiene una relación interdependiente con la ciudad de San Luis Potosí, por ello, resulta relevante incorporar un enfoque que comprenda las propiedades emergentes de estas interacciones como fundamento de la sostenibilidad.

Palabras clave

servicios ecosistémicos, complejidad, sistemas socioecológicos, epistemología.

Abstract

This article examines the epistemological foundations of ecosystem services through socioecological complexity, using the designation of the San Miguelito mountain range as a Protected Natural Area (PNA) as an empirical contrast. The conceptualization used in the proposed PNA demonstrates an artificial fragmentation that impedes addressing emerging relationships between physical, biological, and social elements. The San Miguelito mountain range cannot be understood as an isolated system since it maintains an interdependent relationship with the city of San Luis Potosí. Therefore, it is important to incorporate an approach that understands the emergent properties of these interactions as a foundation for sustainability.

Keywords

ecosystem services, complexity, socioecological systems, epistemology.

1. Este artículo es parte del trabajo de tesis doctoral en curso titulado “El valor de servicios ecosistémicos hidrológicos como propiedad emergente de la complejidad socioecológica”.

El concepto de servicios ecosistémicos, entendido como los beneficios que la naturaleza proporciona a los seres humanos,² surge durante las décadas de 1960-1970 en un contexto de intensa movilización socioambiental. El informe "Los límites del crecimiento" (1972) del Club de Roma marcó un punto decisivo para el desarrollo del concepto "desarrollo sustentable", al advertir las consecuencias del crecimiento económico y poblacional sobre los recursos finitos del planeta y el posible colapso ambiental si no se modificaban las tendencias productivas existentes.³ Esta perspectiva ganó relevancia tanto en esferas públicas como privadas y se consolidó a través de la agenda mundial promovida por la Organización de las Naciones Unidas.⁴

Este concepto ya ha sido ampliamente discutido en cuanto a su énfasis antropocéntrico que solo reconoce el valor instrumental y utilitario de la naturaleza. Además, en un sentido complejo, los seres humanos, como especie biológica, dependemos del ecosistema para nuestra supervivencia al formar parte integral de la biosfera. El bienestar humano está indisolublemente ligado a la salud ecosistémica global, y promueve así una consciencia sistémica donde la preservación de la naturaleza beneficia tanto a humanos como a otras especies con las que coexistimos e interactuamos.⁵

Sin embargo, al tomar en cuenta elementos ecológicos y sociales, el concepto de servicios ecosistémicos puede ser definido desde distintos campos disciplinares que implícitamente contienen una noción ontológica y epistemológica de la realidad y, en concreto, de los ecosistemas, sus funciones y propiedades. Lo anterior lleva a cuestionarse: ¿desde qué marcos epistemológicos ha sido construida la categoría de servicios ecosistémicos y qué supuestos subyacen en su conceptualización? Es decir que, aún en reconocer que los servicios ecosistémicos trascienden aspectos netamente instrumentales, persiste una disyunción entre sujeto-objeto, ser humano-naturaleza, de tal forma que se colocan de manera yuxtapuesta tomando mayor relevancia un elemento sobre el otro.

-
2. Millennium Ecosystem Assessment, "Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment" (Washington, D. C.: Island Press, 2005).
 3. Esthela Gutiérrez Garza, "De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque", *Trayectorias* 9, núm 25 (2007):45-60.
 4. Mark Everard, *Ecosystem Services. Key Issues* (Nueva York: Routledge, 2017).
 5. Robert Costanza *et al.*, "Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?", *Ecosystem Services* 28, (2017): 1-16.

Los beneficios que se derivan de las funciones ecosistémicas suelen asociarse a aspectos subyacentes al imaginario social de "espacios naturales", por ejemplo: bosques, praderas, manglares y selvas, y cómo las comunidades cercanas se benefician de los servicios que estos proporcionan. Sin embargo, las ciudades funcionan como sistemas socioecológicos adaptativos donde las dimensiones social, ecológica y tecnológica interactúan de forma interdependiente, y generan comportamientos no lineales y propiedades emergentes. Esta perspectiva holística permite abordar retos urbanos como el cambio climático, la urbanización y las desigualdades sociales mediante un enfoque integrado que reconoce la compleja interconexión de aspectos socioecológicos.⁶

La Sierra de San Miguelito (ssm) en San Luis Potosí ejemplifica un escenario de tensión socioambiental donde convergen múltiples percepciones de actores sociales con intereses divergentes. Esta área natural enfrenta despojo de tierras a las comunidades por intereses inmobiliarios derivados del crecimiento urbano acelerado, así como por la presión sobre los recursos naturales,⁷ lo cual ha generado un conflicto entre la conservación medioambiental y los procesos de expansión urbana impulsados por la lógica capitalista. La designación como Área Natural Protegida (ANP), lejos de resolver estas tensiones, ha evidenciado la complejidad subyacente en las interpretaciones contradictorias sobre lo que representa este ecosistema y sus funciones. Además, revela que el problema trasciende la mera categorización legal del espacio biofísico.

Este caso revela un problema epistemológico fundamental: la disyunción entre lo social y lo ecológico que dificulta el reconocimiento de la coexistencia de estos elementos y las propiedades emergentes derivadas de los procesos de interacción. Los marcos interpretativos desde los cuales se definen los servicios ecosistémicos y se concibe la conservación determinan las acciones de intervención sobre el territorio. Esta disyunción entre ser humano-naturaleza se manifiesta en el estudio justificativo para la declaración del área protegida, donde persiste una categorización fragmentada de "usos y aprovechamientos"⁸ que no reconoce de manera clara la interdependencia constitutiva entre los sistemas sociales y ecológicos.

6. Timon McPhearson *et al.*, "A social-ecological-technological systems framework for urban ecosystem services", *One Earth*, (2022): 505-518.

7. Marite Hernández Correa, "Territorio, Comunidad y Comunalidad frente al aseo inmobiliario en la ciudad de San Luis Potosí" (tesis doctoral, Colegio de San Luis, 2021), 16.

8. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Estudio Previo Justificativo para la declaratoria del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito (2021), 124.

Se requiere una reflexión crítica acerca del uso e interpretación de los servicios ecosistémicos como parte de la complejidad socioecológica donde lo físico, lo biológico y lo social coexisten en una relación de interdependencia constitutiva. Esta visión sistémica permitiría reconocer que la ssm no está separada de la lógica de la ciudad, sino que ambas conforman un entramado de relaciones recursivas donde las acciones humanas y las condiciones biofísicas se co-determinan mutuamente. Este enfoque complejo posibilitaría superar las contradicciones inherentes a los modelos convencionales de conservación que, al mantener una separación ontológica entre sociedad y naturaleza, no logran integrar efectivamente las múltiples valoraciones, percepciones y conocimientos de los diversos actores implicados en la transformación territorial.

