



Métodos colectivos para tejer el camino desde la desertificación al desarrollo sostenible: los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos

Claudia Lorena Lauterio Martínez¹ , Elisabeth Huber-Sannwald^{1,*} , Sandra Daniela Hernández Valdez¹ , Juana Claudia Leyva² , Simone Lucatello³ , Natalia Martínez Tagüeña⁴, Ricardo Ismael Mata Páez¹ , Víctor Manuel Reyes Gómez⁵ , Georges Seingier²

- (1) División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., Camino a la Presa San José 2055, San Luis Potosí, San Luis Potosí, C.P. 78216, México.
 (2) Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada, Dirección: Km 103, Carretera Tijuana-Ensenada, C.P. 22860, Ensenada, Baja California, México.
 (3) Instituto Mora-CONACYT, Plaza Valentín Gómez Farías n.12, Col. San Juan Mixcoac, 03730, CDMX, México.
 (4) CONACYT - Consorcio de Investigación, Innovación y Desarrollo para las Zonas Áridas - Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C., Camino a la Presa San José 2055, San Luis Potosí, San Luis Potosí, C.P. 78216, México.
 (5) Instituto de Ecología, A.C., Red Ambiente y Sustentabilidad. Av. Miguel de Cervantes Savedra 120, Complejo Industrial Chihuahua, CP 31136, Chihuahua, Chihuahua, México.

* Autora de correspondencia: Elisabeth Huber-Sannwald [ehs@ipicyt.edu.mx]

> Recibido el 01 de mayo de 2021 - Aceptado el 13 de septiembre de 2021

Como citar: Lauterio Martínez, C.L., Huber-Sannwald, E., Hernández Valdéz, S.D., Leyva Aguilera, J.C., Lucatello, S., Martínez Tagüeña, N., Mata Páez, R.I., Reyes Gómez, V.M., Seingier, G. 2021. Métodos colectivos para tejer el camino desde la desertificación al desarrollo sostenible: los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos. *Ecosistemas* 30(3): 2232. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2232>

Métodos colectivos para tejer el camino desde la desertificación al desarrollo sostenible: los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos

Las zonas áridas cubren 40% de la superficie terrestre en donde habita el 40% de la población humana. Tras el desarrollo de las zonas áridas estas evolucionaron como sistemas socio-ecológicos (SSE) altamente vulnerables al cambio climático y a la desertificación. Para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), se requieren nuevas formas de generar conocimiento útil. Una opción es la coproducción de marcos de acción basados en una gestión integral de los SSE, porque se tejen sistemas de conocimiento en alianzas con sectores clave. La Red Internacional para la Sostenibilidad de las Zonas Áridas (RISZA) aborda los grandes retos que emergen en las zonas áridas de manera transdisciplinaria. Nuestra finalidad es proteger la diversidad biótica y cultural como base esencial del desarrollo sostenible. Un *modus operandi* de RISZA son los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos (OPSE), entendidos como laboratorios en un territorio real, donde se exploran de manera participativa las rutas de acción y se aplican metodologías participativas como "participatory rural appraisal". El fin de los OPSE es desarrollar planes de acción para implementar innovaciones sociales y facilitar la cogestión de conocimiento de cada SSE. Los OPSE son sitios/espacios presenciales y virtuales donde se recopila, intercambia y cogenera nuevo conocimiento como un "hub" de innovación para el desarrollo sostenible en las zonas áridas.

Palabras clave: cogeneración de conocimiento; mapeos cognitivos; matrices participativas; métodos participativos; ríos de vida

Collective methods to weave the pathway from desertification to sustainable development: Participatory Social-Ecological Observatories

Abstract: Drylands cover 40% of the earth's surface and are home to 40% of the human population. In the course of continuous development, drylands evolved as social-ecological systems (SES), which are highly vulnerable to climate change and desertification. To meet the Sustainable Development Goals, new approaches of generating useful knowledge are required. One option is the co-production of action frameworks based on the stewardship of SES, as knowledge systems are woven in partnerships with key sectors. The International Network for the Sustainability of Arid Zones (RISZA by its Spanish acronym) addresses the grand challenges emerging in drylands with a transdisciplinary focus. Our aim is to protect biotic and cultural diversity as an essential foundation for sustainable development. One of RISZA's *modus operandi* are the Participatory Social-Ecological Observatories (OPSE), understood as living laboratories in real territories, where pathways of action are explored with methodologies such as "participatory rural appraisal". The purpose of the OPSE is to develop action plans that foster social innovations and facilitate the co-management of knowledge of each SSE. The OPSE are face-to-face and virtual sites/spaces, where new knowledge is collected, exchanged and co-generated as an innovation hub for sustainable development in drylands.

Keywords: cognitive mapping; knowledge co-generation; participatory matrix; participatory methods; rivers of experience

Introducción

A lo largo de la historia el ser humano, al formar parte de la naturaleza, ha aprovechado y conservado simultáneamente sus bienes y servicios como pilares del desarrollo social, cultural y económico, espiritual y político, generando la transformación continua de paisajes como sistemas socio-ecológicos (SSE; [Berkes y Folke 1998](#)). Las zonas áridas y desiertos se caracterizan por su importancia socio-ecológica y constituir el hábitat de millones de personas ([Cherlet et al. 2018](#)), en donde sus complejas y diversas interrelaciones entre los procesos sociales, ambientales, económicos, culturales, ideológicos y políticos representan uno de los legados más antiguos de un SSE en el planeta Tierra ([Ellis 2015](#)). Esta alta complejidad de interrelaciones generó la actual variabilidad espacio-temporal inherente a la estructura, procesos y disponibilidad de bienes y servicios de las zonas áridas ([Stafford Smith et al. 2009](#)), a las cuales las comunidades locales se han adaptado por milenios reduciendo su vulnerabilidad a la escasez de recursos y, por lo tanto, a riesgos potenciales relacionados a la variabilidad climática y escasa disponibilidad de recursos vitales ([Krätli 2015](#)). Las comunidades locales cuentan con una riqueza extraordinaria de conocimiento local fundamentado en experiencias acumuladas en su día a día y transmitidas entre generaciones ([Rozzi et al. 2015](#)).

Sin embargo, en las últimas cinco décadas las sequías prolongadas y repetidas, la reducción del potencial de la tierra para producir servicios ecosistémicos debido a actividades humanas inadecuadas ([Reed y Stringer 2016](#); [UNEP 2016](#)) y, en definitiva, la desertificación del territorio, provocan conflictos sobre recursos limitantes que derivan en inseguridad alimentaria y minan el desarrollo sostenible de las zonas áridas ([UNCCD 1994](#); [Cherlet et al. 2018](#)). Se prevé que para el año 2100 el 78% de la expansión de las zonas áridas y el 50% del crecimiento de la población humana ocurrirá en países en desarrollo ([Huang et al. 2015](#)) con lo que la situación actual de deterioro ambiental se verá fuertemente acentuado. Los riesgos de degradación se incrementan conforme el cambio climático se evidencia. Actualmente son las zonas áridas las que se estima sufran desproporcionalmente los efectos adversos sobre los sistemas productivos, la seguridad alimentaria, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, y los modos de vida ([Huang et al. 2017](#)). Además, en las últimas cinco décadas los pobladores locales de las zonas áridas han sufrido el nivel más bajo de bienestar y más alto de pobreza globalmente ([Cherlet et al. 2018](#)).

Bajo estos escenarios, el colectivo de conocimientos podría servir a las comunidades que están enfrentando sequías severas y prolongadas bajo las condiciones de cambio climático ([Reed y Stringer 2016](#)). A pesar de la sensibilización global y la atención a la desertificación, son escasos los casos de éxito sobre su combate. Aunque existen muchas intervenciones tecnológicas y programas de desarrollo en las zonas áridas y desiertos del mundo, realmente pocas son sostenibles. Por un lado, las prácticas agrícolas con y sin riego han aumentado la brecha de rendimiento de cultivos, y los programas de manejo de agostaderos (pastizales y matorrales para la ganadería) parecen haber aumentado la degradación de la tierra ([Webb et al. 2017](#)). Mientras que, por otro lado, las regiones ya declaradas degradadas irreversiblemente por el pastoreo, se recuperaron después de haber terminado periodos prolongados de sequía ([Donohue et al. 2013](#)). Siguiendo los pasos de una tasa acelerada de cambio ambiental global desde la década de 1950, es pertinente cuestionar si las zonas áridas están realmente condenadas a degradarse físicamente y a ser desertificadas por los humanos ([Reynolds y Stafford Smith 2002](#)), o si más bien ofrecen oportunidades para el desarrollo tomando en cuenta tanto un enfoque sistémico integral y todos los grupos de interés que coinciden en un SSE ([Reynolds et al. 2007](#); [Behnke y Mortimer 2016](#)). Finalmente, surgen preguntas sobre si las zonas áridas, a diferencia de los otros biomas de la Tierra, ¿pueden ser resilientes a cambios ([Stafford Smith et al. 2009](#)), considerando que evolucionaron bajo condiciones sociales, políticas, culturales y ambientales con una dinámica única de heterogeneidad temporal y espacial?

¿Se podrá encontrar la respuesta en una nueva narrativa ([Stafford Smith 2016](#))?

El objetivo de este trabajo es demostrar que los complejos retos del desarrollo sostenible en las zonas áridas requieren 1) un enfoque socio-ecosistémico con una aproximación inter y transdisciplinaria para su estudio y manejo; 2) una metodología incluyente y participativa que permita identificar, valorar y considerar los diferentes tipos de conocimiento y saberes para la toma de decisiones relacionadas a una problemática local; y 3) presentar los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos como instrumento novedoso para cogenerar conocimiento útil hacia el desarrollo sostenible.

