

RESILIENCIA SOCIO-ECOLÓGICA DE SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR ANTE ADVERSIDADES CLIMÁTICAS: REVISIÓN DEL TEMA

AÑO 2018

Esta publicación es parte del
proyecto ATN/RF-16338-RG
cofinanciado por:



FONTAGRO es patrocinado por:



FUNDACIÓN ARGENINTA

ATN/RF-16338-RG

Resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas



Hugo García (Fundación ArgenINTA)
Oscar Ghersi - OGheresi@argeninta.org.ar

INTA-INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (Argentina)



Pablo Tiltonell – tittonell.pablo@inta.gob.ar

Gastón Godoy Garraza – godoygarraza.gaston@inta.gob.ar

CIPAV-CENTRO PARA LA INVESTIGACION EN SISTEMAS SOSTENIBLES DE PRODUCCION
AGROPECUARIA



Antonio Solarte – antonio@fun.cipav.org.co
Walter Galindo – walter@fun.cipav.org.co

PATRIMONIO NATURAL



Francisco Alberto Galán – agalan@patrimonionatural.org.co

AGROSAVIA-CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA



Martha Bolaños -
Olga Lucía Mogollón – agalan@patrimonionatural.org.co

CIAT-CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL



Marcela Quintero - [m.quintero@CGIAR.ORG](mailto:m.quintero@cgiar.org)

INTA-INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA EN TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (Costa Rica)



Renato Jiménez – rjimenez@inta.go.cr

INTA-INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



Víctor Barrera – victor.barrera@iniap.gob.ecu

IDIAF-INSTITUTO DOMINICANO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES



Pedro Núñez – pnunez@idiaf.gov.do

INDICE DE LA PUBLICACION

| | |
|---|----|
| 1. Resiliencia socio-ecológica de sistemas de agricultura familiar ante adversidades climáticas: Revisión del tema | 5 |
| a. Introducción..... | 5 |
| b. Sistemas Socio-ecológicos de agricultura familiar..... | 5 |
| i. Intensificación sostenible | 6 |
| ii. Diferentes aproximaciones en el abordaje de Sistemas Socio-ecológicos rurales..... | 8 |
| iii. Panarquía y escalas de análisis de los SES-AF (predial, paisaje, y regional) | 14 |
| c. Resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas..... | 18 |
| d. Antecedes en la caracterización de la resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas: Casos de estudio..... | 21 |
| i. Red Iberoamericana de Agroecología – Productores de Cacao en Nicaragua | 21 |
| ii. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Acciones para enfrentar el Cambio Climático en Burundi, África | 22 |
| iii. Stockholm Resilience Alliance – Respuestas locales para enfrentar el Cambio Climático en Nwadjahane, Mozambique | 23 |
| iv. Panel Internacional de Expertos sobre Sistemas de Alimentación Sostenibles – Eco-Aldea en Chololo, Tanzania..... | 24 |
| v. Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional – Productores de Café en Centroamérica, estrategias para afrontar el Cambio Climático | 26 |
| vi. Cooperativa campesina Coopesilencio, Costa Rica..... | 27 |
| vii. Cultivos en secano en la Región de BíoBío, Chile | 28 |
| viii. Estrategias de adaptación al Cambio Climático de SES-AF en la Sierra andina de Ecuador | 29 |
| ix. Estrategias para mejorar la capacidad de adaptación lideradas por el Movimiento Campesino..... | 29 |
| e. Aproximación propuesta al estudio de la resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas. .. | 30 |
| f. Impactos esperados | 35 |
| 2. Bibliografía..... | 36 |
| 3. Anexos | 44 |
| Anexo A | 44 |
| Anexo B | 45 |

1. Resiliencia socio-ecológica de sistemas de agricultura familiar ante adversidades climáticas: Revisión del tema

a. Introducción

En este documento se presenta una revisión exhaustiva del estado del arte sobre la resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas en sistemas de agricultura familiar; se incluyen desarrollos conceptuales, estudios realizados y experiencias en el diseño e implementación de intervenciones para aumentar la resiliencia socio-ecológica de los agricultores. Asimismo, se proponen enfoques metodológicos y áreas de estudio para su caracterización.

El contenido y las conclusiones de este documento se utilizarán como insumo para elaborar un proyecto consensuado de mayor envergadura (al oportunamente presentado a la convocatoria FONTAGRO 2017, perfil # 17153) cuyo objetivo será mejorar la producción y los medios de vida de los agricultores en sistemas de AF en áreas vulnerables. Para ello, se abordará la resiliencia socio-ecológica ante los efectos negativos del clima y sus cambios, y cómo se puede reforzar dicha resiliencia por medio de innovaciones tecnológicas y organizacionales para su intensificación sostenible (IS). Estas innovaciones serán diseñadas, implementadas y evaluadas en forma participativa mediante un enfoque conceptual que integre la resiliencia socio-ecológica en sus actividades productivas.

b. Sistemas Socio-ecológicos de agricultura familiar

El cambio climático es la principal problemática medioambiental que enfrenta la humanidad y sus medios de vida [1], [2]. Uno de los informes climáticos recientes [3] afirma que la temperatura promedio de la superficie global aumentó 0,85°C entre 1880 y 2012, mientras que en muchas regiones del mundo el aumento fue de 1,5°C en al menos una temporada. Si se mantiene el incremento en la temperatura actual y sobrepasa los 1,5 °C, teniendo en cuenta que el límite señalado por los científicos es de 2 °C, se esperan pérdidas considerables en todos los sectores tanto a escala rural como urbana [4]. Entre algunas de sus severas consecuencias, se destacan el aumento de sequías, inundaciones, aumento del nivel del mar y la pérdida de biodiversidad [3]. Estos profundos cambios globales y la crisis ambiental del siglo 21, demandan comprender y trabajar en la compleja interfase entre los sistemas sociales y ecológicos, donde las políticas concernientes al uso de la tierra son desarrolladas e implementadas [5], [6].

Los socio-eco sistemas (SES) son sistemas caracterizados por una densa red de interacciones entre sistemas sociales y ecológicos [7]. Conforman sistemas acoplados, dinámicos y de evolución conjunta [8], en los cuales, los ecosistemas brindan respuestas a las prácticas de manejo humanas, y de manera recíproca, las personas responden a los cambios ecosistémicos [9]. Son sistemas complejos debido a que están determinados por procesos que presentan una serie de atributos tales como la ausencia de linealidad, incertidumbre, imprevisibilidad, efectos umbrales, interrelación entre diferentes escalas susceptibles de análisis y auto-organización [10], [11], **(Ver más en ANEXO A)**. Un tipo particular de SES son los SES rurales de la agricultura familiar (SES-AF), manejados por seres humanos, conformados principalmente por un núcleo familiar o parental, con el fin de obtener bienes y servicios, centrados en la producción de fibras, combustibles y alimentos para suplir las necesidades humanas [12].

En diversos países de Latinoamérica, los SES-AF afrontan el avance de otros SES con un notable proceso de intensificación (en insumos y energía), que genera cambios en el uso del suelo conducentes al deterioro y la concentración de los recursos productivos, generando agrosistemas extremadamente vulnerables orientados a obtener beneficios económicos a corto plazo [13]. Este modelo productivista genera enormes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [14]. La simplificación de los sistemas de producción en sinergia con el cambio climático, aumentan la vulnerabilidad de los SES-AF [15], [16]. Los modos de vida de las comunidades de pequeños agricultores de bajos ingresos y de menores recursos, son los más perjudicados por estos cambios [17], debido a diversos motivos, tales como el frágil marco legal con el que cuentan respecto a la posesión de las tierras que habitan, la falta de recursos para una producción autosustentable y la marginalidad socio-ambiental resultante [18]–[20], pudiendo provocar la migración desde zonas rurales hacia zonas urbanas [21]. A su vez, las señales de cambios en los ecosistemas son percibidas por las personas a través de mecanismos sociales de internalización cultural [11]. Frente a transformaciones como las mencionadas anteriormente (migración y pérdidas de SES-AF), las familias y comunidades rurales son susceptibles a la erosión cultural [22], que implica un deterioro del Conocimiento Ecológico Local (CEL), constituido por los saberes, creencias y prácticas ligadas a tradiciones sobre el manejo de los recursos naturales [10], [23]. Este Conocimiento representa un cuerpo de conocimientos acumulativo y dinámico, que provee las bases para la innovación y adaptación frente a contextos cambiantes, permitiendo mantener la diversidad (natural y cultural) mediante prácticas de manejo y redes sociales [24], [25].

i. Intensificación sostenible

Uno de los supuestos implícitos utilizados con frecuencia para justificar la intensificación agropecuaria es la necesidad de producir más alimentos frente a la mayor demanda a nivel mundial. Si bien se ha estimado que para el año 2050 debería aumentarse la producción de alimentos en alrededor del 70% [26], en la actualidad se desperdicia un tercio de los alimentos que se producen en el planeta, esto

representaría 1.300 millones de toneladas, con lo cual se podría alimentar a alrededor de 900.000 personas [15]. Más aún, se ha estimado que en el mundo se produce más alimento del necesario para alimentar a toda la población, pero muchas personas no pueden acceder a este stock debido a que carecen de los recursos financieros para hacerlo [27], [28]. Por lo tanto, es posible afirmar que el modelo de intensificación agrícola actual no es sostenible (socialmente y termodinámicamente), es ineficiente ecológicamente, peligroso para el ambiente y no alimentará al mundo [29], [30]. Una alternativa que surge es la intensificación agrícola sostenible (IS), la cual se define como una mayor producción en la misma área de tierra, a la vez que se reducen los impactos ambientales negativos y aumentan las contribuciones al capital natural y al flujo de servicios ambientales [31]. En la presente revisión se considera a la IS como un sinónimo de la intensificación ecológica (IE). Si bien son dos conceptos que no difieren en su definición, el término IS ha sido adoptado en los discursos de empresas agropecuarias afines a la idea de una nueva Revolución Verde y por la mayoría de las organizaciones internacionales de investigación como una meta, que vagamente han desarrollado estrategias de acción [30]. En contraste, el concepto de IE ha introducido nuevas palabras clave a la jerga de la investigación agrícola para el desarrollo, como los enfoques de paisaje o ecosistemas, biodiversidad funcional, regulación, estabilidad, resiliencia, paisajes supresores de plagas o la noción de compensaciones y sinergias entre los medios de vida rurales y los servicios de los ecosistemas [32]. El rol de los recursos locales y el CEL también se reconocen, por lo que los agricultores no son simples adoptadores de tecnologías; generan conocimiento y tecnologías adaptadas localmente [33]. Por lo tanto, la principal diferencia entre ambos conceptos reside en el papel que juega la biodiversidad en el diseño real de los sistemas de producción y en las posibles sinergias entre la seguridad alimentaria (medios de vida), la adaptación al cambio global y la mitigación [30].

Uno de los modelos de la IS ampliamente reconocido en el mundo y con más de 20 años en Latinoamérica, es la Agroecología, la cual no sólo es una disciplina científica, sino también, un gran movimiento social campesino dedicado al desarrollo de sistemas de producción agrícolas sostenibles, capaces de conservar sus recursos naturales, y que a su vez sean culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables [34]–[36]. El enfoque agroecológico surge como un alternativa para la identificación, evaluación y desarrollo de estrategias de manejo tendientes a contrarrestar los efectos de la intensificación no sostenible y del cambio climático en los SES, sobre todo en aquellos sectores de menores recursos y/o de agricultura familiar [13]. En el mismo sentido, el enfoque de la resiliencia socio-ecológica, reflejado en gran variedad de trabajos interdisciplinarios relacionados a las interacciones entre las personas, la sociedad y la naturaleza [9], [37], [38], plantean que existen ciertos aspectos en torno a la resiliencia necesarios para que efectivamente los SES logren alcanzar la capacidad de absorber la presión ejercida por factores de disturbio y/o para “aprender y reorganizarse (i.e. capacidad adaptativa)”, manteniendo su estructura y funciones clave, evitando cruzar umbrales hacia estados alternativos no deseables o potencialmente irreversibles que provean menor cantidad y diversidad de servicios ambientales [39], [40].

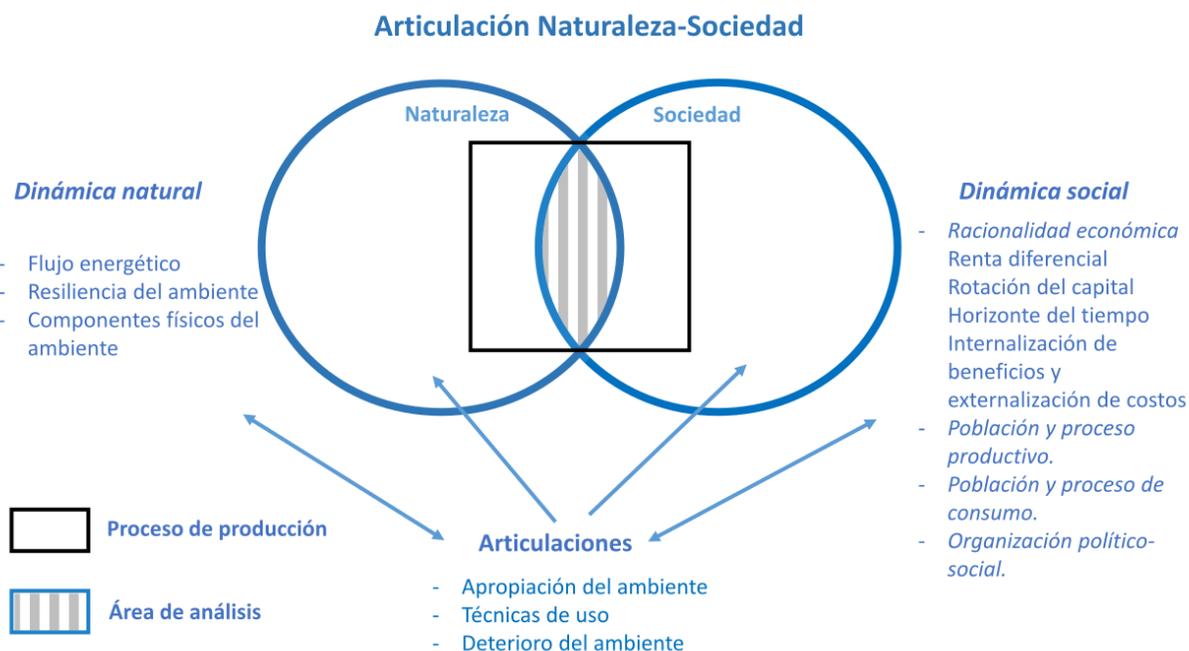
En los siguientes apartados se desarrollarán con mayor profundidad el concepto de resiliencia y sus implicaciones en el estudio, análisis y manejo de SES-AF ante adversidades climáticas.

ii. Diferentes aproximaciones en el abordaje de Socio-eco Sistemas rurales

El marco teórico de SES ha sido ampliamente utilizado en la investigación de sistemas agrícolas [16], [41]–[48]. Los SES se componen de múltiples subsistemas que a su vez se definen por variables internas en diferentes niveles [49]. En un SES complejo, los subsistemas son relativamente separables pero interactúan y se retroalimentan para producir resultados en el sistema [50]. En este apartado se pretende realizar una revisión de variados enfoques sobre el estudio de SES.

El enfoque desarrollado por [51], complementario con el de [52], distingue los SES urbanos de los SES rurales y establece que los elementos del SES se organizan en dos subsistemas: 1- Subsistema Natural y 2- Subsistema Social (**Figura 1**), con múltiples interacciones entre ellos. Estas interacciones se estructuran en diferentes planos de análisis, entre los que se destaca el “Proceso de producción”. Se destaca que este proceso es social e histórico, y supone la apropiación o aprovechamiento de las características de diferentes ambientes medio (con diferentes características físico-químicas) así como de la dinámica del subsistema Natural (flujos de materia y energía). A su vez este proceso permite distinguir posiciones y lógicas diferenciales en el subsistema Social (por ejemplo, los actores sociales y sus prácticas de manejo); centrar el análisis en este plano también permite identificar los procesos que articulan ambos subsistemas (i.e. el área de análisis de la **Figura 1**). En esta área de articulación se destacan procesos como la apropiación del ambiente natural como soporte material del proceso productivo, las técnicas utilizadas para su transformación en mercancías y la generación de desperdicios, con el consecuente deterioro ambiental. Adicionalmente, destaca la potencialidad de complementar el análisis del proceso social de producción, mediante el análisis del proceso de distribución social y consumo. En cada uno de estos procesos, concurren dinámicas naturales y sociales, que deben ser contempladas de manera conjunta en su análisis. Tal como sostiene el autor, no considerar estos planos de análisis, es limitarse a la mera descripción y a reducir la causalidad de las articulaciones a dinámicas excluyentes. Entre las dinámicas naturales más relevantes al proceso general de producción se encuentran aquellas relacionadas a la manera en que la naturaleza construye la oferta de recursos que alimenta a la producción, la que a su vez es perturbada tanto por la extracción de bienes naturales como por el reingreso de residuos. En este marco se subraya que la evolución del flujo energético como la resiliencia del sistema natural pueden ser buenos indicadores al respecto. La dinámica social es, por el contrario, más específica y el proceso de producción comprende una ubicación concreta, es decir histórica, que requiere conocer a los actores sociales participantes y a la racionalidad económica que los guía.