Este artículo tiene como objetivo analizar los fundamentos epistemológicos del concepto de servicios ecosistémicos para proponer una re-conceptualización a través de la complejidad socioecológica, utilizando el caso de la Sierra de San Miguelito en San Luis Potosí como ejemplo. Se parte de la hipótesis que la conceptualización, la interpretación y el uso del concepto servicios ecosistémicos mantienen una lógica disyuntiva entre sistemas sociales y ecológicos que impiden abordar integralmente los procesos recursivos e interdependientes en espacios donde convergen múltiples representaciones de los beneficios asociados a los ecosistemas. Cabe señalar que este ejercicio teórico-metodológico forma parte de un proceso de investigación doctoral en curso, por lo que se toman elementos que se han trabajado desde un análisis teórico. Para alcanzar el objetivo trazado, la estrategia metodológica se fundamenta en una revisión bibliográfica que, con el fin de evitar redundancias con aproximaciones descriptivas existentes, se centra en trabajos previos que han realizado rastreos históricos exhaustivos sobre la evolución conceptual de los servicios ecosistémicos. Esta perspectiva permite situar el análisis en un marco temporal amplio al incorporar la revisión de artículos y capítulos de libros que sintetizan investigaciones desarrolladas a lo largo de décadas. Esto proporciona una base sólida para el análisis epistemológico sin duplicar esfuerzos de sistematización ya realizados.

Es preciso aclarar que, de este modo, la metodología se fundamenta en un análisis documental de corte teórico, en el cual la revisión se orienta específicamente en la identificación del contexto teórico y epistemológico en el que se coloca al concepto servicios ecosistémicos. Esto facilita la identificación de fundamentos epistemológicos que permitan comprender la complejidad socioecológica

desde una perspectiva sistémica, y trascender las fragmentaciones conceptuales tradicionales. Este enfoque metodológico busca articular la dimensión teórica con la empírica mediante el contraste con el caso de estudio para permitir así una aproximación integral a las dinámicas interdependientes que caracterizan los sistemas socioecológicos contemporáneos.

En ese sentido, el texto del artículo se organiza en cuatro apartados: 1) se muestra un análisis teórico que destaca elementos históricos acerca del concepto de servicios ecosistémicos y su posicionamiento en la agenda mundial así como su clasificación; 2) se presentan a los sistemas socioecológicos como una representación de interacción y co-determinación de la relación ser humano-naturaleza, de tal forma que la categoría de servicios ecosistémicos emerge de esta mutua relación coexistente; 3) se identifican elementos relacionados con las implicaciones ontológicas y epistemológicas referentes a la complejidad que permiten superar las limitaciones interpretativas de los servicios ecosistémicos desde un marco de análisis integral, y 4) se muestra cómo la declaración de la Sierra de San Miguelito como Área Natural Protegida presenta un tratamiento ambiguo y fragmentado del concepto servicios ecosistémicos y, además, sobreestima la condición de protección legal e ignora las complejas interdependencias socioecológicas necesarias para garantizar la sostenibilidad en términos sistémicos. Por último, se mencionan algunas reflexiones acerca de las implicaciones subsecuentes al uso e interpretación de la categoría servicios ecosistémicos y lo que queda por venir en futuros estudios de la complejidad socioecológica.

Evolución histórica del concepto de servicios ecosistémicos

En los años 40, Aldo Leopold fue pionero en reconocer la interdependencia entre humanidad y naturaleza. Su trabajo evidenció cómo la sobreexplotación de recursos deterioraba la capacidad del entorno para sostener las necesidades humanas. Esto lo llevó a proponer una "ética de la tierra", la cual argumentaba que la preservación del mundo natural y sus capacidades deberían tener el mismo peso en la toma de decisiones que las consideraciones éticas hacia otros seres vivos.⁹

9. Aldo Leopold, *Una ética de la Tierra: Antología de Aldo Leopold*, coord. Jorge Riechmann (Madrid: Los Libros de la Catarata, 2019).

Durante las décadas de 1960 y 1970, el movimiento ambientalista cobró relevancia debido a la preocupación por los efectos de la contaminación y el crecimiento poblacional en los ecosistemas. Paul y Ann Ehrlich contribuyeron a las bases conceptuales de los servicios ecosistémicos (este concepto lo formalizarían hasta 1981). Para ello, consideraron los beneficios que proporcionaban los sistemas naturales a los seres humanos. Mientras que Westman, en 1977, lo redefinió como servicios de la naturaleza,¹⁰ concepto que luego influyó en la Estrategia Mundial de Conservación. Dicha estrategia promovió la conservación ambiental con tres objetivos clave: mantener los procesos ecológicos esenciales y los sistemas vitales, preservar la diversidad genética y garantizar el uso sostenible de especies y ecosistemas.¹¹

Por otro lado, en la misma década de 1960-1970 y desde un enfoque neoclásico, los estudios económicos reconocen los servicios del capital natural, entendido como el *stock* de recursos naturales emergentes de las interacciones ecológicas¹² que no son cuantificables como los servicios económicos. En consecuencia, se desarrollaron técnicas microeconómicas basadas en la disposición de pagar para asignar precios a los servicios ecosistémicos según las preferencias del consumidor.¹³ La existencia y reconocimiento de estos servicios se conceptualizan como externalidades, puesto que alteran el equilibrio de mercado debido a que son "un costo o beneficio que afecta a una parte que no eligió incurrir en ese costo o beneficio".¹⁴

Su trascendencia en la agenda política global se concreta en 1999 con la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (*Millennium Ecosystem Assessment* o simplemente MA) dirigida por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en la que se definieron los servicios ecosistémicos como los beneficios prestados por la naturaleza que son usados por los seres humanos.¹⁵ Cabe señalar que

10. Costanza *et al.*, "Twenty years of ecosystem services", 2.

11. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y World Wildlife Fund (WWF), *Estrategia mundial para la conservación: La conservación de los recursos vivos al servicio del desarrollo sostenible* (Gland: UICN, 1980).

12. Diego Ázqueta Oyarzun, *Introducción a la economía ambiental* (Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U., 2007); Barry C. Field y Martha K. Field, *Environmental Economics* (Nueva York: McGraw-Hill Companies, Inc., 2017).

13. Erik Gómez-Baggethun, Rudolf de Groot, Pedro Lomas L. y Carlos Montes, "The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes", *Ecological Economics* (2010): 1209-1218.

14. Field y Field, *Environmental Economics*, 73.

15. Everard, *Ecosystem Services*, 5.

esta definición es la más utilizada por su amplio consenso, claridad y enfoque práctico. Al ser respaldada por la ONU y contar con una perspectiva multinacional, facilita su aplicación en políticas de conservación y su reconocimiento a nivel global.¹⁶

Además, en el MA se establece una clasificación de los servicios ecosistémicos basada en las funciones del ecosistema. Es importante destacar que las funciones ecosistémicas representan el uso real y efectivo de la naturaleza, a diferencia de los potenciales ecosistémicos que únicamente describen las posibilidades de este uso.¹⁷ Por ejemplo, un espacio forestal podría tener un potencial de uso recreativo, pero esta función solo se hará efectiva en el momento en el que accedan personas como turistas o visitantes a disfrutar de ese espacio.

Las investigaciones recientes sobre servicios ecosistémicos han mantenido una reproducción conceptual fundamentada en el MA sin cuestionar los fundamentos ontológicos del concepto. Los estudios contemporáneos evitan el debate sobre el posicionamiento epistemológico y la interpretación conceptual de los servicios ecosistémicos, ya que se concentran exclusivamente en el desarrollo de técnicas, herramientas y métodos de evaluación y medición. Esta orientación hacia elementos tangibles y cuantificables ha dirigido los esfuerzos investigativos en dirección al desarrollo empírico de servicios específicos, por ejemplo, los hidrológicos, mientras persiste el debate entre visiones antropocéntricas y biocéntricas que, en ambos casos, reproducen el mismo enfoque reduccionista.¹⁸

La Figura 1 muestra la clasificación de los servicios ecosistémicos que se concentran en cuatro grupos: aprovisionamiento, regulación, socioculturales y de soporte. Los servicios de aprovisionamiento son aquellos que los ecosistemas proveen de manera directa y hacen referencia a los recursos bióticos renovables. Los servicios de regulación son los relacionados con condiciones previas para la vida humana proporcionados por la biosfera y sus ecosistemas. Estos están vinculados con procesos basados en interacciones de factores abióticos (luz solar, agua, oxígeno, temperatura) con organismos vivos. Los servicios socioculturales se entienden como ecosistemas naturales y seminaturales para el

16. Vera Valdez Camacho y Arturo Ruiz Luna, "Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos", *BioCiencias* (2012): 3-15.

