



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

OPERACIONALIZACIÓN Y MEDICIÓN DE RESILIENCIA SOCIOECOLÓGICA A
NIVEL HOGAR: ANÁLISIS EMPÍRICO EN DOS COMUNIDADES RURALES DE
LA COSTA DE OAXACA, MÉXICO

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:
CRISTINA GONZÁLEZ QUINTERO

DRA. VÉRONIQUE SOPHIE AVILA FOUCAT (TUTORA PRINCIPAL)
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS
DRA. PATRICIA BALVANERA LEVY (MIEMBRO DEL COMITÉ TUTOR)
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
DR. ENRIQUE PÉREZ CAMPUZANO (MIEMBRO DEL COMITÉ TUTOR)
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
DR. ROBERTO IVÁN ESCALANTE SEMERENA (REVISOR)
FACULTAD DE ECONOMÍA
DRA. AMY MICHELLE LERNER (REVISORA)
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
DR. ALONSO AGUILAR IBARRA (REVISOR)
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Coordinación de Estudios de Posgrado
Ciencias de la Sostenibilidad
Oficio: CEP/PCS/003/20
Asunto: Asignación de Jurado

M. en C. Ivonne Ramírez Wence
Directora General de Administración Escolar
Universidad Nacional Autónoma de México
Presente

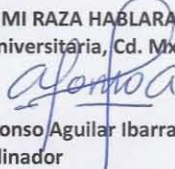
Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en su quincuagésima sesión del 10 de septiembre del presente año, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **DOCTORA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, de la alumna **González Quintero Cristina** con número de cuenta **304028890** con la tesis titulada "Operacionalización y medición de resiliencia socioecológica a nivel hogar: análisis empírico en dos comunidades rurales de la costa de Oaxaca, México", bajo la dirección de la Dra. Véronique Sophie Avila Foucat.

PRESIDENTE: DR. ROBERTO IVÁN ESCALENTE SEMERENA
VOCAL: DRA. AMY MICHELLE LERNER
SECRETARIO: DR. ENRIQUE PÉREZ CAMPUZANO
VOCAL: DR. ALONSO AGUILAR IBARRA
VOCAL: DRA. PATRICIA BALVANERA LEVY

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, Cd. Mx., 8 de enero de 2020.


Dr. Alonso Aguilar Ibarra
Coordinador
Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM

AGRADECIMIENTOS

Al posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la beca de manutención otorgada durante el primer año del doctorado. Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica con clave UNAM-PAPIIT-IN301516. Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado por la beca otorgada para asistir al congreso Resilience 2017, Resilience Frontiers for Global Sustainability y por la beca otorgada para realizar una estancia de investigación en la Universidad de Berna, Suiza.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de manutención otorgada para la realización del doctorado los últimos tres años. Al proyecto Trajectories of social-ecological Systems in Latin American Watersheds: Facing Complexity and Vulnerability in the context of Climate Change con clave TRASSE 90832 ANR-CONACYT, por el apoyo económico durante este último semestre.

Al Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera.

A mi tutora de tesis, la Dra. Véronique Sophie Avila Foucat por sus enseñanzas, disposición, paciencia y dedicación para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A los miembros de mi comité tutor, la Dra. Patricia Balvanera Levy y el Dr. Enrique Pérez Campuzano, por el tiempo dedicado durante el transcurso del doctorado y por los comentarios y recomendaciones que me ayudaron a aprender y mejorar el proyecto de investigación. A los revisores, la Dra. Amy Michelle Lerner, Alonso Aguilar Ibarra y Roberto Iván Escalante Semerana por sus comentarios y tiempo de revisión.

A Alejandra Ramírez León, Jimena Deschamps Lomelí, Alan Martín Hernández Solano por el apoyo, tiempo y dedicación para el trabajo de campo.

A Uberto Salgado, Alonso Aguilar, Mauricio Padrón y Desiree Daniel por las recomendaciones metodológicas para este proyecto de investigación.

A Chinwe Ifejika Speranza por el tiempo, dedicación y comentarios brindados durante la estancia de investigación en la Universidad de Berna, Suiza.

A los miembros de las comunidades de Escobilla y Ventanilla por el tiempo brindado.

A las mujeres de mi vida, mi madre María del Carmen, mi tía María Teresa y mis amigas por su apoyo incondicional, cariño, paciencia, comprensión, empatía.

Índice

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
Sistemas socioecológicos	9
Resiliencia socioecológica	11
Atributos de resiliencia socioecológica	14
Resiliencia y medios de vida	16
Resiliencia y sustentabilidad	17
Preguntas de investigación	19
Pregunta de investigación general	19
Preguntas de investigación particulares	19
Objetivos	19
Objetivo general	19
Objetivos particulares	19
CAPÍTULO I: Operacionalización y medición de resiliencia socioecológica: una revisión sistemática	20
CAPÍTULO II: Percepción a <i>shocks</i> y estresores: análisis empírico en la Costa de Oaxaca, México	40
CAPÍTULO III: Resiliencia socioecológica a nivel hogar: un caso de estudio en la costa de Oaxaca, México.	62
DISCUSIÓN	86
CONCLUSIÓN	88
REFERENCIAS	89

RESUMEN

El rápido y extenso cambio global ha generado interés en el tema de resiliencia de sistemas socioecológicos. Para entender la resiliencia es necesario pasar de la teoría a la práctica, lo que requiere su operacionalización, análisis y medición. Dentro de los sistemas socioecológicos, los hogares rurales costeros han sido identificados como sistemas de mayor riesgo por el impacto del cambio climático. El objetivo de esta tesis es desarrollar una propuesta para operacionalizar y medir resiliencia socioecológica a nivel hogar al enfrentar varios estresores y *shocks* y probarla empíricamente en los hogares de Escobilla y Ventanilla, Oaxaca, México. Para esto, se hizo una revisión bibliográfica para determinar las variables a analizar y los métodos. Después, se identificaron la variedad, la importancia y los efectos de los estresores y *shocks* a los que se enfrentan las comunidades. Con esta información se decidió analizar la resiliencia general, esto debido a que se encontró que tanto Escobilla como Ventanilla enfrentan varios estresores y *shocks* simultáneamente, además se encuentran en marginación alta y han sido identificadas en riesgo por el cambio climático. Por último, se desarrolló un índice para operacionalizar y medir resiliencia socioecológica integrando el marco conceptual de medios de vida y los principios de Biggs et al. (2012). Con estos marcos se crean nueve indicadores que son, capital natural, físico, humano, social y financiero, dependencia a sus propios recursos, aprendizaje, conectividad y diversidad. El índice mide la tasa de cambio en el tiempo de estos indicadores. Esta tasa se relaciona con la capacidad de los hogares de absorber *shocks* y estresores manteniendo o mejorando su bienestar. Para obtener los datos para se hizo un cuestionario, el cual se aplicó en dos momentos en el tiempo, 2013 y 2016. Se encuestaron un total de 25 (72%) hogares en Ventanilla y 60 (60%) en Escobilla. Los resultados muestran que la mayoría de los hogares en las dos comunidades están perdiendo la capacidad de absorber estresores y *shocks*, y su bienestar está decreciendo. En Escobilla los indicadores que disminuyeron significativamente fueron: la dependencia en sus propios recursos, la conectividad, la diversidad y el capital natural. En Ventanilla los indicadores que decrecieron fueron el capital social, el financiero, la diversidad y la dependencia de sus propios recursos. Se encontró que el índice es replicable ya que se puede aplicar en diferentes zonas de estudio e identificar las debilidades y fortalezas particulares para poder trabajar sobre ellas. Esto lo hace útil como herramienta para dar seguimiento del estado de estas comunidades a través del tiempo y ayudar a quienes toman decisiones y líderes de la comunidad para poder incorporar el fortalecimiento de la resiliencia dentro de los roles normales de trabajo, plantear apoyos y generar estrategias de rescate. Las aportaciones del índice, es que es a nivel hogar y son pocos los estudios de resiliencia que trabajan a esa escala; es dinámico, es decir, considera una línea base y el cambio temporal; toma en cuenta el bienestar creciente; además, conjuga los medios de vida y los principios de Biggs et al. (2012) lo que permite tener una operacionalización más robusta a nivel hogar.

ABSTRACT

The rapid and extensive global change has generated interest in the topic of social-ecological resilience. Understanding resilience requires the transition from theory to practice, which requires its operationalization, analysis and measurement. Within the social-ecological systems, rural and poor areas have been identified as at major risk from the impact of climate change. The objective of this thesis is to develop a proposal to operationalize and measure social-ecological resilience at the household level when facing various stressors and shocks and to test it empirically in the households of Escobilla and Ventanilla, Oaxaca, Mexico. For this, a literature review was done to determine the variables to be analyzed and the methods. Then, the variety, importance and effects of the stressors and shocks faced by the communities were identified. With this information it was decided to analyze the general resilience, because it was found that both Escobilla and Ventanilla face several stressors and shocks simultaneously, in addition they are in high marginalization and have been identified at risk by climate change. Finally, an index was developed to operationalize and measure social-ecological resilience by integrating the conceptual framework of livelihoods and the principles of Biggs et al (2012). With these frameworks, nine indicators are created, namely natural, physical, human, social and financial capital, dependence on own resources, learning, connectivity and diversity. The index measures the rate of change over time of these indicators. This rate is related to the capacity of households to absorb shocks and stressors while maintaining or improving their well-being. To obtain the data for the index, a questionnaire was developed and applied at two points in time, 2013 and 2016. A total of 25 (72%) households were surveyed in Ventanilla and 60 (60%) in Escobilla. The index results show that most of the households in both communities are losing the capacity to absorb stressors and shocks, their well-being is undermined overtime. The indicators show that reliance on own resources, connectivity, diversity, and natural capital are significantly decreasing from 2013 to 2016 in Escobilla. In Ventanilla the decreasing indicators are social capital, financial capital, diversity and reliance on own resources. It was found that the index is replicable since it can be applied in different study areas and identify weaknesses and strengths. This makes it useful as a tool to monitor the state of these communities over time and help stakeholders and community leaders to incorporate resilience within normal work roles, raise support and generate rescue strategies. The contributions of the index are that it is at the household level and few resilience studies work on that scale; it is dynamic, i.e. it considers a baseline and time change; it takes into account increasing well-being; in addition, it combines livelihoods and the principles of Biggs et al. (2012) which allows for more robust operationalization at the household level.

INTRODUCCIÓN

El concepto de resiliencia socioecológica se ha vuelto un tema de interés para académicos y tomadores de decisiones, debido a que comprender esta propiedad de los sistemas socioecológicos ayuda a fortalecer la capacidad de hacer frente al cambio global y así prevenir el colapso de muchos sistemas socioecológicos que forman parte fundamental del planeta (Fletcher & Miller, 2006). Asimismo, se ha puesto énfasis en la construcción de la habilidad de dirigir al sistema socioecológico lejos de regímenes peligrosos e improductivos a unos más sustentables y menos dañinos (Davidson et al., 2016). Analizar la resiliencia de los sistemas socioecológicos ayuda a los tomadores de decisiones y pobladores a tener herramientas para una mejor toma de decisiones, monitoreo de metas (Kerner & Thomas, 2014) y la implementación de mejores estrategias de amortiguamiento o respuesta a cambios (Resilience Alliance, 2010). Para entender esta propiedad es necesario pasar de la teoría a la práctica, lo que requiere la operacionalización, el análisis y la medición de la resiliencia socioecológica (Carpenter *et al.*, 2001).

Algunos de los retos que conlleva operacionalizar, analizar y medir la resiliencia de sistemas socioecológicos son determinar las variables, desarrollar métricas estándar y medir la resiliencia en un contexto de la interacción de variables lentas y rápidas entre el sistema social y ecológico (Davidson et al., 2013). La medición de la resiliencia hasta ahora se ha estimado por medio de sustitutos, como proxis indirectos (Brand, 2009). Dado que medirla mediante el ajuste de un modelo dinámico de series de tiempo calculando el tamaño de la cuenca con relación a los umbrales del sistema, requiere datos extraordinarios que no están disponibles generalmente ya que la única manera segura de detectar umbrales, en un sistema complejo, es cruzándolos (Carpenter et al., 2005). Por esta razón, la mayoría de las propuestas para medir resiliencia ha utilizado indicadores sustitutos que monitorean los atributos del sistema que se relacionan con la resiliencia (Bennett *et al.*, 2005) y tratan a menudo sólo el estado actual del sistema (Carpenter *et al.*, 2001). En resiliencia los indicadores son usados típicamente para evaluar niveles relativos de ésta, para comparar entre lugares o analizar las tendencias de resiliencia a través del tiempo (Cutter *et al.*, 2010).

Las áreas rurales pobres costeras se han identificado prioritarias en la agenda de cambio climático. Debido a que son zonas de alto riesgo por el impacto de inundaciones, variabilidad en la precipitación, aumento del nivel del mar, sequías y erosión costera (IPCC, 2014). Aunque los hogares rurales suelen tener diversas estrategias de subsistencia, muchos de ellos siguen dependiendo, al menos en parte, de los recursos naturales que se espera sean afectados por el cambio climático, como en su disponibilidad de agua, su seguridad alimentaria y su productividad agrícola (IPCC, 2014). Además, tienden a estar socio-económicamente y geográficamente aislados lo que plantea un desafío para la provisión de servicios públicos y desarrollo institucional (Eakin et al., 2014). Los hogares rurales pobres son considerados como sistemas socioecológicos debido a la manera en cómo desarrollan su vida; su consumo y sus necesidades

económicas, como el ingreso, la comida, el agua, leña, refugio están frecuentemente asociados a sus recursos naturales (FAO, 2013). Por lo tanto, el estudio de la resiliencia de sistemas socioecológicos en hogares rurales pobres es importante para explorar cómo estos sistemas pueden enfrentar de mejor manera el cambio climático.

La mayoría de lo que se ha estudiado a nivel hogar ha sido bajo el marco conceptual de medios de vida, analizando las estrategias que desarrollan los hogares para enfrentar los disturbios. Estos estudios tienden a establecer indicadores que son los atributos que reflejan la resiliencia del hogar con el fin de fortalecerla. Aunque algunos de los trabajos a nivel hogar aborden resiliencia desde un enfoque de sistema socioecológico, no abordan la dinámica del sistema a través del tiempo. Los estudios que miden resiliencia después de un disturbio lo hacen para explicar los procesos y respuestas de los hogares al impacto. Otros estudios analizan prediciendo la resiliencia de los hogares dado un disturbio desconocido en el futuro. Uno de los objetivos de estudiar resiliencia a nivel hogar en áreas pobres rurales es analizar cómo evitar estándares de vida inaceptables al enfrentar estresores y *shocks* (Barret & Constan, 2014). Por lo tanto, es necesario hacer más trabajo para analizar resiliencia desde una perspectiva donde un sistema resiliente no tenga un bienestar decreciente. Todavía hay algunos vacíos en cómo operacionalizar, medir y evaluar resiliencia socioecológica para hogares rurales pobres. Aunado a lo anterior, la teoría de resiliencia socioecológica plantea conceptos que han sido difíciles de medir (Davidson et al., 2016) así como algunos principios para fortalecer mencionados por Biggs et al. (2012). En este trabajo se retoman dichos conceptos para operacionalizar resiliencia.

En esta investigación se propone una forma de operacionalizar, analizar y medir resiliencia socioecológica a nivel hogar y su aplicación empírica en los hogares de Escobilla y Ventanilla, dos comunidades en Oaxaca, México. Estas comunidades se encuentran en la costa, son rurales y tienen un grado de marginación alto, por lo que han sido identificadas como prioritarias. Para llevar a cabo la investigación, primero se hizo una revisión bibliográfica de la operacionalización y medición de resiliencia socioecológica, que sirvió como guía para establecer las variables a analizar, los métodos a utilizar y los retos que conlleva. La segunda parte identifica la variedad, importancia y los efectos de los estresores y *shocks* que enfrentan Escobilla y Ventanilla como paso para decidir la pertinencia de analizar resiliencia general en este estudio. Por último, se hace la propuesta de un índice para operacionalizar y medir resiliencia socioecológica a nivel hogar y su aplicación en Escobilla y Ventanilla. El índice propuesto es dinámico en el tiempo e integra el marco teórico de resiliencia de medios de vida y los principios de Biggs et al. (2012). Con estos marcos se crean nueve indicadores que son, capital natural, físico, humano, social y financiero, dependencia a sus propios recursos, aprendizaje, conectividad y diversidad. Estos indicadores en su conjunto son los recursos y capacidades que los hogares poseen para mantener o mejorar su bienestar al enfrentar *shocks* y estresores.

Sistemas socioecológicos

Los sistemas socioecológicos son el acoplamiento del sistema social y el ambiental que interactúan y se retroalimentan. Estas interacciones son recíprocas teniendo un efecto el humano sobre el ambiente y el ambiente sobre el humano (Liu *et al.*, 2007). En consecuencia, la dimensión humana moldea y es moldeada por el ambiente, lo que hace que estén interconectados y coevolucionen a través del tiempo y el espacio (Folke, 2007). Es decir, el bienestar humano y la integridad de los ecosistemas están íntimamente ligados (Zurlini *et al.*, 2008). Por lo tanto, abordar la complejidad de los sistemas socioecológicos requerirá una visión interdisciplinaria (Liu *et al.*, 2007).

Los sistemas social y ecológico están profundamente interconectados formando un sistema adaptativo complejo (Anderies *et al.*, 2004). Este sistema está compuesto de múltiples subsistemas y de componentes internos dentro de esos subsistemas a múltiples niveles (Ostrom, 2009). Los principios subyacentes de la construcción anidada de los sistemas socioecológicos se basan en la teoría de conjuntos, donde los niveles altos se desagregan en niveles inferiores con atributos que son específicos de los subconjuntos (Thiel *et al.*, 2015). Estos niveles son dinámicos y forman bucles de retroalimentación en los cuales los humanos influyen y son afectados por los patrones y proceso de la naturaleza (Liu *et al.*, 2007). Dicha retroalimentación amplifica o amortigua el cambio (Fischer *et al.*, 2015) y se considera que funciona como una estrategia de balance en los sistemas acoplados por las interacciones positivas y negativas entre los bucles (Scholz & Binder, 2003). Por consiguiente, los sistemas socioecológicos son entidades con jerarquías anidadas; la gente y la naturaleza interactúan de manera recíproca a través de diversos niveles de organización y forman redes complejas de interacción que están incorporadas en cada una (Liu *et al.*, 2007).

Lo dicho anteriormente refleja que la dimensión humana es parte de los ecosistemas, los moldea desde escalas locales a globales, y es al mismo tiempo fundamentalmente dependiente de la capacidad de estos sistemas de proveer servicios ecosistémicos para el bienestar humano (Fischer *et al.*, 2015). Sin embargo, aunque la vida humana dependa de los servicios ecosistémicos, las relaciones de los cambios incrementales en dichos servicios al bienestar humano son difícil de discernir (Carpenter *et al.*, 2009). Ejemplo de estas interacciones a escalas espaciales es el acoplamiento global que es en parte generado por la sinergia y los efectos acumulativos de los procesos locales (ejemplo: emisión de gases de efecto invernadero, pérdida de la biodiversidad, deforestación), los cuales se repiten en la mayor parte del mundo y contribuyen al estrés en los sistemas regionales y globales. Otro ejemplo, es el acoplamiento entre la escala global y regional se da debido a las actividades humanas a largas distancias, como el mercado internacional, y a procesos naturales a gran escala, como los huracanes, tsunamis, movimientos atmosféricos de contaminación (Liu *et al.*, 2007).

Otras de las características de los sistemas socioecológicos es la no linealidad y el rezago de tiempo de los impactos ecológicos y socioeconómicos sobre los sistemas, puesto que no pueden ser observables o predecibles inmediatamente. El tiempo de los retrasos

atribuibles a una causa sobre un componente del sistema puede cambiar para diferentes componentes; a la inversa diferentes causas podrían convertirse aparentes durante diferentes períodos de tiempo para el mismo componente (Liu *et al.*, 2007). Es muy raro encontrar un camino lineal causal por cambios, es decir, impulsores que impactan a la biodiversidad, que a su vez afectan a los procesos ecosistémicos y estos a los servicios ecosistémicos, que tiene consecuencias en el bienestar humano y provocando una respuesta humana que al final tiene una retroalimentación hacia los impulsores y biodiversidad. Los patrones causales son mucho más complejos porque los enlaces pueden brincar hacia delante o hacia atrás; por ejemplo, los impulsores pueden afectar al bienestar humano sin afectar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos o el proceso de los ecosistemas puede realimentar directamente al impulsor, independientemente de la intervención humana. La retroalimentación puede ser diferente en un lugar en particular o a una escala particular de tiempo (Carpenter *et al.*, 2009). Esta característica hace que los sistemas socioecológicos sean impredecibles, debido a la incertidumbre aumentando desde los procesos internos, así como, la respuesta no lineal a las influencias externas (Wu, 2013).

Al mismo tiempo, los sistemas socioecológicos se consideran sistemas adaptativos complejos (Anderies *et al.*, 2004), ya que tienen la capacidad de responder a su ambiente a través de la reorganización y el aprendizaje (Cumming, 2013). El sistema ecológico reacciona a los cambios y da retroalimentación a las acciones humanas, permitiendo que el humano aprenda y se adapte a su comportamiento (Scholz & Binder, 2003). Por ejemplo, los actores usan los recursos impactando el sistema ecológico lo cual puede causar externalidades en el sistema socioecológico. Estas externalidades retroalimentan al sistema social en la productividad, cambiando al sistema y afectando las tasas de aprovechamiento (Binder *et al.*, 2013). Como estos sistemas son dinámicos las reglas que dominan su comportamiento están en constante cambio de maneras inesperadas, la dinámica que moldea el futuro rara vez será la misma que moldeó el pasado. Además porque son heterogéneos, esos cambios y reglas tomaran diferentes formas en diferentes lugares (Clark *et al.*, 2016) y momentos.

Para representar como el sistema socioecológico es un sistema adaptativo complejo se utiliza la metáfora del ciclo adaptativo (Holling, 2001). Este ciclo se caracteriza por tener cuatro fases (Figura 1), empezando con el bucle acumulado del ciclo en donde la explotación (r) es la fase de cambio exponencial y crecimiento que se une a una fase de conservación (K). Durante esta progresión lenta existe la probabilidad decreciente de que surja cualquier novedad más, aunque es difícil que ocurra ya que el sistema puede llegar a ser más complejo a medida que se solidifican las nuevas conexiones (Carpenter, 2001). Cuando la fase K continua, los recursos se bloquean más (se vuelven rígidos) y el sistema se vuelve progresivamente menos flexible y sensible a *shocks* externos. Es eventualmente inevitable un colapso caótico y liberación (Ω), que rápidamente da paso a una fase de reorganización y renovación (α), que puede ser rápida o lenta, durante la cual la innovación y las nuevas oportunidades son posibles (nuevas especies, nuevas instituciones, nuevas ideas y políticas, nuevas industrias). La fase Ω y la α juntas comprenden un bucle de regreso impredecible. La fase α conduce a una fase r subsecuente, en donde el sistema se establece en una nueva trayectoria en una cuenca de

atracción bien definida (Carpenter *et al.*, 2001). Los sistemas pueden moverse de la fase K a la r o de la r directamente a la Ω , o volver de la α a la Ω (Holling, 2001). Sin embargo, esta metáfora del ciclo adaptativo no se aplica a todas las situaciones y no es útil para explicar todas las dinámicas de los sistemas (Walker *et al.*, 2006).