FIGURA 1. Articulaciones naturaleza-sociedad en el proceso de producción.



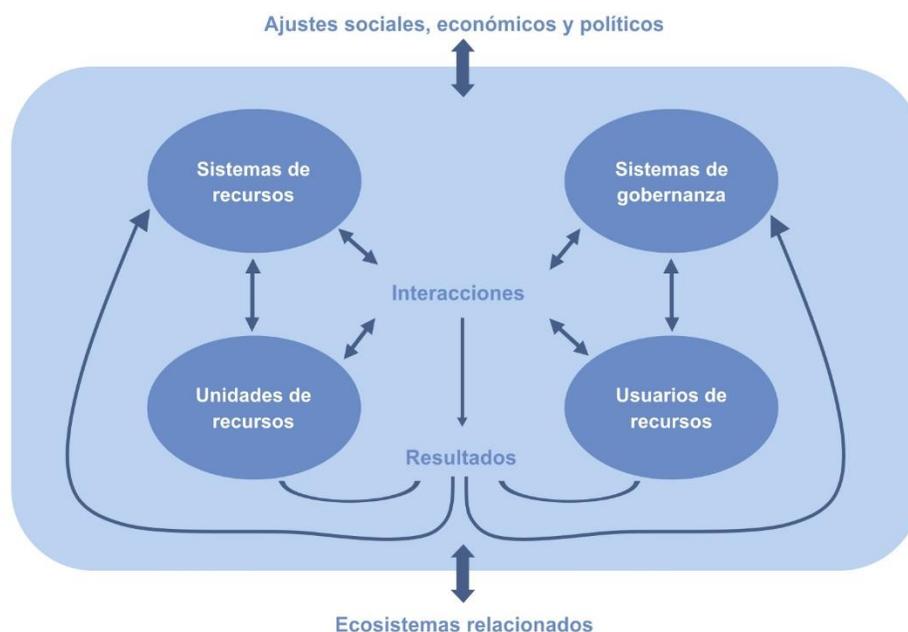
NOTA: Cada círculo representa un subsistema: Naturaleza y Sociedad. En cada uno de estos subsistemas ocurren procesos inherentes a ellos e interacciones. Estos componen el denominado “Proceso de producción”. En el “Área de análisis” (área con rayas) se desarrollan interacciones entre ambos sistemas, y se destacan procesos como la apropiación del ambiente natural como soporte material del proceso productivo, las técnicas utilizadas para su transformación en mercancías y la generación de desperdicios, con el consecuente deterioro ambiental. (Extraído y adaptado de [51]).

Si bien este marco conceptual data de una época en que los paradigmas que guiaban a la investigación agrícola podrían juzgarse esquemáticos o aún reduccionistas (ej. guiados por la hipótesis de la racionalidad económica como única forzante, o caracterizados por la ausencia de elementos valiosos de la dinámica social como los son las instituciones y los conocimientos locales), la propuesta que realiza Gutman pone en diálogo los condicionantes naturales y los sociales, introduce en el análisis las dinámicas conflictivas entre diferentes grupos sociales y se distingue por una síntesis y profundidad que le otorgan vigencia. Esta puede ser alimentada con evidencias más recientes, por ejemplo, mediante un enfoque territorial un SES rural en particular puede abordarse como construcción social e histórica, que se concreta sobre la base del soporte biofísico y se realiza mediante la apropiación y transformación social de los atributos que este soporte ecológico local brinda (ej. transformaciones del suelo, de los cursos de agua, dotación de infraestructuras de caminos, aprovechamiento energético, hábitat y urbanización); como de ecosistemas distantes, a través de la relación con otros territorios (ej. mediante la importación de tecnologías -maquinarias y herramientas, como formas de organizar los procesos-, semillas o especies animales mejoradas, etc.). El espacio social también se especifica

territorial e históricamente, y es posible definir las diferentes posiciones en el mismo relacionamente, por la distribución de los diferentes recursos (económicos, culturales, sociales, políticos) entre los actores sociales que ocupan distintas posiciones. Es decir, estas posiciones se definen o están estructuradas por las relaciones sociales en general [53]. Por lo tanto, cimentados en la propuesta de Gutman, es factible lograr analizar y comprender la dinámica y organización de los SES en niveles de mayor complejidad, para lo cual es necesario reconocer el lugar que cada actor social presente en un SES ocupa en ambos espacios (i.e. físico y social), y la relación con los demás actores presentes en el territorio, entre los que se destaca el Estado.

Un enfoque que aporta otra línea de búsqueda de mayor complejidad en el análisis es el desarrollado por Ostrom y colegas [49], [54]–[56]. Estos autores sostienen que los resultados complejos de los SES (por ejemplo, sostenibilidad y equidad) son una función de los componentes tanto ecológicos como humanos, y de sus interacciones [57]. Aunque este enfoque se diseñó principalmente para la investigación de bosques y pesquerías [58]–[60], también se ha aplicado a los sistemas agrícolas [50], [61], [62].

En este marco, los SES se conceptualizan a través de cuatro subsistemas interrelacionados: 1- Sistema de recursos, 2- Unidades de recursos, 3- Usuarios de recursos y 4- Sistema de gobernanza, que interactúan para producir los resultados del sistema (**Figura 2**). Los SES operan dentro de un entorno que comprende esferas sociales, económicas y políticas que influyen en dicho sistema, y que a su vez es influenciado por otros SES relacionados [49], [55]. El subsistema "Sistema de recursos" se refiere a los elementos biofísicos del sistema [49]. Dentro de un SES-AF, esto puede incluir un área designada de tierra que se utiliza para una producción agrícola particular, por ejemplo cereales o pastoreo de ganado [62]. Mientras tanto, las "Unidades de recursos" son aquellos recursos naturales individuales incluidos en el Sistema de recursos y sus propiedades [49]. En un SES-AF, las "Unidades de recursos" pueden comprender cultivos, ganado, agrobiodiversidad y propiedades del suelo [63]. Los "Usuarios de recursos" son entidades humanas que utilizan los recursos para fines de sustento, recreación o comerciales [49]. Dentro de un SES-AF, los agricultores son los principales usuarios; sin embargo, los usuarios también pueden incluir proveedores de insumos, compradores corporativos de alimentos y minoristas de alimentos [64], así como turistas y habitantes que utilizan el campo [65]. El "Sistema de gobernanza" incluye organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que realizan y administran las reglas y derechos relacionados con el uso del sistema de recursos [49]. Cabe aclarar que cada subsistema central está formado por múltiples variables de segundo nivel (por ejemplo, tamaño de un sistema de recursos, movilidad de una unidad de recursos, nivel de gobernanza, conocimiento de los usuarios del sistema de recursos) que se componen además de otras variables [49].

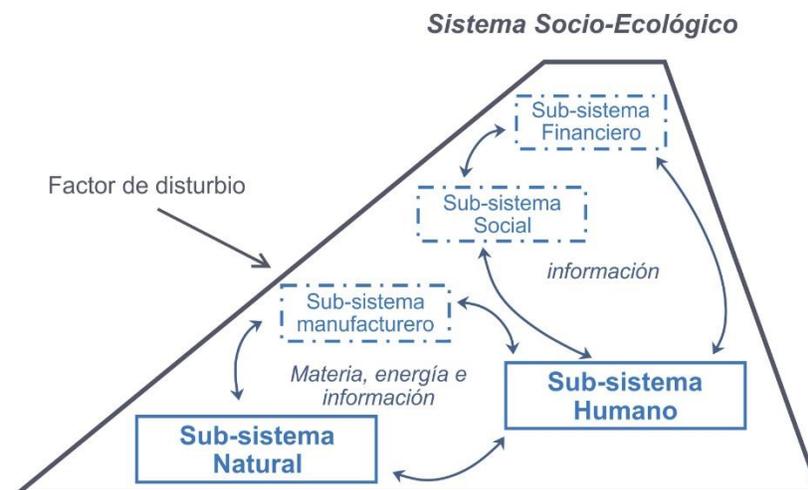
FIGURA 2. Los subsistemas centrales en el marco de análisis de Sistemas Socio Ecológicos


NOTA: Elaboración propia (Adaptado de [49])

Según [49], [56], las "interacciones" dentro de un SES pueden ocurrir en múltiples y complejas direcciones entre los cuatro sistemas. Algunos ejemplos de interacciones en el sistema agrícola son: el procesos de manejo de granjas, intercambio de conocimientos y relaciones entre agricultores, proveedores de insumos y consumidores corporativos de alimentos, y las interacciones entre varios componentes ecológicos, como el ganado y las tierras de pastoreo en las que se alimentan [66]. Los "resultados" de un SES pueden ser variados, incluyendo tanto las dimensiones sociales como las ecológicas. Estos resultados crean circuitos de retroalimentación y, por lo tanto, afectan los diversos componentes del sistema [49]. Por ejemplo, los resultados en un SES-AF pueden comprender la eficiencia del uso de los recursos y los rendimientos e ingresos de las explotaciones agrícolas [50].

Un tercer enfoque es el de sustentabilidad de medios de vida [43], [67], que permite evaluar las estrategias de las familias rurales y asistir en la identificación de cambios o transformaciones que pueden ocurrir en instituciones, con el fin de fortalecer su resiliencia a forzantes socio-ambientales, promoviendo sus capacidades adaptativas, considerando las capacidades y fortalezas de las familias y hogares rurales [67]. Este enfoque diferencia 5 capitales que componen un SES, y representan los modos de vida de los hogares rurales: 1- Natural, 2- Humano, 3- Social, 4- Productivo y 5- Financiero, los cuales se anidan jerárquicamente y pueden hallarse organizados en una "pirámide socio-ecológica a nivel predial", lo cual es una representación multidimensional y jerárquica de los diferentes modos de vida rural (**Figura 3**).

FIGURA 3. Representación esquemática de un sistema agrícola a nivel predial.



NOTA: Pirámide jerárquica y relaciones directas entre los capitales naturales, humanos, productivos, sociales y financieros que constituyen un SES-AF. La base de la pirámide son el sub-sistema natural y el sub-sistema humano (recuadros con líneas enteras). Las flechas indican los principales procesos y/o flujos de materia, energía y/o información. (Extraído de [67])

El capital natural y el humano constituyen la base de un SES (escala de familias rurales y de pequeños productores). Cada uno de estos subsistemas es caracterizado por un conjunto de elementos tangibles e intangibles que les confieren estructura y la capacidad de producir un flujo de funciones [67]. El subsistema “Natural” se refiere a los elementos biofísicos relacionados con el suelo, el agua y la biodiversidad, y sus interacciones ecológicas, los cuales producen el flujo de recursos naturales, (e.g. productividad primaria y forrajera, ciclado de nutrientes, secuestro de carbono y generación de oxígeno). El subsistema “Humano”, involucra todas las individualidades de los hogares (e.g. composición de la familia rural, salud, conocimiento, herramientas) con sus respectivas capacidades en cuanto a trabajo, procesos de aprendizaje e innovación, importantes para cualquier modo de vida. El subsistema “Productivo” comprende los materiales bióticos y abióticos relacionados con procesos productivos (e.g. ganado doméstico, semillas de cultivos, maquinaria, infraestructura), los cuales generan un flujo de funciones productivas, tales como la producción secundaria de carne, fibra y granos. El subsistema “Social” implica a las redes e instituciones que se relacionan con diferentes procesos sociales (e.g. coordinación de contribuciones y acciones individuales, flujo de información). El subsistema “Financiero” representa a los activos económicos o monetarios (o equivalentes; e.g. fondos monetarios, ingresos devengados, remesas, bonos, acciones) y el valor monetario actual de diferentes activos físicos. Estos activos financieros proporcionan diferentes funciones, tales como ganancias, ingresos y tasas de ingresos. Los autores de este enfoque sostienen que los diferentes subsistemas que comprenden un SES-AF, deben lograr un balance estructural-funcional entre ellos, lo cual depende de una compensación entre los mismos. A su vez, el desarrollo de un SES-AF implica

que se han inducido algunas modificaciones en el subsistema natural, con la introducción concomitante de otros subsistemas indispensables para la diversidad del SES general [67]. En la **Tabla 1** se incluyen características estructurales y funcionales y ejemplos de los diferentes sub-sistemas, a diferentes escalas de análisis del SES-rural.

TABLA 1: Ejemplos de indicadores de servicios ecosistémicos asociados a los sub-sistemas de los SES a escalas de SES-AF (agricultura familiar), SES-Paisaje y SES-Regional

| SUB-SISTEMAS DE UN SES | SES- PREDIAL ANTES Y DESPUÉS DE UN DISTURBIO | SES-PAISAJE ANTES Y DESPUÉS DE UN DISTURBIO | SES-REGIONAL ANTES Y DESPUÉS DE UN DISTURBIO |
|-----------------------------------|--|--|---|
| Natural | Diversidad de Cobertura vegetal (e.g. bosque, pastizal, arbustal) de un predio. | Diversidad de Cobertura vegetal (e.g. bosque pastizal, arbustal) de un paisaje | Diversidad de Cobertura vegetal (e.g. bosque pastizal, arbustal) de la región. |
| Humano | Diversidad del grupo humano (etario) Redundancia del grupo etario (e.g. cuántas personas trabajan del mismo grupo etario). Diversidad y redundancia de conocimiento, experiencia y tecnologías. | Diversidad y Redundancia tipo de productores y conocimientos. | Diversidad y Redundancia tipo de productores y conocimientos. |
| Productivo (manufacturero) | Diversidad y Redundancia producciones agropecuarias. Diversidad y redundancia de tecnología tangible (maquinarias y herramientas). | Diversidad y Redundancia de producciones agropecuarias. Diversidad y redundancia de nodos, y enlaces entre nodos, de organizaciones rurales (formales e informales). | Diversidad y Redundancia de producciones agropecuarias. Diversidad y redundancia de nodos y enlaces entre nodos de organizaciones rurales (formales e informales). |
| Social | Diversidad y Redundancia de nodos en los que participa (o que participaba) cada familia o campesino rural. Diversidad y redundancia en el tipo de enlace (interacción) que tiene con otros nodos extra-prediales. | Diversidad y Redundancia de nodos (tipos) de productores y actores sociales. Diversidad y Redundancia de nodos (tipos) de instituciones u organizaciones (formales e informales). Diversidad y redundancia enlaces entre nodos. Diversidad de mercados. | Diversidad y Redundancia de nodos (tipos) de productores y actores sociales. Diversidad y Redundancia de nodos (tipos) de instituciones u organizaciones (formales e informales). Diversidad y redundancia enlaces entre nodos Diversidad de mercados. |
| Financiero | Diversidad y Redundancia de fuentes de ingreso financiero. | Diversidad y Redundancia de fuentes de ingreso financiero. | Diversidad y Redundancia de fuentes de ingreso financiero. |

NOTA: extraído y adaptado de la revisión [67].

Tal como se refleja en los tres enfoques mencionados en esta sección, la comprensión y el estudio de SES rurales exige la integración de las ciencias sociales y naturales, lo cual plantea diversos desafíos [68]. Por un lado, desarrollar enfoques diagnósticos que integren de una manera simple y comprensible

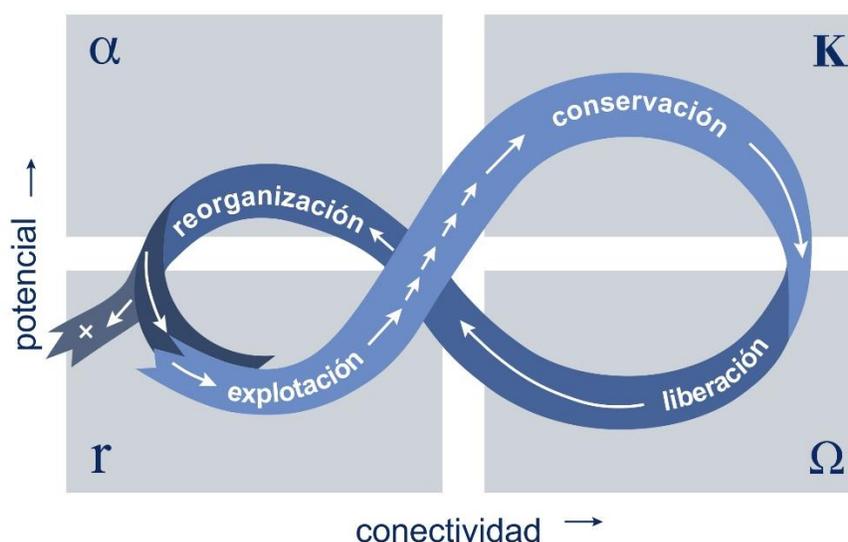
la complejidad, no linealidad y la interacción entre multi-escalar de estos sistemas. Por otro lado, lograr evaluar y monitorear algunas propiedades del sistema que logren visualizar la complejidad de las dinámicas de los SES y las relaciones entre sus componentes, considerando el funcionamiento del sistema de manera holística, y que nos permitan proponer soluciones y/o intervenciones que mejoren el funcionamiento global y la resiliencia de los SES [67].

i. Panarquía y escalas de análisis de los SES-AF (predial, paisaje, y regional)

Los SESs co-existen y funcionan a múltiples escalas de tiempo, espacio y organización social, y las interacciones entre escalas son fundamentalmente importantes en determinadas dinámicas del sistemas [37]. De esta manera, los SES no se encuentran aislados, y su comprensión y análisis es imposible de realizar a una simple escala [43]. A su vez, son unidades de análisis elegidas por el investigador en virtud de un interés específico [49], y deben entenderse como sistemas abiertos sólo comprensibles globalmente desde metáfora de la panarquía, en una estructura anidada de sistema de sistemas, con impactos en distintas escalas y velocidades [7].