Retos socio-ecológicos contemporáneos en las Zonas Áridas

Hoy los asuntos apremiantes en las zonas áridas incluyen, entre otros, la conversión de la tierra a usos agrícolas (donde el riego está causando salinización de los horizontes superficiales del suelo), el sobrepastoreo por ganado doméstico (causando la degradación de suelo, pérdida de especies forrajeras, invasión de arbustos), la introducción de especies exóticas forrajeras para la mejora de agostaderos, el desarrollo de infraestructura para acceder (pozos y consecuentemente la sobreexplotación de acuíferos), almacenar (presas con impactos en el funcionamiento hidrológico de paisajes) y distribuir agua (tuberías), la sedentarización voluntaria o forzada de pastores nómadas, la urbanización acelerada, los proyectos inapropiados de restauración y aforestación, la minería, y la instalación de plantas de energía solar, parques eólicos, repositorios de residuos tóxicos ([Reid et al. 2014](#)). Las causas de estos cambios se atribuyen al desempleo y la pobreza, una débil gobernanza local, la baja productividad agropecuaria, los bajos niveles de inversión en desarrollo local, inseguridad hídrica y alimentaria, migraciones e instituciones con estructuras de arriba hacia abajo (cambios de legislaciones por tratados neoliberales, privatización de la tierra, entre otros), sequías prolongadas y el aumento en la ocurrencia de eventos extremos de precipitación asociados a cambio climático ([Puigdefábregas 1998](#)).

Las actuaciones y políticas llevadas a cabo por la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD por sus siglas en inglés) han sido recientemente cuestionadas ([Behnke y Mortimer 2016](#)). Desde su ratificación en 1994, el mandato de la UNCCD ha evolucionado en respuesta a las necesidades de las políticas públicas para abordar la desertificación, degradación y sequía (DDS) y lograr el desarrollo sostenible. Cada país afectado por DDS generó un Plan de Acción Nacional con estrategias, programas y proyectos en aplicación del Artículo 26 de la UNCCD. Sin embargo, las acciones nacionales de un país se concentran a veces en un solo componente del SSE (ej. conservación de suelo y reforestación) ignorando el contexto socio-económico local y los avances de conocimiento científico sobre la región afectada (desvinculación entre ciencia y políticas públicas).

Recientemente, las Naciones Unidas han convocado a los países detener la degradación (la neutralidad en la degradación de la tierra) para el 2030 como meta de la UNCCD y de la Agenda 2030 (ODS 15). Para lograr esta meta, es indispensable comprender las complejas interacciones entre el ambiente y los humanos a nivel local y **generar conocimiento de casos de estudio locales sobre SSE considerando todas las zonas áridas a nivel global** ([Cherlet et al. 2018](#)).

El estudio sobre la complejidad de los sistemas socio-ecológicos locales de las zonas áridas

Por su dinámica impredecible, los SSE de las zonas áridas son sistemas complejos adaptativos en respuesta a cambios abruptos, turbulentos e inesperados originados por factores biofísicos y sociales ([Stafford Smith et al. 2009](#)). Los SSE son impredecibles porque sus componentes individuales se interrelacionan entre ellos de

manera directa o indirecta generando propiedades emergentes (ej. servicios ecosistémicos, redes sociales, integridad socio-ecológica, sistemas de gobernanza, entre otros). Estas propiedades emergen de las interacciones y retroalimentaciones entre las subunidades del SSE y de cierta forma caracterizan el grado de resiliencia de un SSE. Por ende, la resiliencia y el estado futuro de un SSE no se pueden predecir con base en los cambios observados en una o dos variables. Por ejemplo, en un sistema ganadero extensivo, los cambios en los patrones de precipitación y productividad primaria neta de las zonas áridas no son indicadores predictivos indirectos sobre las fluctuaciones de los precios de productos básicos, pero son estos componentes, más el conocimiento local, costumbres, reglas, instituciones, y compromisos económicos, entre otros, los que influyen en la toma de decisión de los ganaderos; impactando a su vez en la dinámica y resiliencia del SSE. Sin embargo, cuando las relaciones entre los elementos no funcionan o se destruyen (ej. la tasa de extracción de forraje excede su recuperación), un SSE pierde las características clave que contribuyen a la resiliencia (la cual también es una propiedad emergente), a su capacidad inherente de adaptación, transformación, y consecuentemente a las bases de la sostenibilidad (Walker et al. 2009). Por eso, es fundamental dentro de un SSE salvaguardar las fuentes de adaptación, transformación y resiliencia ecológica y social, que aseguren el restablecimiento y mantenimiento de la estructura y el funcionamiento de los SSE después de una perturbación. La resiliencia socio-ecológica incluye los recursos (bióticos y abióticos) del suelo, la integridad biótica de los ecosistemas (riqueza, composición de especies), la alta diversidad biológica y sucesional, la multifuncionalidad (Koerner y Collins 2014) y la sostenibilidad del paisaje (Herrick et al. 2010; Wu 2013) vinculados al capital social, redes sociales, conocimiento local, capacidades, normas e instituciones (Fernández-Gimenez 2000; Quinlan et al. 2016). Por ende, el estudio de la estructura, interacciones y dinámica de un SSE requiere de la teoría de sistemas complejos como guía para el manejo de recursos naturales y culturales, el desarrollo de políticas públicas y la buena gobernanza (Folke et al. 2005).

Académicos y gestores han debatido por décadas sobre cómo interpretar y tratar la variabilidad y complejidad inherente de las zonas áridas para potencialmente “mejorar” las condiciones de vida. Este acercamiento se basa en el supuesto de que es posible eliminar (i.e. controlar) la variabilidad (inherente) de las zonas áridas para adoptar estrategias de desarrollo agrícola que son exitosas en zonas templadas y tropicales, en donde la disponibilidad de agua es más predecible. Uniformidad y estabilidad ambiental podrían garantizar altos rendimientos de cultivos y aumentar la seguridad alimentaria, pero implica un alto costo para la diversidad, porque racionalizar la producción y el rendimiento se puede lograr, siempre y cuando se elimine cualquier redundancia (Walker y Salt 2006). Esta visión y estrategia parecen insostenibles y poco viables, porque todas las formas de vida que cohabitan en las zonas áridas, incluyendo al humano, han evolucionado y se han adaptado a dicha variabilidad (Rozzi 2015). De hecho, esta misma variabilidad origina una diversidad excepcional (Stafford Smith et al. 2009).

Por lo tanto, eliminar la variabilidad ambiental, necesariamente implica destruir diversidad biótica y cultural; de hecho, lo etiquetado como redundante para una situación, en el futuro podría ser la fuente de la estabilidad de estos sistemas. Los cambios acelerados y direccionales de las actividades humanas no tienen precedentes y dejarán huellas en las condiciones biofísicas y sociales en todo el planeta (Steffen et al. 2015). Por ende, las intervenciones dirigidas a lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible, requieren maximizar la protección de la riqueza de especies, culturas y conocimientos locales con un espectro amplio de potenciales respuestas a cambios socio-ambientales en diversos contextos (Chapin et al. 2009). Así se promoverá la capacidad de amortiguamiento de los SSE que enfrentan cambios impredecibles (Huber-Sannwald et al. 2012).

Esta realidad requiere de un entendimiento novedoso de la capacidad adaptativa de SSE a las condiciones emergentes. **Se reconoce la urgencia para la investigación transdisciplinaria para colaborar continuamente e intercambiar conocimiento existente, así como cogenerar nuevo conocimiento útil induciendo acciones, respuestas, políticas, e innovaciones apropiadas y relevantes dirigidas a la solución de los problemas y que se construyan sistemas resilientes y adaptativos a los impredecibles cambios futuros.**

Metodología y alcance de la investigación participativa

La investigación participativa surge en los años 70 en América Latina como parte de movimientos sociales y procesos de transformación política vinculados a la planificación social y educativa. Así se plantea una investigación con mecanismos de participación activa y democrática de la población en el planteamiento y ejecución de sus programas (Durston y Miranda 2002). Este tipo de investigación constituye un conjunto de procedimientos operacionales y técnicos para adquirir conocimiento útil, implica también que la población estudiada es un agente activo del conocimiento (relación sujeto-sujeto), y es una investigación orientada y aplicada a cambiar una situación-problema (Ander-Egg 1990). La metodología participativa provee una ciencia transdisciplinaria más profunda y completa y servicios más eficientes al público (basado en Coppock 2016). Sus métodos son empleados desde los años 80 y permiten implementar enfoques de género y diálogos intergeneracionales.

RISZA y la participación colectiva

Ante el escenario descrito, un grupo de científicos de diversas disciplinas e instituciones en las zonas áridas de México fundó en 2017 la Red Internacional para la Sostenibilidad de las Zonas Áridas (RISZA) con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Huber-Sannwald et al. 2020). RISZA es una red transdisciplinaria que se suma al gran reto de abordar el desarrollo sostenible en las zonas áridas a nivel nacional y en colaboración con redes y observatorios internacionales de países de Latinoamérica, Norte de África y Sur de Europa. Es una red incluyente que busca colectiva y participativamente el avance de la ciencia de la sostenibilidad, la incidencia en políticas públicas y el desarrollo sostenible de las zonas áridas. Para ello se requiere una nueva forma de generar conocimiento relevante y una transformación intencional (Ivaniec et al. 2020) en la gestión de los ecosistemas, en la producción de alimentos y otros productos, en la generación de energía, en la formación de recursos humanos a todos los niveles y en el establecimiento de economías justas. RISZA adopta el marco de los 17 objetivos de desarrollo sostenible de la Naciones Unidas, vislumbrando la equidad económica, la inclusión social y la protección ambiental, y pretende incorporar a los tomadores de decisión en el diseño de políticas públicas participativas.

RISZA está constituida por miembros académicos (consolidados, jóvenes, estudiantes) de diferentes disciplinas, del sector público, privado y social y con ellos genera mecanismos transversales de comunicación, investigación e incidencia en contextos complejos propios de las zonas áridas. Diseña proyectos e iniciativas que tejen el conocimiento académico con conocimiento ambiental y técnico, conocimiento local e indígena y sus diversas cosmovisiones (Tengö et al. 2017). La transdisciplinaria implica investigación participativa porque genera conocimiento que trasciende la estructura de las disciplinas, plantea conocimiento en constante desarrollo, integra al conocimiento científico con el que deriva de la experiencia y enfatiza la importancia de su aprendizaje y enseñanza (Gutiérrez Serrano 2016). El concepto originalmente surge de la idea del pensamiento basado en la complejidad, planteado como un proceso biológico, cerebral, espiritual, lógico, lingüístico, cultural, social e histórico; con un énfasis en las conexiones y en la comunicación de los saberes (Morín 1977).