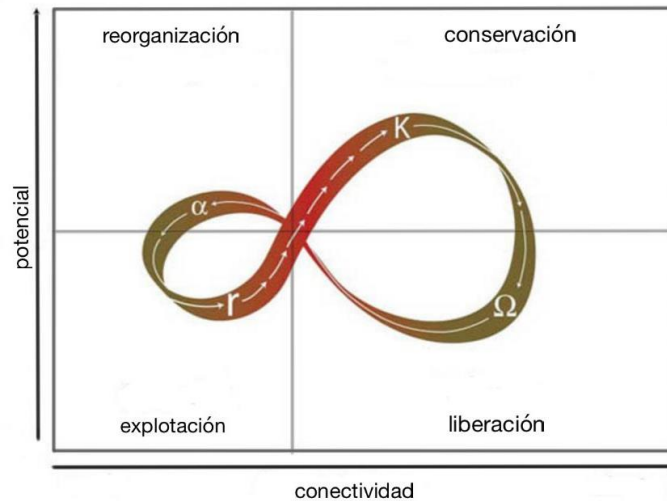


Figura 1. Ciclo adaptativo complejo. Fuente: Holling, 2001

Resiliencia socioecológica

El concepto de resiliencia ecológica fue descrito por Holling (1973) como “la persistencia de un sistema y su habilidad para absorber cambios y disturbios manteniendo las mismas relaciones entre poblaciones o las variables de estado”. Sin embargo, la resiliencia se ha popularizado tanto en diversas disciplinas científicas como en la práctica. Ya que la probabilidad de cambios mayores en los sistemas terrestres y acuáticos ha aumentado, por lo tanto, se ha puesto énfasis en el entendimiento de la resiliencia para que los cambios no sean destructivos (Davidson *et al.*, 2016).

En donde la resiliencia se ve como una propiedad emergente del sistema, una que no puede ser entendida simplemente examinando sus partes (Berkes *et al.*, 2003). La resiliencia no sólo implica reaccionar o recuperarse a un disturbio, sino como persistir, reorganizarse, aprender y gestionar el cambio y como innovar y transformar al sistema a una configuración deseable (Folke, 2006). Por lo tanto, la resiliencia de sistemas socioecológicos la define Walker *et al.*, 2004 de manera general como “la capacidad de los sistemas socioecológicos de absorber disturbios y reorganizarse, manteniendo su función esencial, su identidad, su estructura y su retroalimentación”, complementándola con la conservación de su capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014).

Las características de la resiliencia tienen varios conceptos relacionados: la absorción de disturbios, la reorganización, estructura, función y retroalimentación. Primero, la

absorción se refiere a la cantidad de cambio o disturbio que puede absorber un sistema sin cambiar a otro estado diferente (Davidson et al., 2016). La reorganización es la capacidad de control interno del sistema como respuesta a un estresor o disturbio (Holling, 2001), es decir, el ajuste del sistema a través de la interacción entre los componentes (Resilience Alliance, 2007). Estos procesos y componentes que controlan el comportamiento del sistema conforman su estructura. Por otro lado, la función del sistema se caracteriza por la diversidad de respuesta de los componentes y la diversidad de esos componentes (Brand & Jax, 2007). La retroalimentación es la conexión entre componentes del sistema que se refuerzan mutuamente, manteniendo una condición u ofrecen la posibilidad de una condición alternativa. Estas conexiones determinan la naturaleza de las interacciones entre componentes clave y ocurren cuando la salida de un proceso influye en la entrada del mismo proceso. La retroalimentación puede amplificar el proceso, que es la retroalimentación positiva, o puede amortiguar el proceso empujando hacia un equilibrio, que es la retroalimentación negativa (Bennett *et al.*, 2005). Por último, el conjunto de la estructura, la función y la retroalimentación, que se relaciona con el comportamiento del sistema, es la identidad.

Para representar el concepto de resiliencia, es útil usar la metáfora de la pelota en el paisaje de estabilidad propuesto por Walker *et al.* (2004) (Figura 2) donde el sistema socioecológico se organiza alrededor de una o varias posibles cuencas de atracción.

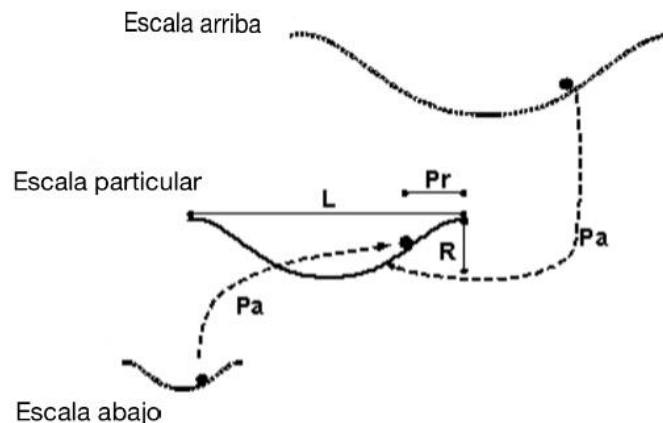


Figura 2. Los cuatro componentes de la resiliencia en el paisaje de estabilidad. L=latitud, Pa=panarquía, Pr=precariedad, R=resistencia. Fuente: Walker et al., 2004

La cuenca de atracción, que sería la resiliencia del sistema, tiene cuatro aspectos fundamentales. La latitud es lo más que puede cambiar un sistema antes de perder su habilidad de recuperación. En el diagrama la latitud está representada con la letra “L” que es la anchura de la cuenca de atracción, entre más ancha significa un mayor número de estados del sistema que se pueden experimentar sin cruzar un umbral. En cambio, la resistencia es la facilidad o dificultad de que cambie el sistema. La resistencia se relaciona en el diagrama con la letra “R” que es la profundidad de la cuenca de atracción, que indica que mayores fuerzas o perturbaciones se requieren para cambiar el estado actual del sistema lejos de la cuenca de atracción. Relacionada a los umbrales se describe

la precariedad, en el diagrama representada con las letras “Pr”, que es la cercanía del estado actual del sistema del límite de un umbral. Otra de las características de la resiliencia es la panarquía, con el símbolo “Pa”, que se relaciona con la interacción entre escalas del sistema, donde las particularidades de una escala dependerán de la influencia de los estados y la dinámica de las escalas debajo y arriba.

Los umbrales o puntos de inflexión son los límites del sistema, después de los cuales las funciones del sistema cambian porque alguna retroalimentación crítica cambió. Cuando se cruzan los umbrales se dice que se pasa a otro régimen del sistema o cuenca de atracción, por lo tanto, el sistema se comporta de otra manera y tiene otra identidad (Walker & Salt, 2006). Los umbrales no son fáciles de predecir y cuando se cruzan, el cambio es repentino o no necesariamente gradual, además la recuperación puede ser casi imposible (Berkes *et al.*, 2003). Por ejemplo, cuando los ecosistemas son degradados, el efecto en el bienestar humano puede no ser aparente hasta que el cambio ecológico alcanza el umbral (Liu *et al.*, 2007). En los sistemas socioecológicos existen múltiples umbrales interactuando a diferentes escalas y en diferentes dominios, por ejemplo, en el social, ambiental, económico (Walker *et al.*, 2006). Estos dominios están vinculados, entonces cuando uno experimenta un *shock* otro podría sufrir el efecto (Walker & Salt, 2006).

La resiliencia absorbe el disturbio y provee la capacidad de adaptarse (Berkes *et al.*, 2003). Dicha capacidad, en el sistema social, se define como la habilidad de los individuos en acción colectiva en un sistema socioecológico de influenciar la resiliencia, de evadir los umbrales, o diseñar un cruce de regreso a un régimen deseado o mover los umbrales para crear una mayor área operacional de espacio (Walker, *et al.*, 2004). La capacidad colectiva de los actores de influenciar la resiliencia, intencionalmente, determina si pueden evitar cruzar a un régimen indeseable del sistema o tener éxito en cruzar de regreso al estado deseable. Cuando se encuentran en el estado deseable, el reto es asegurarse que esa cuenca no se haga más pequeña o que el sistema no se mueva cerca de un umbral (Folke, 2006). En el sistema ecológico la capacidad adaptativa se relaciona con la diversidad genética (porque la tasa de la evolución es proporcional a la variabilidad en donde las fuerzas selectivas pueden trabajar), la biodiversidad y la heterogeneidad del mosaico de paisajes (Carpenter *et al.*, 2001), lo que crea flexibilidad en el sistema para evitar cruzar o regresar a una cuenca de atracción.

En el sistema social, la adaptabilidad se relaciona con el proceso de toma de decisiones y acciones emprendidas para ajustar el sistema y así poder enfrentar, manejar o ajustarse a futuros *shocks*, estresores u otras condiciones cambiantes (Smit & Wandel, 2006) de manera que se mantengan las funciones esenciales del sistema (Nelson *et al.*, 2007). Normalmente estas estrategias son específicas y locales (Redman, 2014) y se relacionan con la capacidad de los sistemas de aprender combinando experiencias y conocimientos, ajustando esas respuestas a impulsores externos e internos (Folke *et al.*, 2010). También se relaciona con la innovación a través de experimentación responsable, desarrollando una cultura de monitoreo y aprendizaje de fracasos modestos (Ahern, 2011). Esas estrategias requieren habilidades, acuerdos y una combinación de opciones en términos de acceso al capital natural, recursos financiero e infraestructura (Walker *et al.*, 2006).

Los disturbios tienen el potencial de crear oportunidades para innovar, desarrollarse y cambiar las trayectorias (Folke, 2006). Los disturbios abren la oportunidad a la transformabilidad del sistema, que es la capacidad de crear un sistema nuevo cuando las condiciones económicas, políticas, ecológicas, sociales, hacen que las condiciones existentes del sistema sean intolerables. La transformabilidad hace referencia a la definición y creación de nuevos paisajes estables por la introducción de nuevos componentes y formas de vivir, a veces cambiando el estado de las variables y la escalas que definen el sistema, es decir, para volverse un sistema diferente (Walker *et al.*, 2004). En este caso, el reto es romper la resiliencia, manejando el sistema cerca de un umbral y haciendo la cuenca de atracción más pequeña para moverse a otra cuenca deseable en donde se construirá nueva resiliencia (Folke, 2006). La transformación depende de la memoria y entendimiento de los sistemas socioecológicos y es limitada por el legado social existente y la resiliencia ecológica. Para gestionar transformación es importante saber qué mantener en términos de memoria, experiencia, sabiduría y qué descartar (Anderies *et al.*, 2006).

La capacidad adaptativa se refiere a enfrentar el cambio y mantenerse en el mismo estado, mientras que la capacidad transformativa se refiere a las habilidades socioecológicas que permiten que el sistema se mueva de un régimen a otro (Olsson *et al.*, 2014). La transformabilidad es para mejorar el sistema y la adaptabilidad es para seguir en la situación actual deseable (Folke, 2006). La adaptación es menos radical que la transformación (Redman, 2014). Las capacidades de adaptación y transformación son conceptos generales que no señalan el porqué y el cómo de la dinámica del sistema. La resiliencia señala las características del sistema en cuestión y si la adaptación o transformación son o no necesarias (Young *et al.*, 2006).

Atributos de resiliencia socioecológica

Para entender cómo se construye y fortalece resiliencia en un sistema socioecológico, Biggs *et al.* 2012 desarrollaron siete principios: mantener la diversidad y la redundancia, gestionar la conectividad, manejar las variables lentas y la retroalimentación, fomentar y entender los sistemas socioecológicos como sistemas adaptativos complejos, fomentar aprendizaje y experimentación, ampliar la participación, promover sistemas policéntricos de gobernanza. Estos principios están basados en la habilidad de mejorar resiliencia de los servicios ecosistémicos críticos para el bienestar humano al enfrentar disturbios. Además se relacionan con conceptos que caracterizan la resiliencia; por ejemplo, la función del sistema está conformada por la diversidad y redundancia de la variables que lo componen; para que suceda la auto-organización se necesita conectividad entre las variables internas y redundancia, además de gobernanza y aprendizaje; los umbrales se relacionan con las variables lentas y la retroalimentación del sistema; el manejo adaptativo, el aprendizaje y gobernanza son características de la capacidad adaptativa.

La diversidad incluye tres componentes, la variedad (cuántos elementos diferentes), el balance (cuántos de cada elemento) y disparidad (qué tan diferentes son los elementos unos de otros) y es representada en el sistema por la biodiversidad, estrategias de medios de vida y diversidad institucional (Biggs *et al.*, 2012). Por otro lado, la diversidad puede

ser funcional, que es el número de grupos funcionales diferentes que influyen en el desempeño del sistema, es decir, múltiples componentes que realizan la misma función en el sistema (Walker et al., 2006), que sería la redundancia. Esta característica es como un seguro que favorece que algunos componentes compensen la pérdida o falla de otros. Por lo tanto, un disturbio no representará el mismo riesgo para todos los componentes (Biggs et al., 2012). La diversidad es un amortiguador ante perturbaciones y abre paso a la renovación después de un disturbio (Cabell & Oelofse, 2012).

La conectividad se define como la forma en la cual y hasta qué punto los recursos, las especies o los actores sociales se dispersan, migran o interactúan a través de los paisajes ecológicos y sociales (Biggs et al., 2012). Que los sistemas estén unidos puede acelerar la restauración de áreas perturbadas, el mantenimiento de la biodiversidad y la comunicación entre grupos sociales, es particularmente importante ya que permite la recuperación y auto-organización de los componentes del socioecosistema. Pero también la conectividad puede favorecer la propagación de un disturbio, como el fuego en un área forestal o alguna epidemia (Biggs et al., 2012). Cabell y Oelofse (2012) argumentan que muchas conexiones débiles proporcionan diversidad y flexibilidad al sistema, mientras que pocas conexiones muy fuertes proporcionan dependencia y rigidez.

Las retroalimentaciones son conectores de doble sentido entre las variables que pueden reforzar (retroalimentación positiva) o atenuar (retroalimentación negativa) el cambio (Biggs et al., 2012). Las variables lentas están normalmente relacionadas con la regulación de los servicios ecosistémicos (Biggs et al., 2012). El manejo de estas variables permite mantener los regímenes deseables del sistema y contrarrestar los disturbios para que éste se recupere y siga produciendo servicios ecosistémicos (Biggs et al., 2012).

El manejo adaptativo se enfoca en entender la dinámica de los ecosistemas y alimentar el conocimiento ecológico dentro de las organizaciones y la gobernanza, se refiere a adaptar los problemas sociales a la dinámica de los ecosistemas (Walker *et al.*, 2006). Es entender que los sistemas socioecológicos son sistemas adaptativos complejos y aceptar que estos sistemas están conectados al mismo tiempo en diferentes escalas. Esto quiere decir que el comportamiento de estos sistemas no es predecible desde un componente individual del sistema, están en constante evolución y adaptación en respuesta a retroalimentaciones internas. El comprender los sistemas socioecológicos como ciclos adaptativos complejos permite la toma de decisiones más apropiadas. La lección de los sistemas complejos es que el proceso de manejo puede ser mejorado haciendo a los sistemas adaptables y flexibles, capaces de lidiar con la incertidumbre y sorpresa y construyendo la capacidad de adaptarse al cambio. El manejo adaptativo enfatiza el aprendizaje haciéndolo y experimentando (Berkes *et al.*, 2003).

El aprendizaje es el proceso de modificar el conocimiento, comportamiento, valores, habilidades o preferencias existentes o adquirir nuevas. También es acerca de aprender por medio de la experimentación e innovación para desarrollar y probar el conocimiento y el entendimiento (Walker *et al.*, 2006). Aprender combinando experiencias y conocimientos, ajustando esas respuestas a impulsores externos e internos (Folke *et al.*,

2010). Ese conocimiento adquirido es compartido entre los diferentes actores para el desarrollo de nuevas normas sociales, para estimular la cooperación y poder llevar a cabo procesos colaborativos (Biggs et al., 2012). El aprendizaje asegura que los individuos e instituciones puedan usar nuevas habilidades y tecnologías para adaptarse (IUCN, 2014). Esta capacidad implica que el sistema incorpora experiencias previas en acciones comunes y, por lo tanto, tiene memoria (Speranza et al., 2014). El aprendizaje no sólo es adquirir conocimiento nuevo, sino aplicarlo.

La participación es el compromiso activo de los interesados en los procesos de gestión y gobernanza. Ayuda a fortalecer el vínculo entre la recopilación de información y la toma de decisiones (Biggs et al., 2012). Funciona principalmente como un mecanismo de facilitación que promueve la capacidad de aprendizaje y la acción colectiva para responder a disturbios y cambios en el sistema. Además, la participación construye confianza lo que conduce al entendimiento compartido necesario para movilizarse y auto-organizarse (Anderies *et al.*, 2006).

Los sistemas policéntricos de gobernanza son múltiples cuerpos de gobierno que interactúan y refuerzan las reglas en diferentes ubicaciones (Biggs et al., 2012). Proveen la oportunidades de aprendizaje, permiten mayores niveles de participación, mejoran la conectividad, crean modularidad, mejoran la respuesta de la diversidad y construyen la redundancia que puede minimizar y corregir errores en la gobernanza (Biggs et al., 2012). La policentricidad y múltiples instituciones en capas mejoran el ajuste entre el conocimiento, acción y el contexto socioecológico de formas que permiten a la sociedad responder más adaptativamente a niveles apropiados (Biggs et al., 2012). Autoridades que persiguen la distribución justa de los beneficios y el riesgo involuntario mejoran la capacidad adaptativa de los grupos vulnerables de la sociedad (Anderies *et al.*, 2006).

Resiliencia y medios de vida

Otro concepto que se usará en la tesis en conjunto con el de resiliencia es el de medios de vida, el cual define Chambers y Conway (1992) como “las capacidades, activos y actividades que se requieren para hacer una vida”. El marco de medios de vida incluye la capacidad de enfrentar estresores y *shocks* manteniendo o mejorando sus capacidades y activos, dichas capacidades no son sólo reactivas, son también proactivas y adaptables dinámicamente (Chambers & Conway, 1992). Este marco enfatiza el enfrentar *shocks* y estresores lo que está relacionado fuertemente con la resiliencia (Santos-Prado et al., 2015). Además, esta herramienta de análisis ayuda a entender los sistemas a escalas pequeñas (Thulstrup, 2015) y a estudiar los hogares rurales pobres que dependen fuertemente de sus recursos naturales (FAO, 2013). Por consiguiente, la combinación de medios de vida y resiliencia puede proveer de un método para el análisis de la resiliencia de medios de vida de los hogares pobres dependientes de sus recursos naturales en países en desarrollo (Saxena et al., 2016).

Los medios de vida son un marco interdisciplinario que se enfoca en el acceso de los hogares, individuos y comunidades a las cinco formas de capital (Thulstrup, 2015). Los hogares tienen acceso a un conjunto de activos tangibles e intangibles y toman decisiones

en el uso de esos activos basados en sus metas de medios de vida (Saxena et al., 2016). El *stock* de esos capitales puede ser utilizado directamente o indirectamente para generar los medios de vida para la supervivencia del hogar y sostener su bienestar a diferentes niveles (Ellis, 2000). Las estrategias que los hogares implementan dependen del uso del conjunto de opciones disponibles y de la capacidad de los hogares de encontrar oportunidades de medios de vida (Saxena et al., 2016). Por lo tanto, entre más activos tiene un hogar a su disposición, mayor será el rango de opciones para que ellos aseguren sus medios de vida (Speranza et al., 2014).

El enfoque de medios de vida considera que los capitales (activos) y el acceso a estos son los ladrillos básicos de los cuales los hogares son capaces de responder a varios *shocks* y estresores (Speranza et al., 2014; Thulstrup, 2015). La manera en como utilizan los hogares estos *stocks* de capitales son las estrategias de medios de vida, que pueden conducir a mayores opciones u otras estrategias prospectivas que ayudan al hogar y la comunidad a sobrevivir de cara a cambios impredecibles (Marschke & Berkes, 2006). La resiliencia entonces depende de las opciones disponibles del hogar para hacer una vida y enfrentar disturbios (ejemplo, acceso a activos, actividades para generar ingresos, servicios públicos y redes sociales) (FAO, 2016). El acceso a varias formas de capital puede incrementar las oportunidades para influenciar e interactuar con las estructuras y procesos que son directamente o indirectamente envueltos en el manejo y respuesta a estresores y *shocks*. (Thulstrup, 2015). Por lo tanto, altos niveles de todas las formas de capital son atributos de la resiliencia (Folke, 2010), porque proporcionan al hogar la capacidad de ser y actuar ante un disturbio (Santos-Prado et al., 2015). Sin embargo, no sólo es tener altos niveles de todas las formas de capital, sino también las acciones para mantener o incrementar esos capitales (Ifejika-Speranza, 2013).

Un factor importante para evaluar la resiliencia es analizar la manera en la cual los medios de vida cambian a través del tiempo en respuesta a varios impulsores (Santos-Prado et al., 2015). Marschke y Berkes (2006) indican que los hogares experimentan con sus estrategias de medios de vida y en lo posible en dirección de incrementar sus opciones y flexibilidad para la construcción de resiliencia. La variación en el *stock* de los capitales tendría que ver, entonces, con la dinámica de las estrategias de medios de vida de los hogares al utilizar sus activos y la disponibilidad de estos, al enfrentar *shocks* y estresores.

Resiliencia y sustentabilidad

El estudio de la resiliencia de sistemas socioecológicos es uno de los temas centrales de la sustentabilidad (Kates et al., 2001). La resiliencia socioecológica es una característica de la interacción entre naturaleza y sociedad que puede mantener o transformar el sistema a una trayectoria sustentable (Folke *et al.*, 2002), en la que se considera la capacidad de satisfacer las necesidades de la población mundial presente y futura, mientras se mantiene el sistema de soporte de vida del planeta (Kates y Parris, 2003). Al menos parcialmente esta capacidad recae en que tanto pueden los ecosistemas enfrentar el cambio y continuar proveyendo recursos y servicios que son esenciales para los medios de vida y el desarrollo social (Adger *et al.*, 2005). Por lo tanto, para abordar la sustentabilidad se necesita la comprensión de la resiliencia de sistemas socioecológicos.

El marco de resiliencia es una herramienta para analizar el cambio adaptativo o transformativo hacia la sustentabilidad. Un sistema socioecológico resiliente, el cual puede amortiguar grandes cambios o disturbios, puede ser sustentable (Berkes *et al.*, 2003). Sin embargo, la resiliencia no siempre es una dinámica deseable que construye sustentabilidad (Walker *et al.* 2004) ya que pueden existir sistemas socioecológicos muy resilientes que decrecen el bienestar social, como las dictaduras o las “trampas de pobreza” (Holling, 2001) o en un ciclo de degradación ecológica (Cabell & Oelofse, 2012).

La resiliencia es neutral cuando se usa en sentido técnico, es el estado del sistema el que es sustentable (O’Connell *et al.*, 2015). Pero cuando los dos enfoques se unen se puede decir que un estado deseable en resiliencia que tiende a la sustentabilidad se relaciona con que los sistemas socioecológicos sean capaces de adaptarse, transformarse y reorganizarse, sin sacrificar la provisión de los servicios ecosistémicos (Folke *et al.*, 2002) ni la seguridad de los medios de vida individuales y de grupo (Berkes *et al.*, 2003). La sustentabilidad involucra el mantenimiento de algún estado ideal, mientras que la resiliencia involucra preservar la dinámica de la habilidad del sistema para manejar el cambio (Baral & Stern, 2011).