Panarquía es un término introducido por [7] útil para describir las maneras en que los sistemas complejos sociales y naturales se organizan y estructuran de manera dinámica, a través de escalas del espacio y el tiempo [37]. Las dinámicas de los sistemas complejos se pueden representar gráficamente mediante el ciclo adaptativo desarrollado por [69], **Figura 4**. Este ciclo es una metáfora para describir cuatro fases que ocurren de manera común en los procesos de cambio de los sistemas complejos como resultado de su dinámica interna e influencia externa: explotación, conservación, liberación y reorganización. Muchos sistemas se mueven en estas cuatro fases, incluyendo los SES [70].

FIGURA 4. El ciclo de renovación adaptativa.



NOTA: En un ciclo adaptativo, un sistema avanza a través de las fases de crecimiento (r), conservación (k), liberación (Ω) y reorganización (α). El ciclo refleja cambios en dos propiedades: (1) eje y : el potencial que es inherente a los recursos y estructuras acumulados; (2) eje x : el grado de conexión entre las variables de control. La salida (marcada con una X) del ciclo indicado a la izquierda de la figura sugiere, de manera estilizada, la etapa donde el potencial puede filtrarse y donde es más probable que se produzca un cambio hacia un sistema menos productivo y organizado. La parte sombreada del ciclo se denomina "backloop" y se refiere a las fases de liberación y reorganización. Extraído y Adaptado de [7], [69])

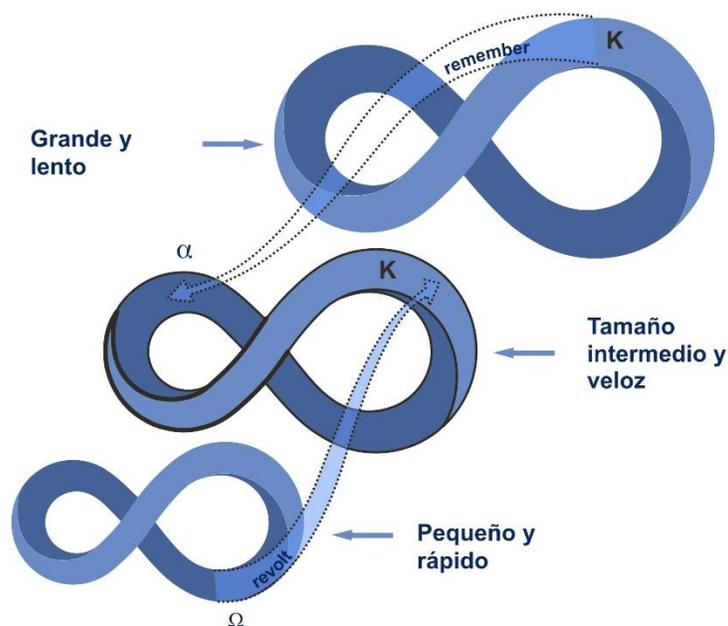
En la **Figura 4** la progresión en el ciclo comienza lentamente desde la fase de **explotación** hacia la conservación, muy rápido hacia la liberación, rápidamente hacia la reorganización y rápidamente también hacia otra fase de crecimiento. Las flechas cortas indican cambios lentos y las flechas largas cambios rápidos. Durante el bucle lento que va del crecimiento a la conservación, la conectividad y estabilidad se incrementan y se va acumulando paulatinamente un capital que aumenta el potencial del sistema. En un sistema económico o social, el potencial acumulado puede consistir de habilidades, redes de relaciones humanas, y confianza mutua que va creciendo conforme se avanza en este bucle [37]. Los autores [70] señalan que la primera fase (**r**) es interpretada como de crecimiento; se caracteriza por la disponibilidad de recursos, estructura de acumulación y alta resiliencia. Mientras la estructura y las conexiones entre componentes del sistema se incrementan, la cantidad de energía requerida para mantenerlo crece. La segunda fase (**K**) es aquella donde el ritmo de crecimiento de la red se ralentiza y el sistema se vuelve más interconectado, menos flexible y más vulnerable a perturbaciones externas. Estas dos fases, **r-K**, se integran en un bucle de crecimiento front loop y corresponde al proceso de sucesión ecológica en los ecosistemas y constituye los modos de desarrollo en las organizaciones y sociedades. La tercera fase, conocida como fase Ω , corresponde a la de liberación o "destrucción creativa" [37]; este último término tomado del enfoque economista [71], donde la excesiva conectividad del sistema se libera de repente ocasionado por ciertos agentes perturbadores. La cuarta fase (α) se conoce como de reorganización y es equivalente a la fase de innovación y reestructuración en la industria o en la sociedad (e.g. el tipo de procesos económicos y políticas que surgen en tiempos de recesión económica o transformación social). Estas dos fases constituyen un segundo bucle llamado back loop.

El primer bucle es predecible con altos grados de confiabilidad y tiene como objetivo maximizar la producción y acumulación, pero el segundo bucle de reorganización, cuyo objetivo es maximizar la invención y la redistribución, puede ser altamente impredecible y con gran incertidumbre, lo sugiere que un sistema complejo adaptativo, como los sistemas socioecológicos, puede transitar por estos dos bucles de manera secuencial en cierta escala. Los dos objetivos no se pueden dar al mismo tiempo, y el logro de uno sienta las bases para el logro del otro. Entonces, el ciclo adaptativo involucra el crecimiento y la estabilidad por un lado, y el cambio y la reorganización por el otro [37].

La metáfora de la panarquía enfatiza los vínculos entre escalas, por lo que los procesos en una escala afectan a aquellos en otras escalas para influir en la dinámica general del sistema [11], [72]. Los sistemas que operan en escalas pequeñas pueden experimentar cambios en periodos cortos ante la

posibilidad de que actores individuales puedan ejercer gran influencia; mientras que los que operan en escalas mayores pueden requerir largos periodos para experimentar cambios considerando que se requerirá un mayor número de interacciones entre un gran número de actores. La teoría de la complejidad sugiere que las propiedades en los sistemas mayores generalmente surgen a partir de interacciones en niveles menores [73]. Los niveles pequeños y rápidos inventan, experimentan y ponen a prueba –revolt–; los niveles mayores y lentos estabilizan y conservan la memoria acumulada de sucesos pasados –remember- (**Figura 5**). La interacción entre los ciclos en una panarquía combina aprendizaje con continuidad [7]. Por ejemplo, en un ecosistema boscoso, la figura más pequeña y rápida puede referirse a una copa de un árbol, la figura de tamaño intermedio a un parche del bosque, y las más grande y lenta a un bosque. Cada nivel puede atravesar su propio ciclo de crecimiento, maduración, destrucción y renovación. Para las instituciones, estas tres figuras pueden corresponder a reglas operativas, reglas de elección colectiva y reglas constitucionales [74]. Para los sistemas de conocimiento, las tres escalas se pueden corresponder al conocimiento local, al manejo de las instituciones, y la cosmología de un pueblo [11].

FIGURA 5. Ciclos de renovación adaptativos anidados a través de escalas: panarquía.

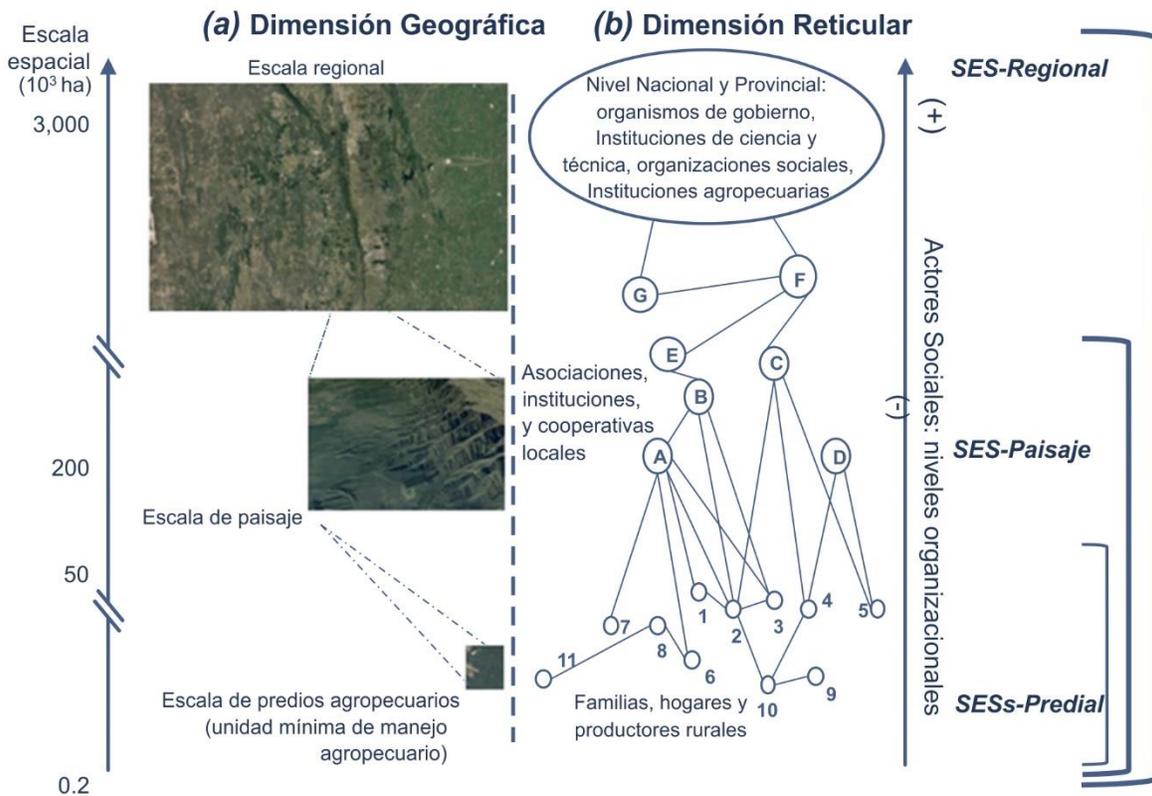


NOTA: La conexión de "revolt" entre las escalas puede causar que un cambio crítico en un ciclo derive en cascada hasta una etapa más grande y más lenta. La conexión "remember" facilita la renovación y la reorganización del sistema al almacenar en la memoria la experiencia acumulada en un ciclo más largo y más lento. (Extraído y Adaptado de [37])

En el caso de un SES-rural, el mismo puede ser delimitado a diferentes escalas; a escala predial, el SES (SES-predial) puede incluir una familia rural, u hogares de agricultores/ganaderos, grupo, comunidad o asociación de pequeños productores, campesinos o indígenas, los cuales pueden ser

analizados como un SES-AF. Es decir, un SES-AF incluye una unidad ambiental manejada o gestionada por una familia o colectivo de familias de productores. La finalidad de un SES-AF es atender su reproducción social a través de la apropiación de esa unidad ambiental como hábitat, y como unidad de producción de alimentos y de bienes y servicios agropecuarios. Por lo tanto, esa unidad de SES-AF representa el espacio en la cual las decisiones de manejo son tomadas, e integra los atributos biofísicos asociados tanto a un hogar rural, como a un colectivo de campesinos, de pequeños que maneja la unidad de producción y ambiente específico. Los SES-AF establecen relaciones y conexiones con otros SES rurales que habitan el mismo paisaje y región, mediante intercambios o flujos de materia, energía, tecnologías, conocimientos, intereses económicos, sociales, culturales y políticos. En consecuencia, diferentes niveles de SES-AF se anidan jerárquicamente (**Figura 6**). Así, en niveles jerárquicos inferiores, las familias rurales y los colectivos de pequeños productores representan un SES-AF (escala predial), los cuales conforman un SES rural a nivel de paisaje (SES-paisaje) [75]; los que, a su vez, en un nivel agregado constituyen un SES rural a escala regional (SES-regional) [43], [67].

FIGURA 6. Representación esquemática de los Socio-Eco Sistemas (SES)



NOTA: Se consideran las dimensiones geográficas (a) y la dimensión de redes o reticular (b), a diferentes escalas: SES-predial (o SES-AF), SES-paisaje y SES-regional. La complejidad socio-ecológica aumenta desde las escalas jerárquicas anidadas, más

inferiores (predio) y superiores (región), y desde las dimensiones geográficas a las redes sociales. Las escalas jerárquicas superiores incluyen las escalas inferiores (por ejemplo, SES-predial dentro de SES-paisaje) (extraído de [43])

c. Resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas.

El objetivo principal del manejo sostenible de un socio-ecosistema es preservar o mejorar la capacidad para responder y adaptarse a las perturbaciones actuales y/o cambios futuros, manteniendo la capacidad de provisión de bienes y servicios ambientales [43], [76]–[78]. En este sentido, una propiedad estrechamente relacionada con este objetivo es la resiliencia socio-ecológica [43], [76]. El concepto de resiliencia fue introducido en sistemas ecológicos en 1973 por C.S. Holling como la propensión de un ecosistema de retener su estructura organizacional y su productividad luego de un disturbio [79]. Así, los sistemas resilientes tienen la capacidad de absorber un disturbio y reorganizarse de manera de mantener las mismas funciones, estructura, identidad y regulaciones (e.g. [80]). El concepto de resiliencia evolucionó en las últimas décadas, para abordar el estudio y problemáticas de los sistemas sociales y ecológicos en conjunto (*Resilience Alliance*). Así, surge un enfoque de resiliencia socio-ecológica que provee un marco de estudio que permite comprender en mejor medida la dinámica de los sistemas socio-ecológicos, y la conexión entre resiliencia ecológica y social. Esto es un punto fundamental para SES-AF, en los cuales las variaciones ambientales influyen sobre aspectos como la vulnerabilidad económica, social, los procesos migratorios, entre otros [81].

Específicamente, la resiliencia ecológica se define como la capacidad de un ecosistema para auto-regularse y absorber la presión ejercida por uno o más factores de disturbio y/o para reorganizarse luego de dicho/s disturbio/s, manteniendo su estructura y funciones clave, evitando cruzar umbrales hacia estados alternativos no deseables o potencialmente irreversibles, con menores niveles estructurales y funcionales (y con menor provisión de servicios ecosistémico) [39], [76], [82]. Por su parte, la resiliencia socio-ecológica es una propiedad emergente más amplia de un SES y se relaciona con tres aspectos claves: (i) la capacidad del sistema para absorber y/o responder a un factor de disturbio y/o forzantes socio-ambiental (o “*drivers*” en inglés), manteniendo funciones claves del sistema; (ii) el grado en que el sistema es capaz de auto-regularse y/o auto-organizarse (frente a la falta de organización u organización forzada por forzantes externos); y (iii) su capacidad adaptativa, asociada a la capacidad de aprender y adaptarse antes, durante y después de la ocurrencia de un disturbio o la acción de forzantes socio-ambientales [37], [39], [43], [83], [84]. La resiliencia socio-ecológica es una propiedad emergente de los socio-ecosistemas porque no puede ser evaluada y/o mantenida por un solo componente o subsistema de un SES (e.g. por un único subsistema como el humano o el social), sino por todo el sistema o todos sus sub-sistemas; y que, además, puede ser afectada por el contexto [43]; **Figura 3.**

La resiliencia socio-ecológica es una propiedad *emergente* de los socio-ecosistemas porque no puede ser evaluada y/o mantenida por uno sólo de sus componentes o sub-sistemas

A su vez, la emergencia y el fortalecimiento de la resiliencia socio-ecológica es favorecida por la organización y producción local de acuerdos y normas, y por la movilización social que se logre en torno a ello (gobernanza), así como por los procesos de institucionalización o reconocimiento social y legal que se alcancen para la gobernabilidad [52]. En este sentido, creemos importante establecer además una línea de base respecto a la gobernanza y la gobernabilidad de los SES-AF a diferentes escalas (predial, paisaje y regional). Una primera aproximación para evaluar la resiliencia socio-ecológica de sistemas familiares de sustento rural, es a partir de una lista de criterios, que cuenta con un gran consenso en la literatura científico-técnica (**Tabla 2**) [85]. Tales criterios intentan definir las propiedades o atributos de un SES resiliente. Si bien la lista no es exhaustiva, ella ofrece una amplia gama de criterios para derivar indicadores de resiliencia.