En los SSE, la gobernanza se entiende como el patrón de las interacciones entre los actores y el ambiente, sus intereses y los instrumentos para dirigir los procesos ambientales y sociales dentro de los estados estables favorables (Kofinas 2009). Para evitar la pérdida de los estados favorables de un SSE y enfocarse en un desarrollo sostenible, es importante generar alianzas inter y transdisciplinarias (Pulido y Bocco 2014) basadas en las necesidades y los intereses de todos los sectores involucrados en un SSE que integren no sólo las ciencias naturales, sociales y humanidades, sino también otros sistemas de conocimiento (Huber-Sannwald et al. 2020). Esto se logra bajo nuevos esquemas de diálogo, intercambio y colaboración (Brown et al. 2015) y con énfasis en la formación y operación de alianzas entre sectores o actores (Stafford Smith et al. 2017), siempre reconociendo el acoplamiento de los SSE dentro y entre escalas locales, regionales y globales (“teleacoplamiento”, según Liu 2013). Esta constelación multisectorial de colaboración permite la cogeneración de conocimiento novedoso, relevante y útil, a través de diagnósticos, elaboración de planes, implementaciones, evaluaciones de proyectos de interés y desarrollo de políticas públicas (Ostrom 2009). **Los avances conceptuales y metodológicos en el estudio de los SSE, y la necesidad y el compromiso nacional de ofrecer soluciones para problemas relacionados con la sostenibilidad, han incrementado la comunicación y colaboración entre disciplinas sociales y naturales y entre la ciencia y la sociedad, incidiendo en marcos importantes de políticas públicas (Fischer et al. 2015).**

Ciencia abierta para el desarrollo sostenible

Los proyectos de ciencia ciudadana o de ciencia basada en la comunidad activamente involucran a múltiples sectores para avanzar en el aprendizaje científico y social, atienden las desigualdades sociales, y resuelven las prioridades locales y comunitarias (Liu et al. 2017). Los procesos de ciencia abierta son mecanismos de aprendizaje que ayudan a mejorar el quehacer académico aplicado, tejiendo distintos sistemas de conocimiento. Además, permiten construir y tener acceso a mayor cantidad de datos, reproducir casos de estudio en otros contextos y dar visibilidad a sus resultados. Existen Laboratorios Transdisciplinarios para la Sustentabilidad y/o la Conservación (Espinoza et al. 2017) con el fin de realizar investigación, capacitación y/o divulgación sobre la sostenibilidad y conservación de SSE. Estos laboratorios son instrumentos clave para acercar la ciencia a la sociedad; sin embargo, a menudo su enfoque es principalmente universitario en el sentido de que están ubicados en, o afiliados con instituciones académicas, promueven principalmente la multi o interdisciplinariedad y no involucran desde su origen a todos los grupos de interés.

Debido a los cambios rápidos globales que caracterizan al Antropoceno, se busca un nuevo paradigma para estudiar SSE generando sistemas de vigilancia que estén basados en el monitoreo de estructuras y procesos de ecosistemas terrestres y marinos en tiempo real para identificar tendencias y posibles causas de cambios con base en “big data” en todas las escalas (Lindenmayer et al. 2018). Estas redes de observación de la Tierra parecen excelentes desde el punto de vista biofísico, pero aún se requiere monitoreo que considere también la dimensión humana a todas las escalas (Václavik et al. 2016) y que realmente logren tejer los diversos sistemas de conocimiento para la coproducción de conocimiento útil.

La cogeneración de conocimiento

Para lograr los objetivos de desarrollo sostenible en las zonas áridas, es decir para comprender, adaptarse y monitorear las interacciones complejas de cambio climático, degradación y desertificación y pérdida de diversidad cultural y biótica se requiere la integración de diversos sistemas de conocimiento (del local al general, del informal al formal, del novato al experto, del tangible al implícito y explícito, del tradicional y local al científico y universal; Raymond et al. 2010). Se requiere un modelo que sea participativo, transdisciplinario y multisectorial porque sólo de esta manera se

pueden entender con profundidad los factores internos y externos de cambio, la resiliencia socio-ecológica, así como la capacidad de adaptación y transformación al cambio (Huber-Sannwald et al. 2012). El desarrollo de la investigación transdisciplinaria y participativa se basa en la generación continua de conocimiento y diálogo para crear eficientemente propuestas de desarrollo local sostenible con la plena participación de actores locales. Las colaboraciones entre pobladores locales, académicos, miembros del sector gubernamental, privado y asociaciones civiles son fundamentales para la coproducción de un conocimiento útil (Clark et al. 2016) para la evaluación y toma de decisiones relacionadas con el uso y manejo sostenible de SSE. Esta forma de quehacer académico mitiga las relaciones de poder desiguales, ya que está basado en el concepto de interculturalidad (Alsina 2003) y, a través de metodología participativa, se generan relaciones íntimas y de confianza, y se investiga la naturaleza de cada conocimiento y sus reglas de poder para legitimarse (Coppock 2016).

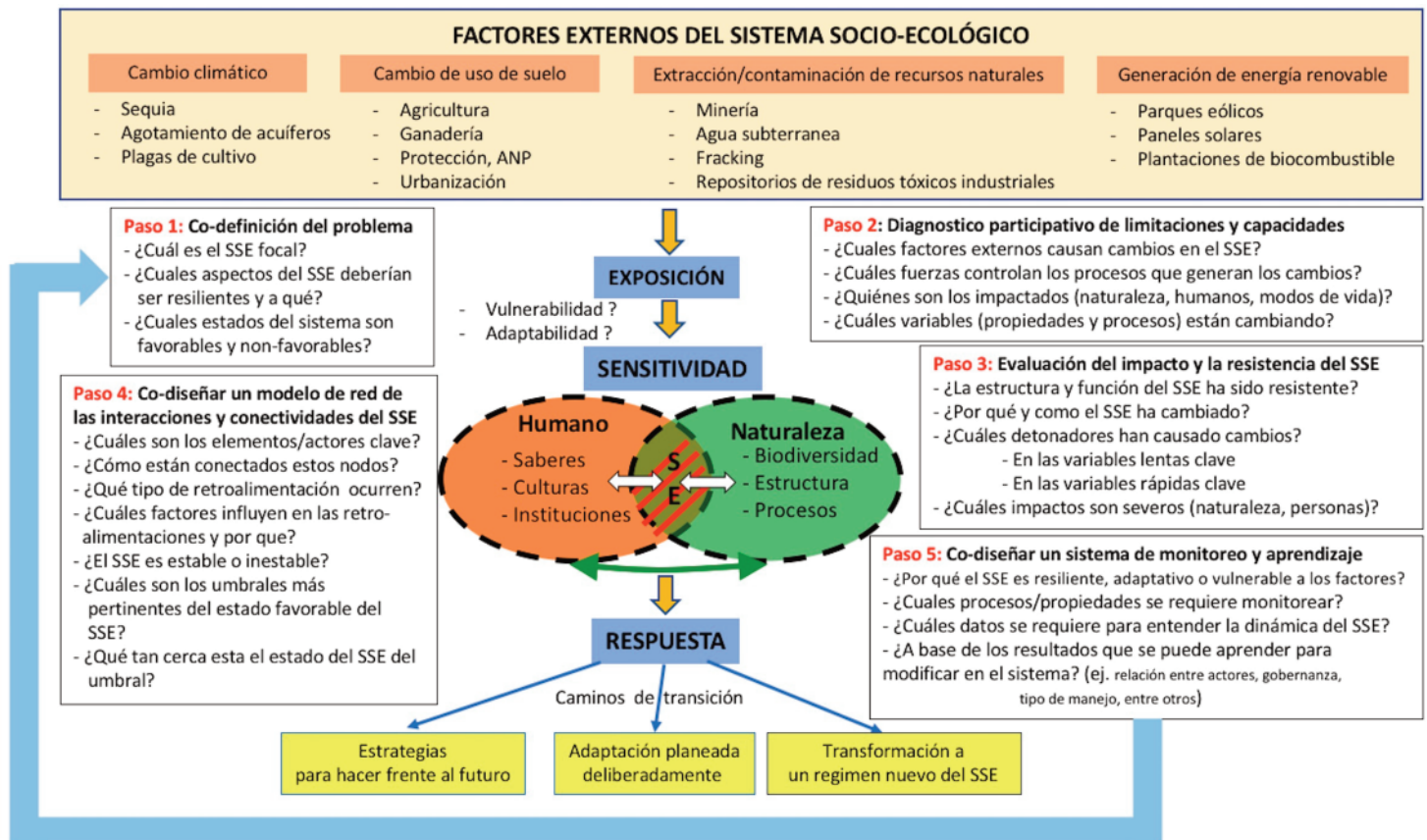
La formación de Comunidades de Aprendizaje en los Observatorios Participativos Socio-ecológicos (OPSE)

Los OPSEs de RISZA son un instrumento novedoso de innovación social, donde se exploran colectivamente y de manera participativa temas socio-ambientales de interés y necesidad local (Fig. 1) por medio de diagnósticos participativos para la evaluación de la sensibilidad, vulnerabilidad y adaptabilidad del SSE, con la finalidad de desarrollar planes de acción integrales de manejo, monitoreo y desarrollo con un sistema iterativo de evaluación para su seguimiento a largo plazo. En el observatorio se forman comunidades de aprendizaje para dar seguimiento al fenómeno bajo estudio conectando diversos sistemas de conocimiento y constituir un espacio de recopilación e intercambio de información sobre variables diversas con el fin de proveer los criterios necesarios para la generación y toma de decisiones por parte de los usuarios. La característica primordial e innovadora de los OPSEs es su carácter participativo que requiere de alianzas multisectoriales que entablen compromisos y maximicen los cobeneficios. Los observatorios participativos son espacios para aplicar directamente los conceptos de resiliencia socio-ecológica, adaptación y transformación, para así integrarlos al diseño de proyectos, programas de desarrollo y formulación de políticas públicas, es decir, la planificación e implementación de diversas intervenciones para lograr el desarrollo sostenible. Los OPSEs facilitan la formación de alianzas de personas que en colaboración examinan los problemas centrales de manera sistémica, integral, a largo plazo y de manera iterativa y adaptativa; lo último ayudando a fortalecer el aprendizaje, a refinar planes y proyectos originales, y a identificar y explorar nuevas oportunidades incluyendo una adaptación transformativa (Colloff et al. 2017).