17. Everard, *Ecosystem Services*, 11-12.

18. Esta caracterización se basa en el análisis del estado del arte sobre estudios de servicios ecosistémicos hidrológicos (2010-2024) desarrollado en el marco de la tesis doctoral en curso "El valor de servicios ecosistémicos hidrológicos como propiedad emergente de la complejidad socioecológica".

disfrute, inspiración, recreación y deleite estético.¹⁹ Los servicios de soporte son vistos como un pre-requisito para la existencia del resto de servicios, es decir, son vistos como el pilar fundamental del ecosistema. Se identifican con aquellos procesos que son esenciales para el funcionamiento continuo de los ecosistemas, así como la resiliencia y la producción constante de otros servicios ecosistémicos que son utilizados de manera más directa.²⁰

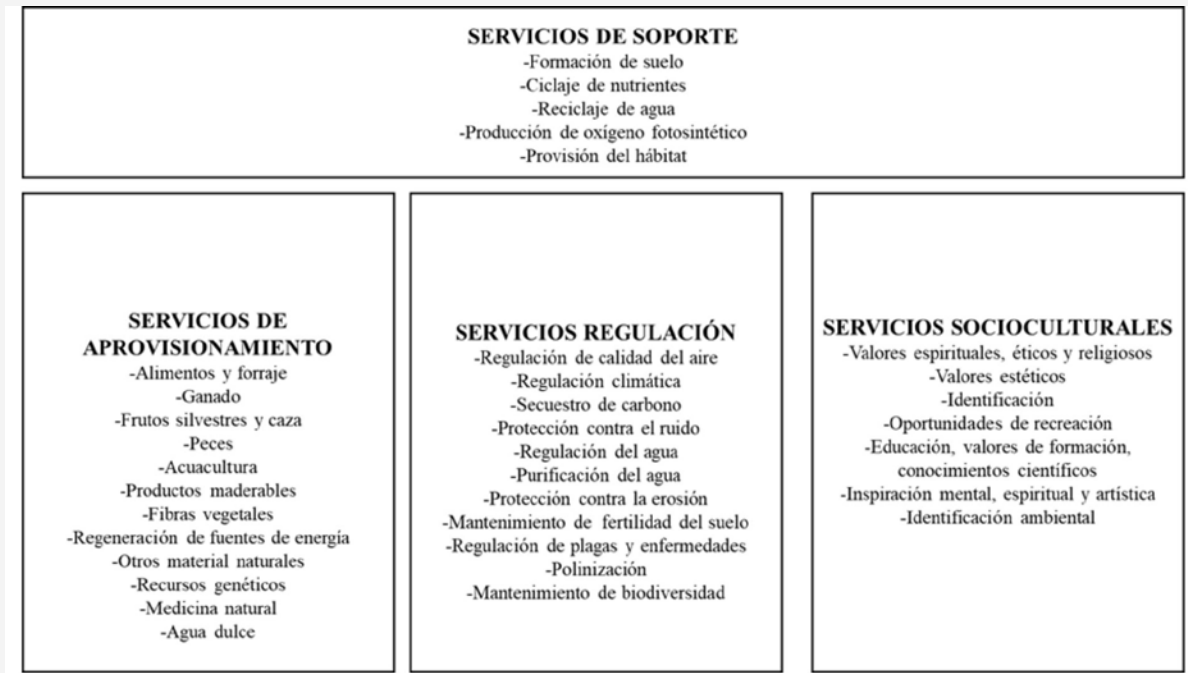


Fig. 1: "Clasificación de servicios ecosistémicos". Elaborado con información de Mark Everard 2017 y Karsteen Grunewald y Olaf Bastian, 2015.

La Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas²¹ adopta una conceptualización integral que reconoce los servicios ecosistémicos como contribuciones esenciales de la naturaleza a las personas. Estas contribuciones, tanto materiales como inmateriales y reguladoras, sostienen la existencia humana y su calidad de vida.

19. Karsten Grunewald y Olaf Bastian. *Ecosystem Services. Concept, Methods and Case Studies* (Berlin: Springer, 2015).

20. Everard, *Ecosystem Services*, 15.

21. Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES). *Resumen para los responsables de políticas del informe de evaluación mundial sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas* (Bonn: IPBES, 2019).

Además, son generalmente insustituibles o irremplazables, y se distribuyen de manera desigual en términos espaciales, temporales y entre distintos grupos sociales.

Los servicios ecosistémicos, al ser conceptualizados como beneficios (directos o indirectos), implican necesariamente un proceso de valoración que está condicionado por el conocimiento, perspectiva y contexto de quien los define e interpreta como tales. García,²² quien toma como referencia la propuesta de Jean Piaget, considera que el sistema cognoscitivo es entendido como una estructura mental que fundamenta el conocimiento a partir de procesos de organización de operaciones lógicas que se adaptan a las interacciones del sujeto con el objeto (se podría decir en este caso: ser humano-ecosistema). El complejo cognoscitivo visto como una descripción del material empírico está dado de manera histórica y cultural, lo cual interviene en la construcción de conocimiento del sujeto.

Por lo tanto, nuestras experiencias individuales no pueden disociarse del espacio físico en donde se originan, pues están fundamentadas en actividades colectivas vinculadas a lo que reconocemos como el mundo natural. Estas experiencias se sostienen en las características y propiedades de la naturaleza que promueven la prosperidad, salud y bienestar de las sociedades humanas.²³

Sistemas socioecológicos: Una perspectiva compleja de la interacción humano-naturaleza

La coexistencia entre el ser humano y la naturaleza puede concebirse bajo una lógica sistémica, en la cual ambos poseen elementos, estructuras, y procesos que se organizan y hacen posible su funcionamiento. La interacción entre el sistema social y ecológico genera redes de interdependencia que propician tanto estados de disrupción como de creación. Por lo tanto, hay una conjunción entre ambos sistemas representada como un sistema socioecológico.