La sustentabilidad y la resiliencia son diferentes. Mientras la primera es un proceso dinámico con objetivos generales que incluyen los supuestos de preferencias acerca de que estados del sistema son deseables (Carpenter *et al.*, 2001), la segunda es una característica de dichos sistemas al enfrentarse a disturbios. La sustentabilidad desarrolla escenarios futuros y trayectorias para alcanzar esos escenarios, integrando valores normativos (Redman, 2014). La resiliencia se centra en fortalecer la capacidad adaptativa y transformativa para enfrentarse con el futuro incierto y tener respuestas favorables a *shocks* y estresores. De esta manera, la resiliencia se centra en dinámicas deseables del sistema y la sustentabilidad en resultados deseables (Redman, 2014).

La resiliencia y la sustentabilidad se complementan. Por ejemplo, si el sistema se encuentra en un estado deseable de sustentabilidad y enfrenta un disturbio, el objetivo sería prevenir que el sistema se moviera a otro estado alternativo no deseado. Por lo tanto, la capacidad adaptativa del sistema sería gestionada para que el sistema persistiera en ese estado. Pero si el sistema está en un estado no sustentable el disturbio proporciona la oportunidad para cambiar. En este caso se gestionaría resiliencia para cruzar umbrales y salir de ese estado, transformando el sistema en uno sustentable. En este sentido la resiliencia provee de la capacidad adaptativa y transformativa que permite el desarrollo continuo, como una interacción de adaptación y transformación dinámica entre la sustentabilidad y el desarrollo con el cambio (Walker *et al.*, 2004).

Preguntas de investigación

Pregunta de investigación general

Dado que los hogares son socioecosistemas en donde interactúan sus recursos y capacidades como respuesta a *shocks* y estresores para generar sus medios para mantener o mejorar su bienestar, ¿cuál es la resiliencia socioecológica a nivel hogar ante varios *shocks* y estresores medida a través del cambio en el tiempo de sus recursos y capacidades?.

Preguntas de investigación particulares

- ¿Cómo se ha analizado empíricamente la resiliencia socioecológica para poder ser operacionalizada y medida?.
- ¿Cuáles son los *shocks* y estresores que enfrentan los hogares en Escobilla y Ventanilla y cómo su caracterización ayuda a identificar la pertinencia de analizar resiliencia general o específica?.
- ¿Cómo se operacionaliza y mide resiliencia socioecológica a nivel hogar?.

Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar una propuesta metodológica para operacionalizar y medir resiliencia socioecológica a nivel hogar y probarla en dos localidades costeras en Oaxaca, México.

Objetivos particulares

- Identificar en la literatura los elementos conceptuales que han sido utilizados para operacionalizar resiliencia socioecológica, las variables que configuran al sistema de estudio, los disturbios de interés y los métodos que han sido utilizados para estimar resiliencia socioecológica.
- Identificar la variedad e importancia de estresores y *shocks* que enfrentan los hogares como paso para decidir la pertinencia de analizar resiliencia específica o general.
- Proponer un método para operacionalizar, medir y analizar resiliencia socioecológica a nivel hogar.

CAPÍTULO I: Operacionalización y medición de resiliencia socioecológica: una revisión sistemática

Review

Operationalization and measurement of social-ecological resilience: A systematic review

Cristina González-Quintero ¹ and V. Sophie Avila-Foucat ^{2,*}

¹ Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, 04510, Ciudad de México, México; cristina.goqui@gmail.com

² Instituto de Investigaciones Económicas, Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, 04510, Ciudad de México, México; savila_1@yahoo.com.mx, savila@iiec.unam.mx

* Correspondence: savila_1@yahoo.com.mx

Received: 30 July 2019; Accepted: 21 October 2019; Published: 1 November 2019

Abstract: Academics and practitioners have become more interested in the operationalization and measurement of social-ecological resilience. An analysis of how social-ecological resilience has been operationalized and measured is crucial to understanding systems complexity and dynamics and for clarifying empirical cases of monitoring programmes in ways that enrich their utility and explanatory power. The literature shows that social-ecological resilience has been operationalized using the concepts of adaptability and absorption of disturbance. In addition, diversity and connectivity are principles that have been studied. Climate change in rural coastal regions is the most common stressor that has been studied, and the human dimension of such systems is the dominant focus. Systems interactions, feedbacks and thresholds are rarely identified or assessed. In addition, attributes of the system primarily using indicators are preferred over analysing causal relationships with models. Answering the question of what this resilience is for is a very important aspect of defining the system and the method for assessing resilience.

Keywords: resilience operationalization; resilience measurement; social-ecological resilience

1. Introduction

Social-ecological systems resilience is a topic of interest for academics and practitioners due to the extensive and rapid global changes and other stressors that threaten both ecosystem services and human well-being [1]. Helping stakeholders assess the current resilience status of their systems is crucial for better decision making and monitoring of desired goals [2], especially since the stressors that these systems face are so uncertain. Hence, understanding the advantages of different resilience measurements and approaches could enrich the theory and practice of social-ecological resilience.

Social-ecological systems (SESs) are complex and dynamic, and their resilience is defined as "the capacity of a system to absorb disturbance and reorganize while undergoing a change to still

retain essentially the same function, structure, identity, and feedbacks" [3] (p. 6). The absorption of a disturbance is the amount of change that a system can absorb without changing to a different state [4], and reorganization is the internal control capability of the system to respond [5] or, in other words, the adjustment of the system through the interaction between components [6]. Following these definitions, a system is resilient if it can absorb and reorganize. This capacity in turn depends on the system retaining its function, structure, identity and feedbacks as a condition or attributes. Additionally, adaptability and transformability are also key attributes that influence resilience and can be used to help to understand system dynamics. Adaptability is the capacity of actors in a system to influence resilience [3,7] by learning, sharing knowledge, and adjusting responses and institutions [8]. Moreover, transformability is the capacity to transform into a new system without becoming trapped in an undesirable situation [3]. In addition, current approaches to enhancing resilience include principles such as maintaining diversity and redundancy; managing connectivity; managing slow variables and feedbacks; fostering and understanding SESs as complex adaptive systems; encouraging learning and experimentation; broadening participation; and promoting polycentric governance systems. Diversity and redundancy are important because they can provide options for responding to changes and disturbances. Connectivity "refers to the structure and strength with which resources, species, and social actors disperse, migrate, or interact across patches, habitats, or social domains" [9]. High connectivity may help with recovery after disturbances. Slow variables can shift the system from one regime to another, which means that a critical threshold has been crossed and that a different set of feedbacks, function, and structure become a new system, losing the original identity. Such variables are slow in the sense that they change much more gradually than other fast variables [10]. Adaptive management, adaptability, and polycentric governance are also some of the principles that allow the system to learn and be dynamic.

The conceptual elements described previously are used as dependent variables to measure SES resilience or as attributes of a system to reach resilience (independent variables). The literature shows a diversity of these metrics, and it is worth studying how they are operationalized (the variables used) and measured (the methods). The measurement of social-ecological resilience is essential for making sense of broad patterns and identifying emergent properties in complex systems [11]. Furthermore, the estimation of resilience and its transition from theory to practice requires assessment [12] to implement better strategies to buffer or respond to changes [13].

An equally important objective is to identify SES stressors and shocks (as encapsulated by the question, resilience to what?) [14, 15]. Shocks are perturbations that are characterized by a peak pressure that is beyond the normal range of variability in which the system operates [16]; they are infrequent, sudden and generally unpredictable events [17] that tend to start intensely and have dramatic effects [18]. Stressors, in contrast, are continuous pressures that usually increase slowly within the normal range of variability that resides in the system but have a cumulative effect [16,19] that causes the system to shift. Shocks and stressors affect SES dynamics and regime shifts depending on their resilience. Socioeconomic, political or environmental disturbances can affect SESs, and climate change effects, such as droughts, hurricanes, and flooding, have recently been a topic of interest. Thus, it is relevant to observe which kinds of disturbances have been assessed in the literature.

In the last decade, there has been an increase in social-ecological resilience operationalization and its measurement, but despite this great interest, the literature suggests that this area of study still faces some challenges. The main difficulties in translating the concept of resilience into useful variables and metrics is the complex dynamics that form due to the diversity of these processes and the interaction of fast and slow variables in social and ecological

systems [8]. In addition, identifying the thresholds for multiple shocks and stressors [20] and delineating the system integration and interdependencies between social and ecological components remains challenging [12]. Moreover, the different interpretations of the concept, often linked to the theoretical framework that is used, creates confusion in its empirical application. Therefore, some academics have shown that resilience can be estimated by theoretical approximations [21] that are not observed directly and are instead inferred [12].

As a result, a literature review on how social-ecological resilience has been operationalized and measured is needed to understand how the dynamics of SESs have been addressed [8] and whether there is a consistent way to monitor SES progress [22]. Consequently, the aim of this paper is to bring some clarity to the ways that social-ecological resilience has been empirically analysed so that it can be used in ways that enrich its utility and explanatory power. This need is met by providing an overview of the conceptual elements that are used for the operationalization of resilience, the variables that configure the system under study, the disturbances that are of interest, and the methods that have been used to estimate resilience.

2. Materials and Methods

2.1. Literature selection process

The literature was retrieved from two search platforms: Web of Science and Google Scholar. Furthermore, from the articles that were selected, the key references related to the operationalization and measurement of social-ecological resilience were identified. The time period of the publications was from 2005 to the beginning of 2017, since a special issue on theoretical surrogates was published in the journal *Ecosystems* in 2005, which initiated the empirical study of the concept. Over the study period, publications on this topic were scarce until an increase occurred in 2012.

To identify papers that assess or measure social-ecological resilience, the search was restricted first by the topic “social-ecological resilience” (n=1888) (Figure 1). The next filter was the word “resilience” in the title (n=704), since resilience is often part of the discussion but is not operationalized or measured because that is not the aim of the papers. Then, from those 704 articles, the next step was to search for the keywords “resilience measurement,” “resilience model,” “resilience indicators,” and “resilience assessment” (n=322) to identify papers in which intent is to analyse how resilience is operationalized and measured. Then, the text was screened to identify the studies that mentioned explicitly the concept of social-ecological resilience within their theoretical framework (n=130). Finally, studies were checked in detail to identify those with both social and environmental variables, as the social-ecological resilience approach implies that either a social or ecological system cannot be considered in the absence of the other [23]. At the end of the selection process, a total of 50 studies were selected for review. Those comprised peer-reviewed literature and non-peer-reviewed literature, such as journal articles, conference papers, working papers, and theses. Non-peer reviewed articles were important to include since some relevant studies have been done, especially by international organisation, however, the majority are peer-review literature. The papers that were selected were written in Spanish and in English.

2.2. Review process and theoretical foundations

A deeper analysis of each study was performed to compile a database in Excel. Statistical analysis of the topics of interest was carried out. The topics were related to the operationalization of social-ecological resilience, such as the conceptual elements, the characteristics of the system and the disturbances of interest, and to the measurement of resilience by a models or by indicators (Figure 2).

First, the conceptual elements that the studies measured or assessed were identified, such as absorption of disturbance, system identity, reorganization, adaptability, and transformability.

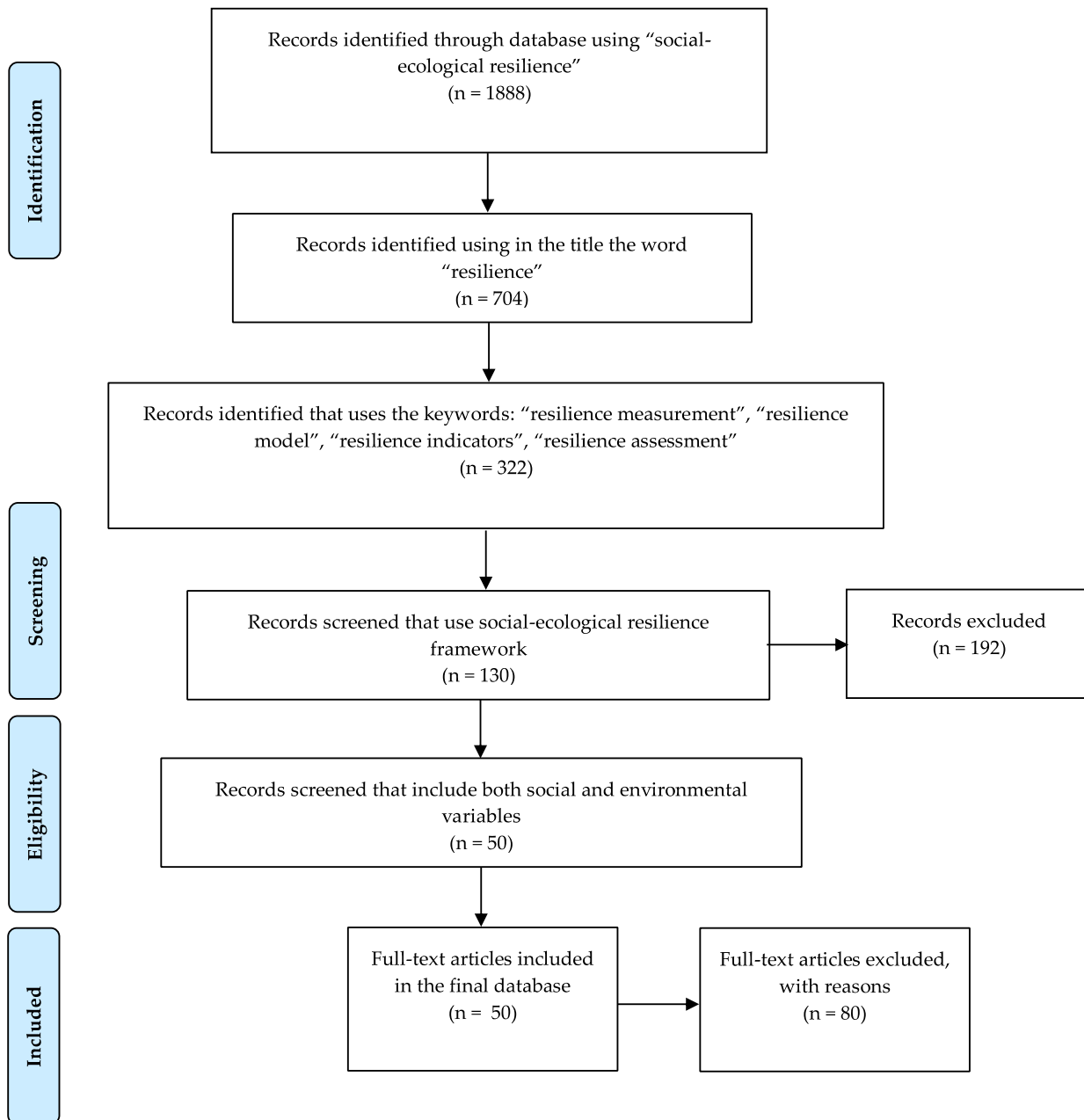


Figure 1. Literature selection process. Flow diagram based on PRISMA

Second, principles for enhancing social-ecological resilience were identified as proposed by Biggs et al. (2012) [1], based on their ability to improve the resilience of critical ecosystem services for human well-being in the face of a disturbance [8]. These principles include the ability to maintain diversity and redundancy, manage connectivity, manage slow variables and feedbacks, foster an understanding of SESs as complex adaptive systems, encourage learning and experimentation, broaden participation, and promote polycentric governance systems. To classify them we searched in the studies when they addressed them. For example, if the study included

biodiversity or livelihood diversification this was taken as a diversity measure of the system. Although the studies did not explicitly mention Biggs framework, we considered the variables they measure.

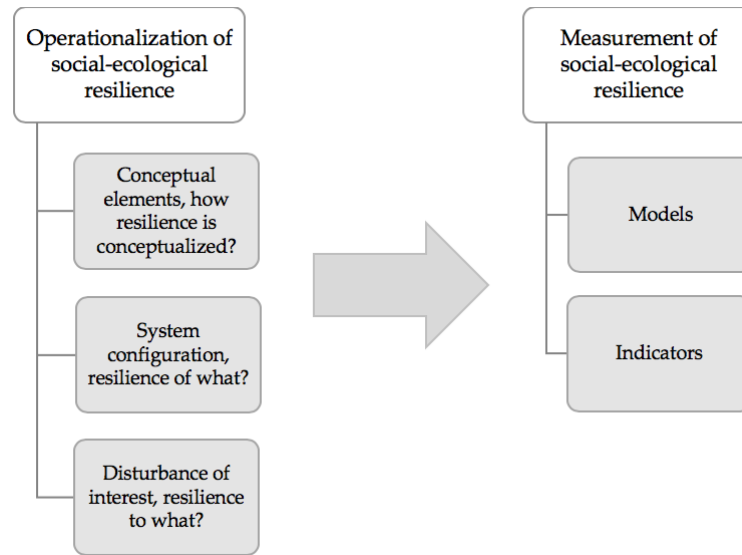


Figure 2. Features of the analysis.

Third, to try to understand the system configuration (resilience of what?), the variables characterizing the social and environmental components of the system were identified. The variables of the social subsystem were divided into social, economic, human and infrastructure variables. The variables related to the characteristics of the people who live and influence the system are the human variables. The social variables explain the relations among the people in the system and their participation in formal and informal networks, groups and institutions, and these variables also incorporate the relationship between human use and the environmental subsystem [24]. The economic variables are the availability of money through income, savings, and loans [25]. The infrastructure variables are related to house conditions such as electricity and drainage and to roads and telecommunication as important assets for economic activities [24]. The variables of the environmental subsystem were divided into abiotic, ecosystem, natural resources, and environmental management variables. The natural resource variables comprise direct-use resources that are co-produced by the interaction of the social and environmental subsystems [26]. The abiotic and ecosystem variables reflect the essential processes and functions of the environmental subsystem [22] that allow natural resources to be provided. Finally, the variables of environmental management are related to the management of the environmental subsystem.

Then, to answer the question of what the system is resilient against, the shocks and stressors that affect the system were identified in the literature.

Finally, the methods used to estimate resilience were defined and grouped in models and indicators depending on how the studies approached them.

3. Results and Discussion

3.1. Operationalization of social-ecological resilience

3.1.1. Conceptual elements

It is necessary to clarify how resilience is conceptualized by explicitly defining the conceptual elements that are to be addressed [11] to know what is being measured and to delineate the changes that have been observed in reality with the theoretical ones [27].

The results show that the main concepts used are absorption and adaptability of disturbance (Table 1), followed by reorganization, transformability, and system identity. Usually, the studies simultaneously assessed more than one element, such as the absorption of a disturbance and its identity. Absorption and reorganization are the key elements for measuring resilience; however, adaptability, which is a social element that influences resilience, is the second most studied factor.

Table 1. Conceptual elements of resilience.

Conceptual elements of resilience	%
Absorption of disturbance	68
System identity, structure, and function	16
Reorganization	28
Adaptability	66
Transformability	16

The absorption of a disturbance is one of the main elements in the measurement of resilience, as proposed by Holling in 1973 [28]; thus, this concept is well internalized in the literature and is relatively easy to understand and operationalize. However, as explained further in the text, there are different ways to measure absorption depending on the epistemological and ontological backgrounds. For example, absorption is operationalized in a system by factors such as access to land by rural populations since it provides flexibility in the selection of crops as an alternative to confront stress [29]. In addition, Altieri and Nicholls (2013) [30] used the maintenance of agricultural production of food in agroecosystems despite drought or storm as proxies of absorption. In contrast, Wang, Huang, and Budd (2012) [31] estimated absorption by the factors that determine whether land can absorb precipitation and maintain its original state.

Reorganization is also used in the literature but is mainly related to social variables, such as reconfiguration of institutional relations and arrangements. In that sense, cooperation, networks, participation, trust, and reciprocity are core variables for this conceptual element [32].

Adaptability is also used in the literature and has been especially linked to climate change [33]. This shows that the literature on risk has considered the social-ecological resilience framework and the overlapping of concepts, which can result in a misunderstanding of how to operationalize social-ecological resilience. Because adaptability refers to the role of human action, it is operationalized by using community actions for learning [19, 34, 35] or changing. For example, changes in livelihood strategies are considered mechanisms of adaptability [18, 36, 37]. Changes in agricultural, fisheries, and forestry practices that have been adopted and improved by communities due to past experiences with disturbances are indicators of adaptability [38].

In contrast, system identity, structure, and function are conceptual elements that are more difficult to measure and conceptualize in SESs; thus, further efforts are needed in that sense. Similarly, transformability is one of the lesser-studied elements, probably because this concept is confused with transformation and because it is difficult to define the variables that measure the capacity to not stay in a trap.

Therefore, there is interest in the literature in assessing the role of human actions on the system rather than studying the attributes of other systems.

Regarding the seven principles of Biggs et al. (2012) [1] for enhancing resilience (Table S1), only 6% of the publications that applied this conceptual framework explicitly mentioned them, and 94% measured some of the principles without mentioning this framework. The findings show that 60% of the papers measured diversity in social and environmental subsystems (Table 2). Some examples of the variables of diversity in the environmental subsystem are genetic traits in local varieties of crops and animal breeds that provide tolerance to drought, frost, salinity, pests, and diseases [38]. In the social subsystem, diversity refers to the diversity of productive activities [35], which is a strategy for maintaining resources and income with different risks [39]. Diversity is an attribute that can be operationalized in both subsystems and is crucial for absorption and reorganization [8].

Table 2. Principles to enhance the operationalization of resilience.

Principles to enhance resilience	Variables used in the environmental subsystem	Variables used in the social subsystem	%
Diversity and redundancy	Biodiversity, spatial heterogeneity, diversity and redundancy of the ecosystem, diversity of land use, and diversity of the base of resources	Diversity of decision makers, investment in diversity of response, social diversity, diversification of productive activities, specialization index, diversity, redundancy, and infrastructure flexibility	60
Connectivity	Pollination, seed dispersal, presence of wildlife corridors and networks, flow of regeneration, and ecological interactions between different landscape elements	Social networks, communication, changes in migration, membership in social groups, potential for access or evacuation, communication capacity and modularity of infrastructure, distance to urban areas and markets, and mobility	50
Slow variables and feedback	Soil acidity, depth of water table and salinized area, vegetation cover, level of agrochemical use, and effectiveness of irrigation infrastructure	Financial viability, size of the dairy and fruit processing sector, and increase in food insecurity	20
Learning and experimentation		Learning from past contingencies, experimentation, training, innovation, and education	36
Participation		Patrolling for illegal activities, decision making through dialogue, participation in activities, collective action, organization, agent access to information, power relations, and cooperation	32
Polycentric governance		Decentralization, governance performance, local interdependence and global autonomy, and cross-scale institutions	20
Understanding of social-ecological systems as complex adaptive systems		Acknowledgement of slow variables	2

Connectivity variables are also among the most studied and are considered in both subsystems by 50% of the publications. These variables are studied because if the SES is well

connected, they can accelerate the restoration of disturbed areas, the maintenance of biodiversity, and communication among social groups [1]. For example, networks and ties within and outside the community can significantly strengthen the community's ability to contain disturbances, and strong social ties within the community can enable [40] self-organization [32].