Percepción, estimación y medición para comunicación

Un tema importante en el manejo de los recursos naturales y culturales, y en la planificación o en la operación de un OPSE es el integrar-tejer cómo un problema es socialmente percibido y cómo es científicamente medido. El resultado de dicha síntesis de sistemas de conocimiento es la base para definir el problema en los primeros pasos, pero es igualmente importante en los pasos intermedios y finales (Fig. 1) para elaborar una estrategia de comunicación de los resultados de una investigación científica.

Las características internas del modelo de operación de la Figura 1 representa el carácter de cada SSE. Este carácter cambiante entre y dentro de cada OPSE, reflejo de las dinámicas cambiantes propias de la sociedad y del SSE, se traduce en la metodología y obtención de información y datos. El análisis de diferentes problemáticas socio-ambientales, a través de la combinación de la percepción social, de la estimación y de la medición de un fenómeno o problema específico, ej. la sequía, en un contexto de complementariedad de los conocimientos permite mejorar los procesos y pasos de la operación de un OPSE. Para lograr la con-



Paso 4: Co-diseñar un modelo de red de las interacciones y conectividades del SSE

- ¿Cuáles son los elementos/actores clave?
- ¿Cómo están conectados estos nodos?
- ¿Qué tipo de retroalimentación ocurren?
- ¿Cuáles factores influyen en las retroalimentaciones y por qué?
- ¿El SSE es estable o inestable?
- ¿Cuáles son los umbrales más pertinentes del estado favorable del SSE?
- ¿Qué tan cerca está el estado del SSE del umbral?

Paso 5: Co-diseñar un sistema de monitoreo y aprendizaje

- ¿Por qué el SSE es resiliente, adaptativo o vulnerable a los factores?
- ¿Cuáles procesos/propiedades se requiere monitorear?
- ¿Cuáles datos se requiere para entender la dinámica del SSE?
- ¿A base de los resultados que se puede aprender para modificar en el sistema? (ej. relación entre actores, gobernanza, tipo de manejo, entre otros)

Figura 1. Modelo de la ruta adaptativa de acción (paso a paso) de los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos de RISZA (SSE= Sistemas socio-ecológicos, SE= Servicios ecosistémicos) (adaptado de Reed y Stringer 2016 y de Ivaniec et al. 2020).

Figure 1. Adaptive action pathway model (step-by-step) of the RISZA Participatory Socio-Ecological Observatories (SSE= Social-Ecological Systems, SE= Ecosystem Services) (adapted from Reed y Stringer 2016 and Ivaniec et al. 2020).

solidación de una problemática reconocida por todos los generadores de conocimientos en la forma que sea (por percepción, estimación o medición) a través de la complementariedad, es necesario definir un factor unificador, por ejemplo, el recurso agua en el contexto de la desertificación, en el caso de los OPSE de RISZA.

La **percepción** social se está manejando como un proceso cognitivo en el cual convergen creencias, actitudes y saberes, en un marco cultural y de construcción social. Según las autoras Arizpe et al. (1993), las percepciones están contextualizadas por marcos culturales y bajo una dinámica de construcción social mediante la interacción entre los individuos. Lazos y Paré (2005) definen la percepción como la experiencia directa sobre el medioambiente conjuntamente con la información indirecta que recibe el individuo de su mundo social y la influencia de lo cultural sobre la percepción misma. Las percepciones implican un proceso que se va construyendo con base en las prácticas cotidianas en el lugar de vida y de trabajo, desde sus propias experiencias y las compartidas dentro de una comunidad. Las problemáticas no solamente se perciben y se valoran, sino que también se viven. Incluir en los OPSEs la percepción de las problemáticas desde lo local permite una definición de la misma más atinada y priorizar los temas importantes. La inclusión (de los saberes) de los residentes de un lugar tiene el arraigo y el sentido de pertenencia que lleva a una percepción del riesgo de perder un recurso por ejemplo y da una predisposición a actuar para conservar el mismo.

Una **estimación de un fenómeno** se puede hacer con datos indirectos y generan hipótesis útiles para tomar decisiones preventivas. Encuestas, cuestionarios y/o el uso de datos o indicadores ya existentes, para por ejemplo construir modelos de índices que proporcionan una estimación de un fenómeno, sin relativamente

muchas mediciones ni experimentos costosos en términos de recursos económico, humanos y de tiempo, puede servir de insumo para tomar decisiones. Al opuesto de la percepción se encuentra la **“medición”** de información cualitativa y cuantitativa, que requiere de instrumentos, insumos, reactivos, muestras y salidas de campo, y hasta información proveniente de satélites que proporciona en este último caso información remota de la problemática estudiada.

Estrategias de **comunicación** del conocimiento son necesarias durante cada uno de los pasos, para romper las barreras entre sistemas de conocimientos, género, interculturales e interdisciplinarias. Con el análisis de los resultados, es decir sabiendo cual es el problema percibido y el medido científicamente, se elaborará una estrategia de comunicación de los resultados para ser entregada a los manejadores de los recursos naturales (residentes) y a los planificadores (gobierno). Se espera que sea más efectiva la comunicación de los resultados y se tomen en cuenta para el codiseño en sus diferentes etapas hacia la sustentabilidad.

Al contrastar percepción, estimación y medición, se debe ser consciente de sus limitaciones, pero aprovechar las ventajas que permitan consolidar los saberes mediante una estrategia de comunicación que lleve a conjuntar los saberes.

Metodologías participativas para la operación de los OPSEs

La metodología participativa busca crear diálogos respetuosos con plena participación de diversos actores en un SSE. La participación entendida como un proceso mediante las personas obtienen más o menos grados de contribución en el proceso de desarrollo, llamada ‘la escalera de la participación’, indica cómo pasar gradualmente de una pasividad como informante o beneficiario al control

de su propio proceso hasta la autogestión (Geilfus 2002). En los proyectos de investigación-acción la metodología participativa se suele dividir en diversas fases (i.e. diagnóstico, planeación, implementación y evaluación) con una amplia lista de herramientas participativas que se pueden emplear para lograr distintos objetivos

obteniendo datos cualitativos y/o cuantitativos (Tabla 1). Para las alianzas multisectoriales ciertas herramientas son más útiles que otras para tejer los distintos sistemas de conocimiento permitiendo el aprendizaje social y la colaboración para atender problemas complejos sistematizando conocimientos.

Tabla 1. Para la operación de los OPSEs se requiere la aplicación de un amplio espectro de diferentes herramientas participativas con objetivos particulares.

Table 1. The operation of the OPSEs requires the application of a wide range of different participatory tools with particular objectives.

Herramienta	Objetivos y Alcance	Literatura
Evaluación rural participativa	Es el método pionero en participación originalmente para aplicaciones en el medio agrícola pero después adaptado a otros contextos como comunidades indígenas. Permite evaluar el estado de las comunidades y así encontrar necesidades para diseñar un plan de acción.	Chambers R. 1983; Warren et al. 1995
Educación participativa	Propone mejores relaciones entre maestro y estudiantes, estudiante y sociedad, en donde el aprendiz también co-genera conocimiento.	Freire 1970
Comunidades de aprendizaje	La educación como participación y práctica basada en el lugar, se refiere a grupos de personas con intereses mutuos.	Davidson-Hunt y O'Flaherty 2007
Mapeos participativos	De las técnicas más exitosas para generar dialogo y combinar sistemas de conocimiento, también existe el video y otros medios visuales que se usan de manera similar.	Chapin et al. 2005
Talleres y modelaje participativo	Grupo de técnicas elaboradas pero sencillas par generar sinergias colaborativas y participativas en grupos con diversos conocimientos y antecedentes culturales.	Knapp et al. 2011
Planeación de escenarios participativa	Es una herramienta de los talleres y modelaje participativo en donde se exploran escenarios posibles y con diversos retos sobre como el futuro se puede desarrollar.	Bennett y Zurek 2006
Monitoreo participativo comunitario	Se les da prioridad a los conocimientos de los pobladores locales para interpretar distintas señales del medio ambiente.	Eamer 2006
Planeación de conservación participativa	También se le da prioridad al conocimiento local, pero se integra con otros conocimientos para elaborar planes de manejo y conservación de recursos	Roth 2004
Restauración ambiental participativa	También se le da prioridad al conocimiento local pero se integra con otros conocimientos para elaborar planes de restauración ambiental.	Robertson y McGee 2003

A continuación, se describen algunas herramientas empleadas durante la fase de Diagnóstico del desarrollo de los OPSEs (i.e. los Ríos de vida, los Mapeos cognitivos, los Talleres y Matrices participativas).

Ríos de vida

Un análisis colaborativo histórico socio-ambiental de un SSE a menudo demuestra qué factores y detonadores externos e internos de un SSE han: i) influenciado el proceso y la dinámica de la toma de decisión de las comunidades, ii) modificado el funcionamiento del ecosistema y por ende la disponibilidad o acceso a recursos naturales clave para sostener los modos de vida al grado de que se puede realizar una evaluación participativa de la resiliencia socio-ecológica del sistema. Los ríos de vida son una herramienta participativa basada en el diálogo y reflexión (Moussa 2009) que permite conocer la historia de los actores mediante la reconstrucción de hechos históricos importantes (Peacock y Ho-

lland 1993). El objetivo de los ríos de vida para el entendimiento integral de SSE es conocer las vivencias, experiencias, fenómenos e influencias que han motivado a los actores a adaptarse ante los cambios suscitados en el contexto socioambiental hasta el presente.