La noción de los sistemas socioecológicos está construida bajo la lógica de un sistema complejo. Un sistema es una unidad compleja en la que sus elementos interdependientes generan propiedades emergentes que no pueden reducirse a la suma de sus partes. Se caracteriza por su capacidad de

22. Rolando García. *El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos* (Barcelona: Gedisa S. A., 2000).

23. Grunewald y Bastian, *Ecosystem Services*, 26-27.

auto-eco-organización; es decir, las cualidades que posee el sistema para generar y mantener su propia estructura de manera autónoma al interactuar constantemente con su entorno y adaptándose a los cambios sin perder su organización esencial. Su dinámica es no lineal y además cuenta con relaciones de retroalimentación que generan incertidumbre y transformación constante.²⁴

En ese sentido, los sistemas complejos son la representación de un todo organizado que está conformado, a su vez, por sub-sistemas que interactúan entre sí de forma dinámica. Los elementos del sistema, entonces, delimitan los procesos y relaciones que se dan en este. Una de las cualidades de la composición del sistema es que los cambios en sus procesos pueden generar condiciones de caos y disrupciones que propician estados de cambio y lo transforman hasta eventualmente llevarlo a un estado estacionario estable.²⁵

Los sistemas socioecológicos se componen de estructuras dinámicas en constante cambio y evolución, e integran tanto elementos sociales como ecológicos.²⁶ La interacción entre sus componentes ocurre en múltiples escalas espaciales y territoriales, en las que las instituciones, normas y cultura influyen en la naturaleza, al mismo tiempo que esta transforma y condiciona a las sociedades.²⁷ La naturaleza compleja y adaptativa de estos sistemas se manifiesta en su capacidad para re-organizarse internamente frente a las perturbaciones del entorno. Esta interdependencia no es meramente funcional, sino constitutiva: los cambios en un subsistema desencadenan transformaciones en el otro, y crean ciclos de retroalimentación que sostienen una evolución conjunta y no lineal a través del tiempo.

Por otro lado, los sistemas complejos son una representación de la abstracción que hace el investigador del complejo empírico, que corresponde a su conceptualización y conocimiento sobre un fenómeno de la realidad. El sistema construido contiene una serie de elementos, relaciones y procesos inferidos que resultan significativos para quien los define y, por lo tanto, al ser abstraídos

24. Edgar Morin, *Introducción al pensamiento complejo* (Barcelona: Gedisa S.A., 1990).

25. Rolando García. *Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria* (Barcelona: Gedisa S.A., 2006).

26. Carl Folke, "Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses", *Global Environmental Change* (2006): 253-297.

27. Luisa E. Delgado, Víctor Hernán y Antonio Luis Tironi, "Sistemas socioecológicos y servicios ecosistémicos: modelos conceptuales para el Humedal del Río Cruces (Chile)", en *Naturaleza en sociedad: Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad*, ed. Cerda C., Silva-Rodríguez E., y Briceño C. Santiago (Chile: Editorial Ocho Libros, 2019): 177-205.

tienen implícito un proceso de interpretación.²⁸ Los conceptos funcionan como marcos interpretativos que modelan la comprensión del mundo. Lejos de ser simples herramientas neutras, estos constructos mentales filtran la percepción de la realidad y delimitan el horizonte de problemas identificables y soluciones concebibles.²⁹

Por lo tanto, la representación de un sistema socioecológico revela una perspectiva ontológica y epistémica particular que se manifiesta en la selección y análisis de sus componentes, interacciones y propiedades emergentes, tales como los servicios ecosistémicos. Estos solo adquieren esta denominación cuando han sido conceptualizados por los seres humanos, ya que representan los beneficios derivados de las funciones ecosistémicas. No obstante, estos servicios no siempre favorecen exclusivamente al ser humano, sino también a otros seres vivos.

Los individuos dentro de un sistema socioecológico pueden intervenir con acciones que favorezcan a las funciones del ecosistema. Por ejemplo, las acciones de conservación ambiental contribuyen a mantener las condiciones óptimas de los ecosistemas de tal forma que se garantice la existencia de estos servicios en el futuro. Cuando se define una entidad (sistemas socioecológicos) mediante propiedades específicas, se buscan soluciones dentro de los parámetros establecidos por dichas propiedades, lo que revela cómo el propio aparato conceptual ya contiene implícitamente el espectro de soluciones posibles.³⁰

Sin embargo, la relación trascendental de los sistemas socioecológicos y los servicios ecosistémicos se sitúa en un marco epistémico en el que la agenda mundial coloca la conservación ambiental y sus acciones correspondientes en una escala desde lo macro a lo micro para garantizar el flujo de funciones ecosistémicas para el bienestar humano. Incluso la noción de ser humano-naturaleza conlleva procesos de naturalización de conceptos asociados a estos campos sin realmente cuestionar lo que representan. Los servicios ecosistémicos son una de las categorías inherentes al enfoque

28. García, *Sistemas complejos*, 138.

29. Tilman Hertz, Maria Mancilla Garcia y Maja Schlüter, "From nouns to verbs: How process ontologies enhance our understanding of social-ecological systems understood as complex adaptive systems" *People and Nature* 2, núm. 2 (2020): 329-339.

30. García, *Sistemas complejos*, 330.

sistémico que parte de instituciones, actores y agendas neoliberales, así como de una nueva gestión pública sustentada en el objetivo de la sostenibilidad.³¹

Esta asociación de beneficios para la sociedad refuerza una visión disyuntiva entre el ser humano-naturaleza. En este marco, se perpetúa la idea de que la naturaleza existe por sí misma, mientras que el ser humano emerge como un agente disruptor que, a su vez, es quien define lo que existe, lo que es útil y lo que tiene valor en su entorno. El modelo de cascada ilustra esta dinámica: se parte de estructuras ecosistémicas preexistentes que posibilitan funciones ecológicas específicas, las cuales, al generar bienestar humano, se convierten en servicios. Cuando las personas reconocen y valoran estos servicios, los interpretan como beneficios. Esta lógica secuencial consolida la idea de dependencia humana respecto a la naturaleza, aunque reconoce que desde el ámbito social se ejercen presiones sobre las estructuras ecosistémicas, de esta manera se evidencia su interdependencia.³² Las relaciones entre los procesos, las funciones y los beneficios que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos son complejas, no siguen patrones lineales y están en constante cambio y evolución.³³

La condición de coexistencia simultánea en los sistemas socioecológicos da pauta a que los servicios ecosistémicos, al ser interpretados y valorados por el ser humano, se transformen cognoscitivamente en un beneficio. La forma en la que se perciben los ecosistemas moldea las intervenciones sobre ellos, mientras que estas transformaciones modifican tanto las funciones ecosistémicas como el conocimiento y valoración de ellas, lo cual propicia un ciclo continuo de co-evolución y co-determinación.

La complejidad como punto de partida ontológico y epistemológico

La noción de sistemas socioecológicos se ha referenciado como dos entidades completamente diferenciadas (social-ecológico, sujeto-objeto) que están conectadas por medio de vínculos que surgen de la interacción de sus componentes. Esto refuerza la lógica disyuntiva que permite estudiarlos por

31. Simon West, L. Jamila Haider, Sanna Stålhammar y Stephen Woroniecki, "A relational turn for sustainability science? Relational thinking, leverage points and transformations", *Ecosystems and People* 16, núm. 1 (2020): 304-325.

32. Marion Potschin y Roy Haines-Young, "Linking people and nature: Socio-ecological systems", en *Mapping Ecosystem Services*, ed. por Benjamin Burkhard y Joachim Maes (Sofia: Pensoft Publishers, 2017), 41-43.

33. Costanza *et al.*, "Twenty years of ecosystem services", 5.

separado y llegar a relacionarlos en categorías resultantes de la dinámica sistémica, tal como los servicios ecosistémicos.³⁴

El pensamiento disyuntivo se refleja incluso en las definiciones relacionadas con servicios ecosistémicos. Desde las ciencias naturales, se enfatiza en los procesos y funciones ecosistémicas que generan bienestar a los seres humanos.³⁵ Desde ciencias sociales como la economía, incluso se denominan como "servicios ambientales", los cuales forman parte del capital natural (recursos naturales renovables y no renovables) y son fundamentales para la supervivencia y el bienestar humano, ya que proporcionan recursos esenciales y regulan los procesos naturales. Además, sustentan el desarrollo sostenible y la economía, aunque suelen estar subvalorados en términos económicos.³⁶

La idea de los recursos naturales como categoría esencial y fundamental para el bienestar humano de igual manera yuxtapone la categoría ecológica sobre la social. La Figura 2, propuesta por Costanza *et al.*,³⁷ considera el equilibrio e interacción de otros capitales para proporcionar beneficios a la sociedad. Esta representación gráfica muestra al capital natural como el eje fundamental en el que interactúan las personas como capital humano, comunidades como capital social y la infraestructura de la sociedad como capital construido.