The next most commonly used variable is learning, which was considered in 36% of the publications. Learning ensures that individuals and institutions can use new skills and technologies to adapt [35] or transform [1]. This capacity implies that the system incorporates previous experiences in collective actions and therefore has a memory [32]. Participation, which was studied by 32% of publications, primarily works as a facilitation mechanism that promotes learning capacity and collective action in response to disturbances and changes in the system [41]. Furthermore, participation allows for the formation of connections and the self-organization of decisions [42]. Both principles are mainly studied within the social subsystem and are associated with adaptability.

Slow variables and feedback were two of the less addressed principles and were only discussed in 20% of the publications. Slow variables represent the key variables of the system, and if a certain threshold is attained in those variables, the system can be transformed. The use of this type of variable implies a profound knowledge of the system structure and dynamics, and the identification of slow variables requires a knowledge of and a previous study of the system. Moreover, many times the slow variable is identified once the threshold is attained. Although we already know the slow variables for some systems, such as water quality, eutrophication, or social conflict, the variables for other SESs are not easily identified. Similarly, SES interactions and feedbacks are generally not identified in the studies because the systems are not well delimited. Understanding SESs as complex adaptive systems was only noted by Nemeč et al. (2014) [43], and they exemplify it with the variable called 'acknowledgement of slow variables'. Knowing which are the slow controlling variables associated with thresholds in the system leads to the application of adaptive management actions and the incorporation into the long-term governance of SESs, increasing resilience.

Finally, polycentric governance enables the other resilience-enhancing principles [8]. This concept refers to multiple centres of decision making at different scales; in other words, horizontality of decision making that is expressed in terms of modularity and functional redundancy can preserve key social-ecological elements in the face of disturbances and change [1, 43]. Governance creates conditions for collective action that constitute the social system's institutions and strongly influences the ability of SESs to respond to disturbances [44]. Decentralization of power and the resources necessary to govern make the system more adaptable than a hierarchical system because monitoring, actions, and resources are located close to the origin of the problems [22]. However, there are other forms of governance that allow the system to respond, such as adaptive governance, and the assessment of the diverse forms of social capital is very important.

3.1.2. System configuration of resilience

System configuration is linked with the question "resilience of what?" (Table S1), that is, which are the key components of SESs that are relevant to study [13]. According to Resilience Alliance (2010) [13], the ideal way to approach the complexity of measuring social-ecological resilience is to define the study system based on the interacting environmental and social variables. However, only 24% of publications define the interaction between variables and their dynamics. Most of the studies analysed use social and environmental dimensions but not their interactions; this means that they do not define the dynamics of the system but rather the

elements enhancing resilience. Describing social-ecological interactions is complicated because some of the interactions between variables operate at different temporal and spatial scales [45].

On average, in each study, the ecological subsystem had 8 ecological variables, whereas the social subsystem had 16 variables distributed homogenously among social, human, economic, and infrastructure variables. Within the social subsystem (Table 3), the human and social variables were the most studied (78%). Education was commonly measured because it facilitates the capacity for change [20] and makes societies more adaptable [22], in human variables. Social variables where institutions and organizations are the most common variables because they provide the potential to generate a constructive change after a disturbance [29]. Additionally, economic variables were widely used because income is generally related to economic well-being and food security [32]. Additionally, savings or borrowing money at the household level can be used to recover from disturbances [22]. Finally, the infrastructure variables were studied by 52% of the publications; in particular, electricity, drainage, and other public services are crucial because the interruption of these essential services leads to poor rescue and relief operations [40].

Table 3. Variables of the social subsystem.

Type of variable	Examples of social subsystem variables	%
Social	Land tenure regimes, policies, laws, equity, trust, security, leadership, reciprocity, legitimacy, and culture	78
Economic	Earnings, savings, market, financial viability, sources of income, expenses, economically dependent people, and financing	76
Human	Users of resources, skills, knowledge, food security, values, years of formal study, health, age, gender, experiences, and well-being	78
Infrastructure	Infrastructure at the household and community levels, boats for fishing, equipment, irrigation channels, water supply, roads, and transportation	52

The ecological subsystem is operationalized in 70% of the publications based on variables describing the use of natural resources. This is very important because these variables represent feedbacks between social and environmental subsystems. Additionally, 48% of the publications considered whether the environmental subsystem was under some type of protection or was managed in some way. As such, these variables are focused on the context of natural resource management and the characteristics of the environment that shape them. Another interesting finding is that abiotic (58%) and ecosystem (64%) variables are considered (Table 4) in almost the same proportion.

Table 4. Variables of the environmental subsystem.

Type of variable	Examples of environmental subsystem variables	%
Abiotic	Percent humidity, climate, hydrological processes and properties, soil acidity, depth of water table, and slope gradient	58
Ecosystem	General characteristics of the vegetation, proximity to forests, forest area, key ecological processes, and ecosystem conditions	64
Natural resources	Stock resources, such as fish, water, trees, livestock, crops, and firewood	70
Environmental management	Protection of the forest near the community, creation of fish sanctuaries, ecological sustainability, investment and soil conservation practices, afforestation, sustainable management of resources, environmental safeguard measures, and natural protected areas	48

The results show that the social dimension of SESs has been studied with a larger diversity of variables than the ecological dimension. Furthermore, in the ecological subsystem, the most studied variables are those that are related to the human use of natural resources. This might be because, in the social system, more proxies can be generated to explain different processes. In contrast, to obtain information from the environmental subsystem, direct measurements must be made (which might also be more expensive), such as measuring soil acidity, unless these variables are evaluated based on social perceptions. In addition, to conduct resilience research and obtain information on the entire system, interdisciplinary groups are needed [45], but not all of the papers incorporated this approach. Moreover, as mentioned before, if the system interactions are not described, it is expected that one subsystem is prioritized over the others, depending on the research group and objectives.

3.1.3. Resilience to disturbances of interest

The identification of the particular disturbances that the system is coping with is associated with the question “resilience to what” [13] (Table S1). A total of 78% of the studies in the literature were case studies that were primarily located in rural coastal populations in developing countries (Figure 3).

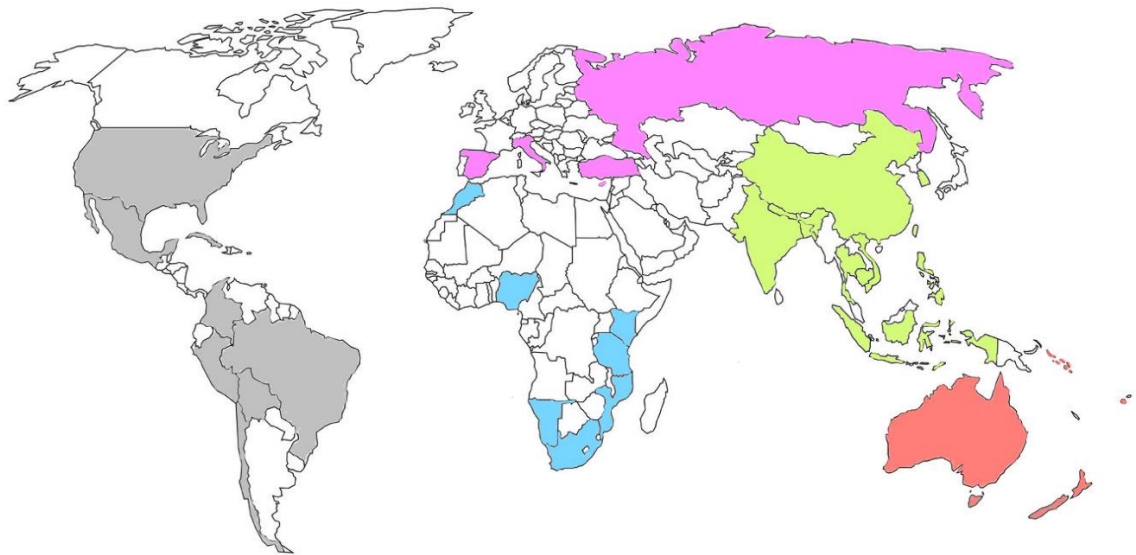


Figure 3. Distribution of study cases in each continent. In grey are the countries where study cases took place in America, in blue those in Africa, in pink those in Europe, in green those in Asia and in red those in Oceania.

These regions are prioritized because international climate change research identifies them as very vulnerable regions due to heavy rainfall, floods, sea level rise, and coastal erosion [46]. In fact, climate change is one of the most commonly mentioned stressors and shocks in such regions. Rural populations are affected because their livelihoods directly depend on natural resources [47]; in addition, they tend to be socio-economically and geographically isolated, which poses a challenge for the provision of public services and institutional development [48].

Regarding the disturbances that the publications studied, 39% evaluated stressor effects, 27% evaluated shocks, and a surprising 33% evaluated both types. Nevertheless, only a few publications [18, 34, 49, 50] explicitly addressed them as stressors or shocks that could be

conceptually identified by the social-ecological literature. The relevance of differentiating between the two types of disturbance is that their effects in a system might be different because shocks are generally external events, and as researchers, we often decide what kind of disturbance to study instead of assessing the most important one for the system. Interestingly, stressors are more commonly assessed in the socioeconomic dimension, whereas shocks are more commonly assessed in the biophysical dimension (Table 5). This difference might be because social processes can be described using qualitative information through human perception or oral histories, whereas biophysical monitoring involves infrastructure and the collection of data.

Table 5. Types of disturbances addressed by publications.

Type of disturbance	Stressors	Shocks
Biophysical	Climate change, declining resources, land degradation, biodiversity loss, dry and cold environment, and declining catch rates	Forest fire, monsoon, diseases, tsunami, earthquake, typhoon, hurricane, cyclone, drought, tidal flooding, and flooding
%	48%	54%
Socioeconomic	Infrastructure development, being at the mercy of the market, chronic poor health, influx of industrial labour migrants, slave trade, diminished terms of trade, ageing population, increased industrialization, changes in markets, establishment of protected area, high food prices, threats of community relocation and lawsuits, incentive programmes for large-scale fishing, change in politic capital, and increased urbanization	Damaged boats, ethnic conflict, face cost of funerals, price volatility, technological failure, border closing, charcoal ban, and the fall of Soviet Union
%	43%	21%

3.2. Resilience measurement

The literature review shows that two types of generic measurements were performed, one using models and the second using indicators, and both were assessed on different timescales. Qualitative and quantitative methods were used in 60% of the publications, only qualitative methods were applied in 17%, and only quantitative methods were applied in 23%. Social-ecological resilience is complex, and a combination of methods can explain the phenomenon in a more complete way.

3.2.1. Models

Dynamic models try to capture system complexity, the state and control variables, the thresholds, and the feedbacks between the ecological and the social subsystems. These variables can be measured with a dynamic time series that calculates the equilibrium and the size of the region of interest [14] given the configuration of the system [51]. Models measure how the system responds to a change in relation to a threshold and the relative state of the system to that threshold [52]. In other words, they try to predict the loss of resilience, given specific thresholds. The results show that 18% of the articles revised present dynamic models and that the majority of these models are conceptual models. Bueno and Basurto (2009) [53] measured the resilience of a fishing system through system dynamics using VENSIM software, in which the loss of resilience occurs when a state variable of the system crosses a critical quantitative threshold. In general, papers using modelling are based on the exploitation of a resource stock by methods such as

fishing [53], forest management [54], and agricultural production [55]. However, Kim et al. (2017) [56] also assessed modelling by addressing three issues that they identified in their study area: coastal landscape management, agricultural structure, and tourism industry structure. This method provides a way to test the system for tipping points without putting the actual system at risk [57]. Dynamic models also incorporate qualitative approaches to collect the data and build the system through activities such as focus groups [54] and participative workshops [52].

Dynamic models are not generally applied empirically because the threshold information is not always available; that is, a historical analysis of the dynamics of the SES when it crosses thresholds may not exist. In addition, the feedback between the systems is not always traceable. For this reason, the measurement of resilience through models has been so complex that it is not possible to put it into practice; therefore, they are difficult to communicate and implement in decision-making processes.

Multivariate models were applied by 24% of the publications. This type of model was used for two purposes. First, it was used to analyse the significance of certain variables that enhance resilience. For example, Schwarz et al. (2011) [34] demonstrated that community participation, support, and leadership are positively related to coping and learning from stress. Another example is the work of Eakin et al. (2012) [29], who attempted to relate household characteristics, such as lot size, location, occupation, and diversification, to the impact of a hurricane. Second, multivariate models are used to develop scenarios of system changes. Saxena et al. (2016) [58] analysed how shocks and stressors influence household livelihood strategies and how income is affected. Rasch et al. (2017) [57] measured how the variables of inequality and vegetation cover change within three scenarios involving shocks and stressors. Some of the works also estimate thresholds; for example, Dearing (2008) [59] and Forbes (2009) [60] measured thresholds retrospectively through historical analysis of their study areas. Therefore, the measurement by means of multivariate models explains and tests the characteristics of the system that contributed to its resilience and how certain variables can be affected by and can react to shocks and stressors in different scenarios. These models incorporate interviews, surveys, and participative observation, not only as data collection but also to explain the results [29, 34, 58, 61].

3.2.2. Indicators

Social-ecological resilience variables were assessed using indicators in 36% of publications. Uy et al. (2011) [62] quantified the level of livelihood assets using a scale from 1 to 5 (5 being the highest and 1 being the lowest), and households with the highest level of assets were considered to have a high adaptive capacity. In addition, Wang et al. (2012) [31] measured three indicators of resilience—the performance of the system, the duration of the recovery, and the effort of recovery—to assess the capacity of the area to cope with typhoons. Bergamini et al. (2014) [38] evaluated the indicators that measure elements of resilience by applying a value and a trend to each indicator, where 1 is very low and 5 is very high, and the high and low trends are used to explore the direction of community development.

Indicators were also grouped into indices by 16% of the investigations. In particular, Dasgupta and Shaw (2015) [40], Kotzee and Reyers (2016) [63] and Suárez et al. (2016) [64] obtained information from censuses at the municipal level to create an index. Quaranta and Salvia (2014) [39] measured resilience through a rural diversity index that is composed of economic, social, and natural diversity under the assumption that diversity increases resilience. Montalba et al. (2013) [36] used the risk index and claimed that if the risk index is low, the resilience is high. Other publications assigned values to the indicators based on scales (very high, high, medium, low, and very low) [35].

The two forms of indicator measurement discussed above apply qualitative methods, such as participatory workshops or focus groups (Uy et al. 2011) [62], and both are used by experts or decision makers [19, 20, 30]. In addition, data collection is performed by surveys [34] or censuses [40].

Another type of indicator analysis only uses qualitative methods to measure resilience and does so by means of value scales (very high, high, medium, low, and very low) that represent the attributes of resilience [35]. Another way this is measured is through indicators that are based on the phases of the adaptive cycle; the presence of these indicators suggests a resilient SES, while their absence suggests loss and great vulnerability to disturbances [17, 65]. An additional method involves historical analysis of the behaviour of systems in their response to different disturbances over time through interviews [66]. Finally, another way to measure indicators is through interviews and focus groups in order to establish the identity of the system and its tendency to cross social thresholds [37].

Most of the publications that involve indicators seek to establish the attributes that make the system resilient or to determine the status of such attributes, whereas some explain the system characteristics that need to be enhanced and track changes in these attributes. The advantage of studying resilience in this way is that these indicators can be used both for research purposes and for decision making and public communication because they condense the complexity of the systems into manageable and compact information [64]. However, caution must be exercised in summarizing complex processes with a simple metric [22].

3.2.3. Timescale

The estimation of resilience in publications can also be categorized as prospective and retrospective [58]. First, the publications that explain the processes and responses of SESs to past disturbances provide a retrospective analysis [67], whereas the publications that focus on predicting the resilience of systems to absorb disturbances in the future provide a prospective analysis [58]. In a prospective analysis, dynamic models try to predict how close a system is to thresholds and the likelihood of crossing them in the future given their configuration and the disturbance. Additionally, in a retrospective analysis, multivariate models can be used to analyse the weight that certain variables have in explaining the properties or characteristics that have allowed a system to respond to disturbances in the past, whereas in a prospective analysis, multivariate models can be used to develop scenarios of system changes based on empirical data on the current state of the system and how it would react in the future to shocks and stressors. Indicators can be used to analyse SESs in two ways by studying how a disturbance in the past has affected the attributes of the system and by monitoring indicators to determine how the system would respond to disturbances in the future.

3.2 *Limitations of the study*

Some limitations exist in this review. The publications evaluated in this study include only those with the word resilience in their title, a social-ecological resilience framework, assessment or measurement of resilience, and environmental and social variables. As a result, we excluded other possible studies that could provide good information on the operationalization and measurement of social-ecological resilience, such as Dakos et al. (2015) [68], who measured early warning of regime shifts; Moore et al. (2015) [69], who quantified network resilience; and Fleischman et al. (2010) [70], who analysed robustness in SESs over time. Additionally, the selected publications include only documents in English and Spanish, and other works in other

languages were excluded. Despite the limitations, the publications selected are specific for assessing resilience measurement and provide enough information for the analysis as well as very interesting findings.

3.3 General trends

The actual trend for operationalizing and measuring resilience is based in a large proportion, on assessing climate change effects in coastal regions using indicators and emphasizing social components. The large majority of the studies assess system attributes for reaching resilience rather than the system dynamics. However, determining and assessing interaction and thresholds of coupled systems is the main issue for understanding SES dynamics and trajectories. Therefore, studies need to clarify the systems structure and the interaction between components. That means that the conceptual elements of adaptability and absorption could be used for explaining changes on the system and not only being an attribute to become resilient. Similarly, Biggs (2012) [1] principles can have a positive or negative effect in the systems in terms of sustainability, therefore it would be useful to analyse the effects of those attributes in the systems. However, some challenges need to be faced such as interdisciplinary or transdisciplinary co-construction of the conceptual model, long terms research in order to establish baselines and a profound knowledge of the system for identifying possible thresholds, as well as create models for measuring interaction and processes that take place in different temporal and spatial scales. In addition to, resilience of what and to what, there is a need to clarify resilience for whom or for what, that is, if resilience is measured for knowing better the system or if resilience is assessed for policy makers to solve a specific problem. Immediate actions are needed if resilience measurement wants to be used for reaching sustainability. Therefore, indicators and index are a useful tool for assessing general or specific resilience. However, it is important to assess resilience from a complex perspective while also keeping the measurement useful for easy communication and application.

5. Conclusions

The literature shows that social-ecological resilience has been addressed mainly by operationalizing the concepts of adaptability and absorption of disturbance and that the principles of diversity and connectivity are the most commonly studied. Consequently, our review reveals the need for further research on some conceptual elements because social-ecological resilience is still interpreted differently by different groups. Our results show that the social dimension of SESs has been studied with a larger diversity of variables than the ecological dimension. Furthermore, in the ecological subsystem, the most studied variables are those that are related to human use of natural resources. In addition, studies do not describe the feedbacks between variables, so the social and ecological subsystems are not integrated. This implies that there is a gap in the methods used to address the complexity of a system. Nevertheless, finding studies that are trying to assess resilience from a system perspective has become more frequent in recent years.

Mixed methods are used in models and indicators. Although models allow for a more dynamic representation of a system and permit the identification of interactions and thresholds in a more systemic approach, most studies use indicators and indices to assess resilience. Therefore, resilience attributes, instead of causal relationships, are the main aspects that are studied. Resilience has been empirically analysed in relation to climate change in rural coastal regions, but it is important to analyse other study areas. In addition, the simultaneous study of different stressors and shocks allows a better understanding of how systems react to several

disturbances at the same time, and consequently a measurement of general resilience. The previous is important since the optimization of system elements to a specific goal causes specific resilience but general resilience might decrease [23].

Finally, this study shows that the selection and application of a method depends on both the availability of the information and the research question. Is resilience being measured to know and predict the system? If this is the case, a dynamic model is a useful tool. In contrast, if resilience is measured to know which actual characteristics of a system should be strengthened, indicators are a good instrument. Thus, resilience for what is a key question, not only in terms of attributes or system dynamics but also if the measurement is linked to sustainability. Similarly, resilience for whom is a relevant question, operationalization might be different if is resilience is studied for policymaking or for research purposes.

Ideally, for the conceptualization of a SES and the identification of its interactions and thresholds, there needs to be clarity in the conceptual elements used to assess resilience and in the explicit corresponding methods that vary depending on the stressor, the system, and the reason for studying resilience.

Author Contributions: Cristina González-Quintero and Sophie Avila-Foucat wrote the paper together. Cristina González-Quintero conducted the literature search and analysed the data. Sophie Avila-Foucat provided elements for the introduction, discussion and conclusions.

Funding: This research was funded by the UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) grant number UNAM-PAPIIT-IN301516, the CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) scholarship programme and the 290832 ANR-CONACYT project.

Acknowledgements: The first author gratefully acknowledges the Programme in Sustainability Science, UNAM (Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, Universidad Nacional Autónoma de México). We would like to acknowledge Patricia Balvanera Levy for her comments and recommendations for this study. This work is part of the Coastal Resilience Laboratory research projects (LANRESC).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest

Abbreviations

The following abbreviation is used in this manuscript:

SES Social-ecological system

References

1. Biggs, R.; Schlüter, D.; Biggs, E. L.; Bohensky, S.; BurnSilver, G.; Cundill, ... West, P. C. Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. *Annual Review of Environment and Resources* **2012**, 37(1), 421–448. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-051211-123836>
2. Kerner, D. A.; S. J. Thomas. Resilience Attributes of Social-Ecological Systems: Framing Metrics for Management. *Resources* **2014**, 3, 672-702. <https://doi.org/10.3390/resources3040672>
3. Walker, B.; Holling, C. S.; Carpenter, S. R.; Kinzig A. Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society* **2004**, 9(2), 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
4. Davidson, J. L.; Jacobson, C.; Lyth, A.; Dedekorkut-Howes, A.; Baldwin, C. L.; Ellison, J. C.; ... Smith, T. F. Interrogating resilience: Toward a typology to improve its operationalization. *Ecology and Society* **2016**, 21(2), 27. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08450-210227>
5. Holling C. S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems* **2001**, 4, 390-405. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0101-5>
6. Resilience Alliance. Assessing and Managing Resilience in Social-Ecological Systems: A Practitioners Workbook. 2007. Available online: https://www.resalliance.org/index.php/resilience_assessment (accessed on 19 July 2019).