Para desarrollar la actividad y obtener resultados sobre la dinámica espacio-temporal de una SSE se realizan preguntas como: ¿Qué actividades socioeconómicas desempeñaban? ¿Cuáles eran las tradiciones? entre otras, utilizando la metáfora de un río para describir diversas situaciones representadas por afluentes, torrentes, giros, obstáculos.

Para realizar la actividad es necesario que con grupos afines (sectores) durante los talleres participativos multisectoriales se ilustren mediante el curso del río sus vivencias para así compilar información sobre los eventos importantes y las experiencias vividas en cada SSE (Fig. 2). Cada sector comparte y explica su río de vida para generar aprendizaje y colaboración.



Figura 2. Río de la vida realizado por un grupo de actores quienes identificaron sucesos históricos relacionados con el sistema socio ecológico tales como la fundación del ejido, decreto como Reserva de la Biósfera, la relación con los distintos actores de gobierno, instituciones, investigadores, entre otros, así como también las alianzas que se han generado a lo largo del tiempo y el cambio en las actividades socioeconómicas, hasta llegar a la conformación del OPSE.

Figure 2. River of life carried out by a group of actors who identified historical events related to the socio-ecological system such as the founding of the ejido, the decree as a Biosphere Reserve, the relationship with different government actors, institutions, researchers, among others, as well as the alliances that have been generated over time and the change in socio-economic activities, until the formation of the OPSE.

Mapas Cognitivo-Difusos como herramienta participativa para promover al diálogo y el intercambio de conocimiento

Originalmente propuestos por Kosko (1986), los Mapas Cognitivos Difusos (MCD) son la representación de razonamiento causal, es decir, de relaciones causa-efecto entre dos o más elementos (conceptos). En la última década se han utilizado cada vez más como una herramienta gráfica, semi-cuantitativa y participativa para la representación del conocimiento de individuos o grupos de personas para el entendimiento de procesos complejos en SSE (Gray et al. 2013).

Los MCD se construyen por medio de un proceso participativo (Fig. 3), donde se puede utilizar una pregunta o concepto detonante para motivar a los participantes a representar su conocimiento, percepción o creencias relacionadas. A manera de ejemplo de un resultado de este método, en la Figura 4 se muestran tres MCD contruidos a partir de la pregunta detonante “¿Cuáles son los elementos clave que influyen en la cantidad agua?”, los cuales corresponden a tres grupos sectoriales de un SSE árido, donde el agua es un recurso limitante: 1) pobladores locales, 2) grupos académicos y 3) gobierno local. Los sectores dentro de un SSE pueden tener diferentes visiones y conocimientos sobre un mismo proceso. Por su parte, los MCD son una herramienta poderosa para identificar y representar gráficamente diferentes narrativas o “realidades” y para promover el intercambio de conocimiento por medio del diálogo. En el ejemplo de la Figura 4 se observan diferencias entre los MCD de los tres sectores, entre las que se incluyen: 1) un enfoque basado en aspectos de la vida diaria, relacionados al uso y manejo del agua, por parte de los pobladores locales, que representa una visión base para entender procesos complejos dentro de los SSE. 2) Un marcado enfoque sistémico

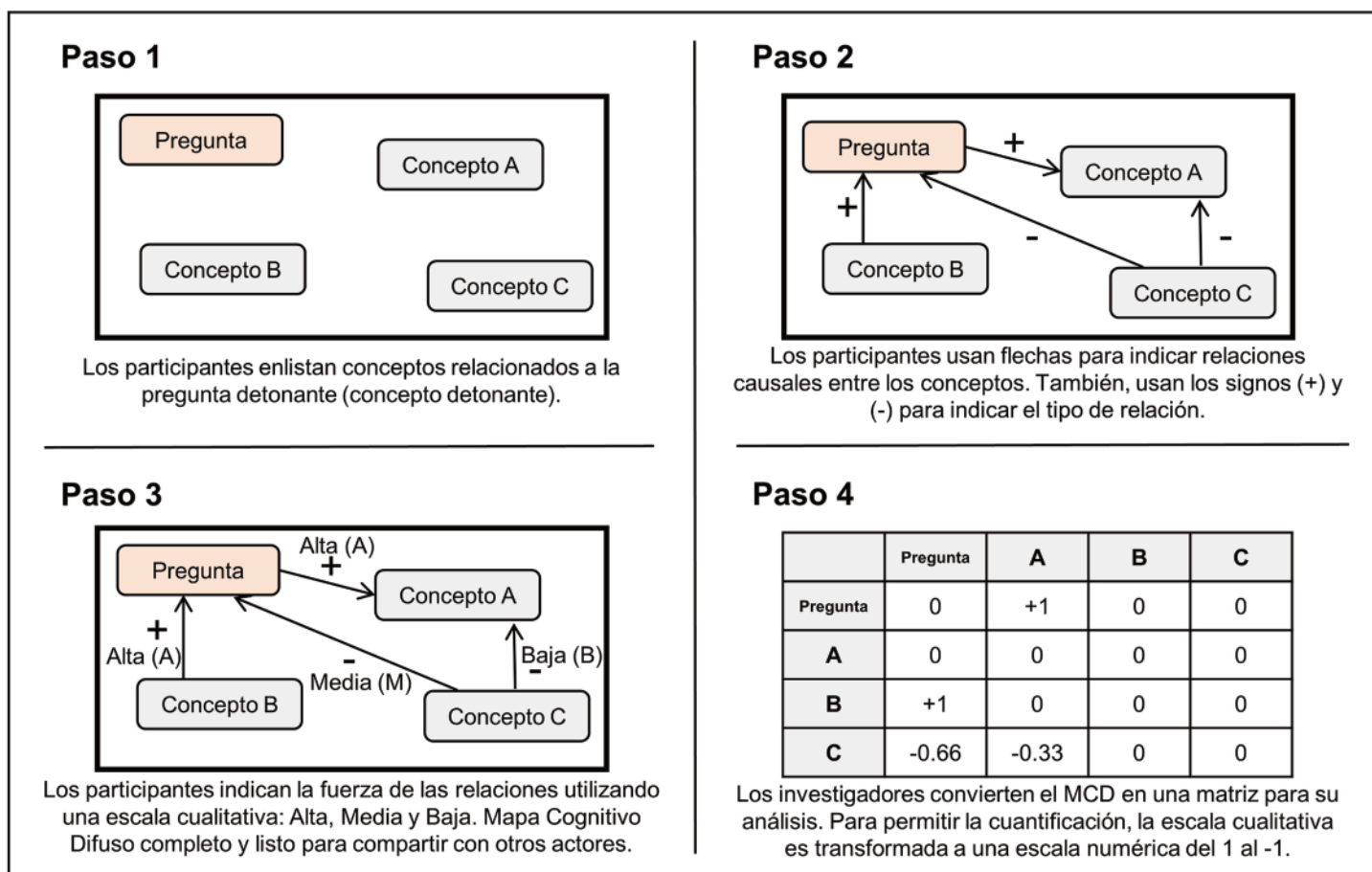


Figura 3. Metodología para la construcción de Mapas Cognitivos Difusos. Modificado de Radonic 2019.

Figure 3. Methodology for the construction of Fuzzy Cognitive Maps. Modified from Radonic 2019.

por parte de la academia, donde se incluyeron mayores relaciones entre los conceptos y efectos indirectos al concepto central. Por último, 3) la inclusión de acciones factibles para mantener o aumentar la calidad y cantidad del agua por parte del gobierno local, lo que está relacionado a sus objetivos institucionales. Los tres enfoques son complementarios y necesarios para comprender procesos complejos en el sistema.

En este ejemplo, tanto los grupos académicos como el gobierno local coincidieron sobre la importancia del conocimiento acerca del

cuidado del agua y la educación ambiental, un indicador de la necesidad de espacios de comunicación y colaboración intersectorial como el OPSE. Los MCD no sólo son claves durante el diagnóstico participativo, sino que también pueden fomentar la creación de nuevas relaciones de colaboración y confianza entre actores, lo que deriva en la integración de diferentes formas de pensar al conocimiento social colectivo (Henly-Shepard et al. 2015). Además, los MCD pueden ser utilizados para lograr la toma de decisiones colectiva dentro de un ambiente multisectorial (Gray et al. 2015).