TABLA 2. Criterios propuestos para evaluar la resiliencia socio-ecológica de comunidades rurales a partir de sus propiedades o atributos.

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | CONTRIBUCIÓN A LA RESILIENCIA Y ADAPTABILIDAD DEL SOCIO-ECOSISTEMA |
|---|--|
| Autorregulación ecológica | Mecanismos de retroalimentación estabilizantes provistos por servicios ecosistémicos, que sustentan la recuperación ante factores de disturbio y adaptación a cambios internos y externos. |
| Diversidad y redundancia funcional | La diversidad funcional y la redundancia funcional de especies dentro de un grupo funcional (un conjunto de especies que realizan la misma función) que amortiguan el factor de disturbio y permiten la recuperación del sistema. El rango de respuestas dentro de un grupo de funciones o entre elementos "redundantes" - contribuye a "efecto de seguro" y adaptación. |
| Heterogeneidad espacial y temporal | El mosaico de componentes paisajísticos manejados y no manejados, las diversas prácticas de cultivo, las rotaciones de cultivos, que sustentan la regeneración y amortizan los shocks, y que proporcionan hábitat. |
| Construcción de capital natural | El uso responsable de los recursos locales fomenta un sistema de sustento rural compatible con su medio; esto crea un agro-ecosistema que recicla residuos, se basa en suelos sanos y conserva agua. |

| | |
|--|--|
| Auto-organización social y Conocimiento ecológico local | Los componentes sociales del socio-ecosistema son capaces de organizarse, formar sus propias instituciones basadas en sus necesidades, aspiraciones y en el conocimientos y aprendizajes de experiencias que permiten anticipar el cambio y crear futuros deseables. |
| Autonomía e interdependencia local | Relativa independencia con respecto al control y las influencias de los factores exógenos (globales) y exhibe un alto nivel de cooperación entre individuos e instituciones a nivel local. |

NOTA: Elaboración propia (Adaptado a partir de [85])

Otra propiedad emergente de los SES es a vulnerabilidad, la cual, independientemente de la escala, depende de la probabilidad de exposición a un factor de disturbio (según comportamiento del forzante natural y/o antrópico), la sensibilidad y la resiliencia del sistema frente a ese “factor de disturbio” [43], [86]–[88]. Por lo tanto, una mayor resiliencia disminuye la vulnerabilidad de un SES a forzantes socio-ambientales [16]. Específicamente, un SES se considera vulnerable cuando pequeños eventos de disturbio pueden causar consecuencias sociales dramáticas [87]. En este contexto, es prioritario analizar cuáles son las estrategias o atributos que le confieren a los SES-AF una mayor resiliencia a forzantes y/o factores de disturbio socio-ambientales, como es el cambio climático, y cuáles son las causas generadoras de cambios irreversibles o difícilmente reversibles (e.g. estados de marginalidad socioeconómicas con degradación ambiental de SES-AF, que promueven la migración hacia zonas urbanas y peri-urbanas).

El fortalecimiento de la resiliencia socio-ecológica de un SES ante el cambio climático (incluyendo la variabilidad climática y eventos extremos) ha cobrado especial interés en los últimos años; dado que el cambio climático está involucrando incrementos en la temperatura y alteraciones en la cantidad y en la distribución estacional de las lluvias (e.g. [3], [89], [90]). Esto último ha resultado en serios problemas para sostener la producción agropecuaria y se espera que se incrementen sus impactos sobre la producción (e.g. [90]–[95]). La capacidad para responder a estos impactos depende de la capacidad adaptativa del sistema [16], constituyendo la base para el desarrollo de estrategias de adaptación y definida como la capacidad de los individuos y las comunidades para modificar la gestión de los recursos naturales de manera sostenible en respuesta a los forzantes o presiones reales, percibidos o esperados [96]. En este trabajo y en coincidencia con varios autores se considera que la capacidad adaptativa es una propiedad clave de la resiliencia socio-ecológica [39], aunque otros autores distinguen a la capacidad adaptativa como la robustez de un sistema ante cambios en la resiliencia [97], o como un componente de la resiliencia que refleja el aprendizaje de un sistema en respuesta a un disturbio [40], o como la capacidad colectiva de los actores humanos en un SES para manejar la resiliencia [98]. En todos los casos, la capacidad adaptativa depende fundamentalmente de la disponibilidad de recursos del sistema y de la capacidad para utilizarlos [84]. Sin embargo, la

disponibilidad de recursos no es un indicador de la capacidad adaptativa, sino que sólo provee el potencial para su desarrollo [16].

La mayoría de las aproximaciones para evaluar la adaptación al cambio climático han sido propuestas para sistemas de cultivos [99]–[101], con particular énfasis en la evaluación de estrategias de manejo a nivel de establecimientos (e.g. [102]). Sin embargo, son escasos los trabajos que han abordado la evaluación de los aspectos biofísicos y socio-económicos de manera integrada [103], [104], y que han intentado comprender un SES a partir de los criterios previamente mencionados, para el fortalecimiento de la resiliencia [105]. Esto demanda un análisis integral de la capacidad adaptativa del SES, en los cuales el éxito o fracaso de determinadas intervenciones y manejos dependen de la interacción de distintas escalas y contextos geográficos y sociales (**Figura 5**).

d. Antecedes en la caracterización de la resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas: Casos de estudio

Existen numerosos estudios y muy diversas aproximaciones que han sido utilizadas para la caracterización de la resiliencia ante el cambio climático [106], en particular para sistemas de agricultura familiar (e.g.[107]–[109]). En estos trabajos se refleja la capacidad adaptativa y la resiliencia socio-ecológica de los SES-AF ante eventos climáticos extremos [110]. Así mismo, son diversas las redes y organizaciones dedicadas a la asistencia para la implementación de estrategias que permitan a los agricultores familiares diversificar sus modos de vida, reforzando la resiliencia del SES como base para la sostenibilidad. Entre ellas se destacan la Red Iberoamericana de Agroecología (REDAGRES-www.redagres.org), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO-www.fao.org), Resilience Alliance (RA- <https://www.resalliance.org/>), el Panel internacional de Expertos sobre Sistemas de Alimentación Sostenibles (IPES-Food-www.ipes-food.org) y el Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR-www.cgiar.org).

i. Red Iberoamericana de Agroecología – Productores de Cacao en Nicaragua

En particular, la Red Iberoamericana de Agroecología (REDAGRES) conduce estudios desde el año 2012 orientados al desarrollo de sistemas agrícolas resilientes al Cambio Climático. Basado en un proceso de investigación participativa en sistemas agrícolas de pequeña escala, en regiones seleccionadas de siete países de América Latina, esta Red proponen identificar los sistemas que hayan resistido a eventos climáticos recientemente, o en el pasado reciente, y comprender las características agroecológicas de esos SES que les permitieron resistir o recuperarse de las sequías, tormentas, inundaciones o huracanes [111].

Uno de los estudios realizados con agricultores de cacao en Nicaragua, consistió en la observación de 5 indicadores a nivel de paisaje (diversidad paisajística, pendiente, orientación de la pendiente, cercanía a los bosques o cerros protectores, cortinas rompe vientos o cercas vivas y cercanía a ríos) y 9 a nivel de finca o del sistema de producción (diversidad de la vegetación, profundidad de raíces, diámetro a la altura del pecho, estructura de suelo, cobertura del suelo, prácticas de conservación, drenajes, autoconsumo, nivel de conocimientos del productor sobre prácticas de recuperación post-evento). A partir del análisis de estos indicadores surgieron medidas para incrementar la resiliencia del sistema agroforestal de cacao contra posibles eventos climáticos extremos como tormentas o huracanes [111].

ii. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Acciones para enfrentar el Cambio Climático en Burundi, África

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se encuentra desarrollando un programa llamado Agricultura Climáticamente Inteligente (CSA, siglas en inglés), el cual constituye un enfoque que colabora en la orientación de las acciones necesarias para transformar y reorientar los sistemas de producción agrícolas a fin de apoyar de forma eficaz el desarrollo y garantizar la seguridad alimentaria en el contexto de un clima cambiante. El programa cuenta con tres objetivos principales: el aumento sostenible de la productividad y los ingresos agrícolas, la adaptación y la creación de resiliencia ante el cambio climático y la reducción y/o absorción de GEI.

Uno de los estudios de caso (ver más en [112]), se desarrolló en Burundi, África, uno de los países que según las predicciones del modelo climático [113], estará sometido a intensas sequías y altas temperaturas, pero con un aumento de las precipitaciones durante la temporada de lluvias. Ante este escenario futuro, el sector agrícola debe adaptarse a este cambio, produciendo alimentos a temperaturas superiores, en suelos con escasa retención de agua y altamente erosionados. El proyecto implementado desde el año 2010 por FAO, tuvo una dimensión regional, y consistió en realizar acciones anticipatorias a los impactos del cambio climático. Se contempló la cuenca del río Kagera, que comparte Burundi, Ruanda, Uganda y la República Unida de Tanzania, y mediante métodos participativos se llevaron a cabo mapas que demostraron los niveles y tipos de degradación de suelo; se identificaron microcuencas y se analizó la cobertura vegetal, la biodiversidad y calidad del agua. Posteriormente, se evaluaron los impactos del cambio climático en las áreas afectadas en los modos de vida y en los servicios ecosistémicos clave, necesarios para una producción sostenible. En total se establecieron 50 sitios, actualmente manejados por las comunidades locales, y se capacitaron a más de 200 pobladores en prácticas de manejos sostenibles.

De manera conjunta, técnicos y agricultores realizaron diversas acciones, entre ellas la restauración de 4600 hectáreas de cuencas previamente degradadas, la generación de escuelas de campo para agricultores, capacitaciones en el manejo de cuencas, generación de medidas legales y de incentivos,

evaluaciones participativas de las actividades centradas en mediciones agroambientales y análisis de costo-beneficio de prácticas específicas para comprender mejor sus costo de oportunidad y comparar sus beneficios. Este proyecto también animó a la comunidad local a mejorar el manejo de la cobertura vegetal y crear un cambio fundamental en su perspectiva hacia las actividades de desarrollo a largo plazo.

iii. Stockholm Resilience Alliance – Respuestas locales para enfrentar el Cambio Climático en Nwadjahane, Mozambique

La Resilience Alliance (RA) es una organización internacional de investigación multidisciplinaria que explora las dinámicas de los sistemas socio-ecológicos. Los miembros de la RA colaboran en diferentes disciplinas para avanzar en la comprensión y la aplicación práctica de la resiliencia, la capacidad de adaptación y la transformación de las sociedades y los ecosistemas para enfrentar el cambio y apoyar el bienestar humano. El enfoque organizativo de esta organización involucra tres estrategias complementarias: I) Contribuir a los avances teóricos en la dinámica de sistemas adaptativos complejos, II) Realización de pruebas rigurosas de la teoría a través de una variedad de medios, que incluyen: enfoques participativos de estudios de casos regionales, aplicaciones de gestión adaptativa, desarrollo de modelos y el uso de escenarios y otras herramientas de visión, y III) Desarrollar directrices y principios que permitan a otros evaluar la resiliencia de SES y desarrollar políticas y herramientas de gestión que apoyen el desarrollo sostenible.

Una de las investigaciones realizadas por miembros de esta organización exploró las respuestas de adaptación frente al cambio climático de instituciones informales y de pequeños productores en la aldea de Nwadjahane, en Mozambique [114]. Los últimos treinta años en Mozambique han incluido la interrupción de los sistemas sociopolíticos debido a una guerra civil que terminó en 1993, la influencia de fuertes ajustes económico [115], y la variabilidad y la exposición a extremos climáticos [116]. Estos extremos climáticos han causado pérdidas considerables en los cultivos de cereales y la migración anual de miles de persona, afectando los modos de vida de los SES-AF, como resultado de los daños en la infraestructura, comunicación, pérdidas económicas y escases de recursos [117].

Nwadjahane se estableció formalmente en la década de 1980 como un refugio en el distrito de Manjacaze para las personas desplazadas de la guerra civil, y ahora alberga a unas 600 personas predominantemente de Shangai, que viven en 175 hogares. Debido a su relativa lejanía con las carreteras principales y los grandes asentamientos urbanos, los medios de vida se centran en la agricultura de subsistencia, con la producción de ganado vacuno, cabras, pollos y cerdos, y el cultivo de secano y riego. Otras actividades incluyen la pesca, el trabajo de los migrantes y la venta de productos naturales procesados. Los cultivos básicos incluyen maíz blanco, arroz blanco, mandioca, batatas y cacahuetes, aunque también se producen frijoles, caña de azúcar, tabaco y vegetales. Gran parte del área alrededor del pueblo es boscosa, y las cosechas de fruta y anacardo (*Anacardium*

occidentali) son una contribución importante a la seguridad alimentaria de los hogares. Las personas dependen directa e indirectamente de los recursos naturales circundantes y, en consecuencia, sus medios de vida están estrechamente relacionados con la variabilidad y la productividad de los recursos naturales.

Los resultados del estudio sobre las respuestas locales para hacer frente a los disturbios climáticos, reflejan los intentos de los aldeanos de satisfacer las necesidades inmediatas sin agotar los activos financieros y productivos, ni disminuir la calidad de vida. Por un lado, los hogares reducen el consumo o gasto de alimentos para preservar los activos (e.i. ganado vacuno, cabras, pollos y cerdos), y los reemplazan por aves y plantas silvestres, y la recolección de forraje. Así mismo, la venta de ganado o maquinaria es una estrategia para adquirir capital financiero con el cual comprar alimentos básicos o para gastos de emergencia. Por otro lado, dos actividades resultaron esenciales para reforzar la resiliencia de los SES-AF: a- La diversificación de los modos de vida, que incluyó nuevos cultivos, las habilidades tradicionales en artesanía, medicina y el intercambio de mano de obra para construcción de viviendas y b- Un sistema colectivo de doble uso de la tierra, utilizando la diversidad natural del paisaje para enfrentar a la mayor frecuencia de sequías durante los últimos 20 años. De los entrevistados, el 90% había podido mantener un sistema dual de uso de la tierra, aunque las parcelas eran muy pequeñas. Los suelos arenosos de mayor elevación solo admiten un cultivo "seguro" de mandioca, frijoles, batatas, maíz, frutas y nueces. Si bien este suelo se desempeña de manera deficiente durante la sequía, brinda cultivos confiables durante los años normales y húmedos cuando las tierras bajas fértiles se inundan. Las tierras bajas irrigadas se trabajan preferentemente para productos vegetales, arroz, maíz y frutas, que tienen potencial comercial, sin embargo, requieren arado [98]. A pesar de que problemas estructurales subyacentes, como los mercados débiles para productos básicos agrícolas, la infraestructura deficiente y el acceso limitado a las microfinanzas, exacerbaban las dificultades para los pequeños agricultores, las mencionadas acciones de respuesta adaptativas frente a desafíos climáticos sugieren que es posible reforzar la resiliencia socio-ecológica mediante la interacción entre instituciones y la comunidad (ver más en [114]).

iv. Panel Internacional de Expertos sobre Sistemas de Alimentación Sostenibles – Eco-Aldea en Chololo, Tanzania

El Panel internacional de Expertos sobre Sistemas de Alimentación Sostenibles (IPES) trabaja para delinear los debates sobre la reforma del sistema alimentario a través de la investigación orientada a las políticas y el compromiso directo con los procesos de políticas en todo el mundo. Está integrado por científicos ambientales, economistas, nutricionistas, agrónomos y sociólogos y movimientos sociales. El trabajo de IPES-Food está orientado de la siguiente manera: Un enfoque holístico que aborda los sistemas alimentarios en su totalidad y comprende temas como el hambre, la obesidad, la degradación ambiental, la pérdida de biodiversidad y las presiones sobre los medios de vida de los pequeños agricultores como componentes de problemas sistémicos más grandes, que requieren la

identificación de palancas sistémicas de cambio; un enfoque de sostenibilidad que incluye las dimensiones ambientales, de salud, sociales, culturales y económicas de los sistemas alimentarios, y considera esta definición completa de sostenibilidad como el punto de referencia de la reforma de los sistemas alimentarios; un enfoque de economía política que reconoce las relaciones de poder e influencias ejercidas por los actores dentro del sistema alimentario, y los consiguientes habilitadores y limitaciones que plantean en la toma de decisiones; y un enfoque democrático del conocimiento que identifica el valor de la investigación en las ciencias naturales y sociales, al tiempo que reconoce la importancia del conocimiento indígena y tradicional obtenido a través de la acción y la experiencia vivida. Este enfoque reconoce la necesidad de que los expertos científicos colaboren con los actores de los sistemas alimentarios con el fin de producir conocimiento útil en la construcción de políticas más justas.