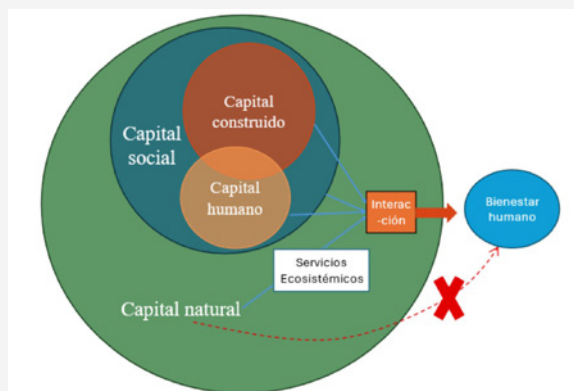


Fig. 2: "Interacción de capitales". Elaboración propia con información traducida de Costanza *et al.*, 2014.

34. Hertz, Mancilla y Schlüter, "From nouns to verbs", 329-339.

35. Brian Danley y Camilla Widmark, "Evaluating conceptual definitions of ecosystem services and their implications", *Ecological Economics* 126 (2016):132-138.

36. Azqueta, *Introducción a la economía ambiental*; Fiel y Field, *Environmental Economics*.

37. Robert Costanza *et al.*, "Changes in the global value of ecosystem services", *Global Environment Change* 16 (2014): 152-158.

Esta relación entre capitales también es expuesta desde el enfoque de co-producción, puesto que reconoce que la disponibilidad de servicios ecosistémicos requiere de entradas (insumos) adicionales como maquinaria, infraestructura, mano de obra y energía, los cuales se transforman en contribuciones de la naturaleza a las personas. Los ecosistemas a partir de procesos naturales tienen la capacidad de generar estos servicios. Sin embargo, la intervención-acción de los seres humanos está influenciada por el conocimiento, experiencias, identidades y habilidades asociadas a preceptos éticos que representan metas aspiracionales, las cuales funcionan como criterios fundamentales para determinar cursos de acción apropiados y juzgar situaciones y resultados.³⁸

De modo que la única forma en la que se hace esta separación de elementos ecológicos y sociales es bajo una abstracción mental, pues en la realidad hay una presencia de multisistemas físicos, biológicos y sociales que están estrechamente unidos. Es decir, todos aquellos datos o elementos presentes en el mundo se transforman en observables, entendidos como datos que el sujeto, a partir de la experiencia, ya ha interpretado y por lo tanto categorizado.³⁹

Incluso cuando analizamos las funciones de los ecosistemas, las cuales surgen de sus propiedades físicas y químicas, estas parecen ajenas a la necesidad del componente humano para existir; sin embargo, aún en su interpretación subyace un componente social que se manifiesta en la representación y significado de dichos ecosistemas, así como lo que emerge de estos.

Por lo tanto, la existencia misma de procesos físicos como la interacción de materia y energía proporcionan condiciones biológicas que hacen posible la vida en la que el ser humano interactúa en un marco antro-po-social de cultura, sociedad, lenguaje y consciencia, lo cual lleva a una recursividad entre estas dimensiones.⁴⁰

Los sistemas socioecológicos agrupan de manera integral estas esferas tal como se muestra en la Figura 3. Si recordamos, el sistema ecológico se compone de elementos bióticos y abióticos que

38. Ignacio Palomo, María R. Felipe-Lucia, Elena M. Bennett, Bertha Martín López y Unai Pascual, "Disentangling the Pathways and Effects of Ecosystem Service Co-Production" *Advances in Ecological Research* 54 (2016): 245-283; Anke Fischer y Antonia Eastwood, "Coproduction of ecosystem services as human-nature interactions—An analytical framework" *Land Use Policy* 52 (2016): 41-56; Bruno Locatelli, Elena M. Bennett, Matthew J. Colloff, María R. Felipe-Lucia, Russell Gorddard, Ignacio Palomo y Sandra Lavorel, "People working with nature: a theoretical perspective on the co-production of Nature's Contributions to People" *Ecosystems and People* 20, núm. 1 (2024): 1-16.

39. García, *Sistemas complejos*, 41.

40. Edgar Morin, *El método. La naturaleza de la naturaleza* (España: Ediciones Cátedra, S.A., 1999).

mantienen interacciones dinámicas, sustentadas en condiciones físicas fundamentales como el intercambio de materia y energía, procesos esenciales para la vida en el ecosistema. Por su parte, el sistema social comprende estructuras, normas, instituciones y actores en constante interrelación.

Esta perspectiva nos permite apreciar un proceso recursivo en el que las acciones humanas impactan directamente en las condiciones naturales, desde el consumo energético y material hasta las transformaciones de las propiedades biológicas y físicas del entorno. Además, la percepción que desarrolla el sujeto sobre su ambiente (cuya existencia emerge de esta relación tripartita entre lo físico, lo biológico y lo social) se incorpora en su sistema de valores y genera múltiples formas de concebir la realidad que, a su vez, orientan sus acciones.

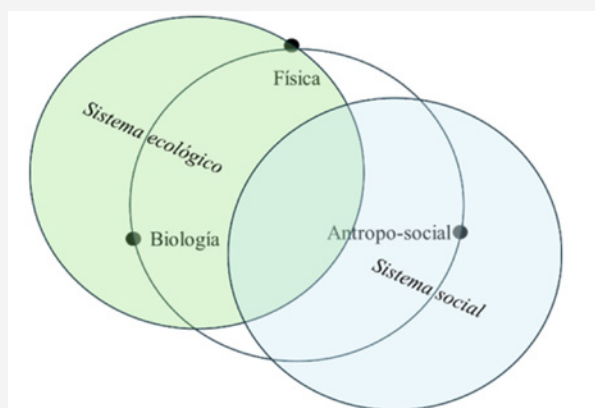


Fig. 3: "Relación circular en los sistemas socioecológicos". Elaboración propia.

La complejidad se adopta como punto de partida para enfrentar el problema ontológico y epistemológico de la disociación entre sujeto-objeto, ser humano-naturaleza. Esta perspectiva, por tanto, nos remite a la conexión con el pensamiento complejo. El pensamiento complejo rechaza la visión reduccionista y absoluta en la que se ha construido el conocimiento. La forma en la que conocemos y lo que conocemos condiciona los procesos en los que se problematiza un fenómeno de la realidad social. Por esto, la construcción del conocimiento surge a partir del proceso activo, dinámico y constructivo en el que interactúan sujeto-objeto.⁴¹

Este enfoque trasciende la dicotomía de sujeto y objeto, por ello, no se trata de que los objetos existan independientemente del sujeto y por ende puedan ser observados y explicados ni de

41. Jean Piaget, *El estructuralismo* (Ciudad de México: Publicaciones Cruz O., S. A., 1995), 53.

una condición superior del sujeto que piensa el mundo objetivo. Más bien, consiste en una relación de interdependencia donde cada uno es constitutivo del otro. La complejidad demanda apertura a la incertidumbre y multiplicidad de perspectivas, tanto del sujeto como del objeto, en una expansión continua de su interacción con el ambiente.⁴²

La complejidad socioecológica se define como un enfoque fundamentado en una lógica constitutiva que configura la organización de los sistemas socioecológicos. Dicha lógica articula profundas redes de interconexión entre elementos sociales y ecológicos, así, genera estados de orden y desorden, cuyas interacciones propician capacidades adaptativas y procesos de auto-organización en constante evolución temporal. A partir de estos esquemas de organización genésica surgen propiedades emergentes que representan la multidimensionalidad del sistema. Además, la percepción que desarrolla el sujeto sobre su ambiente (cuya existencia emerge de lo físico, lo biológico y lo social) se incorpora en su sistema de valores y genera múltiples formas de concebir la realidad que, a su vez, orientan sus acciones. Solo a través de la complejidad socioecológica es que se pueden generar categorías emergentes como los servicios ecosistémicos.