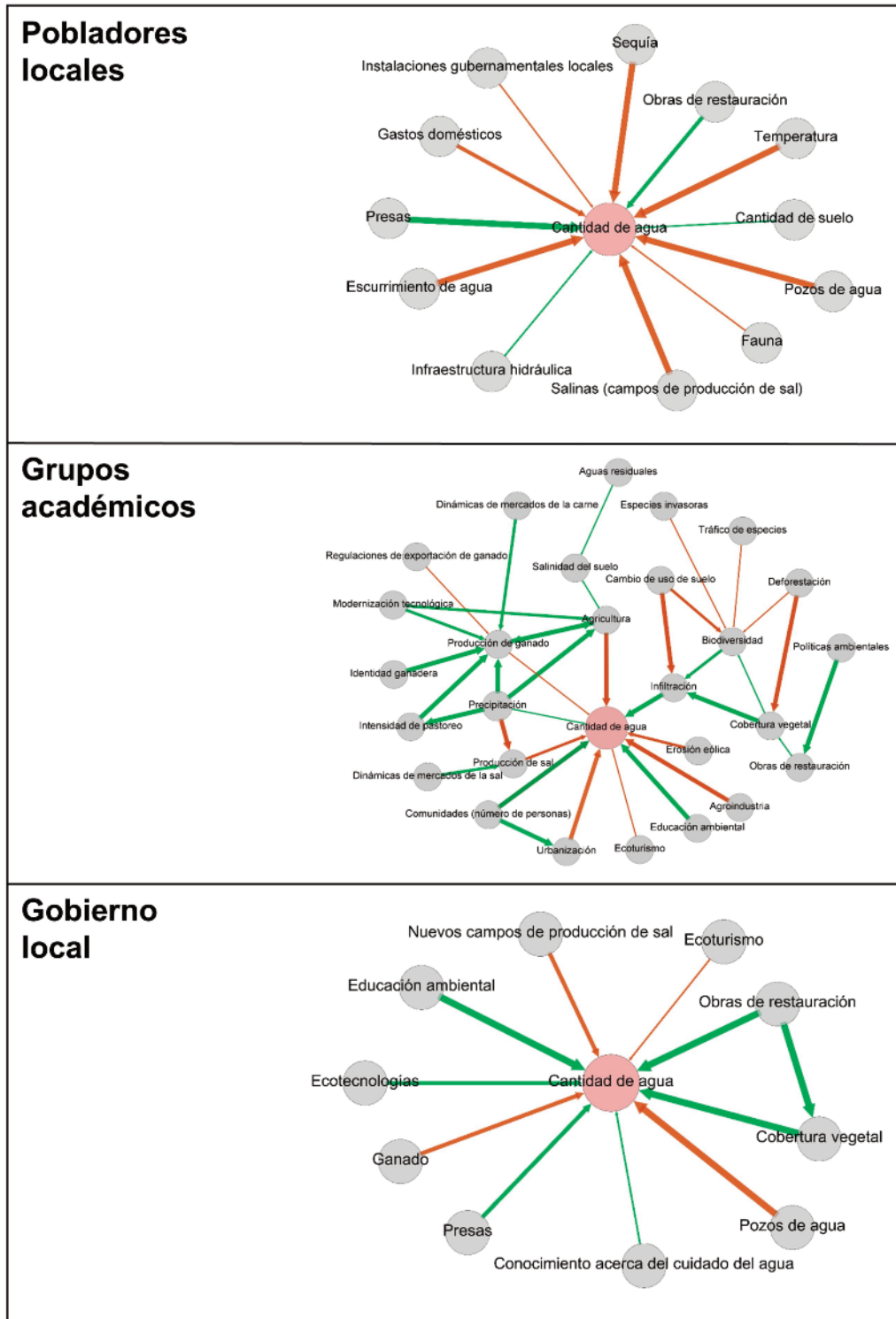


Figura 4. Mapas Cognitivos Difusos generados por los sectores: grupos académicos, pobladores locales y gobierno local. El componente detonante “cantidad de agua” está resaltado en rojo. Las flechas rojas representan relaciones negativas y las verdes positivas. Entre más gruesa la flecha, mayor fuerza de relación entre conceptos.

Figure 4. Fuzzy Cognitive Maps generated by the sectors: academic groups, local people and local government. The trigger component “water quantity” is highlighted in red. Red arrows represent negative and green arrows positive relationships. The thicker the arrow, the stronger the relationship between concepts.

Valoración participativa de los servicios y su relación con la degradación de un paisaje multifuncional

En los SSE de las zonas áridas convergen una diversidad de intereses y necesidades de los distintos actores presentes. Esto provoca que cada sector, valore el paisaje de distinta forma y que, para cada uno de ellos, cumpla con distintas funciones. Reconocer los diferentes usos y valores que puede tener un mismo paisaje y la relación de estos servicios ecosistémicos con el bienestar humano, puede ser fundamental y un acercamiento distinto para entender cómo la pérdida de estos servicios relevantes (*degradación*)

genera impactos y es percibida por los distintos sectores. Para ello, se requiere un acercamiento participativo y multisectorial con talleres en donde los participantes, 1) reconozcan los servicios ecosistémicos que ofrece el paisaje, así como las dimensiones del bienestar relacionados con estos servicios, 2) seleccionen los servicios y dimensiones de mayor relevancia y 3) valoricen cada uno de los servicios con base en su aporte al bienestar humano.

En la **Figura 5**, se muestra un ejemplo que representa estas diferencias entre los distintos sectores y cómo cada uno priorizará y valorará distintos servicios ecosistémicos. En este caso, los pobla-

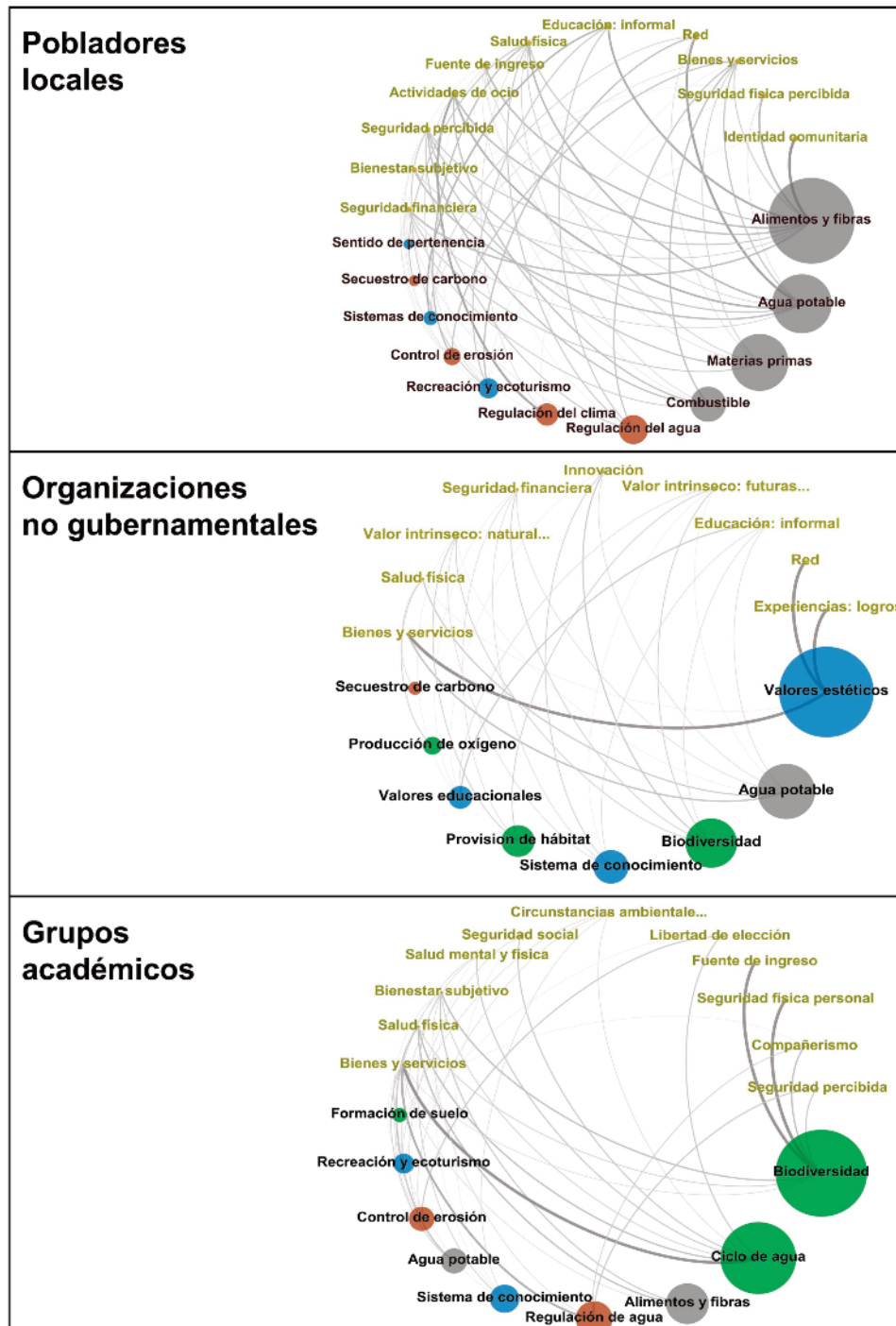


Figura 5. Ejemplo de diferencias entre la interrelación de los servicios ecosistémicos y dimensiones del bienestar humano priorizadas por distintos sectores. Las dimensiones del bienestar humano se muestran con letra de distinto color (amarillo). El tamaño del nodo indica su relevancia (acumulativa) para el bienestar humano, mientras que los distintos colores de los nodos representan las cuatro categorías de servicios ecosistémicos (gris-servicios de provisión, azul-servicios culturales, rojo-servicios de regulación y verde-servicios de soporte). El ancho de las líneas (aristas) representa la fuerza de la relación entre servicio ecosistémico y dimensión del bienestar.

Figure 5. Example of differences between the interrelationship of ecosystem services and dimensions of human well-being prioritised by different sectors. Dimensions of human well-being are shown in different coloured font (yellow). The size of the node indicates its (cumulative) relevance for human well-being, while the different colours of the nodes represent the four categories of ecosystem services (grey - provisioning services, blue - cultural services, red - regulating services and green - supporting services). The width of the lines represents the strength of the relationship between ecosystem service and well-being dimension.

dores locales otorgan una mayor relevancia a servicios de provisión, debido a la relación de estos con el desarrollo de sus actividades productivas y con aspectos de su vida relevantes como la seguridad financiera o la fuente de ingreso, mientras que los grupos académicos o asociaciones civiles valoran fuertemente servicios de soporte o culturales, los cuales se encuentran vinculados a dimensiones del bienestar diferentes, como seguridad percibida o libertad de elección. Con estos resultados y a través de estas redes, se puede evidenciar el impacto que tiene cada uno de los servicios sobre el bienestar humano, lo que permite entender como la pérdida de alguno de estos podría suscitar efectos directos en el modo de vida de los distintos actores (Fig. 5). Esto implicaría que la degradación impacta de distinta forma a cada uno de los sectores, además de que el concepto de la misma podría ser diferente entre ellos, al estar vinculada a la pérdida de esos servicios priorizados y a definiciones propias sobre bienestar humano.

Por ello, en este tipo de SSE, la degradación tendría que ser abordada desde un enfoque transdisciplinario y participativo, incorporando indicadores relevantes para cada sector y vinculados a esos servicios ecosistémicos y dimensiones del bienestar altamente valoradas. Este tipo de redes se pueden convertir en herramientas poderosas que favorezcan el diálogo entre sectores y útiles para construir colectivamente proyectos de investigación, conservación, manejo, monitoreo y adaptación en paisajes multifuncionales.