Uno de los casos de estudio (ver más en [118]), consistió en el desarrollo de una Eco-Aldea en Chololo, una comunidad de 5.500 habitantes ubicada en las tierras semiáridas de Tanzania, la cual enfrenta desafíos tales como sequías recurrentes, inseguridad alimentaria y vulnerabilidad al cambio climático. Cuando se llevó a cabo un análisis participativo acerca de la vulnerabilidad y la capacidad climática en Chololo, los problemas clave identificados por los residentes de la aldea iban desde una mayor frecuencia de sequías, deforestación, inundaciones y vientos fuertes, hasta enfermedades humanas, enfermedades del ganado, plagas de cultivos y agua subterránea inadecuada recargar. Estos problemas se vieron agravados por la dependencia tradicional de la agricultura de secano, el uso insostenible de los recursos naturales y la falta de leyes que regulen el uso adecuado de los recursos naturales por las leyes. La agricultura de "tala y quema" a menudo se practicaba, pero estaba llegando a sus límites. En respuesta a la escasez de alimentos, las personas generalmente salían del distrito para buscar trabajo como trabajadores agrícolas o emigraban a la ciudad. Tradicionalmente, los agricultores de Chololo han empleado método de tala y quema para la producción de cultivos, con escaso conocimiento de los pobladores sobre prácticas óptimas de selección y almacenamiento de semillas, lo que ha causado bajos rendimientos. También, en el pasado, se alentaba a los agricultores a plantar sus semillas temprano, en línea con el popular eslogan nacional de la década de 1970: "Mvua za kwanza ni za kupandia" ("Las primeras lluvias son para la siembra"). Sin embargo, el cambio en el clima ha interrumpido este patrón, ya que los agricultores ahora reportan temporadas de lluvias que comienzan más tarde y terminan antes, lo que resulta en una baja productividad o una falla en los cultivos.

El proyecto Eco-Aldea planteó un enfoque participativo para la generación y difusión de conocimiento de prácticas agroecológicas, destinadas a aprovechar al máximo las precipitaciones limitadas, mejorar la fertilidad del suelo, reducir la carga de trabajo de los agricultores y mejorar la calidad de las semillas locales. Estas tecnologías incluyeron: el uso de herramientas de labranza que redujeron la carga de trabajo de los agricultores y mejoraron la recolección de agua de lluvia; medidas de conservación del

agua, como crestas de contorno, franjas de hierba y curación de barrancos para capturar el agua de lluvia y prevenir la erosión del suelo; el uso de estiércol de corral para mejorar la fertilidad del suelo; el uso de variedades de semillas de maduración temprana y alto rendimiento de maíz, sorgo, mijo, caupí y maní; la adopción de prácticas óptimas de siembra, espaciamiento, aclareo y deshierbe, así como cultivos intercalados y rotación de cultivos para controlar las malezas y mejorar los rendimientos; y la plantación de árboles, la agrosilvicultura y la planificación y el manejo comunitario del uso de la tierra. Además, se alentó a los agricultores a resistir la tentación de plantar temprano, esperando de tres a cuatro semanas hasta fines de diciembre o principios de enero, cuando las lluvias estaban bien establecidas. Los datos recopilados por el Instituto de Investigación Agrícola Hombolo respaldan los testimonios de los agricultores de que los rendimientos se han más que duplicado desde que el proyecto introdujo las nuevas prácticas agrícolas [119]. Además se han generado ingresos adicionales a partir de las ventas de cultivos comerciales, y la seguridad alimentaria de los hogares ha aumentado.

El equipo del proyecto multidisciplinario trabajó con la comunidad, a partir de lo que sabían y a partir de lo que tenían, con el objetivo de generar impactos duraderos a largo plazo. La inclusión de instituciones locales tanto en el diseño como en la implementación del proyecto ha permitido a la Ecoaldea ser relevante para la formulación de políticas a nivel nacional y emerger como un caso de referencia para la construcción de resiliencia climática. Como una agenda política que aún no ha sido totalmente captada por los grupos de presión de los agronegocios u otros intereses creados, la adaptación al clima puede ofrecer una vía poderosa para avanzar y ampliar la experiencia de Chololo en Tanzania y otras partes de África. Ahora se ha establecido una red global de ecoaldeas (GEN), lo que sugiere que los intentos de hacerlo se benefician fríamente de una fuerte alianza para el cambio.

v. Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional – Productores de Café en Centroamérica, estrategias para afrontar el Cambio Climático

El Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) es una red mundial dedicada a promover la ciencia y la innovación agrícola de pequeños productores, a los fines de mejorar la productividad y la capacidad adaptativa frente al cambio climático. Sus estudios se desarrollan en países de todos los continentes, persiguiendo 3 objetivos centrales: 1- Reducir la pobreza, 2- Mejorar la seguridad alimentaria y nutricional y 3- Mejorar los recursos naturales y los servicios ecosistémicos. Algunos de sus casos de estudio se han centrado en la producción de café y cacao en Latinoamérica y en el este y oeste de África. Actualmente, los productores de café enfrentan la amenaza adicional del cambio climático, que incluye temperaturas más altas y eventos climáticos extremos, como lluvias irregulares y sequías. Las personas marginadas, incluidas las mujeres, los pobres y los ancianos, tienen un acceso desigual a los recursos y, a menudo, sufren los peores impactos de las condiciones ambientales cambiantes del cambio climático [110].

Uno de los estudios desarrollados por este grupo (ver más en [120]), se realizó en SES-AF dedicados a la producción de café en Centroamérica, donde los modos de vida de los pequeños productores se encuentran en estado de vulnerabilidad debido a la exposición y sensibilidad a disturbios, incluida la estacionalidad de los ingresos, los precios volátiles de los productos básicos y los desastres naturales [121]. De manera participativa, se realizó una búsqueda exhaustiva de evidencia sobre el potencial de las prácticas agroecológicas para reforzar la resiliencia socio-ecológica de los pequeños agroecosistemas de café y los medios de vida frente al cambio climático. Los resultados indican que si bien no existe un solo factor que aumente la resiliencia en todos los dominios, la incorporación o el mantenimiento de árboles de sombra (e.i. la agrosilvicultura de café), la inclusión de otros cultivos como banana, cacao y mango, la producción de miel y ganado, así como la conformación de cooperativas, redes y la participación en escuelas de productores, ofrecen beneficios en el mayor número de indicadores de resiliencia socio-ecológica y de medios de vida. Con un manejo adecuado, la incorporación y el mantenimiento de diversas estrategias de producción, se alcanzó una manera efectiva y económicamente viable que les permite a los pequeños agricultores de café desarrollar la resiliencia de las fincas frente a las amenazas climáticas, al mismo tiempo que apoyan la seguridad alimentaria y proporcionan ingresos.

vi. Cooperativa campesina Coopesilencio, Costa Rica

En el marco de dos proyectos financiados por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía y por la AECID, se desarrolló en una cooperativa campesina “Coopesilencio”, en la localidad El Silencio, en Costa Rica, un estudio que refleja la capacidad adaptativa de los SES-AF frente al cambio climático [107]. Esta cooperativa está conformada por 40 familias agricultoras, y se define por los principios de autogestión, depositaria de la titularidad de propiedad de la tierra y de todos los medios de producción, considerados colectivos. Los socios se dedican al cultivo de diversos productos agrícolas, en un ambiente de clima tropical húmedo, marcado por fenómenos que determinan un alto grado de incertidumbre para el medio de vida de animales, vegetales y humanos que constituyen el SES de la región, tales como el paso periódico de huracanes caribeños y ciclones del Pacífico, y los desbordamientos del río Savegre.

El principal cultivo es la palma africana para la producción de aceite, ocupando la mitad de la extensión del terreno perteneciente a la cooperativa. En el año 1998 el huracán Mitch destruyó gran parte de las plantaciones de palma. Ante esta catástrofe, la cooperativa logró organizarse y desarrollar un proyecto de agro-ecoturismo comunitario, el cual les permitió afrontar las pérdidas económicas de la producción de palma. En el año 2005, se produjo el huracán Rita, el cual destruyó nuevamente el palmeral y la infraestructura desarrollada para el turismo. Una vez más, la cooperativa se auto-organizó, construyó nuevas instalaciones y se formaron a jóvenes y mujeres para una mejor atención a los visitantes. A su vez, la cooperativa diseñó e implementó diversos proyectos, uno de los cuales desarrolla programas de rescate, rehabilitación y reintroducción de animales salvajes; mientras que otro está relacionado

con la conservación de zonas de bosque primario y la reforestación con especies arbóreas destinadas a la producción sostenible de madera. De esta manera, Coopesilencio representa a dos de las principales características de un socio-ecosistema resiliente: capacidad para vivir con el cambio y la incertidumbre, y la creación de oportunidades para la reorganización. En definitiva, se trata de un SES con indudable capacidad adaptativa [107].

vii. Cultivos en secano en la Región de Biobío, Chile

En la comuna de Yumbel, Florida y San Rosendo, en la Región del Biobío, Chile, se investigó acerca de la percepción de los pequeños productores sobre el cambio climático y sus estrategias de adaptación al mismo [122]. El clima de esta zona es mediterráneo, de fuerte amplitud térmica y con 6 meses secos. Las precipitaciones se concentran entre Mayo y Septiembre. Sin embargo, los últimos años se han caracterizado por escasas precipitaciones, heladas fuera de temporada e intensos calores estivales. La actividad económica más importante en estas comunidades es la agricultura, la cual se encuentra limitada debido a la erosión del suelo con escaso contenido de materia orgánica y minerales, lo cual incide negativamente en los rendimientos y rentabilidad de las producciones agrícolas.

La percepción de los agricultores resalta la problemática relacionada a la escasez de agua, haciendo hincapié en el cambio de los periodos e intensidad de las lluvias, así como en el aumento de la intensidad solar, la cual “quema” las plantas. Sin embargo, los pequeños productores han generado estrategias de adaptación para enfrentar estos cambios, incluyendo prácticas agroecológicas que les permiten mayores y mejores rendimientos. Entre ellas se destacan un manejo del suelo más eficiente, utilizando restos de podas para suavizar el contorno de cárcavas, la construcción de terrazas para la plantación de frutales, el uso de guano y desechos de cultivo para el cultivo de hortalizas, y la disminución de la quema de rastrojo, con el fin de detener la erosión, la rotación de cultivos y el uso de productos orgánicos de origen casero para evitar plagas y enfermedades, la introducido del uso de sistemas de riego por goteo en cultivos tanto de uso comercial como para el autoconsumo, y algunas familias han introducido el uso de paneles solares para el funcionamiento de electrobombas. Además se realizan intercambios de semillas criollas, lo que permite conservar la diversidad genética de los cultivos y mediante apoyo institucional han logrado la construcción de infraestructura como invernaderos, maquinaria y cercos. Con el fin de afrontar las adversidades climáticas, la consideración e integración de los conocimientos locales y científicos, el apoyo de instituciones y las estrategias llevadas a cabo por los agricultores han logrado sostener a estas comunidades rurales. Los pequeños productores expresaron que mediante la aplicación de estas prácticas agroecológicas los resultados en la producción son positivos y acuerdan en que en el caso de una sequía, sus predios podrían enfrentarla [122].

viii. Estrategias de adaptación al Cambio Climático de SES-AF en la Sierra andina de Ecuador

Posteriormente, se realizó un estudio (ver más en [123]), en la zona norte de la Sierra andina de Ecuador, en las comunidades de Jesús del Gran Poder y Chitacspi en la provincia del Carchi y la comunidad de San Clemente, en la provincia de Imbabura. En ambas provincias, la agricultura es el principal medio de vida de ambas, y basan su economía en la producción papa, habas (*Vicia faba*), Melloco (*Ullucus tuberosus*) y pasto para el ganado. Las percepciones de los agricultores acerca de los cambios en el clima en los últimos 30 años, coinciden con los indicados por las estaciones meteorológicas. El consenso general es que actualmente la temperatura ha aumentado y que las precipitaciones han disminuido o sus regímenes han cambiado, generando incertidumbre entre los agricultores acerca del momento indicado para sembrar. Entre los impactos que estos cambios generan, se destacan el incremento en los costos de producción, la pérdida de cultivos por sequías y heladas, el incremento de enfermedades, la reducción de la producción agropecuaria y el incremento en la vulnerabilidad de la economía familiar y la salud.

Ante este escenario, las estrategias de adaptación al cambio climático desarrolladas por los SES-AF de estas provincias son diversas. La principal es el riego durante la estación de lluvias, el cual es el momento que se deben enfrentar períodos de sequía, que resultan cada vez más frecuentes. Si bien tradicionalmente regaban durante la estación seca o verano, en los últimos años han tenido que recurrir al mismo durante la estación de invierno (estación lluviosa). Así mismo, diversos cambios han sido registrados en las formas de producción local. Uno de estos cambios son los cultivos a los cuales se dedica la población y las variedades de los mismos. En Carchi se ha incrementado la producción de papas, quínoa, pastos y ganado para la producción láctea, mientras que en San Clemente la mayoría de los agricultores ha comenzado a diversificar con frutales y maíz. Por último, en ambas zonas de estudio, los agricultores concluyen que la preservación y promoción de la agrobiodiversidad pueden contribuir a la adaptación, tanto en la reducción de las condiciones para la propagación de plagas y enfermedades, así como en el aumento de la seguridad alimentaria de las poblaciones vulnerables.

Si bien los impactos percibidos por agricultores en sus medios de vida están relacionados con políticas gubernamentales y variabilidad en los mercados, en los últimos años, la variabilidad en el clima resulta ser de significativa preocupación entre los agricultores, señalando éstos que los cambios inciden en la pérdida de cultivos. Esta situación ha generado estrategias de adaptación realizadas por pequeños agricultores para enfrentar la variabilidad climática y reforzar la resiliencia de sus SES-AF [123].

ix. Estrategias para mejorar la capacidad de adaptación lideradas por el Movimiento Campesino

Por otro lado, El Movimiento Campesino, también lideró un estudio que abarcó 360 comunidades y 24 departamentos en Nicaragua, Honduras y Guatemala, después del huracán Mitch en 1998, y destacó

que los agricultores que utilizaban prácticas de diversificación como cultivos de cobertura, sistemas intercalados y sistemas agroforestales, sufrieron menos daño que sus vecinos con monocultivos convencionales. Este estudio incluyó 100 equipos de agricultor-técnico para llevar a cabo observaciones paralelas de indicadores agroecológicos específicos en 1.804 fincas “sostenibles” y “convencionales” [124]. Así mismo, una investigación realizada en la región alto-andina de Colombia analizó la relación entre sustentabilidad y adaptación a la variabilidad climática. Se reconocieron en forma participativa los principales factores de riesgo para la sustentabilidad de la producción. Posteriormente, se implementaron planes para mejorar la capacidad adaptativa de la producción, incluyendo por ejemplo técnicas de conservación de suelos y arborización, en establecimientos de 13 productores familiares vinculados a la Asociación Red Agroecológica Campesina de Subachoque. La evaluación de la resiliencia pre y post intervención mostró incrementos en la capacidad de respuesta ante eventos de cambio ambiental [109].

e. Aproximación propuesta al estudio de la resiliencia socio-ecológica ante adversidades climáticas.

En esta sección desarrollamos brevemente de qué manera las nociones teóricas hasta aquí expuestas, más la experiencia práctica ilustrada con los ejemplos de la sección precedente, son posibles de ser instrumentadas a través de un proyecto de refuerzo de la resiliencia socio-ecológica en comunidades de agricultura familiar. El marco conceptual propuesto permite evaluar dos aspectos claves de los Socio-Ecosistemas: (i) su resiliencia frente a factores socio-ambientales (con énfasis en cambio climático); (ii) y su capacidad de brindar bienes y servicios ambientales (capacidad que se busca potenciar). Para ambos aspectos, es necesario establecer el grado de resiliencia y la capacidad de brindar servicios ambientales de los SES-AF, SES-paisaje y SES-regionales, previamente (línea de base) y posteriormente a las intervenciones de un proyecto de fortalecimiento de la resiliencia, a los fines de evaluar su impacto. Asumiendo el corto plazo del proyecto (2 a 3 años), el impacto de las propuestas es posible inferir mediante el análisis de posibles escenarios tendenciales a mediano plazo con y sin intervención del proyecto (i.e. etapa prospectiva: diseño de escenarios).