La Sierra de San Miguelito como representación de la complejidad socioecológica

En San Luis Potosí, México, la denominación de Área Natural Protegida, específicamente la del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito⁴³ (en adelante APFF SSM) el 13 de diciembre de 2021, ejemplifica la complejidad socioecológica. Lo anterior debido a que existen múltiples factores convergentes y coexistentes en un espacio que llevan a puntos de inflexión y tensión entre distintos agentes sociales y condiciones biofísicas.

Esta área natural, considerada como un ecosistema semiárido, se caracteriza por una alta biodiversidad y una extensa red de arroyos que, gracias a las características de su relieve, posibilitan tanto la recarga de las presas San José y Cañada de Lobos como la recarga de acuíferos subterráneos,

42. Morin, *Introducción al pensamiento complejo*, 32.

43. Decreto por el que se declara área natural protegida con el carácter de área de protección de flora y fauna, la zona conocida como Sierra de San Miguelito, en los municipios de Mexquitic de Carmona, San Luis Potosí, Villa de Arriaga y Villa de Reyes, en el Estado de San Luis Potosí del Diario Oficial de la Federación y Gacetas Gubernamentales, Secretaría de Gobernación; Estados Unidos Mexicanos; *Diario Oficial de la Federación* 07/12/2021.

incluyendo el del valle de la ciudad de San Luis Potosí. Los beneficios derivados de las funciones ecosistémicas que provee la sierra se denominan en el texto del estudio justificativo como "usos y aprovechamientos": 1) los servicios ambientales 2) los usos agrícolas y pecuarios, y 3) las actividades de senderismo, ecoturismo y turismo cultural.⁴⁴

De primera instancia, se puede ver una distinción interpretativa respecto a cómo se han decidido conceptualizar los servicios ambientales y, de cierta forma, marcar una diferenciación entre estos y el resto de las actividades. Como afirman Balvanera y Cotlerel, el concepto de servicios ambientales "se ha utilizado principalmente entre tomadores de decisiones y otorga más peso al concepto de 'ambiente' o 'medio ambiente' en el cual no se explicitan las interacciones necesarias para proveer dichos servicios".⁴⁵

Desde la perspectiva de servicios ecosistémicos, tal como se mostró en la Figura 1, se reconoce una multidimensionalidad integral de las funciones ecosistémicas, mismas que se refieren a lo expuesto en el estudio justificativo. Los bosques (recurso maderable), al estar referenciados en la sección de "Usos y aprovechamientos, actuales y potenciales de los recursos naturales",⁴⁶ conducen a un sesgo interpretativo de índole instrumental en cuanto a la condición de uso. Lo mismo sucede al buscar esquemas de pago por servicios ambientales y los posibles usos agrícolas y pecuarios (estos son los servicios de aprovisionamiento). Por otro lado, se hace referencia a actividades como recreación y ecoturismo (que corresponderían a servicios ecosistémicos socioculturales), así como a educación ambiental, con el propósito de difundir los servicios ambientales que la sierra proporciona a San Luis Potosí. Sin embargo, esta última referencia carece de especificidad, pues: ¿a qué servicios ambientales se refiere exactamente?, ¿se trata de servicios de uso directo con potencial económico cuantificable? El documento no lo explicita, en cambio, se limita a asumir implícitamente que son aquellos servicios asociados a la conservación, sin mayor detalle conceptual.

En el estudio justificativo parecen difusos los aspectos de la conservación y los servicios ambientales desde una perspectiva sistémica. Esto se debe al uso indiferenciado de los términos "servicios

44. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), *Estudio Previo Justificativo para la declaratoria del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito* (2021), 124-125.

45. Patricia Balvanera y Helena Cotler, "Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos", *Gaceta Ecológica*, núm. 84-85, (2007): 10.

46. CONANP, *Estudio Justificativo APFF SSM*, 124-125.

ambientales" y "servicios ecosistémicos" sin dejar explícitamente definido a qué se están refiriendo al emplear el uso conceptual de un término u otro, o si los consideran como sinónimos. Es preciso recordar que el concepto de servicios ecosistémicos destaca la naturaleza emergente de los ecosistemas y reconoce que es precisamente la interacción dinámica entre organismos vivos, elementos abióticos y sus múltiples relaciones lo que genera beneficios para la humanidad.⁴⁷

El término de servicios ecosistémicos aparece textualmente en el estudio justificativo⁴⁸ y se relaciona con las funciones de regulación y control de poblaciones animales asociadas a la biodiversidad de especies y su utilidad para la sociedad y sus actividades. Aunque, por otro lado, se menciona que una de las razones para declarar SSM APFF se debe a:

La conservación de servicios ambientales como la recarga de acuíferos de la zona, la regulación climática, la recarga de acuíferos, la captura de carbono, la regulación de escurrimientos superficiales, el mantenimiento de la diversidad biológica, la formación y conservación de suelo, la polinización, el mantenimiento de recursos medicinales y ornamentales, la belleza escénica, la recreación, y la ciencia y la educación ambiental [...] y pueden funcionar como el eje rector del desarrollo sustentable de las poblaciones humanas que habitan en la zona circundante del área.⁴⁹

Ahora bien, este ir y venir entre servicios ecosistémicos o ambientales se conecta con aspectos de conservación y sostenibilidad como alternativas frente a las presiones del sector económico sobre los usos de aprovechamiento de la SSM. Existe una diversidad de intereses desde las comunidades que habitan la SSM, así como de agentes externos con fines lucrativos (especialmente del sector inmobiliario). Incluso Hernández⁵⁰ expone la diversidad y las posturas contradictorias dentro de las comunidades, pues algunos miembros defienden las tierras comunales y otros se alinean con intereses externos. Es importante considerar que se pueden estar subestimando aspectos asociados con la conflictividad social derivada de múltiples intereses de los agentes sociales, además, la llamada

47. Balvanera y Cotler, "Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos", 10.

48. CONAP, *Estudio Justificativo APFF SSM*, 57-59.

49. CONAP, *Estudio Justificativo APFF SSM*, 62 y 173.

50. Hernández, "Territorio, Comunidad y Comunalidad", 159.

política conservacionista se convierte en una simulación, en el sentido de que las construcciones o proyectos inmobiliarios se incorporan como parte de la agenda de sustentabilidad.⁵¹

Parte de la problemática central identificada en el estudio justificativo es el acelerado crecimiento urbano que ha provocado la expansión de la mancha urbana hacia la periferia sur de la ciudad de San Luis Potosí, la cual colinda directamente con la ssm. Esta situación genera graves riesgos ambientales derivados del cambio de uso de suelo y el consecuente incremento de inundaciones en la zona.⁵² Cabe señalar que el área designada como APFF SSM está rodeada por zonas urbanizadas, predominantemente de carácter residencial.