Repositorio Participativo del Desierto: Sistema de Co-producción de Conocimiento

Los OPSEs cuentan con un sistema de información amigable que incluye un portal web, una aplicación móvil y sensores en campo integrados en un servicio de manejo de datos con soporte de almacenamiento en el Centro Nacional de Supercómputo. Este sistema contempla aspectos de privacidad de datos y la protección del conocimiento por medio de diversos estándares y normas. Se accede por medio de un usuario/contraseña para subir y consultar información, en donde cada usuario pueda seleccionar el nivel de privacidad de sus datos, así los OPSEs cuentan con un espacio seguro y confiable para el almacenamiento y la disseminación de su valiosa información. Por un lado, se compila información ya existente para dar acceso y democratizar al conocimiento; y por otro lado se busca el establecimiento de sistemas de monitoreo a largo plazo definidas por las distintas comunidades de aprendizaje en

cada OPSE o de manera transversal en todos los OPSEs. Como ejemplo, se describe el monitoreo participativo de agua para incidir en la seguridad hídrica en dichas regiones.

El manejo del agua considera el balance hídrico a escala de una cuenca según una norma (e.g. la NOM-O11 de CONAGUA en México) contemplando aspectos antropogénicos que afectan la disponibilidad del recurso y en consecuencia la calidad del agua conduciendo a problemas de seguridad hídrica. Con la intención de cogenerar información sobre calidad de agua y de los niveles piezométricos se propone un sistema de monitoreo participativo de seguimiento de profundidad de nivel estático y calidad de agua subterránea y superficial (en pozos, norias, lagunas, presas, ríos y de aguas residuales de descarga, tratadas o crudas). Con esa información se cogeneran indicadores para la sostenibilidad hídrica y las tendencias del deterioro de la calidad de agua en los SSE, midiendo el abatimiento y/o recarga de acuíferos y los cambios de calidad de agua que se destina a los diferentes usos de las comunidades. Con ello, se pretende coadyuvar a contrarrestar, a mediano y largo plazo, el proceso de la desertificación. Como resultados preliminares se identificaron sitios de monitoreo, se realizaron algunos muestreos de agua en pozos y norias, y se diseñó un manual de monitoreo participativo de agua y vegetación a mediano y largo plazo contemplando los requerimientos locales de cada comunidad (Fig. 6).

Conclusiones

Es urgente monitorizar colectivamente el cambio en la riqueza, composición, diversidad, estructura y productividad de los ecosistemas, el aumento de eventos meteorológicos extremos como son sequías, la dinámica de la recarga de acuíferos, la seguridad alimentaria asociada a diferentes sistemas productivos, regiones eco-geográficas de las zonas áridas, así como la pobreza y desintegración social, para establecerlos como indicadores clave de la desertificación en las zonas áridas y así orientar políticas públicas que los atiendan allanando el camino hacia el desarrollo sostenible a diversas escalas. La disminución en la capacidad de los SSE locales para absorber tensiones constituye una amenaza para el humano. Para lograr el desarrollo sostenible en las zonas áridas es necesario implementar programas que incentiven una gobernanza que responda a los contextos locales particulares generados a partir del capital natural y social de los SSE. Los OPSEs son herramientas modernas para monitorizar cambios en el territorio y se hacen desde muchas miradas y objetivos.



Figura 6. Diseño, definición e implementación de una red de monitoreo de cantidad y calidad de agua en los OPSEs. Izquierda; Adaptación de pozos al acceso de sonda piezométrica, Derecha; Medición de la profundidad del nivel estático en un pozo de los sitios OPSEs.

Figure 6. Design, definition and implementation of a water quantity and quality monitoring network in the OPSEs. Left; Adaptation of wells to piezometric probe access, Right; Measurement of the depth of the static level in a well of the OPSEs sites.

La creación de OPSEs como plataformas transdisciplinarias locales con múltiples actores promueve la generación de alianzas en la interface sociedad – naturaleza – conocimiento – políticas públicas, para identificar, entender y dar voz e importancia al contexto social, cultural, económico, político y biofísico de un SSE, cuestión esencial para establecer el marco conceptual dentro del cual se construya un desarrollo sostenible. Implementar este enfoque en diferentes SSE de las zonas áridas establece las bases y los lineamientos para atender problemas como la desertificación, la pérdida de diversidad biocultural y la carencia de diálogo intercultural con las comunidades locales y con los pueblos indígenas. Por ende, estos retos científicos, son de amplio impacto social para los habitantes de las zonas áridas. Además, este proyecto fortalecerá la colaboración interinstitucional e interdisciplinaria a nivel nacional, con un marco operativo para cumplir con las demandas para el aprovechamiento y la protección de ecosistemas y de la biodiversidad dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Contribución de los autores

Sandra Daniela Hernández Valdéz: Análisis formal, recursos, metodología, conceptualización, redacción - revisión y edición. Elisabeth Huber-Sannwald: Administración del proyecto, adquisición de fondos, conceptualización, investigación, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición, supervisión, visualización. Claudia Lorena Lauterio Martínez: Administración del proyecto, conceptualización, investigación metodología, redacción - revisión y edición. Juana Claudia Leyva Aguilera: Conceptualización, investigación, metodología, redacción - revisión y edición. Simone Lucatello: Conceptualización, redacción - revisión y edición. Natalia Martínez Tagüña: Administración del proyecto, adquisición de fondos, conceptualización, investigación, redacción - revisión y edición, supervisión, visualización. Ricardo Ismael Mata Páez: Análisis formal, recursos, metodología, recursos, redacción - revisión y edición. Víctor Manuel Reyes Gómez: Administración del proyecto, adquisición de fondos, conceptualización, investigación, redacción - revisión y edición. Georges Seingier: Conceptualización, investigación, metodología, redacción - revisión y edición.

Agradecimientos

Los autores agradecen la invitación de esta contribución a los coeditores de este Monográfico y a los comentarios valiosos de dos revisores anónimos. Las ideas presentadas en este artículo son el producto de una investigación transdisciplinaria participativa en diversos sistemas socio-ecológicos de las zonas áridas de México. Agradecemos a todos los participantes de las comunidades de aprendizajes por sus valiosas aportaciones. EHS reconoce el apoyo financiero de CONACYT con los proyectos PDCPN 2017-5036 y PRONACE 308708. VMRG agradece el financiamiento por el Proyecto Operativo 0339 del INECOL-(OPSE Mapimi) y el Proyecto FGRA-INECOL A.333 (OPSE Cuauhtémoc).

Referencias

- Alsina, M. 2003. *La comunicación intercultural*. Antropos, Barcelona, España.
- Ander-Egg, E. 1990. *Repensando la Investigación-Acción-Participativa*. Colección Política, Servicios y Trabajo Social. Grupo Editorial Lumen Hvmánitas, Vitoria, País Vasco, España.
- Arizpe, L., Paz, F., Velásquez, M. 1993. *Cultura y cambio global: percepciones sociales sobre la deforestación en la selva Lacandona*. 1993, CRIM-UNAM, México.
- Behnke, R.H., Mortimer, M. 2016. *The End of Desertification?* Springer Earth System Science Series, New York, N.Y, Estados Unidos.
- Bennett, E., Zurek, M. 2006. Integrating epistemologies through scenarios. En: Reid WV, Berkes F, Wilbanks T, Capistrano D (eds). *Bridging scales and knowledge systems*, pp 275–294. Island Press, Washington, DC, Estados Unidos.
- Berkes, F., Folke, C. 1998. *Linking Social and Ecological Systems*. Cambridge University Press.
- Brown, A., Colville, I. Pye, A. 2015. Making Sense of Sensemaking in Organization Studies. *Forthcoming in Organization Studies* Vol. 36:265-277.
- Chambers, R. 1983. *Rural development: putting the last first*. Pearson Education Limited, London, Reino Unido.
- Chapin, M., Lamb, Z., Threlkeld, B. 2005. Mapping indigenous lands. *Annual Review of Anthropology* 34:619–638. <https://doi.org/10.1146/annurev.anthro.34.081804.120429>
- Chapin, III, F.S., Kofinas, G.P., Folke, C. 2009. *Principles of Ecosystem Stewardship*. Springer Press, New York, N.Y, Estados Unidos.
- Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., von Maltitz, G. 2018. *World Atlas of Desertification*, Publication Office of the European Union, Luxemburgo.
- Clark, W.C., van Kerkhoff, L., Lebel, L., Gallopin, G.C. 2016. Crafting usable knowledge for sustainable development. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(17):4570-4578.
- Colloff, M., Martin-Lopez, B., Lavorel, S., Locatelli, B., Gorddard, R., Longaretti, P., et al. 2017. An integrative research framework for enabling transformative adaptation. *Environmental Science and Policy* 68: 87-96.
- Coppock, L.D. 2016. Cast Off the Shackles of Academia! Use Participatory Approaches to Tackle Real-World Problems with Underserved Populations. *Rangelands* 38(1):5-13.
- Davidson-Hunt, I.J., O'Flaherty, R. 2007. Researchers, indigenous peoples and place-based learning communities. *Society and Natural Resources* 20:291–305. <https://doi.org/10.1080/08941920601161312>
- Donohue, R.J., Roderick, M.L., McVicar, T.R., Farquhar G.D. 2013. Impact of CO₂ fertilization on maximum foliage cover across the globe's warm, arid environments. *Geophysical Research Letters* 40:3031–3035.
- Durston, J., Miranda, F. 2002. *Experiencias y metodología de la investigación participativa*. Serie Políticas sociales, División de Desarrollo Social. CEPAL, Publicación Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile.
- Eamer, J. 2006. Keep it simple and be relevant: the first ten years of the Arctic Borderlands Ecological Knowledge Co-op. En: Reid, W.V., Berkes, F., Wilbanks, T., Capistrano, D. (eds) *Bridging scales and knowledge systems*, pp 185– 206. Island Press, Washington, DC, Estados Unidos.
- Ellis, E.C. 2015. Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs* 85(3):287-331.
- Espinoza, A., Mesa-Jurado, M.A., Ortega-Argueta, A., Hernández, F.R.M. 2017. Laboratorios para la sustentabilidad: nuevos espacios para el quehacer científico y la formación de recursos humanos. *Revista de El Colegio de San Luis* VII (13): 17.
- Fernández-Giménez, M.E. 2000. The role of Mongolian nomadic pastoralists' ecological knowledge in rangeland management. *Ecological Applications* 10:1318-1326.
- Fischer, J., Gardner, T.A., Bennett, E.M., Balvanera, P., Biggs, R., Carpenter, S., et al. 2015. Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14:144-149.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., Norberg, J. 2005. Adaptive governance of socio-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441-473.
- Freire, P. 1970. *Pedagogy of the oppressed*. Continuum, New York, NY, Estados Unidos y Londres, Reino Unido.
- Geifus, F. 2002. *80 Herramientas Para el Desarrollo Participativo*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, San José, Costa Rica.
- Gray, S.A., Gray, S., Cox, L.J., Henly-Shepard, S. 2013. Mental Modeler: A Fuzzy-Logic Cognitive Mapping Modeling Tool for Adaptive Environmental Management. En: *Proceedings of the 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 963–973. IEEE Computer Society, Washington, DC, Estados Unidos.
- Gray, S.A., Gray, S., Kok, J.L. De Helfgott, A.E.R., Dwyer, B.O., Jordan, R., Nyaki, A. 2015. Using fuzzy cognitive mapping as a participatory approach to analyze change, preferred states, and perceived resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society* 20(2):11.
- Gutiérrez Serrano, N.G. 2016. *Senderos académicos para el encuentro. Conocimiento transdisciplinario y configuraciones en red*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Henly-Shepard S, Gray SA, Cox LJ. 2015. The use of participatory modeling to promote social learning and facilitate community disaster planning. *Environmental Science and Policy* 45:109–122.