Se consideran clave, para el desarrollo del proyecto, dos atributos asociados a la resiliencia de los SES: (i) la diversidad, definida como el rango de opciones que tiene un sistema para dar respuesta a un disturbio y mantener sus procesos cruciales; y (ii) la redundancia, comprendida como la existencia de múltiples unidades similares no idénticas, que pueden sustituirse entre sí, para llevar a cabo una función o interés en común [125]. Estos atributos, pueden ser utilizados como proxies para estimar el nivel de resiliencia de un SES, a partir del análisis de la variedad de rasgos funcionales, comportamientos y/o modos de acción del cual dispone un socio-ecosistema para responder a uno o varios factores de disturbio [43]. Mediante el enfoque de sustentabilidad de medios de vida (sensu [10, 20]), mencionado en la sección 1.3.1, se propone evaluar las estrategias y características de cada capital (natural, humano, social, productivo y financiero), asociado a la diversidad y/o redundancia

socio-ecológica que mantienen o refuerzan la resiliencia a forzantes o factores de disturbio socio-ambientales [10]. Por ejemplo, un aumento en la diversidad del subsistema social puede estar asociado con un aumento en el número de nodos diferentes (diversidad estructural) involucrados en una red social y / o un aumento en los enlaces o conectividad entre nodos (diversidad funcional) a diferentes niveles organizativos. Una alta diversidad en la configuración de la red puede proporcionar mejores alternativas para que el sistema responda a un factor de perturbación dado [126]. En contraste, la sustitución total o parcial de un subsistema dado por otro (por ejemplo, el reemplazo de un bosque por un monocultivo agrícola) puede disminuir significativamente la diversidad estructural-funcional de un SES, causando una disminución en su capacidad de recuperación y el subsiguiente aumento de la vulnerabilidad [67]. De este modo, la identificación de las características estructurales y funcionales (asociadas a la diversidad y redundancia) comprendidas en los capitales de los SES-AF (*sensu* [20]), en instancias previas y posteriores al proyecto, permite analizar desde una perspectiva holística la interacción entre ellos y el impacto relativo de diferentes factores de disturbio socioambientales, tanto en cada capital como en el funcionamiento de los SES a diferentes escalas (SES-AF, SES-paisaje y SES-regional) (**Figura 3, Tablas 1 y 2**).

Dentro del subsistema natural, los procesos ecosistémicos proporcionan bienes y servicios ambientales, y se han clasificado en cuatro categorías: soporte, regulación, provisión y socio-culturales [127]; **Tabla 3**. Estas cuatro categorías, pueden evaluarse mediante la utilización de indicadores de funciones ecosistémicas, permitiendo analizar la relación entre la resiliencia socio-ecológica (*proxy*: diversidad y redundancia de sub-sistemas de un SES-AF y SES-paisaje) y los mecanismos de provisión de servicios ambientales previos y posteriores a la intervención del proyecto. Este tipo de análisis puede ser apoyado con modelos de simulación de complejidad variable (e.g.[128])

TABLA 3. Servicios ambientales y funciones ecosistémicas a evaluar con indicadores a escala de predio

| SERVICIOS AMBIENTALES | FUNCIÓN ECOSISTÉMICA | INDICADORES |
|---|---|---|
| SERVICIOS DE SOPORTE (Servicios necesarios para el sustento de todos) | <i>Formación de suelos, ciclado de nutrientes y producción primaria neta.</i> | 1. Stock o concentración de carbono orgánico de suelo (% o Tn C/Ha). 2. Stock o concentración de nitrógeno y fósforo en suelo (g o mg kg ⁻¹). 3. Índice espectral de productividad primaria neta anual (promedio de los últimos 10 años). |

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| los demás servicios ambientales) | <i>Hábitat para poblaciones de especies residentes y transitorias.</i> | <p>4. Biomasa vegetal estimada como estructura diamétrica de la masa forestal (Individuos por cada clase diamétrica) en bosques y como biomasa vegetal en pastizales naturales;</p> <p>5. Calidad de hábitat para micro-fauna (e.g. presencia de árboles maduros (ind/Ha), presencia de árboles muertos en pie (ind/Ha), cantidad (ind/Ha) y volumen (m³) de troncos caídos, cantidad de cuevas de fauna silvestre en uso en el suelo (Cuevas/Ha), N° de cavidades en árboles. Cantidad de heces de mamíferos silvestres (Heces/ Ha).</p> <p>6. Índice de Heterogeneidad Vertical de Vegetación.</p> <p>7. Índice de Heterogeneidad Horizontal de Vegetación.</p> <p>8. Índice de Conectividad de parches de vegetación.</p> <p>9. Índice de Alteración Estructural del Ecosistema (vegetación y suelo).</p> |
| | <i>Diversidad biológica.</i> | <p>10. Riqueza de especies vegetales (especies/Ha)*.</p> <p>11. Índice de diversidad de Shannon (especies vegetales).</p> <p>12. Diversificación espacio-temporal de la matriz agro-productiva (e.g., proporción pastizal: cultivo, % cobertura arbórea, índice de fragmentación espacial, cercos vivos, etc.)</p> |
| SERVICIOS DE REGULACIÓN | <i>Resiliencia ecológica del bosque frente a disturbios (capacidad del ecosistema de respuesta y de auto-regulación frente a factores de disturbios socio-ambientales.)</i> | <p>13. Densidad y sobrevivencia de regeneración de especies clave y/o fundacionales (Plántulas/Ha).</p> <p>14. Diversidad y redundancia funcional de la vegetación.</p> <p>15. Diversidad de respuesta funcional frente a sequía y variabilidad climática.</p> |
| | <i>Control de la erosión (capacidad de retención de suelo, agua y materia orgánica dentro del ecosistema).</i> | <p>16. Cantidad y profundidad de surcos y cárcavas (n°*cm por transecta) y/o extensión de pavimentos de erosión (cm sobre la transecta*.</p> <p>17. Cantidad de plantas en pedestal (Ind/Ha).</p> <p>18. Índice de resistencia de la vegetación frente a la erosión.</p> |
| | <i>Regulación hídrica</i> | <p>19. Biomasa de mantillo (gr/m²).</p> <p>20. Evapotranspiración real (mm) (estimado con índices espectrales).</p> <p>21. Salinidad en suelo (mS cm⁻¹)</p> <p>22. Índice de eficiencia de uso de lluvia</p> |
| SERVICIOS DE PROVISIÓN | <i>Producción Forestal</i> | <p>23. Área basal (m²/Ha)* y metros cúbicos de madera (Tn/Ha).</p> |
| | <i>Producción forrajera</i> | <p>24. Abundancia de especies forrajeras.</p> <p>25. Abundancia de especies leñosas que proveen forraje al ganado (e.g. algarrobo, chañar, mistol, etc.) (ind/Ha).</p> <p>26. Productividad (o disponibilidad) forrajera.</p> |
| | <i>Producción secundaria</i> | <p>27. Producción de lana o pelo (kg/ha).</p> <p>28. Producción de carne (kg/ha).</p> <p>29. Producción de leche (l/ha)</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <i>Generación de productos no maderables del bosque (o producciones alternativas)</i> | 30. Abundancia de especies con frutos comestibles (ind/Ha). 31. Abundancia de especies aromáticas (ind/Ha). 32. Abundancia de especies clave para la producción de miel (ind/Ha). 33. Producción de mieles (kg/ha) 34. Cosecha de aromáticas y/o medicinales. |
| SERVICIOS SOCIALES y CULTURALES | <i>Resiliencia Socio-Ecológica (asociado a capacidad de mantener los medios de vidas de la familia rural)</i> | 35. Nivel conocimiento de ciclos ambientales, y capacidad de anticiparse y manejar el predio durante sequías, inundaciones, ciclones, huracanes, tifones. 36. Diversidad en las redes sociales que participa (nº de nodos y tipo de nexos) asociados a: capacitación e intercambio de saberes y experiencia; comercialización de productos. 37. Nivel de diversificación productiva (diversidad de bienes agropecuarios que produce u obtiene; i.e. de cultivos, productos de origen animal, de especies nativas). 38. Diversidad y redundancia funcional de especies de uso agropecuario. 39. Diversidad de respuesta funcional de especies de uso agropecuario frente a sequía y variabilidad climática. 40. Diversidad de prácticas agropecuarias que conocen e implementan. 41. Estabilidad de la producción total de bienes del predio (kg totales/ha). 42. Estructura familiar y nº de actividades que desarrollan en el predio. 43. Percepciones sobre las posibilidades de producción agropecuaria a largo plazo. 44. Capacidad de innovación (e.g. nivel de empoderamiento de las innovaciones agropecuaria propuestas en el proyecto). 45. Rentabilidad y Estabilidad temporal de ingresos monetarios prediales. |
| | <i>Valor cultural del ambiente</i> | 46. Valoración de las familias rurales del entorno como su hábitat. 47. Valoración del uso múltiple de los ecosistemas naturales. 48. Valoración paisajística (y otros valores). |

NOTA: Para evaluar los 3 ejes propuestos a escala predial. Sistema de indicadores basados en [43], [67], [82] adaptado de la clasificación de [129].

En el mismo sentido, existen trabajos que proponen 4 categorías socioculturales que pueden generar y/o fortalecer la resiliencia de un SES (*sensu* [105]): 1- Aprender a vivir con el cambio y la incertidumbre 2- Promover la diversidad para la reorganización y la renovación. 3- Combinar diferentes tipos de conocimiento 4- Crear oportunidades para la auto-organización. La primera categoría se refiere a la capacidad para aprender de las crisis, predecir y controlar perturbaciones y desarrollar estrategias que hagan frente a procesos de cambio. Para ello, las instituciones formales e informales tienen un rol central. La segunda categoría se enfoca a la importancia del mantenimiento de la memoria socio-ecológica, como experiencia acumulada para enfrentar el cambio, y herramienta para la construcción

de la capacidad creativa y adaptable, remarcando la necesidad de diversificar ese conocimiento socio-ecológico. De este modo resulta necesario fomentar la diversidad de instituciones, así como crear espacios políticos para la implementación de estrategias adaptativas. La tercera categoría resalta la necesidad de la incorporación del conocimiento local, en combinación con el científico, en el manejo y toma de decisiones. Por último, la cuarta categoría remarca la importancia de la promoción de estrategias participativas capaces de brindar conocimiento amplio e integrado, así como mecanismos para el manejo de conflictos. El estado de estas 4 categorías es posible de identificar mediante investigaciones etnográficas, brindando elementos para dilucidar el estado de resiliencia de una comunidad (**Tabla 4 en ANEXO B**) [107].

Otros autores [111], [130], proponen una serie de indicadores para estimar la resiliencia de SES con manejo agroecológico a escala de predio (**Tabla 5 en ANEXO B**). Estos indicadores son evaluados mediante la clasificación del riesgo que impliquen para el socio-ecosistema, utilizando un sistema de semáforos, donde rojo implica “alto riesgo”, amarillo “riesgo moderado” y verde “bajo riesgo” (**Tabla 6 en ANEXO B**). Cabe aclarar que, para estos autores, el concepto de riesgo es comprendido como cualquier fenómeno de origen natural que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad de productores expuesto a ese fenómeno. Esta evaluación resulta interesante de realizar durante la realización de talleres participativos, en instancias previas y posteriores al proyecto.

En consonancia, una investigación orientada a definir las maneras en las cuales es posible que los actores sociales relacionados a la cadena de suministro de alimentos (productores, procesadores, empaques, distribuidores, empresas de transporte, mayoristas, minoristas de supermercados y consumidores) contribuyan a reducir la variabilidad productiva frente a disturbios inesperados, adoptando prácticas más sustentables, propone una serie de recomendaciones para incrementar la resiliencia en la producción y suplementación de alimentos frente a un rango de amenazas, a nivel de paisaje [28]. Los autores de este trabajo sostienen que la cadena de suministro de alimentos fomenta prácticas de producción homogéneas, que resultan altamente eficientes en determinados momentos, aunque también es posible que no resulten adecuadas ante condiciones cambiantes. En la presente revisión, nos enfocaremos en las posibles amenazas, recomendaciones y ejemplos de acciones de intervención, destinadas a los productores de alimentos, en decir, a los agricultores (**Tabla 7 en ANEXO B**).

Posteriormente, un trabajo realizado en agrosistemas del oeste de Salta, Argentina, [131] emplean el Índice de Sustentabilidad Agropecuaria (ISAP) que consiste en un método cualitativo y cuantitativo basado en el concepto de SES que permite evaluar la sustentabilidad de agrosistemas desde la perspectiva del productor a escala predial [132]. Este índice permite evaluar, monitorear y detectar puntos críticos del sistema productivo, ambiental y social analizado, lo cual facilita la identificación y justificación de medidas correctoras que deberían ser incluidas en planes de desarrollo, gestión y

planificación a fin de mejorar el nivel de sustentabilidad de los emprendimientos [131]. La unidad de análisis adoptada para el empleo de este índice es la unidad productiva a escala predial, ya que representa la unidad básica de los sistemas productivos agropecuarios y es considerada como la primera escala espacial de análisis que permite la evaluación de sustentabilidad y constituye la unidad de gestión sobre la cual pueden incidir políticas públicas orientadas al sector. De esta manera, los autores describen la sustentabilidad de los SES-AF a partir de la interacción de cinco aspectos: (1) Elementos de sustento: Componentes materiales o biofísicos y estrategias de gestión productiva de la unidad de manejo; (2) Actores sociales: Representantes sociales relevantes (productores agropecuarios, trabajadores, técnicos, gobierno, y otros actores) cuyas acciones o inacciones afectan de manera determinante a las unidades de manejo; (3) Resultados: Cambios en los procesos productivos y consecuencias espaciales o temporales del proceso de toma de decisiones; (4) Interacciones: Espacios o canales reales o virtuales existentes para intercambio de información, debate y discusión de problemas entre actores y representantes de distintas unidades de manejo; y (5) Contexto: Aspectos políticos, institucionales, históricos, legales, sociales y ambientales que afectan o pueden afectar al sistema bajo análisis y que constituyen el marco local, regional y global que condiciona o favorece el desarrollo de las actividades productivas. En base a estos 5 aspectos, se presentan indicadores de sustentabilidad (**Tabla 8 en ANEXO B**) para describir estos cinco aspectos del marco conceptual. Cabe aclarar que estos autores consideran como indicadores a elementos que son considerados en la presente revisión como criterios, y a su vez, las descripciones mencionadas para cada indicador, resultan los verdaderos indicadores. Esto se debe a que los autores de esta investigación presentan una tabla de indicadores contexto-específica de los SES que evalúan. Se sugiere no utilizarla, aunque es posible considerar ciertos indicadores según el contexto en el cual se llevarán a cabo acciones para el desarrollo de la intensificación sostenible.

f. Impactos esperados

Los casos de estudio mencionados en la presente revisión reflejan la importancia de la participación y acción entre diversos actores sociales, tales como representantes políticos, instituciones, productores familiares, ONGs, técnicos y académicos en la construcción e implementación de proyectos orientados a fortalecer la resiliencia de los SES-AF. En la presente revisión, es posible visibilizar que los potenciales impactos de implementar este tipo de proyectos, se relacionan con incrementar la capacidad de adaptación del socio-ecosistema a las variables ambientales actuales y futuras a los fines de mejorar y/o estabilizar la productividad de sus recursos, su rentabilidad, a mantener la integridad ecológica y cultural de los paisajes, y a mejorar y consolidar un hábitat sustentable. A partir del desarrollo de espacios de intercambio de conocimientos en las tres áreas pilotos en las que se trabajará, se fomentará la construcción conjunta de plataformas de co-innovación, en las cuales se espera que las innovaciones tecnológicas y/u organizacionales se basen en el ordenamiento ambiental productivo a escala predial, de paisaje y regional, a partir de tres ejes: (1) tecnologías de manejo y

conservación de biodiversidad y servicios ecosistémicos (SE), (2) restauración ecológica e IS y (3) fortalecimiento de redes sociales/organizacionales y del diálogo de saberes entre conocimientos técnico y local.

Es fundamental implementar este tipo de proyectos a diferentes escalas espaciales. La consolidación de redes de intercambio de información, conocimientos y recursos entre familias, hogares y productores rurales constituye el principal insumo a escala predial para la generación de nuevas redes a escala de paisaje, enriquecidas por la participación de asociaciones, instituciones y cooperativas locales, que actuando de manera sinérgica permiten el fortalecimiento de la resiliencia a nivel regional, donde nuevas esferas de actores sociales, tales como organismos de gobierno, instituciones de ciencia y técnica, organizaciones sociales e instituciones agropecuarias, son esenciales para la sustentabilidad de los SES-AF.

1. Bibliografía

- [1] D. G. Madruga y J. L. G. Morales, «Cambio climático. Perspectivas futuras/Climatic change. Future perspectives», *Observatorio medioambiental*, vol. 15, p. 11, 2012.
- [2] S. Luna Coss, A. Perales Salvador, y A. Lastiri Salazar, «CALENTAMIENTO GLOBAL, POBLACIÓN, ALIMENTACIÓN Y SUSTENTABILIDAD: LÍMITES EN EL CONTEXTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL SECTOR AGROPECUARIO EN MÉXICO», *Creecer Empresarial: Journal of Management and Development.*, 2017.
- [3] O. Hoegh-Guldberg *et al.*, «Impacts of 1.5 °C global warming on natural and human systems», *FAO*, 2018.
- [4] S. Y. P. Melchor, «Cambio climático en América Latina: política pública y legislación para la adaptación», *Estado & comunes*, vol. 1, n.º 8, 2019.
- [5] C. Herrero-Jáuregui *et al.*, «What do We Talk about When We Talk about Social-Ecological Systems? A Literature Review», *Sustainability*, vol. 10, n.º 8, p. 2950, 2018.
- [6] B. Walker *et al.*, «Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach», *Conservation ecology*, vol. 6, n.º 1, 2002.
- [7] C. S. Holling, «Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems», *Ecosystems*, vol. 4, n.º 5, pp. 390–405, 2001.
- [8] C. Folke, R. Biggs, A. V. Norström, B. Reyers, y J. Rockström, «Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science», *Ecology and Society*, vol. 21, n.º 3, 2016.
- [9] L. H. Gunderson, «Adaptive dancing: interactions between social resilience and ecological crises», *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, pp. 33–52, 2003.
- [10] I. J. Davidson-Hunt y F. Berkes, «Nature and society through the lens of resilience: toward a human-in-ecosystem perspective», *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, pp. 53–82, 2003.