Sin embargo, sumado al efecto del aseo inmobiliario a la ssm, se integran elementos que no pueden disociarse, tal como los intereses estatales, la relación institucional con las inmobiliarias, los procesos de globalización que reconfiguran el territorio, el conflicto, los intereses locales y las implicaciones de la expansión de la ciudad, así como lo que esto representa en cuanto a la satisfacción de necesidades.⁵³ Lo anterior nos conduce a dos consideraciones fundamentales: primero, las profundas implicaciones interpretativas inherentes al proceso de abstracción analítica de un problema, y segundo, el reconocimiento de que la complejidad socioecológica integra elementos que operan en diversas escalas y que generan efectos simultáneos y recíprocos en múltiples sistemas interconectados.

En el proceso interpretativo de quien define y aborda un fenómeno que se ha identificado como un problema, se recurre a una abstracción de datos empíricos. Este ejercicio implica el análisis e interpretación con el objetivo de construir un sistema compuesto por elementos, procesos dinámicos, diversos niveles de interacción y relaciones entre actores específicos y actividades significativas; así, se extrae una representación coherente (para quien lo concibe y define) de una realidad empírica multidimensional.⁵⁴

51. Mauricio Genet Guzmán Chávez, J. Armando Hernández Soubervielle y Briseida López Álvarez, Opinión que emite El Colegio de San Luis, A.C. al Estudio Previo Justificativo para la creación del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito, Colegio de San Luis A. C., (Opinión pública, 2021), 2.

52. CONAB, *Estudio Justificativo APFF SSM*, 161.

53. Hernández, *Territorio, Comunidad y Comunalidad*, 160.

54. García, *Sistemas complejos*, 137-138.

A través de la complejidad, es posible reconocer la interdependencia de elementos externos que operan a una escala macro y que inciden sobre las condiciones de entorno de distintos sistemas pese a que parezcan no tener conexión alguna. Tal como afirma García,⁵⁵ existen procesos que permiten explicar cómo funciona un sistema, dentro de los cuales hay tres niveles que se interconectan en un sistema jerárquico. Un primer nivel es representado por fenómenos (locales) observables directos que cobran relevancia solo cuando han sido interpretados; el segundo nivel abarca metaprocesos más generales que determinan los fenómenos del primer nivel, y el tercer nivel contiene procesos fundamentales que dirigen los metaprocesos del segundo nivel. De esta manera, se establece una cadena de determinación causal multinivel.

Dentro de la complejidad socioecológica la disyunción de elementos sociales y ecológicos solo se materializa en un proceso de abstracción cognoscitivo. Por ejemplo, los esquemas de producción global están regidos por las necesidades del sistema capitalista de reproducción de capital y crecimiento económico incesante ligado a las necesidades que este crea en las sociedades. Esto ha generado efectos a nivel macro-sistema (planeta), puesto que los límites planetarios que se componen de sistemas interconectados para el desarrollo de la vida humana han transgredido sus fronteras, lo que implica un mayor riesgo de generar cambios ambientales abruptos al colocar las condiciones del planeta Tierra en un umbral crítico que afecta a los ecosistemas y, por ende, la vida humana.⁵⁶ ¿Podemos acaso escapar de estos efectos?

Si bien las acciones a favor de la conservación, tal como la denominación de APFF SSM, contribuyen a buscar alternativas ante la crisis ambiental, es preciso reconocer que forman parte de un análisis de procesos de primer nivel que agrupa un número de elementos biofísicos, culturales, históricos, económicos, políticos e incluso el patrimonio material e inmaterial de la sierra. De tal forma que los servicios ecosistémicos que emergen de la complejidad socioecológica de la sierra son un resultado de las decisiones humanas en conjunto como sociedad.

Los fenómenos derivados de la interacción del ser humano con la naturaleza son interdependientes y evolucionan a lo largo del tiempo dentro de un marco histórico y contextual. Estas

55. García, *Sistemas complejos*, 149.

56. "Límites planetarios", Sitio web del Centro de Resiliencia de Estocolmo, Universidad de Estocolmo, mayo de 2025.

interacciones se caracterizan por acumular los efectos de decisiones intertemporales, tanto individuales como colectivas, a través del tiempo. Cada elección realizada en el presente condiciona inevitablemente el abanico de opciones disponibles en el futuro,⁵⁷ en tanto que las preferencias y decisiones pueden transformarse según el horizonte temporal que se contemple en cada evaluación.

La ssm ha experimentado transformaciones naturales durante miles de años que moldearon sus características biofísicas. Sin embargo, en la época reciente, la actividad humana ha alterado abruptamente sus ciclos naturales. Los cambios de uso de suelo y la deforestación alteran procesos bióticos y abióticos fundamentales para el ciclo hidrológico, especialmente la recarga de acuíferos. Dado que la ciudad depende del agua subterránea, estas alteraciones impactan directamente la calidad y cantidad del recurso hídrico disponible para la población. En consecuencia, la disponibilidad de servicios ecosistémicos hidrológicos genera efectos multidimensionales que abarcan desde las propiedades del suelo y la regulación climática hasta el abastecimiento de agua tanto en zonas urbanas como en las comunidades de la sierra.⁵⁸

Reflexiones finales

La conceptualización y el uso de conceptos como "servicios ambientales" y "servicios ecosistémicos", a pesar de su relevancia en los programas de conservación ambiental, evidencian una limitación epistemológica fundamental al mantener una disyunción entre sistemas sociales y ecológicos. El caso de la Sierra de San Miguelito demuestra cómo esta fragmentación conceptual obstaculiza el entendimiento de las interdependencias constitutivas indisociables entre ciudad y ecosistema, además de perpetuar intervenciones territoriales insuficientes. Por ello, se requiere transitar hacia un paradigma de complejidad socioecológica que reconozca la coexistencia recursiva entre elementos físicos, biológicos y sociales, donde las interacciones multinivel generen propiedades emergentes que no se reduzcan a la suma de partes aisladas.

57. Hal R. Varian, *Microeconomía Intermedia* (Barcelona: Antoni Bosch Editor, S.A., 2010), 185.

58. Chávez, Hernández y López, *Opinión sobre el estudio justificativo de ANFF SSM*, 2021

La declaratoria de Área de Protección de Flora y Fauna, como mecanismo legal de conservación, resulta insuficiente cuando se fundamenta en marcos interpretativos que no integran adecuadamente la multiplicidad de representaciones e intereses de los diversos actores implicados. El estudio justificativo APFF SSM refleja esta limitación al concentrarse, al menos en el texto, en los "usos y aprovechamientos" de los servicios ambientales, sin incorporar apropiadamente las complejas relaciones socioecológicas existentes. Esta designación legal, por sí misma, no garantiza condiciones estructurales sostenibles si no reconoce que la conservación emerge de procesos sistémicos donde lo social y lo ecológico se co-determinan mutuamente.