7. Folke, C.; Carpenter, S. R.; Walker, B.; Scheffer, M.; Chapin, T.; Rockström, J. Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society* **2010**, 15(4), 20. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>
8. Folke C. Resilience (Republished). *Ecology and Society*, **2016**, 21(4), 44. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
9. Dakos V.; Carpenter, S. R.; van Nes E. H.; and Scheffer, M.; Resilience indicators: prospects and limitations for early warmings of regime shifts. *Philosophical Transactions Royal Society B* **2015**, 370. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0263>
10. Biggs, R.; Gordon, L.; RaudseppHearne, C.; Schlüter, M.; Walker, B.; Principle 3. Manage slow variable and feedbacks. In *Principles for building resilience: Sustaining ecosystem services in socio-ecological systems*; Editor, R. Biggs, M. Schlüter, and M. L. Schoon; Publisher: Cambridge University Press, Cambridge, UK, **2015**; pp. 105–41.
11. Quinlan, A. E.; Berbés-Blázquez M.; Haider J.L.; Peterson G. D.;. Measuring and assessing resilience: broadening understanding through multiple disciplinary perspectives. *Journal of Applied Ecology* **2015**, 1-11. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12550>
12. Carpenter, S.; Westley, F.; Turner, M. G.. Surrogates for Resilience of Social-Ecological Systems. *Ecosystems* **2005**, 8(8), 941–944. <https://doi.org/10.1007/s10021-005-0170-y>
13. Resilience Alliance. Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for Practitioners. 2010. Available online: <http://www.resalliance.org/3871.php> (accessed on 19 July 2019).
14. Carpenter, S.; Walker, B.; Anderies, J. M.; Abel, N. From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?. *Ecosystems* **2001**, 4(8), 765–781. <https://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
15. Walker B.; Salt, D.; *Resilience Practice, Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function*. Publisher: Island Press, Washington D.C., U.S.A. 2012.
16. Turner, B. L.; Kasperson, R. E.; Matson, P. A.; McCarthy, J. J.; Corell, R. W.; Christensen, L.; ... Schiller, A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS* **2003**, 100(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
17. Salvia, R.; Quaranta, G. Adaptive Cycle as a Tool to Select Resilient Patterns of Rural Development. *Sustainability* **2015**, 7, 11114–11138. <https://doi.org/10.3390/su70811114>
18. Marschke, M. J.; Berkes, F. Exploring Strategies that Build Livelihood Resilience: a Case from Cambodia. *Ecology and Society* **2006**, 11(1), 42. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art42/>
19. Tyler, S.; Moench, M.; A framework for urban climate resilience. *Climate and Development* **2012** 4(4), 311–326. <https://doi.org/10.1080/17565529.2012.745389>
20. Davidson, J. L.; van Putten, I. E.; Leith, P.; Nursey-Bray, M.; Madin, E. M.; Neil, J.; 2013. Toward Operationalizing Resilience Concepts in Australian Marine Sectors Coping with Climate Change. *Ecology and Society* **2013**, 18(3), 4. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05607-180304>
21. Brand, F.. Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics* **2009**, 68(3), 605–612. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.013>
22. O'Connell, D.; Walker, B.; Abel, N.; Grigg, N. *The Resilience, Adaptation and Transformation Assessment Framework: from theory to application*. 2015. Available online: <http://www.stapgef.org/sites/default/files/stap/wp-content/uploads/2015/03/CSIRO-STAP-Resilience-Adaptation-Transformation-Assessment-Framework-Report.pdf> (accessed on 19 July 2019).
23. Walker, B.; Salt, D. *Resilience thinking. Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Publisher: Island Press, Washington D. C., U.S.A. 2006.
24. UNDP. *Community Based Resilience Assessment (CoBRA) Conceptual Framework and Methodology*. 2013. Available online: https://www.undp.org/content/dam/undp/library/Environment%20and%20Energy/sustainable%20land%20management/CoBRA/CoBRRA_Conceptual_Framework.pdf (accessed on 19 July 2019).
25. Ellis, F. *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*. Publisher: Oxford University Press, United States, 2000.

26. Díaz, S.; Demissew, S.; Carabias, J.; Joly, C.; Lonsdale, M.; Ash, N.; ... Zlatanova, D. The IPBES Conceptual Framework - connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2015**, *14*, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
27. García-Ferrando, M.. *Socioestadística, Introducción a la estadística en sociología*. Publisher: Alianza Editorial, Madrid, España, 2008.
28. Holling, C. S. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics* **1973**, *4*, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
29. Eakin, H.; Benessaiah, K.; Barrera, J. F.; Cruz-Bello, G. M.; Morales, H. Livelihoods and landscapes at the threshold of change: Disaster and resilience in a Chiapas coffee community. *Regional Environmental Change* **2012**, *12*(3), 475–488. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0263-4>
30. Altieri, M. A.; Nicholls, C. I. Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología* **2013**, *8*(1), 7–20.
31. Wang, S. H.; Huang, S. L.; Budd, W. W. Resilience analysis of the interaction of between typhoons and land use change. *Landscape and Urban Planning* **2012**, *106*(4), 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.002>
32. Ifejika-Speranza, C.; Wiesmann, U.; Rist, Stephen. An indicator framework for assessing livelihoods resilience in the context of social-ecological dynamics. *Global Environmental Change*, **2014**, *28*, 109-119. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.005>
33. Berbés-Blázquez, M.; Mitchell, C. L.; Burch, S. L.; Wandel, J. Understanding climate change and resilience: assessing strengths and opportunities for adaptation in the Global South. *Climatic Change* **2017**, *141* (2), 227-241. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1897-0>
34. Schwarz, A. M.; Bene, C.; Bennett, G.; Boso, D.; Hilly, Z.; Paul, C.; ... Andrew, N. Vulnerability and resilience of remote rural communities to shocks and global changes: Empirical analysis from Solomon Islands. *Global Environmental Change* **2011**, *21*(3), 13. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.011>
35. IUCN. *A Guiding Toolkit for Increasing Climate Change Resilience*. 2014. Available online: https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/iucn_report_3_.pdf (accessed on 19 July 2019).
36. Montalba, R.; García, M.; Altieri, M.; Fonseca, F.; Vieli, L. Utilización del Índice Holístico de Riesgo (IHR) como medida de resiliencia socioecológica a condiciones de escasez de recursos hídricos. Aplicación en comunidades campesinas e indígenas de la Araucanía, Chile. *Agroecología* **2013**, *8*(1), 63–70.
37. Blythe, J. L. Resilience and social thresholds in small-scale fishing communities. *Sustainability Science* **2014**, *10*, 157–165. <https://doi.org/10.1007/s11625-014-0253-9>
38. Bergamini, N.; Dunbar, W.; Eyzaguirre, P.; Ichikawa, K.; Matsumoto, I.; Mijatovic, D.; Y... R. Vernooy. *Toolkit for the Indicators of Resilience in Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes*. 2014. Available online: https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Toolkit_for_the_indicators_of_iesilience_in_socio-ecological_production_landscapes_and_seascapes_1844.pdf (accessed on 19 July 2019).
39. Quaranta, G.; Salvia, R. An Index to measure rural diversity in the light of rural resilience and rural development debate. *European Countryside* **2014**, *2*, 161–178. <https://doi.org/10.2478/euco-2014-0009>
40. DasGupta, R.; Shaw, R. An indicator based approach to assess coastal communities' resilience against climate related disasters in Indian Sundarbans. *Journal of Coastal Conservation* **2015**, *19*, 85–101. <https://doi.org/10.1007/s11852-014-0369-1>
41. Anderies, J. M.; Walker, B.; Kinzig, A. P. Fifteen Weddings and a Funeral: Case Studies and Resilience-based Management. *Ecology and Society* **2006**, *11*(1), 21.
42. Sterk M.; A van de Leemput, I.; Peeters, V. How to conceptualize and operationalize resilience in socio-ecological systems?. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **2017**, *28*, 108-113. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.09.003>

43. Nemec, K.; Chan, J.; Hoffman, C.; Spanbauer, T.; Hamm, J.; Allen, C.; Hefley, T.; Pan, D.; Shrestha, D. Assessing Resilience in Stressed Watersheds. *Ecology and Society* **2014**, 19(1), 34. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06156-190134>
44. Walker, B.; Gunderson, L.; Kinzig, A.; Folke, C.; Carpenter, S.; Schultz, L. A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society* 2006, 11(1), 13. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>
45. Liu, J.; Dietz, T.; Carpenter, S.; Folke, C.; Alberti, M.; Redman, C. ... Provencher, W. Coupled human and natural systems. *Ambio* **2007**, 36(8), 639–649. [https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[639:CHANS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[639:CHANS]2.0.CO;2)
46. IPCC. Summary for Policymakers. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report*. 2014. Available online: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/> (accessed on 19 July 2019).
47. FAO. *Resilient livelihoods, disaster risk reduction for food and nutrition security*. 2013. Available online: <http://www.fao.org/3/a-i3270e.pdf> (accessed on 19 July 2019).
48. Eakin, H.; Lemos, M. C.; Nelson, D. R.; Differentiating capacities as a means to sustainable climate change adaptation. *Global Environmental Change* **2014**, 27, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.013>
49. Sok S.; Yu, X. Adaptation, resilience and sustainable livelihoods in the communities of the Lower Mekong Basin, Cambodia. *International Journal of Water Resources Development* **2015**, 31(4), 575-588. <https://doi.org/10.1080/07900627.2015.1012659>
50. Santos-Prado, D.; Seixas, C. S.; Berkes, F. Looking back and looking forward: Exploring livelihood change and resilience building in a Brazilian coastal community. *Ocean & Coastal Management* **2015**, 113, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.05.018>
51. Fletcher, C.; Miller, C. *Operationalizing resilience in Australian and New Zealand agroecosystems*. 2006. Available online: <file:///Users/user/Downloads/355-1821-1-PB.pdf> (accessed on 19 July 2019).
52. Cumming, G. S.; Barnes, G.; Perz, S.; Schimink, M.; Sieving, K. E.; Southworth, J.; Binford, M.; Holt, R. D.; Sticker, C.; Van Holt, T. An Exploratory Framework for the Empirical Measurement of Resilience. *Ecosystems* **2005**, 8(8), 975-987. <https://doi.org/10.1007/s10021-005-0129-z>
53. Bueno, N.; Basurto, X. Resilience and collapse of artisanal fisheries: A system dynamics analysis of a shellfish fishery in the Gulf of California, Mexico. *Sustainability Science* **2009**, 4(2), 139–149. <https://doi.org/10.1007/s11625-009-0087-z>
54. Bennett, E. M.; Cumming, G. S.; Peterson, G. D. A Systems Model Approach to Determining Resilience Surrogates for Case Studies. *Ecosystems* **2005**, 8(8), 945–957. <https://doi.org/10.1007/s10021-005-0141-3>
55. Walker, B.; Abel, N.; Anderies, J.; Ryan, P. Resilience, Adaptability, and Transformability in the Goulburn-Broken Catchment, Australia. *Ecology and Society* **2009**, 14(1), 12.
56. Kim, M.; You, S.; Chon, J.; Lee, J. Sustainable Land-Use Planning to Improve the Coastal Resilience of Social-Ecological Landscape. *Sustainability* **2017**, 9, 1-21. <https://doi.org/10.3390/su9071086>
57. Rasch S.; Heckelei, T.; Storm, H.; Oomen, R.; Naumann, C. Multi-scale resilience of communal rangeland system in South Africa. *Ecological Economics* **2017**, 131, 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.08.012>
58. Saxena, A.; Guneralp, B.; Bailis, R.; Yohe, G.; Oliver, C. Evaluating the resilience of forest dependent communities in Central India by combining the sustainable livelihoods framework and the cross scale resilience analysis. *Current Science* **2016**, 110(7), 1195–1207. <https://doi.org/10.18520/cs/v110/i7/1195-1207>
59. Dearing, J. A. Landscape change and resilience theory: a palaeoenvironmental assessment from Yunnan, SW China. *The Holocene* 2008, 18(1), 117–127. <https://doi.org/10.1177/0959683607085601>
60. Forbes, B. C.; Stammer, F.; Kumpula, T.; Meschytyb, N.; Pajunen, A.; Kaarlejärvi, E. High resilience in the Yamal-Nenets social-ecological system, West Siberian Arctic, Russia. *PNAS* **2009**, 106(52), 22041–22048. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908286106>

61. Merritt W.; Patch, B.; Reddy, R.; Syme, G. Modeling livelihoods and households resilience to droughts using Bayesian networks. *Environmental Development and Sustainability* **2016**, 18(2), 315-346. <https://doi.org/10.1007/s10668-015-9650-1>
62. Uy, N.; Takeuchi, Y.; Shaw, R. Local adaptation for livelihood resilience in Albay, Philippines. *Environmental Hazards* **2011**, 10(2), 139–153. <https://doi.org/10.1080/17477891.2011.579338>
63. Kotzee, I.; Reyers, B. Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological Indicators* **2016**, 60, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.018>
64. Suárez, M.; Gómez-Baggethun, E.; Benayas, J.; Tilbury, D. Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities. *Sustainability* **2016**, 8, 1-19. <https://doi.org/10.3390/su8080774>
65. Cabell, J. F.; M. Oelofse. An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society* **2012**, 17(1), 18. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
66. Ekblom, A. Livelihood security, vulnerability and resilience: A historical analysis of Chibuen, Southern Mozambique. *Ambio* **2012**, 41(5), 479–489. <http://doi.org/10.1007/s13280-012-0286-1>
67. Ross H.; F. Berkes. Research Approaches for Understanding, Enhancing, and Monitoring Community Resilience. *Society & Natural Resources* **2014**, 27(8), 787-804. <https://doi.org/10.1080/08941920.2014.905668>
68. Dakos V.; S. Carpenter; E. van Nes; M. Scheffer. Resilience indicators: prospects and limitations for early warnings of regime shifts. *Phil. Trans. R. Soc. B* **2015**, 370, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0263>
69. Moore C.; J. Grewar; G. Cumming. Quantifying network resilience: comparison before and after a major perturbation shows strengths and limitations of networks metrics. *Journal of Applied Ecology* **2015**, 1-10. <http://doi:10.1111/1365-2664.12486>
70. Fleischman F.; K. Boenning; G. Garcia-Lopez; S. Mincey; M. Schmitt-Harsh; K. Daedlow; M. Lopez; X. Basurto; B. Fischer; E. Ostrom. Disturbance, Response, and Persistence in Self-Organized Forested Communities: Analysis of Robustness and Resilience in Five Communities in Southern Indiana. *Ecology and Society* **2010**, 15(4), 9. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art9/>
71. Allen C.; L. Gunderson; A. Johnson. The Use of Discontinuities and Functional Groups to Assess Relative Resilience in Complex Systems. *Ecosystems* **2005**, 8, 958-966.
72. Baral N.; M. Stern. Capital stocks and organizational resilience in the Annapurna Conservation Area, Nepal. *Society & Natural Resources*, **2011**, 24 (10), 1011-1026.
73. Hossain-Khan M. Effects of change in land-use and natural disasters on social-ecological resilience and vulnerabilities in coastal Bangladesh. Master Thesis, Noruega:NORAGRIC, 2012.
74. Córdoba-Vargas C.; T. León-Sicard. Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima (Cundinamarca-Colombia). *Agroecología* **2013**, 8 (1), 21-32
75. Wilson S.; L. Pearson; Y. Kashima; D. Lusher; C. Pearson. Separating Adaptive Maintenance (Resilience) and Transformative Capacity of Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, **2013**, 18(1), 22
76. Cardoso M.B.; A. H. Ladio; M. Lozada. Fuelwood consumption patterns and resilience in two rural communities of the northwest Patagonia steppe, Argentina. *Journal of Arid Environment*, **2013** 146-15
77. Henao-Salazar A. Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en los Andes Colombianos. *Agroecología*, **2013** 8(1), 85.91
78. Tiftonell, P. Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural systems*, **2014**, 126, 3-14.
79. Moshy, V.; I. Bryceson; R. Mwaipopo. Social-ecological Changes, Livelihoods and Resilience Among Fishing Communities in Mafia Island Marine Park, Tanzania. *Forum for Development Studies* **2015** 42(3), 529-553.
80. Polanco-Echeverry, D.; L. Álvarez-Salas; L. Ríos-Ororio. Proposed Methodology for Research Into the Socioecological Resilience of Agroecosystems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, **2015**, 18, 207-219
81. Zhang C.; Y. Li; X. Zhu. A Social-Ecological Resilience Assessment and Governance Guide for Urbanization Processes in East China. *Sustainability* **2016**, 8 (1101), 1-18

82. Linständer A.; A. Kuhn; C. Naumann; S. Rasch; A. Sandhage-Hogmann; W Amelung; J. Jordaan; B. Du Preez; M. Bolling M. Assessing the resilience of real-world social-ecological system: lessons from a multidisciplinary evaluation of South African pastoral system. *Ecology and Society* **2016**, 21(3), 35
83. Cetinkaya Ciftcioglu G. Assessment of resilience of social-ecological production landscapes and seascapes: A case study from Lefke Region of North Cyprus. *Ecological Indicators* **2016**, 73, 128-138
84. Tenza A., Pérez I; J. Martínez-Fernández; A. Giménez. Understanding the decline and resilience loss of a long-lived social-ecological system: insights from system dynamics. *Ecology and Society* **2017**, 22(2), 15



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

CAPÍTULO II: Percepción a *shocks* y estresores: análisis empírico en la Costa de Oaxaca, México

Resumen

Comprender la resiliencia de los sistemas socioecológicos ayuda a fortalecer la capacidad de hacer frente al cambio global. Esta propiedad es contextual y aplica de diferente manera y en diferentes dominios que componen al sistema. Por lo tanto, con el fin de poner en práctica y gestionar esta propiedad, el objetivo de este trabajo es identificar la variedad e importancia de los estresores y *shocks* a los que se enfrenta el sistema como paso para decidir la pertinencia de analizar resiliencia específica o general. Para esto se realizó un cuestionario a nivel hogar en dos comunidades de la costa de Oaxaca, México. En la primera comunidad denominada Escobilla se encuestaron 78 hogares de 100 (78%) y en la segunda comunidad Ventanilla fueron 29 de 30 hogares (97%). Los resultados muestran que se enfrentan a una gran variedad de estresores y *shocks*, como la condición de sequedad, la falta de empleo, la falta de manejo de residuos sólidos, el huracán y el paro magisterial. Se identificó que el *shock* más importante fue el huracán. Sin embargo, cuando se compara el huracán con los estresores, para Escobilla los estresores les afectan más según su percepción. El estudio también muestra que la delimitación empírica entre estresores y *shocks* es compleja y no siempre se puede diferenciar uno de otro. Otro hallazgo es la limitación para encontrar la relación exacta del cambio en una variable debido a un disturbio en específico ya que esa misma variable se ve afectada por varios disturbios, acumulando efectos. Con esta información se decidió analizar resiliencia general en estas comunidades, debido a que enfrentan al mismo tiempo varios estresores y *shocks*, se encuentran en marginación alta y han sido identificadas en riesgo por el cambio climático, por lo tanto, se buscaría que pudieran construir la capacidad para adaptarse o transformarse en respuesta a estos disturbios, a nuevos y desconocidos.

Introducción

La resiliencia es una propiedad de los sistemas socioecológicos al absorber disturbios y reorganizarse, manteniendo su función esencial, su identidad, su retroalimentación y su estructura (Walker *et al.*, 2004), a la vez que conservan su capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014). Comprender esta propiedad de los sistemas socioecológicos ayuda a fortalecer la capacidad de hacer frente al cambio global y así prevenir el colapso de muchos sistemas socioecológicos que forman parte fundamental del planeta (Fletcher & Miller, 2006). Esta propiedad aplica de diferente manera y en diferentes dominios que componen al sistema. Es contextual y depende de qué parte del sistema se está analizando y qué preguntas se están haciendo (Walker & Salt, 2012). Por lo tanto, con el fin de poner en práctica y gestionar esta propiedad, en términos del estado actual del sistema, se identifica la resiliencia general o específica del sistema (Walker & Salt, 2012).

La resiliencia específica, es la resiliencia de algunas partes específicas del sistema a un tipo particular de disturbio. La resiliencia general es la capacidad del sistema que permite

absorber todo tipo de disturbios, incluidos los nuevos e imprevistos, para que todas las partes del sistema funcionen (Walker & Salt, 2012). La resiliencia específica se relaciona a la resiliencia “de qué”, qué partes del sistema, “a qué”, qué disturbio específico, que plantea Carpenter et al. (2001). La resiliencia específica es acerca de saber qué tan lejos está el sistema actual de los umbrales y qué tanto el sistema está cambiando (está siendo perturbado) por el disturbio (Walker & Salt, 2012). Mientras que la resiliencia general es más amplia y construye la capacidad de los sistemas socioecológicos para adaptarse o transformarse en respuesta a lo desconocido (Folke, 2016).

Para abordar tanto resiliencia específica como general se toman en cuenta cuáles son los disturbios a los que el sistema se enfrenta en el tiempo y el espacio. Altieri *et al.* (2012), mencionan que es importante obtener el máximo de información de la percepción que tienen los pobladores, la frecuencia, magnitud, duración y los daños registrados por los disturbios. Entonces, uno de los pasos para poder analizar resiliencia es caracterizar los disturbios por sí mismos (Constas *et al.*, 2014). Los disturbios que el sistema enfrenta se dividen en dos tipos: los *shocks* y los estresores. Los *shocks* son disturbios que causan que el sistema cambie, pero no son sensibles a la retroalimentación del sistema (O'Connell *et al.*, 2015). Se originan externamente al sistema, son eventos y procesos distantes que la comunidad no puede controlar (Schwarz *et al.*, 2011). Se caracterizan de un pico de presión más allá del rango normal de variabilidad en el cual el sistema opera (Turner *et al.*, 2003). Son eventos infrecuentes, repentinos e impredecibles (Salvia y Quaranta, 2015), que tienden a comenzar intensamente y ser dramáticos, como el tsunami, el huracán o conflictos violentos (Marshke y Berkes, 2006). Por otro lado, los estresores son un incremento de presión continua, lenta, como la degradación del suelo, comúnmente dentro del rango normal de variabilidad que reside en el sistema (Turner *et al.*, 2003). Los estresores tienen un efecto acumulativo y son constantes (Tyler y Moench, 2012). Estos difieren de los *shocks* porque son persistentes y tienden a tener impactos que son más predecibles (Salvia y Quaranta, 2015).

Al caracterizar los *shocks* y estresores, no sólo se toman en cuenta los efectos, sino las acciones emprendidas por los pobladores, que es la capacidad adaptativa del sistema. La capacidad adaptativa corresponde con el proceso de toma de decisiones y acciones emprendidas para ajustar el sistema y así poder enfrentar, manejar o ajustarse a futuros *shocks*, estresores u otras condiciones cambiantes (Smit & Wandel, 2006) de manera que se mantengan las funciones esenciales del sistema (Nelson *et al.*, 2007). Normalmente estas estrategias son específicas y locales (Redman, 2014) y se relacionan con la capacidad de los sistemas de aprender combinando experiencias y conocimientos, ajustando esas respuestas a impulsores externos e internos (Folke *et al.*, 2010). También se relaciona con la innovación a través de experimentación responsable, desarrollando una cultura de monitoreo y aprendizaje de fracasos modestos (Ahern, 2011). Esas estrategias requieren habilidades, acuerdos y una combinación de opciones en términos de acceso al capital natural, recursos financiero e infraestructura (Walker *et al.*, 2006).

Dado que la resiliencia está influenciada por la percepción subjetiva de la realidad de las personas (Schwarz *et al.*, 2011), analizar la percepción de la población ante los *shocks* y estresores que enfrenta y sus estrategias para hacerlo es un paso importante para abordar

resiliencia. Esta información también nos da las bases para caracterizar el sistema y decidir si se analiza resiliencia general o específica. Por consiguiente, el objetivo principal es identificar la variedad e importancia de los estresores y *shocks* que enfrenta el sistema como paso para decidir la pertinencia de analizar resiliencia específica o general. En particular haciendo énfasis en saber la relevancia del huracán con relación a otros estresores y *shocks*.