- [11] F. Berkes, J. Colding, y C. Folke, *Navigating social-ecological systems: building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, 2008.
- [12] G. R. Conway, «The properties of agroecosystems», *Agricultural systems*, vol. 24, n.º 2, pp. 95–117, 1987.
- [13] P. A. Tittone y J. De Grazia, «Un marco conceptual para la identificación y evaluación de alternativas agroecológicas en investigación», *Revista Brasileira de Agroecologia*, vol. 6, n.º 2, 2011.
- [14] E. F. Viglizzo, «Cambio climático y seguridad alimentaria global: Oportunidades y amenazas para el sector rural argentino», *Anales de la ANAV*, vol. 69, 2018.
- [15] F. Fao, P. Oms, Unicef, y others, «El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2017», *Fomentando la resiliencia en aras de la paz y la seguridad alimentaria*. Roma: FAO, 2017.
- [16] E. Speelman, J. C. Groot, L. García-Barrios, K. Kok, H. Van Keulen, y P. Tittone, «From coping to adaptation to economic and institutional change—trajectories of change in land-use management and social organization in a Biosphere Reserve community, Mexico», *Land Use Policy*, vol. 41, pp. 31–44, 2014.
- [17] A. Pyhälä *et al.*, «Global environmental change: local perceptions, understandings, and explanations», *Ecology and society: a journal of integrative science for resilience and sustainability*, vol. 21, n.º 3, 2016.
- [18] D. A. Cabrol y D. M. Cáceres, «Las disputas por los bienes comunes y su impacto en la apropiación de servicios ecosistémicos: La Ley de Protección de Bosques Nativos, en la Provincia de Córdoba, Argentina», *Ecología austral*, vol. 27, n.º 1, pp. 134–145, 2017.
- [19] M. Esteve, «“Tierra y agua para poder producir y vivir”: El Movimiento Campesino Cordobés», *Theomai*, n.º 20, 2009.
- [20] D. Slutzky, «Los conflictos por la tierra en un área de expansión agropecuaria del NOA. La situación de los pequeños productores y los pueblos originarios», *Revista interdisciplinaria de estudios agrarios*, vol. 23, pp. 59–100, 2005.
- [21] A. Casas *et al.*, «Ciencia para la sustentabilidad: investigación, educación y procesos participativos», *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 88, pp. 113–128, 2017.
- [22] F. García Hilario, J. Cruz Morales, A. E. Castro Ramírez, T. Trench Hamilton, y C. Pacheco Flores, «Crisis del sistema milpero: la erosión biológica y cultural en San Juan de las Nieves, Malinaltepec, Guerrero, México», *Revista de Geografía Agrícola*, n.º 57, 2016.
- [23] J. Hurrell, «Urban Ethnobotany in Argentina: Theoretical advances and methodological strategies», *Ethnobiology and Conservation*, vol. 3, 2014.
- [24] I. Vandebroek, V. Reyes-García, U. P. de Albuquerque, R. Bussmann, y A. Pieroni, *Local knowledge: Who cares?* BioMed Central, 2011.
- [25] A. H. Ladio, «Ethnobiology and research on Global Environmental Change: what distinctive contribution can we make?», *Ethnobiology and Conservation*, vol. 6, 2017.
- [26] FAO, «The State of Food Insecurity in the World», FAO, 2009.
- [27] H. Wittman y J. Blesh, «Food Sovereignty and F ome Z ero: Connecting Public Food Procurement Programmes to Sustainable Rural Development in B razil», *Journal of Agrarian Change*, vol. 17, n.º 1, pp. 81–105, 2017.

- [28] S. Macfadyen *et al.*, «The role of food retailers in improving resilience in global food supply», *Global Food Security*, vol. 7, pp. 1–8, 2015.
- [29] C. Timmermann, G. F. Félix, y P. Tiftonell, «Food sovereignty and consumer sovereignty: Two antagonistic goals?», *Agroecology and Sustainable Food Systems*, vol. 42, n.º 3, pp. 274–298, 2017.
- [30] P. Tiftonell, «Ecological intensification of agriculture—sustainable by nature», *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 8, pp. 53–61, 2014.
- [31] J. Pretty, C. Toulmin, y S. Williams, «Sustainable intensification in African agriculture», *International journal of agricultural sustainability*, vol. 9, n.º 1, pp. 5–24, 2011.
- [32] T. Doré, D. Makowski, E. Malézieux, N. Munier-Jolain, M. Tchamitchian, y P. Tiftonell, «Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge», *European Journal of Agronomy*, vol. 34, n.º 4, pp. 197–210, 2011.
- [33] J. Vandermeer y I. Perfecto, «Complex traditions: Intersecting theoretical frameworks in agroecological research», *Agroecology and Sustainable Food Systems*, vol. 37, n.º 1, pp. 76–89, 2013.
- [34] M. Altieri y Rosset, P., *Agroecología. Ciencia y Política*, 1ª Ed. Fundación TIERRA, 2018.
- [35] J. Vandermeer, M. van Noordwijk, J. Anderson, C. Ong, y I. Perfecto, «Global change and multi-species agroecosystems: concepts and issues», *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 67, n.º 1, pp. 1–22, 1998.
- [36] S. R. Gliessman, «Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture», en *Agroecology*, Springer, 1990, pp. 3–10.
- [37] C. S. Holling y L. H. Gunderson, «Resilience and adaptive cycles», *In: Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, 25-62, 2002.
- [38] C. S. Holling, F. Berkes, y C. Folke, «Science, sustainability and resource management», *Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience*, vol. 342, pp. 350–352, 1998.
- [39] C. Folke, «Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses», *Global environmental change*, vol. 16, n.º 3, pp. 253–267, 2006.
- [40] S. Carpenter, B. Walker, J. Anderies, y N. Abel, «From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?», *Ecosystems*, vol. 4, n.º 8, pp. 765–781, 2001.
- [41] V. Alomia-Hinojosa *et al.*, «Exploring farmer perceptions of agricultural innovations for maize-legume intensification in the mid-hills region of Nepal», *International Journal of Agricultural Sustainability*, pp. 1–20, 2018.
- [42] A. P. Fischer, «Forest landscapes as social-ecological systems and implications for management», *Landscape and urban planning*, vol. 177, pp. 138–147, 2018.
- [43] D. R. López, L. Cavallero, M. H. Easdale, C. H. Carranza, M. Ledesma, y P. L. Peri, «Resilience Management at the Landscape Level: An Approach to Tackling Social-Ecological Vulnerability of Agroforestry Systems», en *Integrating Landscapes: Agroforestry for Biodiversity Conservation and Food Sovereignty*, Springer, 2017, pp. 127–148.
- [44] M. H. Easdale, M. R. Aguiar, y R. Paz, «A social–ecological network analysis of Argentinean Andes transhumant pastoralism», *Regional Environmental Change*, vol. 16, n.º 8, pp. 2243–2252, 2016.

- [45] J. M. McGuire, L. W. Morton, J. G. Arbuckle Jr, y A. D. Cast, «Farmer identities and responses to the social–biophysical environment», *Journal of Rural Studies*, vol. 39, pp. 145–155, 2015.
- [46] T. Allen, P. Prosperi, B. Cogill, y G. Flichman, «Agricultural biodiversity, social–ecological systems and sustainable diets», *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 73, n.º 4, pp. 498–508, 2014.
- [47] D. Valbuena, J. C. Groot, J. Mukalama, B. Gérard, y P. Tiftonell, «Improving rural livelihoods as a “moving target”: trajectories of change in smallholder farming systems of Western Kenya», *Regional Environmental Change*, vol. 15, n.º 7, pp. 1395–1407, 2015.
- [48] P. Tiftonell, «Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems», *Agricultural Systems*, vol. 126, pp. 3–14, 2014.
- [49] E. Ostrom, «A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems», *Science*, vol. 325, n.º 5939, pp. 419–422, 2009.
- [50] N. Mahon, I. Crute, E. Simmons, y M. M. Islam, «Sustainable intensification–“oxymoron” or “third-way”? A systematic review», *Ecological Indicators*, vol. 74, pp. 73–97, 2017.
- [51] P. Gutman, *Desarrollo rural y medio ambiente en América Latina*. Centro de Estudios Urbanos y Regionales, 1988.
- [52] H. Mazurek, *Gobernabilidad y gobernanza de los territorios en América Latina*. 2009.
- [53] P. Bourdieu, *Cosas dichas*. Buenos Aires: Gedisa, 1988.
- [54] M. McGinnis y E. Ostrom, «Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges», *Ecology and Society*, vol. 19, n.º 2, 2014.
- [55] E. Ostrom, «A diagnostic approach for going beyond panaceas», *Proceedings of the national Academy of sciences*, vol. 104, n.º 39, pp. 15181–15187, 2007.
- [56] E. Ostrom y M. Cox, «Moving beyond panaceas: a multi-tiered diagnostic approach for social-ecological analysis», *Environmental conservation*, vol. 37, n.º 4, pp. 451–463, 2010.
- [57] J. Vogt, G. Epstein, S. Mincey, B. Fischer, y P. McCord, «Putting the “E” in SES: unpacking the ecology in the Ostrom social-ecological system framework», *Ecology and Society*, vol. 20, n.º 1, 2015.
- [58] X. Basurto, S. Gelcich, y E. Ostrom, «The social–ecological system framework as a knowledge classificatory system for benthic small-scale fisheries», *Global Environmental Change*, vol. 23, n.º 6, pp. 1366–1380, 2013.
- [59] J. Hinkel, C. Jaeger, R. J. Nicholls, J. Lowe, O. Renn, y S. Peijun, «Sea-level rise scenarios and coastal risk management», *Nature Climate Change*, vol. 5, n.º 3, p. 188, 2015.
- [60] H. Nagendra y O. Elinor, «Applying the social-ecological system framework to the diagnosis of urban lake commons in Bangalore, India», *Ecology and Society*, vol. 19, n.º 2, pp. 1–18, 2014.
- [61] A. Halliday y M. Glaser, «A management perspective on social ecological systems: a generic system model and its application to a case study from Peru», *Human Ecology Review*, vol. 18, n.º 1, pp. 1–18, 2011.
- [62] F. Lescourret *et al.*, «A social–ecological approach to managing multiple agro-ecosystem services», *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 14, pp. 68–75, 2015.
- [63] D. Waltner-Toews, «Ecosystem health: a framework for implementing sustainability in agriculture», *BioScience*, vol. 46, n.º 9, pp. 686–689, 1996.
- [64] C. Kremen y A. Miles, «Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: benefits, externalities, and trade-offs», *Ecology and Society*, vol. 17, n.º 4, 2012.

- [65] M. A. Schouten, M. M. van der Heide, y W. J. Heijman, «Resilience of social-ecological systems in European rural areas: theory and prospects», 2009.
- [66] M. Moraine, J. Grimaldi, C. Murgue, M. Duru, y O. Therond, «Co-design and assessment of cropping systems for developing crop-livestock integration at the territory level», *Agricultural Systems*, vol. 147, pp. 87–97, 2016.
- [67] M. H. Easdale y D. R. López, «Sustainable livelihoods approach through the lens of the State-and-Transition Model in semi-arid pastoral systems», *The Rangeland Journal*, vol. 38, n.º 6, pp. 541–551, 2016.
- [68] L. Pintér, P. Hardi, A. Martinuzzi, y J. Hall, «Ecological indicators», *Ecol Indic*, vol. 17, pp. 20–28, 2012.
- [69] C. S. Holling, «The resilience of terrestrial ecosystems: local surprise and global change», *Sustainable development of the biosphere*, vol. 14, pp. 292–317, 1986.
- [70] B. Walker, D. Salt, y W. Reid, «Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World (Island, Washington, DC)», 2006.
- [71] J. A. Schumpeter, «The march into socialism», *The American Economic Review*, vol. 40, n.º 2, pp. 446–456, 1950.
- [72] L. Castillo-Villanueva y D. Velázquez-Torres, «Sistemas complejos adaptativos, sistemas socio-ecológicos y resiliencia», *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, vol. 17, n.º 2, pp. 11–32, 2015.
- [73] R. Pendall, K. A. Foster, y M. Cowell, «Resilience and Regions: Building Understanding of the Metaphor», 2007.
- [74] Ostrom, E., *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- [75] G. C. Gallopín, «Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity», *Global environmental change*, vol. 16, n.º 3, pp. 293–303, 2006.
- [76] D. R. López, M. A. Brizuela, P. Willems, M. R. Aguiar, G. Siffredi, y D. Bran, «Linking ecosystem resistance, resilience, and stability in steppes of North Patagonia», *Ecological indicators*, vol. 24, pp. 1–11, 2013.
- [77] H. Hurni *et al.*, «Soils, agriculture and food security: the interplay between ecosystem functioning and human well-being», *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 15, pp. 25–34, 2015.
- [78] D. H. Wall, U. N. Nielsen, y J. Six, «Soil biodiversity and human health», *Nature*, vol. 528, n.º 7580, p. 69, 2015.
- [79] C. S. Holling, «Resilience and stability of ecological systems», *Annual review of ecology and systematics*, vol. 4, n.º 1, pp. 1–23, 1973.
- [80] B. Walker y J. Meyers, «Thresholds in ecological and social–ecological systems: a developing database», *Ecology and society*, vol. 9, n.º 2, 2004.
- [81] W. N. Adger, «Social and ecological resilience: are they related?», *Progress in human geography*, vol. 24, n.º 3, pp. 347–364, 2000.
- [82] P. L. Peri, D. R. López, V. Rusch, G. Rusch, Y. M. Rosas, y G. Martínez Pastur, «State and transition model approach in native forests of Southern Patagonia (Argentina): linking ecosystem services, thresholds and resilience», *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, vol. 13, n.º 2, pp. 105–118, 2017.

- [83] C. Folke, S. Carpenter, T. Elmqvist, L. Gunderson, C. S. Holling, y B. Walker, «Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a world of transformations», *AMBIO: A journal of the human environment*, vol. 31, n.º 5, pp. 437–441, 2002.
- [84] D. R. Nelson, W. N. Adger, y K. Brown, «Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework», *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 32, n.º 1, pp. 395-419, 2007.
- [85] J. F. Cabell y M. Oelofse, «An Indicator Framework for Assessing Agroecosystem Resilience», *Ecology and Society*, vol. 17, n.º 1, 2012.
- [86] A. L. Luers, «The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change», *Global Environmental Change*, vol. 15, n.º 3, pp. 214-223, 2005.
- [87] W. N. Adger, «Vulnerability», *Global environmental change*, vol. 16, n.º 3, pp. 268–281, 2006.
- [88] F. Miller *et al.*, «Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?», *Ecology and Society*, vol. 15, n.º 3, 2010.
- [89] M. T. Harrison, F. Tardieu, Z. Dong, C. D. Messina, y G. L. Hammer, «Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions», *Global Change Biology*, vol. 20, n.º 3, pp. 867-878, 2014.
- [90] N. N. Kadam *et al.*, «Chapter Three - Agronomic and Physiological Responses to High Temperature, Drought, and Elevated CO2 Interactions in Cereals», vol. 127, D. Sparks, Ed. Academic Press, 2014, pp. 111-156.
- [91] P. G. Jones y P. K. Thornton, «The potential impacts of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055», *Global Environmental Change*, vol. 13, n.º 1, pp. 51-59, 2003.
- [92] W. E. Easterling, «Climate change and the adequacy of food and timber in the 21st century», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 104, n.º 50, pp. 19679–19679, 2007.
- [93] D. B. Lobell, W. Schlenker, y J. Costa-Roberts, «Climate Trends and Global Crop Production Since 1980», *Science*, vol. 333, n.º 6042, pp. 616–620, 2011.
- [94] D. B. Lobell y S. M. Gourdj, «The Influence of Climate Change on Global Crop Productivity», *Plant Physiology*, vol. 160, n.º 4, pp. 1686–1697, 2012.
- [95] S. Daryanto, L. Wang, y P.-A. Jacinthe, «Global Synthesis of Drought Effects on Maize and Wheat Production», *PLOS ONE*, vol. 11, n.º 5, pp. 1-15, 2016.
- [96] C. Folke, J. Colding, y F. Berkes, «Synthesis: building resilience and adaptive capacity in social-ecological systems», *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*, vol. 9, n.º 1, pp. 352–387, 2003.
- [97] L. H. Gunderson, «Ecological Resilience—In Theory and Application», *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 31, n.º 1, pp. 425-439, 2000.
- [98] B. Walker, C. S. Holling, S. Carpenter, y A. Kinzig, «Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems», *Ecology and society*, vol. 9, n.º 2, 2004.
- [99] M. Tingem, «Adaptation for crop agriculture to climate change in Cameroon: Turning on the heat», *Mitigation and adaptation strategies for global change*, vol. v. 14, n.º 2, pp. 153-168, feb. 2009.
- [100] M. Moriondo, «Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability», *Mitigation and adaptation strategies for global change*, vol. v. 15, n.º 7, pp. 657-679, oct. 2010.