- Herrick, J.E., Lessard, V.C., Spaeth, K.E., Shaver, P.L., Dayton, R.S., Pyke, D.A., et al. 2010. National ecosystem assessments supported by scientific and local knowledge. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8(8):403-408.
- Huber-Sannwald, E. 2020. Introduction: International Network for the Sustainability of Drylands_ Transdisciplinary and Participatory Research for Dryland Stewardship and Sustainable Development. En: Huber-Sannwald, E., Martínez Tagüeña, N., Espejel, I. Lucatello, S., Coppock, D.L., Reyes Gómez, D.L. (eds.) *Stewardship of Future Drylands and Climate Change in the Global South*. pp. 1-24. Springer International Publishing, India.
- Huber-Sannwald, E., Ribeiro, M., Arredondo, J.T., Braasch, M., Martínez, M., García de Alba, J., Monzalvo, K. 2012. Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 367:3158-3177
- Huang, J. Li, Y., Fu, C., Chen, F., Fu, Q., Dai, A., et al. 2017. Dryland climate change: Recent progress and challenges. *Reviews of Geophysics* 7: 719-778.
- Ivaniec, D.M., Cook, E.M., Davidson, M.J., Berbés-Bázques, M., Georgescu, M., Scott Krayenhoff, E., et al. 2020. The co-production of sustainable future scenarios. *Landscape and Urban Planning* 197:103744.
- Knapp, C.N., Fernandez-Gimenez, M., Kachergis, E., Rudeen, A. 2011. Using participatory workshops to integrate state-and-transition models created with local knowledge and ecological data. *Rangeland Ecology and Management* 64:158–170. <https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00047.1>
- Kosko B. 1986. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies* 24:65–75.
- Krätli, S. 2015. *Valuing Variability: New Perspectives on Climate-Resilient Drylands Development*. International Institute for Environment and Development. Helen de Jode (Ed.). IIED,
- Koerner, S.E., Collings, S.L. 2014. Interactive effects of grazing, drought, and fires on grassland plant communities in North America and South Africa. *Ecology* 95: 98-109.
- Kofinas, G.P. 2009. Adaptive co-management in socio-ecological governance. En: Chapin, F.S., III, Kofinas, G.P., Folke, C. (eds) *Principles of Ecosystem Stewardship*, pp. 77-101, Springer, NY, Estados Unidos.
- Lazos, E., Paré, L. 2005. Miradas indígenas sobre una naturaleza "entristecida"; percepciones del deterioro ambiental entre nahuas del sur de Veracruz. *Revista Mexicana de Sociología* 64(4): 255-264
- Lindenmayer, D. B., Likens, G. E., Franklin, J. F. 2018. Earth Observation Networks (EONs): finding the right balance. *Trends in Ecology and Evolution* 33:1–3.
- Liu, H-Y, Grossberndt, S and Kobernus, M. 2017. Citizen Science and Citizens' Observatories: Trends, Roles, Challenges and Development Needs for Science and Environmental Governance. En: Foody, G, See, L, Fritz, S, Mooney, P, Olteanu-Raimond, et al. (eds.) *Mapping and the Citizen Sensor*, pp. 351–376, Ubiquity Press, Londres, Reino Unido.
- Liu, J., Hull, V., Batistella, M., DeFries, R., Dietz, T., Fu, F., et al. 2013. Framing sustainability in a telecoupled world. *Ecology and Society* 18 (2):26.
- Morin, E. 1977. *El Método. La Naturaleza de la Naturaleza*. Ediciones Cátedra, España.
- Moussa, Z. 2009. *Tips for Trainers. Rivers of Life, PLA [formerly PLA Notes]* 60 (Community based adaptation to climate change). IIED, Londres, Reino Unido.
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of socio-ecological systems. *Science* 325(5939):419-422.
- Peacock, J.J., Holland, D.C. 1993. The narrated self: Life stories in process, *Ethos* 21: 367–383.
- Puigdefábregas, J. 1998. Ecological impacts of global change on drylands and their implications for desertification. *Land Degradation and Development* 9: 393-406.
- Pulido, J., Bocco, G. 2014. Local Perception of Land Degradation in Developing Countries: A Simplified Analytical Framework of Driving Forces, Processes, Indicators and Coping Strategies. *Living Reviews Landscape Research* 8:1-21.
- Quinlan, A.E., Berbés-Bázques, M., Haider, J., Peterson, G.D. 2016. Measuring and assessing resilience: broadening understanding through multiple disciplinary perspectives. *Journal of Applied Ecology* 53(3):677-687.
- Radonic L. 2019. Re-conceptualising Water Conservation : Rainwater Harvesting in the Desert of the Southwestern United States. *Water Alternatives* 12:699–714.
- Raymond, C.M., Fazey, I., Reed, M., Stringer, L.C., Robinson, G.M., Evelyn, A.C. 2010. Integrating local and scientific knowledge for environmental management: from products to processes. *Journal of Environmental Management* 91:1766-1777.
- Reed, M.S., Stringer, L.C. 2016. *Land Degradation, Desertification and Climate Change*. Earthscan, Routledge Taylor & Francis Group, Londres, Reino Unido.
- Reid, R.S., Fernández-Gimenez, M.E., Galvin, K.A. 2014. Dynamics and resilience of rangelands and pastoral peoples around the globe. *Annual Review of Environmental Research* 39:217-242.
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M. 2002. *Global Desertification: Do Humans Cause Deserts*. Dahlem University Press, Berlín, Alemania.
- Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F. et al. 2007. Global desertification: building a science for dryland development. *Science* 316: 847–851.
- Robertson, H.A., McGee, TK. 2003. Applying local knowledge: the contribution of oral history to wetland rehabilitation at Kanyapella Basin, Australia. *J Environ Manage* 69:275–287. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(03\)00155-5](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(03)00155-5)
- Roth, R. 2004. Spatial organization of environmental knowledge: conservation conflicts in the inhabited forest of northern Thailand. *Ecology and Society* 9 (3):5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss3/art5/>
- Rozzi, R. 2015. Earth stewardship and the biocultural ethic: Latin American Perspectives. En: Rozzi, R, Chapin III, F.S., Callicott, J.B., Pickett, S.T.A., Power, M.E., Armesto, J.J. May, Jr., R.H. (eds.) *Earth Stewardship*, pp. 87-112Springer International Publishing, Suiza.
- Stafford Smith, D.M. 2016. Desertification: reflections on the Mirage. En: Behnke, R.H., Mortimer, M. (eds.) *The End of Desertification?*, pp. 539-560. Springer Press, New York, N.Y., Estados Unidos.
- Stafford Smith, D.M., Abel, N., Walker, B., Stuart III, F.S. 2009. Drylands: Coping with uncertainty, thresholds, and changes in state. En: Chapin, III, F.S., Kofinas, G.P., Folke, C. (eds) *Principles of Ecosystem Stewardship*, pp. 171- 195. Springer New York, N.Y., Estados Unidos.
- Stafford Smith, M., Griggs, D., Gaffney, O., Ullah, F., Reyers, B., Kanie, N., et al. 2017. Integration: the key to implementing the Sustainable Development Goals. *Sustainability Science* 12(6):911-919
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C. 2015. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* 2(1): 81 –98.
- Tengö, M., Hill, R., Malmer, P., Raymond, C.M., Spierenburg, M., Danielsen, F., Elmqvist, T., Folke, C. 2017. Weaving knowledge systems in IPBES, CBD and beyond-lessons learned for sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 26-27:17-25.
- UNCCD 1994. *United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and /or Desertification Particularly in Africa*. UNEP, Nairobi, Kenia.
- UNEP 2016. *Unlocking the Sustainable Potential of Land Resources: Evaluation Systems, Strategies and Tools*. Job Number: DTI/2002/PA.
- Václavík, T., Langerwisch, F., Cotter, M. 2016. Investigating potential transferability of place-based research in land system science. *Environmental Research Letters* 11(9): 095002.
- Walker, B., Salt, D. 2006. *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Island Press, Washington, D.C., Estados Unidos.
- Walker, B.H., Abel, N., Anderies, J.M., Ryan, P. 2009. Resilience, adaptability, and transformability in the Goulburn-Broken Catchment, Australia. *Ecology and Society*, 14(1):12.
- Warren, D.M., Slikkerveer, L.J., Brokensha, D. 1995. *The cultural dimension of development: indigenous knowledge systems*. Intermediate Technology Publications, London, Reino Unido.
- Webb, N.P., Marshall, N.A., Stringer, L.C., Reed, M.S., Chappell, A., Herrick, J.E. 2017. Land degradation and climate change: building climate resilience in agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment* 15: 450-459.
- Wu, J. 2013. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology* 28:999-1023.