Método

Las localidades de estudio son Escobilla y Ventanilla, las cuales se encuentran la costa del Pacífico sur de México en el estado de Oaxaca, en el municipio de Santa María Tonameca, entre Puerto Escondido y Huatulco. Estas dos localidades comparten características naturales y socioeconómicas parecidas. Las dos tienen un grado de marginación alto (SEDESOL, 2010) lo que las hace no tener acceso a bienes y servicios fundamentales para su bienestar (CONAPO, 2012). Sus condiciones naturales se caracterizan por un clima tropical subhúmedo y el tipo de vegetación predominante es manglar, palmar, tular y selva mediana caducifolia (IEEDS, 2012). Dentro del territorio de Escobilla se encuentra el Santuario Playa de Escobilla y en Ventanilla una Reserva Natural Comunitaria (IEEDS, 2012), conservando así la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de esas áreas.

Por sus características las dos localidades se consideran prioritarias para la agenda de cambio climático, debido a que son zonas rurales pobres costeras que se han identificado en alto riesgo por el impacto de inundaciones, fuertes lluvias, aumento del nivel del mar y erosión costera (IPCC, 2014). Además, sus medios de vida dependen directamente de sus recursos naturales, estos impactos afectarán su disponibilidad de agua, su seguridad alimentaria y su productividad agrícola (IPCC, 2014). Estas poblaciones tienden a estar socio-económicamente y geográficamente aislados lo que plantea un desafío para la provisión de servicios públicos y desarrollo institucional (Eakin et al., 2014).

Para identificar y caracterizar los estresores y *shocks* que enfrenta las comunidades se realizó un cuestionario a nivel hogar. Con esta información se establecerá cómo abordar resiliencia de acuerdo a la información que se tenga de las características, importancia y efectos de los estresores y *shocks*. El cuestionario constaba de 26 preguntas de las cuales 20 eran abiertas para tener un panorama general de los estresores y *shocks* y seis eran de opción múltiple (Tabla A1). Para que las preguntas estuvieran en un lenguaje coloquial se les denominó a los estresores como problemas y a los *shocks* como eventos extremos. El cuestionario se dividió en siete secciones, con una sección de composición familiar e ingresos para caracterizar los hogares. La primera sección explora las preocupaciones generales del hogar para tener un panorama amplio. La segunda y tercera sección caracteriza los estresores ambientales y socioeconómicos, se dividieron así para tener información detallada de las afectaciones y las estrategias que llevan a cabo los hogares. La cuarta y quinta sección explora los eventos extremos naturales y socioeconómicos que han sufrido los hogares y su recuperación de estos. La sexta sección contextualiza el huracán con respecto a los otros estresores y *shocks*, esto para saber la importancia de afectación de los disturbios, se escogió el huracán ya que es el *shock* al que todos los

hogares de las dos comunidades se enfrentaron y hay registro en el Diario Oficial (2016). La última sección aborda la percepción de recuperación del huracán ya que como se mencionó es el único que tiene registro en el Diario Oficial como desastre.

Dicho cuestionario se aplicó presencialmente en un periodo de 3 semanas en el año 2016. El cuestionario fue contestado por el jefe o jefa del hogar o en caso de ausencia por un miembro mayor de 18 años, cada entrevista fue grabada pidiendo la autorización del entrevistado. En Escobilla se encuestaron 78 hogares de 100 (78%) y en Ventanilla 29 de 30 hogares (97%). Las preguntas tenían un periodo de tiempo hacia el pasado de 5 años (2012-2016), debido a que el huracán fue en 2012 y la aplicación del cuestionario fue en 2016, así se incorporaron dentro del análisis varios tipos de disturbios. Con la información obtenida se hicieron bases de datos en Excel por comunidad codificando y agrupando las respuestas para realizar la estadística descriptiva.

Resultados

Composición familiar e ingresos

De la sección de la composición familiar e ingresos del cuestionario se obtuvieron los siguientes resultados. El material de construcción de las viviendas en las dos localidades es muy similar, como se observa en la Tabla 1, tanto en Ventanilla como en Escobilla predominan los pisos, paredes y techos de concreto. Sin embargo, en Ventanilla el 43% tiene techos de palma y en Escobilla el 34% de lámina.

Tabla 1. Características de la vivienda

Vivienda	Ventanilla	Escobilla
Techo concreto	50%	63%
Techo palma	43%	0%
Techo madera	7%	0%
Techo lámina	0%	34%
Techo teja	0%	2%
Paredes concreto	87%	94%
Paredes madera	13%	4%
Paredes lámina	0%	2%
Piso concreto	90%	91%
Piso tierra	10%	9%

Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

La principal actividad económica en Ventanilla es el turismo, mientras que en Escobilla es la agricultura (Figura 1). En Ventanilla el 59% de los hogares sólo se dedica a una actividad económica, la cual depende del turismo. La mitad de las familias en Ventanilla pertenece a una cooperativa que presta servicios turísticos dentro del manglar y las demás en su mayoría tienen algún comercio o restaurante que se beneficia de la llegada de turistas. En Escobilla 56% realizan varias actividades por las cuales reciben dinero, como la ganadería, la pesca o haciendo tostadas, pan, congeladas de dulce y redes de pesca.

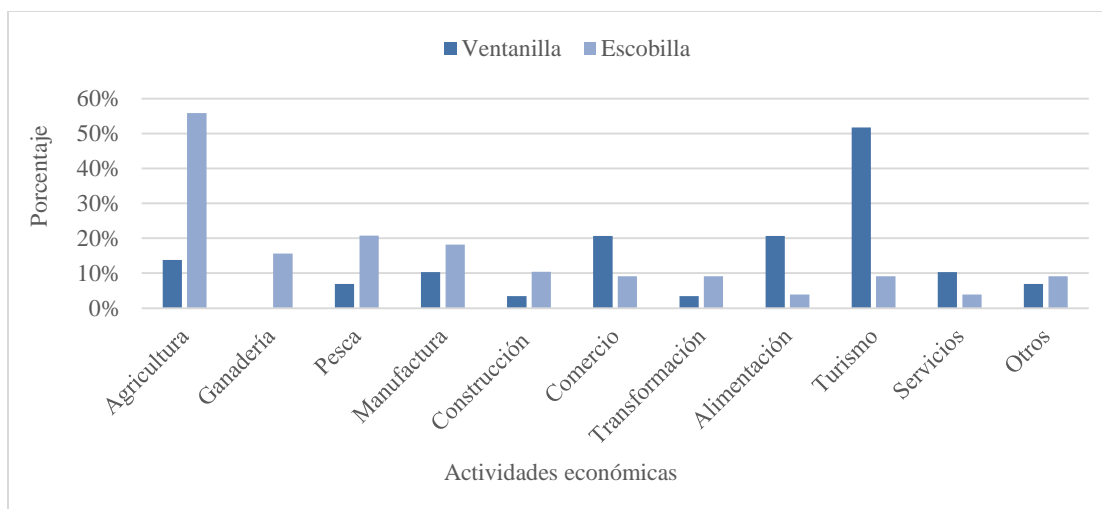


Figura 1. Actividades económicas de las localidades. Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

El 62% de los hogares en Ventanilla tiene un ingreso promedio de más de \$1000 a la semana, mientras que en Escobilla el 71% de los hogares tiene un ingreso menor a \$1000 pesos a la semana (Tabla 2). Las actividades económicas de las dos localidades están estrechamente relacionadas al medio ambiente, Escobilla con servicios ecosistémicos de provisión, como la agricultura, ganadería, pesca y Ventanilla con servicios culturales, como el ecoturismo.

Tabla 2. Ingresos a la semana de los hogares

Ingresos	Ventanilla	Escobilla
\$200-\$600	10%	39%
\$601-\$1000	21%	32%
\$1001-\$1400	24%	5%
\$1401-\$1800	14%	6%
\$1801-\$2200	10%	4%
>\$2200	14%	1%

Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

Identificación y caracterización de los estresores y shocks en Escobilla y Ventanilla

Esta primera sección explora las preocupaciones generales del hogar. Para Ventanilla se encuentran, con 41%, las preocupaciones por problemas ambientales que tienen que ver con el manejo de residuos sólidos, la falta de agua y con los eventos extremos naturales. El segundo problema para Ventanilla que les preocupa más se relaciona con ingresos insuficientes y falta de empleo, ya que el turismo no es constante, y por lo tanto, el ingreso del hogar tampoco. En contraste, en Escobilla la falta de empleo es su mayor preocupación, con 60%, mientras que los problemas ambientales son el 33%. Cabe destacar que el 21% de los encuestados en Ventanilla contestó que no identifican ningún problema que les preocupe.

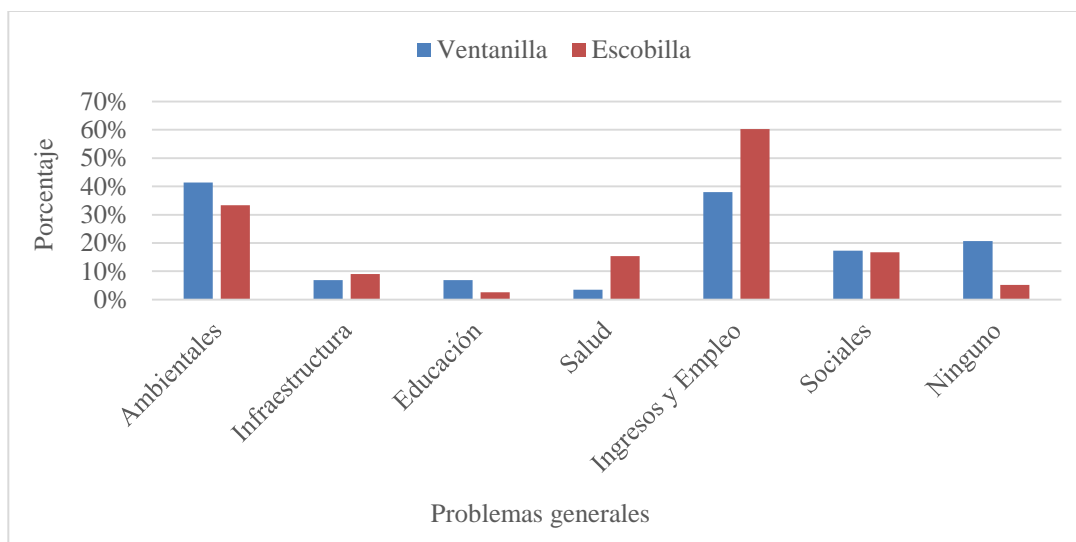


Figura 2. Problemas generales identificados por las localidades. Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

En las preguntas específicas se encontraron varios *shocks* y estresores a los cuales se enfrentaban los hogares simultáneamente (Tabla 3). En Ventanilla el 69% y en Escobilla el 36% mencionó que el manejo de residuos sólidos es un problema para la comunidad desde 2013, como estresor ambiental. El siguiente estresor ambiental que más se mencionó es la falta de lluvia en Escobilla, el 68% de los hogares sienten preocupación, de ese porcentaje el 19% lo considera como un *shock*. La falta de lluvia la han percibido desde 2014 hasta la fecha. Para Ventanilla la falta de lluvia también ha sido un problema ya que el 52% de los hogares lo menciona. El 19% de las personas en Escobilla indican la deforestación en la localidad como estresor, lo que según ellos ha provocado que el calor aumente ya que no hay árboles que hagan sombra y retengan humedad. En Ventanilla sólo una persona mencionó la deforestación, lo que podría indicar que la vegetación de la localidad está conservada. En las dos comunidades se observó que la gente compra garrafones y no toma agua del pozo, lo que podría indicar que el agua no tiene buena calidad para consumo humano. Lo anterior podría concordar con que el 15% de los hogares en las dos comunidades mencionaron la contaminación de agua como estresor.

Tabla 3. Frecuencia de los *Shocks* y estresores encontrados en las dos localidades costeras de Oaxaca (NA= No aplica para esa comunidad).

Disturbio	Frecuencia (%)		Descripción
	Escobilla	Ventanilla	
Estresores			
Residuos sólidos	36	69	No hay relleno sanitario municipal y el camión que recogía la basura dejó de pasar, por lo tanto, no hay manejo de residuos en las localidades
Falta de agua y lluvia	68	52	Condición de sequedad
Contaminación	15	14	Contaminación por agroquímicos, contaminación del agua de pozo
Deforestación	19	3	Tala de vegetación
Enfermedades	24	10	Algún miembro del hogar que presenta alguna enfermedad crónica
Servicios de salud	9	24	La clínica de Ventanilla casi nunca está en funcionamiento. En las dos localidades cuando tienen una enfermedad más grave tienen que ir a Pochutla al médico
Infraestructura de	NA	14	Falta de escuela en Ventanilla

educación			
Educación	6	NA	No hay clases por paro magisterial, las clases no son constantes en las escuelas
División de la comunidad	NA	21	En Ventanilla el principal ingreso se debe al ecoturismo, de esta actividad se derivaron dos cooperativas que están en conflicto
Aumento precios	17	NA	Aumento de precios constante
Falta de empleo	71	59	En Escobilla no hay empleo y en Ventanilla el turismo no es constante
Conflicto magisterial	29	NA	Los maestros fueron a huelga en 2013 y las escuelas se quedaron sin clases por un periodo muy largo, por lo tanto, los padres de familia pidieron maestros al gobierno municipal. Quedaron dos secciones de maestros y por lo tanto dos escuelas primarias, la sección 22 y la 59. Esto provocó un conflicto dentro de la comunidad de Escobilla
Shocks			
Huracán, 2012	83	97	Huracán Carlota
Mar de fondo, 2015	5	14	Oleaje largo y continuo generado por tormentas en el mar (Cenapred)
Dengue, 2014	NA	14	Brote de dengue en Ventanilla
Paro magisterial, 2016	56	76	En todo Oaxaca los maestros fueron a huelga y cerraron caminos y carreteras

Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

De los estresores sociales el que más destacó tanto en Ventanilla como en Escobilla fue la falta de empleo (Tabla 2). Otro estresor detectado es la falta de escuelas en Ventanilla, que se debe a que es una localidad pequeña donde no hay niños suficientes para que se abra y, por lo tanto, tienen que ir a otras comunidades a la escuela. Lo mismo sucede con la clínica de salud, ya que mandan enfermera cada cierto tiempo, pero no está disponible frecuentemente. Aunque Escobilla tiene clínica en servicio dentro de la localidad, también tienen que ir a Pochutla al médico cuando presentan una enfermedad menos simple. Con relación a las enfermedades el 24% de las personas en Escobilla mencionó es una preocupación mientras que para Ventanilla sólo es el 10%.

La falta de clases en las escuelas de manera constante es un estresor que mencionaron en las dos localidades y lo relacionan con el paro magisterial de 2016 en los dos casos, el cual es un *shock*. El paro magisterial ocasionó que los niños y jóvenes no tuvieran clases por aproximadamente 3 meses. La falta de clases por el paro magisterial afectó más a Ventanilla ya que lo mencionaron el 14% de los hogares y en Escobilla el 6%. En Escobilla se generó un conflicto en la comunidad, por el paro magisterial de 2013, debido a que quedaron dos secciones de maestros, los que estuvieron en paro magisterial y los que llegaron por solicitud de los padres de familia. La división de la comunidad por este evento fue mencionada por el 29% de las personas. No obstante, aunque hubo un paro magisterial en 2013 no lo mencionaron tal cual como un *shock*, sino como la causa del conflicto. La división de la comunidad en Ventanilla fue mencionada por el 21%; este conflicto se debe a la separación de algunos miembros de la cooperativa principal, los cuales crearon su propia cooperativa que es competencia directa de la principal. Como el turismo en Ventanilla es la fuente de ingresos más importante para los hogares el conflicto permeó a toda la comunidad. Por último, el aumento de precios constante que detectaron el 17% en Escobilla es un estresor, porque se relaciona con sus ingresos insuficientes para comprar productos básicos.

Los eventos extremos ambientales que se toman en cuenta son el huracán Carlota en 2012 y el mar de fondo en 2015. El huracán fue el evento extremo ambiental que perciben les afectó más, tanto a Ventanilla (97%) como a Escobilla (83%). Con relación al mar de fondo sólo los hogares que se vieron severamente afectados en las dos localidades lo mencionaron como el que más daños les ocasionó; algunos lo pusieron al mismo nivel de afectación que el huracán, en Ventanilla lo menciona el 14% y en Escobilla el 5%. Dentro de los eventos extremos socioeconómicos más importantes se encuentra el paro magisterial (2016) mencionado en Ventanilla por el 76% de los hogares y en Escobilla por el 56%. Otro evento extremo social fue el dengue el cual se registró en Ventanilla (14%), con varios casos sin afectar a la población entera.

Afectaciones de los estresores y shocks más importantes a los hogares de Escobilla y Ventanilla

La condición de sequedad, que es de los estresores que más afecta a las dos comunidades, provocó baja producción en los cultivos. Para los hogares que hacen autoconsumo de sus cultivos representa un gasto ya que los tienen que comprar y para los hogares que los venden es una pérdida en sus ganancias. Este estresor también ha disminuido la cantidad de agua de pozo. Por lo tanto, la condición de sequedad ha afectado los ingresos económicos, la alimentación y la cantidad de agua disponible para el hogar. La falta de manejo de residuos en Escobilla genera contaminación ambiental ya que se quema la basura. En Ventanilla hacen un mejor manejo de los residuos, sin embargo, uno de los encuestados mencionó que el dengue fue por la acumulación de basura cerca de las casas. El dengue sólo afectó a una familia en la localidad.

El paro magisterial en general provocó problemas en la educación de niños y jóvenes ya que no hubo clases por la falta de profesores durante algunos meses. En específico en Escobilla el paro magisterial causó división dentro de la comunidad. Los hogares de Ventanilla mencionan que no llegaban turistas porque los profesores cerraron carreteras y por la mala publicidad en las noticias. Además, aumentaron los precios de productos de consumo básico como azúcar y huevo, no había gasolina y la que había la revendían a un precio mucho mayor. Todos estos efectos ocasionaron impactos en los ingresos de los hogares de las localidades.

El mar de fondo también afectó de manera diferente a cada una de las comunidades. En Ventanilla los hogares que se vieron más afectados fueron los que se encontraban cercanos a la playa. Sin embargo, el mar de fondo afectó a toda la localidad porque ocasionó que la barra de la laguna abriera hacia la población lo que cerró el acceso a la playa desde el camino principal, además de que las instalaciones de los nidos de tortuga de la cooperativa ecoturística se perdieron. En Escobilla fue algo similar, sólo los hogares que se vieron afectados fueron los que el mar pasó por sus terrenos. El mar de fondo ocasionó en esta localidad que las tierras de cultivo se llenaran de sal y los pozos de agua se contaminaran con agua de mar.

La gente en general percibe que la vivienda es la que se ve más afectada por los huracanes, ya que fue la respuesta más frecuente (Figura 3), en Ventanilla con el 79% y

en Escobilla con el 86%. En específico lo que se ve más afectado es el techo del hogar cuando es de lámina. Otras afectaciones que perciben son en sus bienes materiales, como ropa, electrodomésticos, televisiones, documentos importantes y muebles ya que se mojan por las fuertes lluvias. Sus ingresos también se ven afectados por el huracán porque tienen que invertir dinero para reconstruir su hogar y recuperar sus bienes materiales, además, el empleo disminuye. En Ventanilla es donde más se mencionó, con 24%, porque el huracán provoca que no haya turistas en la región. En general la infraestructura de las localidades se ve afectada porque no hay electricidad, los caminos de entrada y salida de las localidades se bloquean y no hay servicio de transporte público.

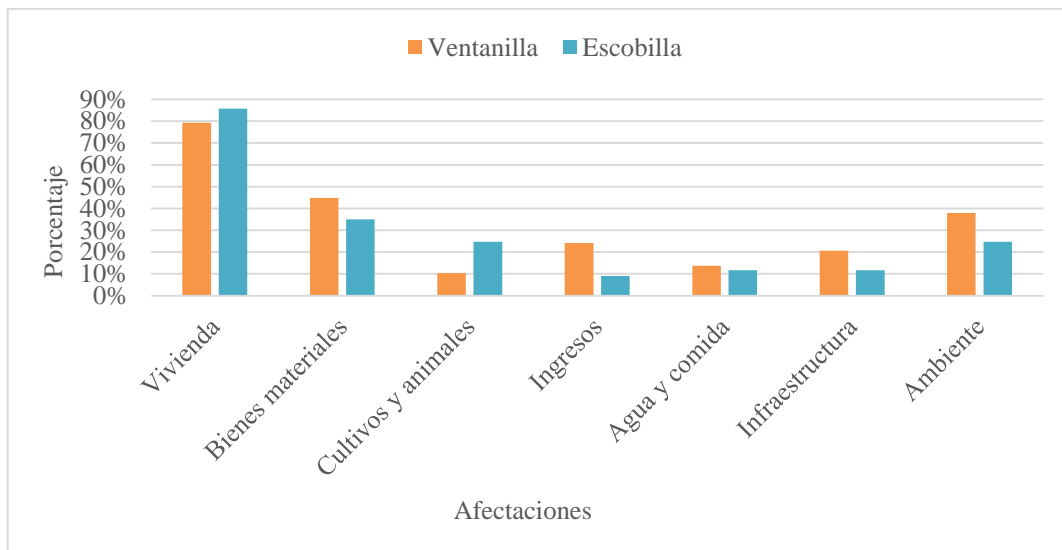


Figura 3. Afectaciones causadas por los huracanes en Ventanilla y Escobilla. Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

La afectación al ambiente por parte de los huracanes fue mencionada por Ventanilla en el 38% de los casos y en Escobilla en el 25% (Figura 3); esta se relacionaba principalmente con los árboles tirados después del huracán. En Ventanilla comentan que el manglar fue de los más afectados y todavía hay canales cerrados por los árboles muertos del huracán Carlota. Esto se debe a que las actividades turísticas se llevan a cabo dentro del manglar. En contrastes en Escobilla, relacionan los árboles tirados con daños en la infraestructura de la localidad, como el cierre de caminos. También, mencionan que todavía hay árboles tirados por el huracán Carlota los cuales usan como leña para el hogar. Otras de las afectaciones tienen que ver con sus cultivos y sus animales ya que el viento y lluvias del huracán provocan daños en los cultivos y matan a sus animales. Esta afectación fue mencionada en el 25% de los casos de Escobilla porque esa localidad tiene como actividad económica principal la agricultura y además muchos de los hogares tienen aves de traspatio. En Ventanilla ésta sólo fue mencionada por el 10% de los hogares ya que sólo el 14% realiza agricultura y no se observaron aves en sus hogares.