- [101] K. L. Mercer, H. R. Perales, y J. D. Wainwright, «Climate change and the transgenic adaptation strategy: Smallholder livelihoods, climate justice, and maize landraces in Mexico», *Global Environmental Change*, vol. 22, n.º 2, pp. 495-504, 2012.
- [102] J. M. Antle, S. M. Capalbo, E. T. Elliott, y K. H. Paustian, «Adaptation, Spatial Heterogeneity, and the Vulnerability of Agricultural Systems to Climate Change and CO₂ Fertilization: An Integrated Assessment Approach», *Climatic Change*, vol. 64, n.º 3, pp. 289–315, jun. 2004.
- [103] M. D. Mastrandrea, «Bridging the gap: linking climate-impacts research with adaptation planning and management», *Climatic change*, vol. v. 100, n.º 1, pp. 87-101, may 2010.
- [104] D. Sietz, L. Fleskens, y L. C. Stringer, «Learning from Non-Linear Ecosystem Dynamics Is Vital for Achieving Land Degradation Neutrality», *Land Degradation & Development*, vol. 28, n.º 7, pp. 2308-2314, 2017.
- [105] F. Berkes y C. S. Seixas, «Building resilience in lagoon social–ecological systems: a local-level perspective», *Ecosystems*, vol. 8, n.º 8, pp. 967–974, 2005.
- [106] FAO, «Migration, Agriculture and Climate Change, reducing vulnerabilities and enhancing resilience», FAO, 2018.
- [107] J. Escalera Reyes y E. Ruiz Ballesteros, «Resiliencia Socioecológica: aportaciones y retos desde la Antropología», *Revista de Antropología Social*, vol. 20, 2011.
- [108] M. A. Altieri, C. I. Nicholls, A. Henao, y M. A. Lana, «Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems», *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, n.º 3, pp. 869-890, 2015.
- [109] A. Acevedo-Osorio, A. Angarita Leiton, M. V. León Durán, y K. L. Franco Quiroga, «SUSTENTABILIDAD Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA: ACCIONES AGROECOLÓGICAS PARTICIPATIVAS DE ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA EN LA REGIÓN ALTO-ANDINA COLOMBIANA», *Luna Azul*, pp. 06-26, 2017.
- [110] W. N. Adger, N. W. Arnell, y E. L. Tompkins, «Successful adaptation to climate change across scales», *Global Environmental Change*, vol. 15, n.º 2, pp. 77-86, 2005.
- [111] M. Altieri y C. Nicholls, «AGROECOLOGIA Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMATICO: PRINCIPIOS Y CONSIDERACIONES METODOLOGICAS», *Agroecología*, vol. 8, n.º 1, pp. 7-20, 2013.
- [112] FAO, «Climate-Smart Agriculture Case Studies 2018. Successful approaches from different regions. Rome», FAO, 2018.
- [113] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), «AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014», 2014.
- [114] H. Osbahr, C. Twyman, W. N. Adger, y D. S. G. Thomas, «Effective livelihood adaptation to climate change disturbance: Scale dimensions of practice in Mozambique», *Geoforum*, vol. 39, n.º 6, pp. 1951-1964, 2008.
- [115] J. Bingen, A. Serrano, y J. Howard, «Linking farmers to markets: different approaches to human capital development», *Food Policy*, vol. 28, n.º 4, pp. 405-419, 2003.
- [116] M. Usman y C. Reason, «Dry spell frequencies and their variability over southern Africa», *Clim Res*, vol. 26, n.º 3, pp. 199-211, 2004.
- [117] C. Arndt y M. Bacou, «Economy-Wide Effects of Climate Variability and Climate Prediction in Mozambique», *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 82, n.º 3, pp. 750-754, 2000.

- [118] IPES-FOOD, «Breaking away from industrial food and farming systems: Seven case studies of agroecological transition.», IPES-FOOD, 2018.
- [119] Farrelly, M., «Chololo Ecovillage. A model of good practice in climate change adaptation and mitigation.», *Tanzania Organic Agriculture Movement (TOAM), Dodoma, Tanzania.*, 2014.
- [120] K. Morris, V. Méndez, M. Zonneveld van, A. Gerlicz, y M. Caswell, «Agroecology and Climate Change Resilience: In Smallholder Coffee Agroecosystems of Central America.», CGIAR, 2016.
- [121] C. M. Bacon, P. Läderach, R. A. Rice, S. Jha, S. M. Philpott, y V. Ernesto Méndez, «Shade Coffee: Update on a Disappearing Refuge for Biodiversity», *BioScience*, vol. 64, n.º 5, pp. 416-428, 2014.
- [122] A. Infante y F. Infante, «PERCEPCIONES Y ESTRATEGIAS DE LOS CAMPESINOS DEL SECANO PARA MITIGAR EL DETERIORO AMBIENTAL Y LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE», *Agroecología*, vol. 8, n.º 1, pp. 71-78.
- [123] D. H. Valencia y M. Paredes, «Cambio climático y agricultura de pequeña escala en los Andes ecuatorianos: un estudio sobre percepciones locales y estrategias de adaptación», *Journal of Latin American Geography*, vol. 15, n.º 2, 2016.
- [124] E. Holt-Giménez, «Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring», *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 93, n.º 1, pp. 87-105, 2002.
- [125] W. A. Salas-Zapata, L. A. Ríos-Osorio, Á.-D. Castillo, y others, «Marco conceptual para entender la sustentabilidad de los sistemas socioecológicos», *Ecología austral*, vol. 22, n.º 1, pp. 74-79, 2012.
- [126] R. Biggs *et al.*, «Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services», *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 37, n.º 1, pp. 421-448, 2012.
- [127] R. S. de Groot, M. A. Wilson, y R. M. J. Boumans, «A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services», *Ecological Economics*, vol. 41, n.º 3, pp. 393-408, 2002.
- [128] J. C. Groot, J. Cortez-Arriola, W. A. Rossing, R. D. Améndola Massiotti, y P. Tittonell, «Capturing agroecosystem vulnerability and resilience», *Sustainability*, vol. 8, n.º 11, p. 1206, 2016.
- [129] Millenium Ecosystem Assessment, «Ecosystems and human well-being», Island Press, Washington DC., Reporte, 2005.
- [130] A. Salazar, M. Altieri, y C. Nicholls, «HERRAMIENTA DIDÁCTICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE FINCAS RESILIENTES», SOCLA, Cartilla, 2017.
- [131] L. L. Huaranca, F. H. Mónico Serrano, H. Bárcena, y L. Seghezzo, «ESTADO ACTUAL DE LOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD DE PEQUEÑAS Y GRANDES PRODUCCIONES GANADERAS DEL DEPARTAMENTO ANTA PROVINCIA DE SALTA», *Acta de la XL Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, vol. 5, 2017.
- [132] M. L. Vega *et al.*, «Un nuevo método para la evaluación de la sustentabilidad agropecuaria en la provincia de Salta, Argentina», *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 41, n.º 2, 2015.
- [133] M. Scheffer, S. Carpenter, J. A. Foley, C. Folke, y B. Walker, «Catastrophic shifts in ecosystems», *Nature*, vol. 413, n.º 6856, pp. 591-596, 2001.

2. Anexos

Anexo A

Los sistemas complejos están determinados una serie de atributos tales como la ausencia de linealidad, incertidumbre, imprevisibilidad, efectos umbrales, interrelación entre diferentes escalas susceptibles de análisis y auto-organización [10], [96], **(Ver más en ANEXO A)**.

La ausencia de linealidad está relacionada con la incertidumbre inherente. Las soluciones de problemas en los sistemas complejos, no producen un equilibrio simple sino muchos equilibrios, a veces denominados estados estables o dominios de estabilidad, cada uno de los cuales puede tener sus propios efectos de umbral [133]. Los sistemas complejos se organizan en torno a uno de varios estados de equilibrio o atractores posibles. Cuando las condiciones cambian, los circuitos de retroalimentación del sistema tienden a mantener su estado actual, hasta cierto punto. A un cierto nivel de cambio en las condiciones (umbral), el sistema puede cambiar muy rápidamente e incluso de manera catastrófica (lo que se denomina inversión). El momento en el que se produce un cambio de este tipo y el estado en el que cambiará el sistema, rara vez es predecible. De ser así, señaló [69], es improbable que fenómenos como el cambio climático se produzcan de manera fluida y predecible.

La escala es importante al tratar con sistemas complejos, en el que se pueden discernir muchos subsistemas [96]). Muchos sistemas complejos son jerárquicos: cada subsistema está anidado en un subsistema más grande, y así sucesivamente [7]. Por ejemplo, una cuenca pequeña puede considerarse un ecosistema, pero es parte de una cuenca más grande que también puede considerarse un ecosistema y una más grande que abarca todas las cuencas más pequeñas. De manera similar, las instituciones pueden considerarse jerárquicamente, como un conjunto anidado de sistemas desde el nivel local, a través de regional y nacional, hasta el internacional. Los fenómenos en cada nivel de la escala tienden a tener sus propias propiedades emergentes, y los diferentes niveles pueden acoplarse a través de relaciones de retroalimentación [37]. De esta manera, los sistemas complejos deben analizarse o gestionarse simultáneamente a diferentes escalas.

La auto-organización es una de las propiedades definitorias de los sistemas complejos. La idea básica es que los sistemas abiertos se reorganizarán en puntos críticos de inestabilidad. El principio de auto-organización, operacionalizado a través de mecanismos de retroalimentación, se aplica a muchos sistemas biológicos, sistemas sociales e incluso a mezclas de sustancias químicas simples. Las computadoras de alta velocidad y las técnicas matemáticas no lineales ayudan a simular la autoorganización produciendo resultados complejos y, sin embargo, efectos extrañamente ordenados. En cada punto en el que emerge una nueva organización, el sistema puede ramificarse en uno de

varios estados posibles. La dirección de la auto-organización dependerá de la historia del sistema y su trayectoria, resultando difícil de predecir [96]

Anexo B

TABLA 4. Indicadores para la construcción de resiliencia en SES (Extraído y adaptado de [105])

| | |
|--|---|
| APRENDER A VIVIR CON EL CAMBIO Y LA INCERTIDUMBRE | <ul style="list-style-type: none"> - Aprendizaje a partir de crisis. - Construcción de capacidad de retroalimentación rápida para responder al cambio ambiental. - Manejo de disturbios. - Construcción de un portafolio de actividades de sustento. - Desarrollar actividades para la adaptación a los cambios. |
| PROMOVER LA DIVERSIDAD PARA LA REORGANIZACIÓN Y LA RENOVACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Fomentar la diversidad de instituciones para responder a los cambios. - Construcción de espacios políticos para la experimentación. - Construcción de confianza entre los individuos. - Importancia de la memoria social como fuente de innovación. |
| COMBINAR DIFERENTES TIPOS DE CONOCIMIENTO | <ul style="list-style-type: none"> - Construcción de la capacidad para monitorear el ambiente. - Desarrollo de capacidades para el manejo participativo. - Construcción de instituciones que enmarcan el aprendizaje, la memoria y la creatividad. - Crear mecanismos para compartir conocimientos a diferentes escalas. |
| CREAR OPORTUNIDADES PARA LA AUTO-ORGANIZACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Construir mecanismos de manejo de conflictos. - Auto-organización para la equidad en el acceso y manejo de recursos. - Construcción de gobernanza a diferentes escalas. |

TABLA 5. Indicadores tipo semáforo para estimar la resiliencia en SES-AF a escala de predio ([111])

| INDICADOR | ROJO | AMARILLO | VERDE |
|-------------------------|------|----------|-------|
| Pendiente | | | |
| Exposición | | | |
| Diversidad Paisajística | | | |
| Proximidad a bosques | | | |
| Cortinas rompe vientos | | | |

| | | | |
|-------------------------------------|--|--|--|
| Prácticas de conservación de suelos | | | |
| Diversidad de plantas | | | |
| Cobertura de suelos | | | |
| Profundidad de raíces | | | |
| Infiltración | | | |

TABLA 6. Descripción del estado del indicador en un sistema de semáforo y la acción recomendada (Extraído de [111], [130])

| COLOR | SITUACIÓN | ACCIÓN |
|-----------------|--|---|
| Verde | Alta resiliencia o baja vulnerabilidad | Mantener el nivel de conservación (vigilancia) |
| Amarillo | Resiliencia y vulnerabilidad media | Completar el diseño agroecológico (Precaución) |
| Rojo | Baja resiliencia o alta vulnerabilidad | Implementar prácticas agroecológicas básicas (Riesgo) |

TABLA 7. Recomendaciones destinadas a los agricultores con el fin de incrementar la resiliencia en los sistemas de suministro de alimentos a nivel de paisaje (Extraído y Adaptado de [28])

| RECOMENDACIÓN | AMENAZAS | EJEMPLOS DE INTERVENCIÓN PARA INCREMENTAR LA RESILIENCIA |
|---|--|---|
| Mantener y restaurar los recursos del suelo | Pérdidas de tierras productivas debido a la salinidad, pérdidas en el rendimiento por enfermedades de los cultivos debido a la reducción en la diversidad microbiana necesaria para la supresión de patógenos en el suelo. | <ul style="list-style-type: none"> - Aplicar labranza mínima o de conservación y otras intervenciones que generen material orgánico en el suelo. - Reparar suelos degradados a través de iniciativas de re-vegetación, abonos verdes y aplicación de material orgánica. - Reducción de la erosión del suelo manteniendo la cobertura vegetal durante todo el año (e.g. cultivos de cobertura, cortinas rompe vientos). |

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar agricultura de precisión para asegurar que los insumos de nutrientes/irrigación se ajusten a las condiciones y requisitos del cultivo. |
| Proteger los recursos hídricos | Pérdidas de producción debido al suministro insuficiente de agua para los cultivos, contaminación de los alimentos por el movimiento microbiano en el agua y contaminantes de las aguas subterráneas. | <ul style="list-style-type: none"> - Coincidir los cultivos con la disponibilidad de agua. - Gestionar los suelos y los hábitats para retener el agua, evitar la pérdida de agua y mitigar la contaminación. - Construir infraestructura para mantener y distribuir agua (e.g. canales de riego mejorados, sistemas de goteo). - Proteger los corredores ribereños mediante la implementación de amortiguadores de rociado, re-vegetación y cercos de ganado. |

TABLA 8. Indicadores de sustentabilidad para SES a escala de predio (Extraído y Adaptado de [131])

| ASPECTOS | INDICADORES | DESCRIPCIÓN |
|------------------------------|-------------------------|---|
| Elementos del Sistema | Posesión | Importancia de la tenencia actual sobre las actividades productivas y las relaciones sociales |
| | Instalaciones | Cantidad y calidad de las instalaciones productivas |
| | Servicios privados | Vivienda, aspectos sanitarios y servicios no estatales (luz, agua, gas, señal, radio) |
| | Servicios ecosistémicos | Estado actual del ecosistema (provision de servicios ecosistémicos) |
| | Agua | Cantidad y calidad del agua para la producción |
| | Apotramiento | Cantidad y calidad de potreros para el manejo del ganado |
| Actores sociales | Capacidad | Capacidad técnica y operativa del personal y su influencia sobre el manejo productivo |
| | Permanencia | Permanencia de la población en la zona de origen |
| | Satisfacción | Cumplimiento de expectativas productivas y sociales (satisfacción) |
| Resultados | Comercialización | Canales de venta y distancia a los mercados |
| | Receptividad | Capacidad de carga para ganadería (oferta del monte, pasturas implantadas, reserva forrajera) |

| | | |
|----------------------|------------------------------|---|
| | Rodeo | Composición y calidad del rodeo y posibilidades de perpetuarse o mejorar en el tiempo |
| Interacciones | Asociaciones | Participación en asociaciones u organizaciones vinculadas a la actividad productiva |
| | Reuniones | Asistencia a reuniones para solucionar problemas e intercambiar experiencias |
| | Convivencia | Convivencia con productores vecinos y otras organizaciones locales o regionales |
| | Cultura | Diversidad cultural regional, convivencia y relaciones sinérgicas entre grupos culturales |
| Contexto | Infraestructura extrapredial | Existencia y calidad de la infraestructura extrapredial estatal (caminos, puentes) |
| | Seguimiento | Seguimiento, control o apoyo estatal de las actividades productivas (créditos, subsidios e impuestos) |
| | Clima | Variabilidad climática en la zona |
| | Servicios Públicos | Servicios públicos disponibles en la zona |