En el marco de esta investigación doctoral en curso, se está explorando el desarrollo teórico que emerge de reconfigurar epistemológicamente tanto el concepto de servicios ecosistémicos como el de valor (el cual no se profundizó en este texto), los cuales se entienden como propiedades emergentes de la complejidad socioecológica. Esta reformulación conceptual ofrece un potencial para superar las contradicciones estructurales de los modelos convencionales de conservación, caracterizados por la superposición jerárquica de la dimensión ambiental sobre la social. Asimismo, esta reorientación conceptual reconocería que los procesos sistémicos de distintos niveles tienen efectos interconectados que imposibilitan una separación real entre elementos sociales y ecológicos. La Sierra de San Miguelito ejemplifica la necesidad de esta visión integral para abordar las tensiones entre conservación y expansión urbana, pues se entiende que ambas dimensiones conforman un entramado de relaciones donde las acciones humanas y las condiciones biofísicas están indisolublemente vinculadas, lo cual trasciende categorizaciones fragmentadas para avanzar hacia una posible sostenibilidad sistémica.

Fuentes de investigación

- Azqueta Oyarzun, Diego. *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid, España: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S. A. U., 2007.
- Balvanera, Patricia y Helena Cloter. "Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos". *Gaceta Ecológica*, núm. 84-85 (2007): 8-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908502>.
- Camacho Valdez, Vera y Arturo Ruiz Luna. "Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos". *BioCiencias* 1, núm. 4 (2012). <https://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/19>.
- Centro de Resiliencia de Estocolmo. Universidad de Estocolmo. "Planetary Boundaries". *Sitio web de la Universidad de Estocolmo*. Actualizado en septiembre, 2023. <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Estudio Previo Justificativo para la declaratoria del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito. Estudio Justificativo: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, 2021.
- Costanza, Robert, Rudolf de Groot, Paul Sutton, Sander van der Ploeg, Sharolyn J. Anderson, Ida Kubiszewski, Stephen Farber y R. Kerry Turner. "Changes in the global value of ecosystem services", *Global Environment Change* 26 (2014): 152-158. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014000685>.
- Costanza, Robert, Rudolf de Groot, Leon Braat, Ida Kubiszewski, Lorenzo Fioramonti, Paul Sutton, Steve Farber y Monica Grasso. "Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go?", *Ecosystem Services* 28 (2017). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212041617304060>.
- Danley, Brian y Camilla Widmark. "Evaluating conceptual definitions of ecosystem services and their implications", *Ecological Economics* 126 (2016): 132-138. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800915300549>.
- Delgado, Luisa E., Victor Hernan y Antonio Luis Tironi. "Sistemas socioecológicos y servicios ecosistémicos: modelos conceptuales para el Humedal del Rio Cruces (Chile)". En *Naturaleza en*

- sociedad: *Una mirada a la dimensión humana de la conservación de la biodiversidad*. Editado por Cerda Cl, Silva-Rodríguez E, y Briceño C. Santiago. Chile: Editorial Ocho Libros, 2019.
- Everard, Mark. *Ecosystem Services*. Key Issues. Nueva York: Routledge, 2017.
- Field, Barry C. y Martha K. Field. *Environmental Economics*. Nueva York: McGraw-Hill Companies, Inc, 2017.
- Fischer, Anke y Antonia Eastwood. "Coproduction of ecosystem services as human–nature interactions—An analytical framework", *Land Use Policy* 52 (2016): 41-56. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837715003956>.
- Folke, Carl. "Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses", *Global Environmental Change* 16, núm. 3 (2006). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378006000379>.
- García, Rolando. *El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos*. Barcelona: Gedisa, S. A., 2000.
- García Rolando. *Sistemas complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Barcelona: Editorial Gedisa, S. A., 2006.
- Gómez-Baggethun, Erik, Rudolf de Groot, Pedro L. Lomas y Carlos Montes. "The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes", *Ecological Economics* 69 (2010): 1209-1218. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092180090900456X>.
- Grunewald, Karsten y Olaf Bastian. *Ecosystem Services. Concept, Methods and Case Studies*. Berlin: Springer, 2015.
- Gutiérrez Garza, Esthela. "De las teorías del desarrollo al desarrollo sustentable. Historia de la construcción de un enfoque", *Trayectorias* 9, núm. 25 (2007). <https://www.redalyc.org/pdf/607/60715120006.pdf>.
- Guzmán Chávez, Mauricio Genet, Armando Hernández Soubervielle y Briseida López Álvarez. Opinión que emite El Colegio de San Luis, A.C. al Estudio Previo Justificativo para la creación del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de San Miguelito. San Luis Potosí, S. L. P. México: El Colegio de San Luis, A. C., 2021.

- Hernández Correa, Marite. "Territorio, Comunidad y Comunalidad frente al acecho inmobiliario en la ciudad de San Luis Potosí". Tesis doctoral, Colegio de San Luis A. C., 2021. https://biblio.col-san.edu.mx/tesis/DCS_MariteHernandezCorrea.pdf.
- Hertz, Tilman, Maria Mancilla Garcia y Maja Schlüter. "From nouns to verbs: How process ontologies enhance our understanding of social-ecological systems understood as complex adaptive systems", *People and Nature* 2, núm. 2 (2020): 329-339. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pan3.10079>.
- Leopold, Aldo. *Una ética de la Tierra: Antología de Aldo Leopold*. Coordinado por Jorge Riechmann. Madrid: Los Libros de la Catarata, 2019.
- Locatelli, Bruno, Elena M. Bennett, Matthew J. Colloff, María. R. Felipe-Lucia, Russell Gorddard, Ignacio Palomo y Sandra Lavorel. "People working with nature: a theoretical perspective on the co-production of Nature's Contributions to People", *Ecosystems and People* 20, núm. 1 (2024): 1-16. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/26395916.2024.2359061>.
- McPhearson, Timon, Elizabeth M. Cook, Marta Berbés-Blázquez, Chingwen Cheng, Nancy B. Grimm, Erik Andersson y Olga Barbosa. "A Social-Ecological-Technological Systems Framework for Urban Ecosystem Services", *One Earth* 5, núm. 5 (2022). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332222002081>.
- Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press, 2005.
- Morin, Edgar. *El Método. La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Ediciones Cátedra, S.A., 1999.
- Morin, Edgar. *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona: Editorial Gedisa, S. A., 1990.
- Palomo, Ignacio, María R. Felipe-Lucia, Elena M. Bennett, Berta Martín-López y Unai Pascual. "Disentangling the Pathways and Effects of Ecosystem Service Co-Production", *Advances in Ecological Research*, 54 (2016): 245-283. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065250415000276>.
- Piaget, Jean. *El estructuralismo*. Ciudad de México: Publicaciones Cruz O., S. A., 1995.
- Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES). *Resumen para los responsables de políticas del informe de evaluación mundial sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas*. Bonn: IPBES, 2019.

- Potschin, Marion y Roy Haines-Young. "From nature to society. Linking people and nature: Socio-ecological systems". En *Mapping Ecosystem Services*. Editado por Benjamin Burkhard y Joachim Maes. Sofia: Pensoft Publishers, 2017.
- Unión Internacional para la Conservación Natural (UICN), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y World Wild Fund (WWF). *Estrategia mundial para la conservación: La conservación de los recursos vivos al servicio del desarrollo sostenible*. Gland: UICN, 1980. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/wcs-004-Es.pdf>.
- Varian, Hal R. *Microeconomía Intermedia*. Barcelona: Antoni Bosch Editor, S. A., 2010.
- West, Simon, L. Jamila Haider, Sanna Stålhammar y Stephen Woroniecki. "A relational turn for sustainability science? Relational thinking, leverage points and transformations". *Ecosystems and People* 16, núm. 1 (2020). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/26395916.2020.1814417>.