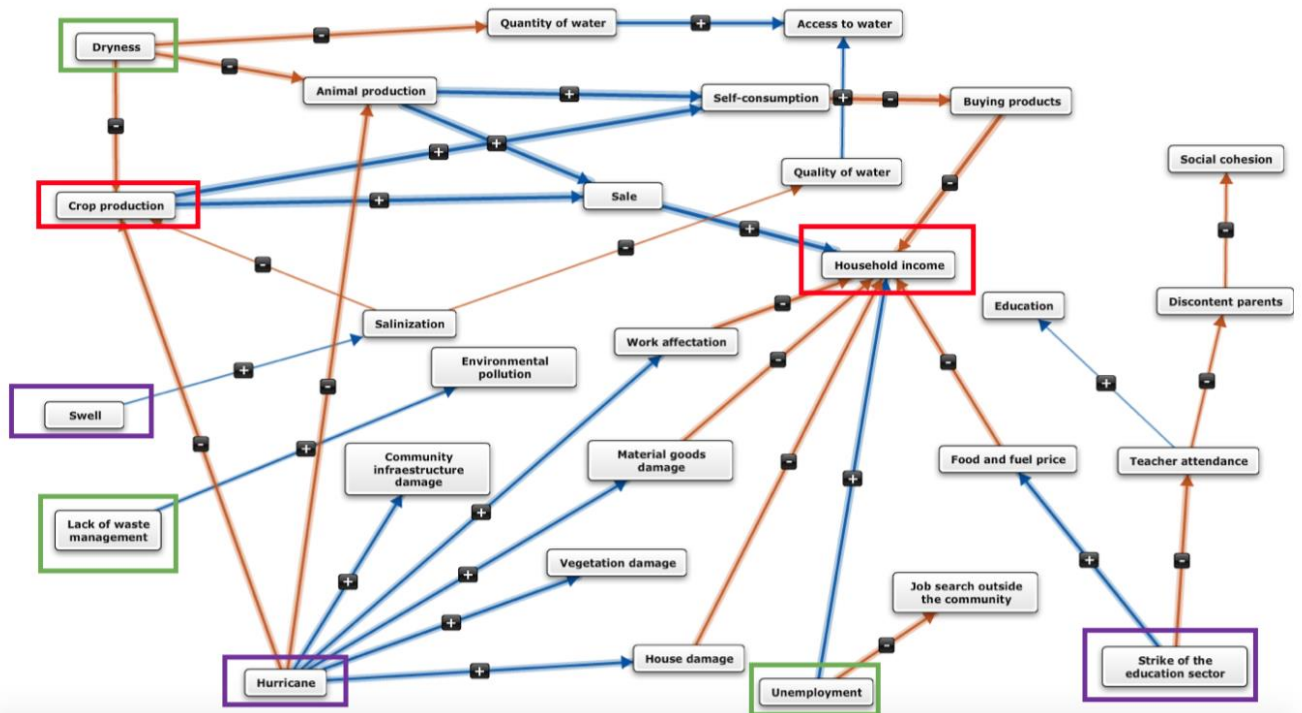


Figura 4. Diagrama de la afectación de la condición de sequedad, el mar de fondo, el paro magisterial y la falta de manejo de residuos en Escobilla, los cuadros verdes son los estresores, los cuadros morados son los *shocks* y los cuadros rojos son las variables más afectadas. Las flechas positivas (azules) indican que si la variable A aumenta entonces la variable B aumenta. Las flechas negativas (rojas) indican que si la variable A disminuye la variable B aumenta. El grosor de las flechas se relaciona con el porcentaje de afectación de los hogares de la comunidad.
Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

A manera de gráfica se usó el software Mental Modeler para visualizar las afectaciones de los *shocks* y estresores en los hogares. Estas gráficas nos muestran que los estresores y *shocks* afectan simultáneamente a distintas variables y hay variables que se ven más afectadas (Figura 4 y 5). En Escobilla los ingresos tiene más flechas con dirección de entrada (Figura 4) y esto es según lo que mencionan la característica de los hogares con más perturbaciones por los *shocks* y los estresores. Después el huracán tiene más flechas de salida, siendo el disturbio que más daños ocasionó. La producción de cultivos también fue de las variables con mayor conexión, es decir, con flechas que salen y entran; esto se debe a que la agricultura es su actividad económica principal. Además, la afectan la condición de sequedad, el huracán y el mar de fondo (flechas con dirección de entrada); y tiene efectos en la venta y autoconsumo de cultivos. En Ventanilla (Figura 5), los ingresos y el huracán también son las variables que tiene más conexiones. El turismo fue de las variables que se vieron más afectadas por los *shock* y estresores, esto se puede deber a que es su principal actividad económica en la localidad y, por lo tanto, hay mayor interés sobre los impactos que pueda tener cualquier disturbio sobre ella.

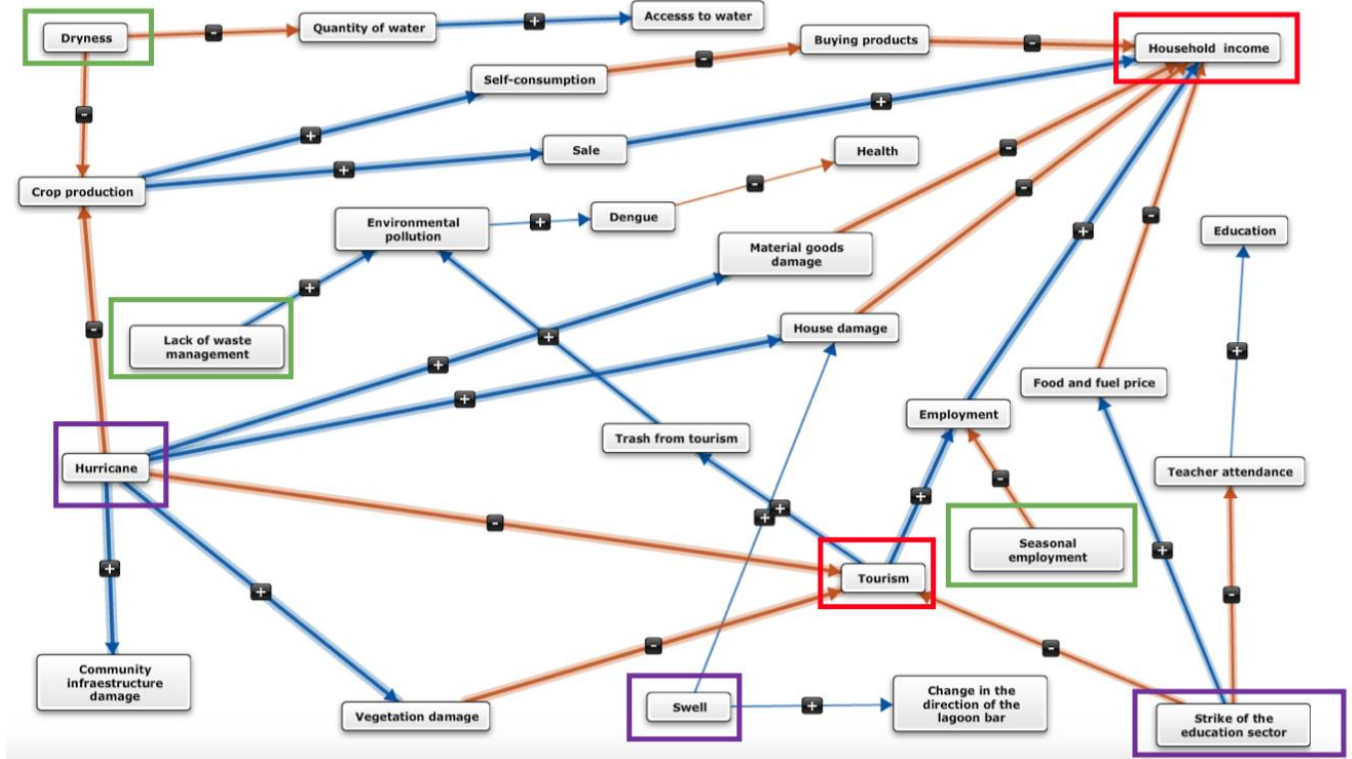


Figura 5. Diagrama de la afectación de la condición de sequedad, el mar de fondo, el paro magisterial y la falta de manejo de residuos en Ventanilla, los cuadros verdes son los estresores, los cuadros morados son los shocks y los cuadros rojos son las variables más afectadas. Las flechas positivas (azules) indican que si la variable A aumenta entonces la variable B aumenta. Las flechas negativas (rojas) indican que si la variable A disminuye la variable B aumenta. El grosor de las flechas se relaciona con el porcentaje de afectación de los hogares de la comunidad.
Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

Comparación de afectación de estresores y shocks

Al preguntar cuál era el evento extremo que más les afecta, los más mencionados fueron el paro magisterial y el huracán. El 59% de los hogares en Ventanilla considera que el evento que más les afectó fue el huracán Carlota y el 31% de los hogares el paro magisterial. Para Escobilla también el evento que más les afectó fue el huracán con un 70%, mientras que el paro magisterial fue el 19%. Después al contrastar el huracán con otros eventos extremos, el 55% mencionó, tanto en Ventanilla como en Escobilla que el huracán les afecta más que otro evento extremo. Los que contestaron que les afecta poco el huracán, que fue el 31% en Ventanilla y el 26% en Escobilla, fue porque el paro magisterial o el mar de fondo o el dengue les habían afectado más.

Ahora bien, al comparar el huracán con los estresores de las localidades se vio que en Escobilla los estresores les afectan más que el huracán ya que el 51% de la gente contestó que el huracán les afecta poco con relación a sus problemas cotidianos y el 34% que el huracán les afecta más que sus problemas. Esto es porque los problemas en la localidad son constantes y expresaron que el huracán pega sólo una vez, pero a los problemas se tienen que enfrentar diario, como son la falta de empleo y la condición de sequedad, los cuales afectan sus ingresos y su alimentación. Sin embargo, aunque el huracán no les

afecte más en intensidad si es el que afecta más características de sus medios de vida. Para Ventanilla la opinión se dividió ya que el 38% contestó que el huracán les afecta más que los problemas cotidianos, pero también el 38% contestó que sus problemas cotidianos les afectan más que el huracán. Además, en general los hogares que mencionaron ser afectados por más número de estresores al mismo tiempo perciben que el huracán les afecta menos comparado con los estresores.

Capacidad adaptativa y de respuesta de los hogares en Escobilla y Ventanilla

Cuando se les preguntó a los hogares acerca de lo que hacen para solucionar o enfrentar sus problemas cotidianos las siguientes respuestas fueron las más comunes por estresor. Para la condición de sequedad los hogares responden principalmente sembrando menos, no sembrando, cambiando sus temporadas de siembra, comprando maíz y cuidando el agua de pozo. Las estrategias que llevan a cabo los hogares de Ventanilla para solucionar el problema de los residuos, es separarlos, llevar el PET a un centro de acopio, enterrar los residuos orgánicos, utilizar menos plástico, o acumular la basura y pagar a un camión para que pase a recogerlos, también, han hecho solicitudes al presidente municipal para que se reactive el servicio. En Escobilla la mayoría de ellos a diferencia de Ventanilla queman la basura, la entierran y también han solicitado al municipio se reactive el servicio.

En Escobilla la gente enfrenta la falta de empleo buscando trabajo fuera de la comunidad, vendiendo pescado, remendando o haciendo artes de pesca, vendiendo tostadas o congeladas, vendiendo sus gallinas o guajolotes y sus huevos. En Ventanilla sus estrategias se centran en el ahorro para los meses de poca afluencia turística y en caso de emergencia piden un préstamo. Mientras que en Escobilla dependen del capital humano y del capital natural para salir adelante, en Ventanilla es del capital financiero.

Para el paro magisterial la mayoría de los hogares no tuvieron una estrategia para enfrentarlo. Sólo un hogar en Ventanilla mencionó que ponen a leer y contestar libros en casa a los niños para que no se atrasen. Sin embargo, en Escobilla ya había sucedido en 2013 un paro magisterial y como estrategia para que los niños de la primaria no perdieran clases los padres de familia pidieron maestros al gobierno municipal. Por lo tanto, en el paro magisterial de 2016 la primaria de la comunidad siguió funcionando y los que se vieron afectados fueron los estudiantes de secundaria que van a otras comunidades a la escuela. Cabe mencionar que la división de la comunidad en Escobilla por este evento fue mencionada por el 29% de las personas y no saben si en algún momento se podrá solucionar. Debido a que este evento fue reciente cuando se hizo el levantamiento de datos sólo el 14% de los hogares mencionaron que se recuperaron en Ventanilla y en Escobilla.

Las medidas que han tomado los hogares para protegerse del huracán se ven en la Figura 6. En Escobilla el 53% de las personas se refugia en su casa y en Ventanilla el 55% se refugia en otra casa o en un albergue. Las acciones de prevención que toman en general son guardar documentos importantes y cosas de valor, asegurar las cosas dentro de la casa que puedan sufrir daños, tener lo necesario para llevarse como lámpara, agua,

comida y ropa. Ventanilla fue la localidad que mencionó más la prevención con un 52%, mientras que en Escobilla lo mencionaron el 43% de los hogares. En Ventanilla el 24% de los hogares comentó que una de las medidas que han tomado para protegerse de los huracanes es construir casas de concreto. Esta medida sólo la mencionaron el 8% en Escobilla, sin embargo, el 42% menciona que en un futuro construirían toda su casa de concreto como medida de protección.

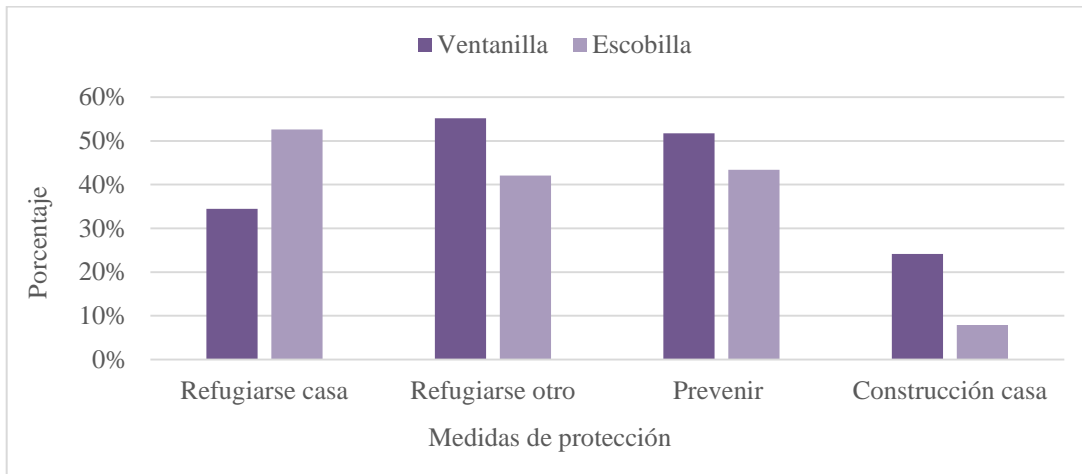


Figura 6. Medidas que llevan a cabo los hogares para protegerse del huracán. Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

En Escobilla el 53% de los hogares cuando se les preguntó qué tomarían en cuenta o modificarían para enfrentar mejor los huracanes, mencionaron que harían lo mismo, por lo tanto, lo que han hecho anteriormente les ha funcionado. Las dos comunidades en un 40% comentan que tomarían medidas precautorias en un futuro, ya que consideran les faltó guardar cosas o asegurarlas para que no se dañaran. En Escobilla el 42% construiría una casa completamente de concreto.

En Ventanilla el 57% dijo que ya se recuperó del huracán y lo hizo en un año en promedio, el otro 45% dice que todavía no se recuperan y que les va a llevar aproximadamente 12 años. Esto fue debido a que los que mencionaron que no se han recuperado, lo asociaban en su mayoría a la vegetación que tiró el huracán la cual tarda periodos de tiempo largos en recuperarse. En contraste, en Escobilla el 68% de las personas ya se recuperaron del huracán lo hicieron en un año y medio, seis meses más que en Ventanilla, lo que podría indicar que sus condiciones son más precarias. El otro 32% que mencionó que todavía no se han recuperado tardarían 3.2 años en recuperarse. En general los que respondieron que ya se recuperaron, asocian su recuperación con la reconstrucción de su hogar, esto es, si tardaron en reconstruir su casa en un año ese fue el tiempo en el que se recuperaron.

Si ocurriera otro huracán similar a Carlota, el 55% de los hogares en Escobilla percibe que les costaría más trabajo recuperarse, esto puede deberse a que sus condiciones han empeorado, a que no saben cómo enfrentarlo, o a que son pesimistas acerca del proceso de recuperación. En Escobilla la respuesta fue similar ya que el 38% contestó que les costaría más trabajo, pero también el 31% contestó que les costaría menos trabajo. Se

encontró que los hogares con menos ingresos perciben que en un futuro les costaría más esfuerzo recuperarse de huracanes similares. Además, si el hogar ya se recuperó del huracán entonces percibe que este *shock* les afectó menos.

Por último, el esfuerzo de los hogares para recuperarse del huracán depende para Escobilla en un 62% de si tienen dinero para invertir en reconstruir su hogar y recuperar sus pertenencias (Figura 7). Mientras que para Ventanilla la intensidad del huracán influye en su recuperación, ya que, a más intensidad, más daños y, por lo tanto, más tiempo de recuperación. También influye el material de construcción del hogar en un 34%, donde se vieron dos respuestas diferentes. Comentan que si su casa es de concreto y se daña sería mucho más difícil volverla a construir a que si su casa es de materiales como palma y madera. Pero también si su casa es de palma y madera sufrirá más daños.

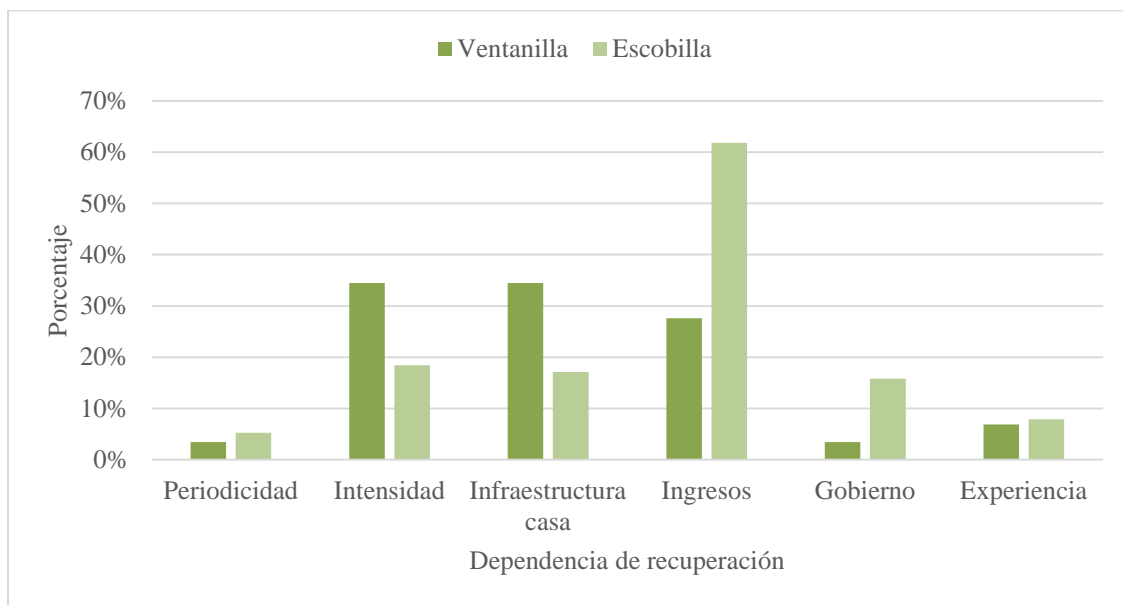


Figura 7. De qué depende la recuperación de un hogar al huracán. Fuente: Elaboración propia con datos del cuestionario

Discusión

Empíricamente la delimitación entre un *shock* y un estresor no es fácil. Por ejemplo, la condición de sequedad se clasificó como un estresor en este trabajo debido a que es persistente ya que se identificó desde 2014 y sigue siendo constante año tras año, con un incremento de presión continua y lenta (Turner *et al.*, 2003). Sin embargo, para los hogares de Escobilla es un *shock* ya que fue mencionada por el 19% como tal ya que bajo su percepción es un disturbio intenso. Otra dificultad para la delimitación entre un *shock* y estresor es que los disturbios se relacionan, por ejemplo un disturbio ocasiona otro, como fue el caso del paro magisterial el cual generó un conflicto en Escobilla debido a que quedaron dos secciones de maestros que formaron dos escuelas primarias dentro de la comunidad. La falta de clases durante un periodo de tiempo largo, que afectó la educación, es un estresor que mencionaron en las dos localidades y lo relacionan con el paro magisterial de 2016, el cual es un *shock*. Lo que concuerda con Marschke y Berkes (2006) donde mencionan que la distinción empírica entre estresor y *shock* no siempre es

clara y representa un continuo de condiciones adversas que la gente enfrenta. Además, los *shocks* a una escala pueden ser estresores a otra escala y viceversa o para una comunidad puede ser un *shock*, mientras que para otra un estresor.

Delimitar las afectaciones sobre una característica del hogar es complicado ya que los hogares se ven perturbados al mismo tiempo por varios estresores y *shocks*, por lo tanto, esa característica tiene daños acumulativos. Por ejemplo, la producción de cultivos se ve afectada por el huracán, la condición de sequedad y el mar de fondo, por consiguiente, es complicado diferenciar si el cambio en la producción fue por uno o por otro disturbio, si fuera una variable a medir. Esto dificulta la medición de umbrales ya que como mencionan Dakos *et al.* (2015), al calcular las señales de alarma temprana de un punto de inflexión, el tener múltiples efectos puede resultar en patrones distorsionados de varianza y autocorrelación de una transición. También, se pudo observar que los hogares centraron más su atención en las afectaciones sobre sus actividades económicas y sus ingresos, por lo tanto, es al rubro que más importancia le dan.

Dentro de las estrategias que llevaron a cabo los hogares se puede diferenciar dos tipos, las respuestas inmediatas que no conllevan un aprendizaje o un conocimiento previo para poder responder efectivamente y las estrategias relacionadas a capacidad adaptativa. Dentro de las respuestas inmediatas se encuentran las que llevan a cabo para enfrentar la condición de sequedad donde lo que hacen es cambiar la temporada de siembra o no sembrar y comprar su maíz, estas no conllevan una modificación en su modo de sembrar como sería cambiar el tipo de cultivo. Otro ejemplo es la diversificación de actividades económicas ante la falta de empleo, que más que ser una estrategia consciente para reducir el riesgo sobre una actividad económica principal de sustento, es una estrategia de supervivencia. Por otro lado, dentro de las estrategias que llevarían a cabo están las medidas precautorias ante un huracán, ya que tuvieron la experiencia de no haber guardado papeles importantes y comprar comida y agua con anticipación y, por lo tanto, verse afectados, entonces ahora lo considerarían en un futuro para verse menos afectados.

Tanto la percepción de afectación de un *shock* o estresor como las estrategias que llevan a cabo los hogares dependen de las características del hogar y comunidad, por ejemplo, si el medio de vida principal es la agricultura, la falta de lluvia la considerarán un disturbio importante como ocurrió con Escobilla. Mientras que en Ventanilla, por ejemplo, donde el turismo es su medio de vida principal, el paro magisterial fue un disturbio que impactó fuertemente ya que como mencionan la afluencia de turistas decreció. En cuanto a las estrategias, por ejemplo, las que llevan a cabo los hogares de Ventanilla para solucionar el problema de los residuos, se observa que tuvieron una intervención donde les enseñaron ya que separan el PET y en Escobilla quemar la basura, esto se puede deber a que en Ventanilla desarrolla ecoturismo y les han impartido diferentes cursos.

Este análisis ayudó a determinar qué tipo de resiliencia abordar de acuerdo a la información recabada en los cuestionarios. Para analizar resiliencia específica se seleccionan las variables del sistema a estudiar y el disturbio (Carpenter *et al.*, 2001). Por lo tanto, en Ventanilla se seleccionaría estudiar el huracán ya que es el disturbio que consideraron les afectó más y las variables estarían relacionadas a su actividad económica

principal que es el turismo. Para Escobilla los estresores, como es la falta de empleo y la condición de sequedad, son los disturbios que más les afectan y las variables a considerar tendrían relación con la producción de cultivos. Sin embargo, las dificultades que se podrían presentar para analizar resiliencia específica serían relacionar las variables que consideran importantes, como lo son sus actividades económicas, con el disturbio específico. Por ejemplo, para Ventanilla, medir el número de turistas y cómo este fluctúa debido al huracán, ya que el número de turistas podría fluctuar por otras razones. Además, de determinar el umbral de turistas para que sus ingresos sean suficientes y la capacidad de carga del sistema ecológico. El análisis se tendría que hacer a nivel actividad económica ya que no todos los hogares de la localidad reciben ingresos del turismo.

Entonces, dada la información de la percepción de los hogares se analizaría resiliencia general, debido a que enfrentan al mismo tiempo varios estresores y *shocks* y se buscaría que pudieran construir la capacidad para adaptarse o transformarse en respuesta a estos disturbios, a nuevos y desconocidos (Folke, 2016). Asimismo, el análisis no se centraría en su actividad económica, sino en los atributos de resiliencia que fortalecen la capacidad de enfrentar estresores y *shocks* de los hogares.

Conclusión

El estudio muestra que la delimitación empírica entre estresores y *shocks* es compleja, porque hay interacción entre disturbios en diferentes escalas temporales y espaciales y porque la percepción de los hogares a los disturbios, cómo los enfrentan y cómo les afecta, es diferente dependiendo de sus características, como las actividades económicas a las que se dedican y cuántos disturbios enfrentan al mismo tiempo. Otro hallazgo es la limitación para encontrar la relación exacta del cambio en una variable debido a un disturbio en específico ya que esa misma variable se ve afectada por varios disturbios acumulando efectos. También, se encontró que hay estrategias de respuesta que son inmediatas que no conllevan capacidad adaptativa,

Dadas las dificultades que conlleva caracterizar los *shocks* y estresores, se considera importante construir, junto con la gente que forma parte del sistema, la conceptualización del sistema, sus atributos y sus disturbios porque ellos son los que conocen y se ven afectados. Esto porque no siempre el disturbio que podría parecer más evidente les afecta más o las variables que se quieren medir no son consideradas por la población como prioritarias. El asumir que un disturbio o variable de interés es el más importante puede llevar a resultados erróneos, dado que bajo esa decisión se podría desarrollar un estudio o política para la toma de decisiones.

Este trabajo tiene algunas debilidades, como el no haber desarrollado y tomado en cuenta a más profundidad las interacciones de los disturbios con las variables de interés de los hogares. Con esta información se podría delimitar de forma más precisa si el cambio de la variable se asocia al *shock* o estresor.

Referencias

- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7–20. Retrieved from <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2056/servlet/articulo?codigo=4536643&inf i=resumen&idioma=ENG>
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765–781. <http://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2016). Monitor de sequía en México. Recuperado el 14 de noviembre de 2016 de <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2012). Conceptos y dimensiones de la marginación. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01C apitulo.pdf>
- Constas, M. A., Frankenberger, T. R., Hoddinott, J., Mock, N., Romano, D., Béné, C., & Maxwell, D. (2014). A common analytical model for resilience measurement; Causal Framework and Methodological Options. Resilience Measurement Technical Working Group. Technical Series No. 2. Food Security Information Network., (2), 46. Retrieved from [http://www.fsincop.net/fileadmin/user_upload/fsin/docs/resources/FSIN_Paper2_WEB_1dic \(WEB\).pdf](http://www.fsincop.net/fileadmin/user_upload/fsin/docs/resources/FSIN_Paper2_WEB_1dic (WEB).pdf)
- Dakos V., Carpenter S., van Nes EH. & Scheffer M. (2015). Resilience indicators: prospects and limitations for early warnings of regime shifts. *Phil. Trans. R. Soc.* 370 <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2013.0263>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2016). Búsqueda de información. Recuperado el 14 de noviembre de 2016 de http://www.dof.gob.mx/busqueda_avanzada.php?pb=S&cod_orga= TODOS
- Eakin, H., Benessaiah, K., Barrera, J. F., Cruz-Bello, G. M., & Morales, H. (2012). Livelihoods and landscapes at the threshold of change: Disaster and resilience in a Chiapas coffee community. *Regional Environmental Change*, 12(3), 475–488. <http://doi.org/10.1007/s10113-011-0263-4>
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., & Chapin, T. (2010). Resilience Thinking : Integrating Resilience , Adaptability and, 15(4).
- Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable (IEEDS). (2012). Conozcamos nuestro manglar. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de:

<http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/sites/www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/misc/humedales/Manglares.pdf>

- Marschke, M. J., & Berkes, F. (2006). Exploring Strategies that Build Livelihood Resilience : a Case from, *11*(1).
- Nelson, D. R., Adger, W. N., & Brown, K. (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, *32*(1), 395–419. <http://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- O 'Connell, D., Walker, B., Abel, N., Grigg, N., Cowie, A., Durón, G., & Csiro, A. (2015). An introduction to the Resilience, Adaptation Pathways and Transformation Assessment (RAPTA) Framework, (June), 1–17.
- Redman, C. L. (2014). Should sustainability and resilience be combined or remain distinct pursuits? *Ecology and Society*, *19*(2). <http://doi.org/10.5751/ES-06390-190237>
- Salvia, R., & Quaranta, G. (2015). Adaptive Cycle as a Tool to Select Resilient Patterns of Rural Development, 11114–11138. <http://doi.org/10.3390/su70811114>
- Schwarz, a-M., Bene, C., Bennett, G., Boso, D., Hilly, Z., Paul, C., ... Andrew, N. (2011). Vulnerability and resilience of remote rural communities to shocks and global changes: Empirical analysis from Solomon Islands. *Global Environmental Change*, *21*(3), 13. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.011>
- Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL). (2010). Catálogo de localidades. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=20&mun=439>
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, *16*(3), 282–292. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *100*(14), 8074–8079. <http://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
- Tyler, S., & Moench, M. (2016). A framework for urban climate resilience, *5529*(April). <http://doi.org/10.1080/17565529.2012.745389>
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience , Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society*, *9*(2), 5. <http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.258101>
- Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in

Social-Ecological Systems. *Ecology And Society*, 11(1), 13. [http://doi.org/\[online\]](http://doi.org/[online])
URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>

Anexo

Tabla A1. Encuesta semiestructurada a los hogares de Ventanilla y Escobilla

Buenas tardes,

Mi nombre es _____ y vengo de la UNAM. Estamos realizando un estudio sobre las actividades que se desarrollan en su localidad. Si está de acuerdo, le haré unas preguntas sobre el conocimiento local y prácticas de manejo de la leña, además de unas preguntas con relación a los eventos extremos que han afectado a su localidad. La información será usada para fines de la investigación y una vez terminado el estudio lo presentaremos a su comunidad.

Nombre de la localidad: _____ Fecha (D/M/A): _____/_____/2016

Número de hogar: _____

Localización del hogar (UTM) X: _____ Y: _____.

Nombre del entrevistador: _____ Nombre del entrevistado: _____

Hora de inicio: _____ Hora de termino: _____.

Observe y anote de qué material están hechos el techo, las paredes y el piso del hogar:

Techo: _____ Paredes: _____ Piso: _____

Lamina
Cartón
Asbesto
Madera
Palma
Concreto
Otro (especificar)

Lámina
Madera
Concreto
Otro (especificar)

Tierra
Concreto
Madera
Loseta
Otro (especificar)

PRIMERA SECCIÓN. EVENTOS EXTREMOS Y PROBLEMAS COTIDIANOS

Esta sección abordará preguntas acerca de cómo su comunidad enfrenta eventos extremos, en particular los huracanes, además de los problemas con los que diariamente se enfrenta.

SUBSECCIÓN 1.1 PROBLEMAS

- 1. ¿Podría mencionarme los principales problemas a los que se enfrentan todos los días desde el 2012?**

SUBSECCIÓN 1.2 PROBLEMAS AMBIENTALES

*(Problemas ambientales: degradación del suelo, contaminación del agua, degradación del manglar, deforestación)

- 2. ¿Podría mencionarme algún problema ambiental que enfrentan todos los días desde 2012?**
- 3. ¿Identificó un año crítico entre 2012 y 2016 en donde sus problemas ambientales de todos los días fueron peores?**
- 4. ¿Cómo enfrenta o soluciona sus problemas ambientales de todos los días?**

SUBSECCIÓN 1.3 PROBLEMAS SOCIOECONÓMICOS

*(Problemas socioeconómicos: falta de salud, inestabilidad política, poco acceso a comida, poco acceso a agua, falta de empleo, falta de educación, poca seguridad en el ingresos, poca seguridad física, poco acceso a vivienda, malas relaciones sociales, conflictos sociales, inequidad social, poca o nula participación en la comunidad, poca satisfacción espiritual)

5. ¿Podría mencionarme algún problema social o económico que enfrentan todos los días desde 2012?
6. ¿Identificó un año crítico entre 2012 y 2016 en donde sus problemas sociales y económicos de todos los días fueron peores?
7. ¿Cómo enfrenta o soluciona sus problemas sociales y económicos de todos los días?

SUBSECCIÓN 1.4 EVENTOS EXTREMOS NATURALES

*(Eventos extremos naturales: huracanes, mar de fondo, sequías, inundaciones, incendios forestales, lluvias torrenciales, terremotos, plagas)

8.	9.	10.	11.	12.
¿Cuáles son los eventos extremos naturales que le han afectado en cada año entre 2012 y 2016?	¿Cuál es el que más le afectó?	¿Se ha recuperado de los daños de ese evento?	¿Cuánto tiempo les llevó recuperarse?	¿Cuánto tiempo cree que les llevaría recuperarse?
2012_____		1. Sí (pasar a 1.4)		
2013_____		2. No (pasar a 1.5)		
2014_____				
2015_____				
2016_____				

SUBSECCIÓN 1.5 EVENTOS EXTREMOS SOCIALES Y ECONÓMICOS

*(Eventos extremos socioeconómicos: epidemias, migración, aumento en los precios, violencia)

13.	14.	15.	16.	17.
¿Cuáles son los eventos extremos sociales y económicos que le han afectado en cada año entre 2012 y 2016?	¿Cuál es el que más le afectó?	¿Se ha recuperado de los daños de ese evento?	¿Cuánto tiempo les llevó recuperarse?	¿Cuánto tiempo cree que les llevaría recuperarse?
2012_____		1. Sí (pasar a 2.4)		
2013_____		2. No (pasar a 2.5)		
2014_____				
2015_____				
2016_____				

18. ¿Cuál es el evento extremo entre el natural y el socioeconómico que más les afectó entre 2012 y 2016?

SUBSECCIÓN 1.6 HURACANES

19.	20.
¿Podría decirme en una escala del 1 al 5, cuánto le afectan los huracanes con respecto a otros eventos extremos?	¿Podría decirme en una escala del 1 al 5, cuánto le afectan los huracanes con respecto a otros problemas?
1. Muy poco	1. Muy poco
2. Moderadamente	2. Moderadamente
3. Importantemente	3. Importantemente
4. Severamente	4. Severamente
5. Muy severamente	5. Muy severamente

21. ¿Cómo les afectan los huracanes en su vida cotidiana?

22. ¿Qué acciones han tomado para enfrentar a los huracanes?

23. ¿En un futuro qué tomaría en cuenta o modificaría para enfrentar mejor los huracanes?

24. ¿Cada vez le cuesta menos, igual o más recuperarse después de un huracán similar?

25. ¿De qué depende si le cuesta menos, igual o más recuperarse? (periodicidad, intensidad, afectación)

26. ¿Por qué?

SUBSECCIÓN 2.8 COMPOSICIÓN FAMILIAR E INGRESOS ECONÓMICOS

58.	59.	60.	61.	62.	63.	64.	65.
No. de miembros del hogar	Nombre completo del jefe(a) del hogar	Edad	¿ Que actividades realizan los miembros del hogar por la que reciben dinero?	¿ Cual es la cantidad total de dinero que obtiene la familia a la semana?	¿Algún miembro del hogar ésta actualmente trabajando en Estados Unidos o fuera del estado	¿Le envía dinero?	¿ Cuanto dinero le envía a la semana?
1. 2- 3. 4. 5. 6.	Jefe del hogar:		1 Agropecuarias 1.1 Agricultura 1.2 Ganadería 1.3 Pesca	0. No contesto 1. 200-600 pesos 2. 600-1,000 pesos 3. 1,000-1,400 pesos	1. SI (pasar a 64) 2. NO	1. SI (pasar a 65) 2. NO	
7. 8.	Jefa del hogar:		2 No agropecuarias 2.1 Construcción 2.2 Servicios 2.3 Otros (especificar) 3. Sustentables 3.1 Ecoturismo 3.2 Otro (especificar)	4. 1,400-1,800 pesos 5. 1,800-2,200 pesos 6. Otro (especificar)			

CAPÍTULO III: Resiliencia socioecológica a nivel hogar: un caso de estudio en la costa de Oaxaca, México.

Household Social-Ecological Resilience: a Case Study on the Coast of Oaxaca, Mexico

Abstract

The concept of social-ecological resilience has become a topic of interest for academics and practitioners due to the pace and extent of global change. For the transition from the theoretical concept of social-ecological resilience to practice, it is necessary to operationalize and measure it. Within the social-ecological systems, rural and poor areas have been identified as at major risk from the impact of climate change. Therefore, this paper develops a method to operationalize and assess social-ecological resilience at the household level when confronting several stressors and shocks and test it empirically in Escobilla and Ventanilla, Oaxaca, México. Based on the literature review of the attributes of social-ecological resilience a household survey was designed. This questionnaire was applied in two moments in time one in 2013 and the other in 2016. A total of 25 (72%) households were surveyed in Ventanilla and 60 (60%) households in Escobilla. To delineate the changes that are observed in reality with the theoretical concept of social-ecological resilience we established nine indicators base on the conceptual framework of livelihoods and Biggs et al. (2012); namely human capital, social capital, financial capital, physical capital, natural capital, diversity, reliance in own resources, connectivity and capacity for learning. To assess households' capacity to absorb shocks and stressors an index was created. The index is composed of the rate of household state indicators change from 2013 to 2016, it measures households' capacity to absorb shocks and stressors and reorganize in order to improve their well-being. The index results show that most of the households in both communities are losing the capacity to absorb stressors and shocks, their well-being is undermined overtime. The indicators show that reliance on own resources, connectivity, diversity, and natural capital are significantly decreasing from 2013 to 2016 in Escobilla. In Ventanilla the decreasing indicators are social capital, financial capital, diversity and reliance on own resources. It was found that the index is replicable since it can be applied in different study areas and identify weaknesses and strengths. This makes it useful as a tool to monitor the state of these communities over time and help stakeholders and community leaders to incorporate resilience within normal work roles, raise support and generate rescue strategies.

Introduction

The concept of social-ecological resilience has become a topic of interest for academics and practitioners due to the pace and extent of global change. Understanding resilience helps to explore how social-ecological systems can cope successfully with disturbances to continue to deliver resources and ecosystem services that are essential for human livelihoods and societal development (Adger et al., 2005). Therefore, assessing the

resilience of the system helps stakeholders have tools for better decision making, monitoring of desired goals (Kerner and Thomas, 2014), and implementing better strategies to buffer or respond to changes (Resilience Alliance, 2010). Moreover, the empirical analysis of resilience is essential to clarify complex systems to make sense of broad patterns and to identify emergent properties (Quinlan et al., 2015). Consequently, for the transition from the theoretical concept of social-ecological resilience to practice, it is necessary to operationalize and measure it (Carpenter et al., 2001).

Within the social-ecological systems, rural and poor areas have been identified as at major risk from the impact of warming, drought, flooding, and precipitation variability due to climate change (IPCC, 2014). Although rural households often have diverse livelihood strategies, many still depend at least partly on natural resources that are expected to be impacted by climate change (FAO, 2013), such as their water availability and supply, food security, and agricultural productivity (IPCC, 2014) among others. As a result, social-ecological resilience assessment in rural poor households is important to explore how households can cope better in the face of climate change and to understand household resilience dynamics to do so. However, much has been studied from other focal scales, such as productive system (Cabell & Oelofse, 2012), community (DasGupta & Shaw, 2015), municipality (Kotzee & Reyers, 2016), and regional level (Salvia & Quaranta, 2015). Although few studies assess social-ecological resilience at the household level (Moshy et al., 2015; Sok & Yu, 2015; Uy et al., 2011), they do not address the dynamics of the system over time. Most of the studies at household level focus more on social resilience and analyse the strategies that households develop to cope with disturbances (Eakin et al., 2012; Saxena et al., 2016).

One of the aims of studying social-ecological resilience at the household level in a rural poor area is to address how to avoid unacceptable standards of living when coping with stressors and shocks (Barret & Conostas, 2014). Since people deserve to live dignified and meaningful lives with suitable livelihoods, not just coping at a basic level (Walsh-Dilley, Wolford, McCarthy, 2016). It is needed to do more work on assessing resilience from a perspective where a resilient system is not decreasing well-being or has a cycle of ecological degradation (Cabell & Oelofse, 2012). Consequently, there are still some gaps in how to operationalize, measure and assess social-ecological resilience for rural poor households.

This paper develops a method to operationalize and assess social-ecological resilience at the household level when confronting several stressors and shocks and test it empirically. First, we operationalize social-ecological resilience in five dimensions, based on livelihood and Biggs et al. (2012) frameworks, that are the resources and capabilities that households own to maintain or improve their well-being. Then we analyse the dynamic through the time of household resources and capabilities. Finally, we create an index to measure social-ecological resilience at household level. With this method, we attempt to fill the research gaps regarding how to approach social-ecological resilience at the household level, in a dynamic way, by the link of Biggs et al. (2012) and livelihood frameworks, and from a perspective of no decreasing well-being.

Conceptual framework

According to Walker et al. (2004), social-ecological resilience refers to "the capacity of a system to absorb disturbance and reorganize while undergoing change so as to still maintain essentially the same function, structure, identity, and feedback" (pg.6). Reorganization is the capacity of internal control of the system as a response to a stressor or shock (Holling, 2001), it is the adjustment of the system through the interaction between its components (Resilience Alliance, 2007). Buffer capacity refers to the amount of change or disturbance that can be absorbed by a system without changing to a different state (Davidson et al., 2016), it means having the capacity to cushion change (Ifejika-Speranza, 2013).

Resilience is also about maintaining or improving basic structure and ways of functioning to continue to develop under adverse conditions (Ifejika-Speranza et al., 2014; Stockholm Resilience Centre). Rural poor households are considered as social-ecological systems due to the way they to make a living; their consumption and economic necessities such as income, food, water, fuelwood, shelter are often intricately linked with natural resources (FAO, 2013). Furthermore, they are considered complex, dynamic and spatially heterogeneous social-ecological systems (Tittonell, 2014). Households respond to changing conditions, they reorganize through the interaction and dynamics between components (Ifejika-Speranza, Weisman, Rist, 2014; Walker et al., 2006). Households can absorb shocks and stressors according to their capabilities and resources (capitals) to generate their livelihoods (Chambers & Conway, 1992). Therefore, social-ecological resilience at the household level is the capacity to absorb shocks and stressors and reorganize in order to maintain or improve their well-being.

Sustainable livelihood framework is useful to study resilience at household level since it is a lens to understand how households respond to change. "A livelihood comprises the capabilities, assets (stores, resources, claims, and access) and activities required for a means of living" (Chambers & Conway, 1992). It is also about household capacity to cope with, and recover from stress and shocks, and maintain or enhance its capabilities and assets. Assets are the stock of capital that can be utilized directly, or indirectly, to generate the means to survival or to sustain its well-being (Ellis, 2000). Households have access to tangible and intangible assets and make decisions on the use of these assets based on their livelihood goals (Saxena et al., 2016). Therefore, livelihood resources (or forms of capital) are needed to cope with stressors and shocks, due to the level of access to capital –financial, natural, physical, social, and human– that can be mobilized to respond and adapt to environmental change (Thulstrup, 2015).

We refer to capabilities as the capacity of households to persist (diversity), the capacity to manage their actions and organize (reliance on own resources, connectivity) and the capacity of experimentation and innovation (learning). Capabilities related with diversity and connectivity are base on Biggs et al. (2012) framework, as an attributes that enhance resilience. Diversity confers households the capacity to persist through a disturbance, it is like an insurance that allows some system elements to compensate for the loss or failure

of others (Biggs et al., 2012). A variety of system components (biophysical, economic and social) that comprise different characteristics and different functions are likely to be more robust to disturbances (Ifejika-Speranza et al., 2008) since it provides options for responding (Biggs et al., 2012). Diversity often buffers against disturbances and reconstruction following disturbance (Cabell & Oelofse, 2012).

Reliance on own resources and connectivity are related to the household capacity to manage their actions and organize. These connote certain levels of autonomy, freedom to act, collective actions, self-help, self-reliance, independence, and power and control of their own actions (Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014). Particularly, connectivity is the way and extent to which resources, species or social actors disperse, migrate or interact, and it is important in enabling the recovery and self-organization of disturbed system components (Biggs et al., 2012). Connected systems can accelerate the restoration of disturbed areas, and the maintenance of biodiversity and communication between social groups. A household's reliance on own resources reduces the dependency on external inputs and saves time for taking actions; it is related to the decentralization of system functions allowing for self-organization (Jacobi et al., 2018). This refers to resources that are mainly but not exclusively locally available (Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014). Finally, learning connotes modifying existing or acquiring new knowledge, behaviors, skills, values, or preferences, and translating it into actions (Biggs et al., 2012). Learning involves experimentation and innovation to develop and test knowledge and understanding for coping with and adapting to disturbances and to adapt (Walker et al., 2006).

Resilience is a neutral system property. It is the system, or the state of the system, which defines a desirable or undesirable system goal (O'Connell et al., 2015). In this work, the system goal is not reducing household well-being. Resources availability and capabilities maximize well-being (Barrett and Conostas, 2014; Walsh-Dilley, Wolford, McCarthy, 2016). Well-being may offer an appropriate surrogate for resilience because it contributes the basic material for a good life, health, good social relations, security, and freedom of choice and action (Marschke & Berkes, 2006; MEA, 2005). Development in resilience is the capacity overtime of a household to avoid an undesirable state of the system, like poverty, when faced with various shocks and stressors; a household is resilient when the capacity of not reducing well-being remains over time (Barrett and Conostas, 2014). It is a continual process of responding, adaptation, and livelihood making (Walsh-Dilley, Wolford, McCarthy, 2016). Therefore, we assess the capacity of household capabilities and resources to continue to contribute to well-being by providing food, water, income, and quality of life despite stressors and shocks over time.

Materials and Methods

Operationalizing resilience

To delineate the changes that are observed in reality with the theoretical concept of social-ecological resilience we established nine indicators base on the conceptual framework of livelihoods and Biggs et al. (2012); namely human capital, social capital,

financial capital, physical capital, natural capital, diversity, reliance in own resources, connectivity and capacity for learning. Since household social-ecological resilience depends on household resources (capitals), household capacity to persist (diversity), household capacity to manage their actions and organize (reliance on own resources, connectivity), and household capacity of experimentation and innovation (capacity for learning) (Figure 1). These resources and capabilities allow households to generate their means to maintain or improve their wellbeing.

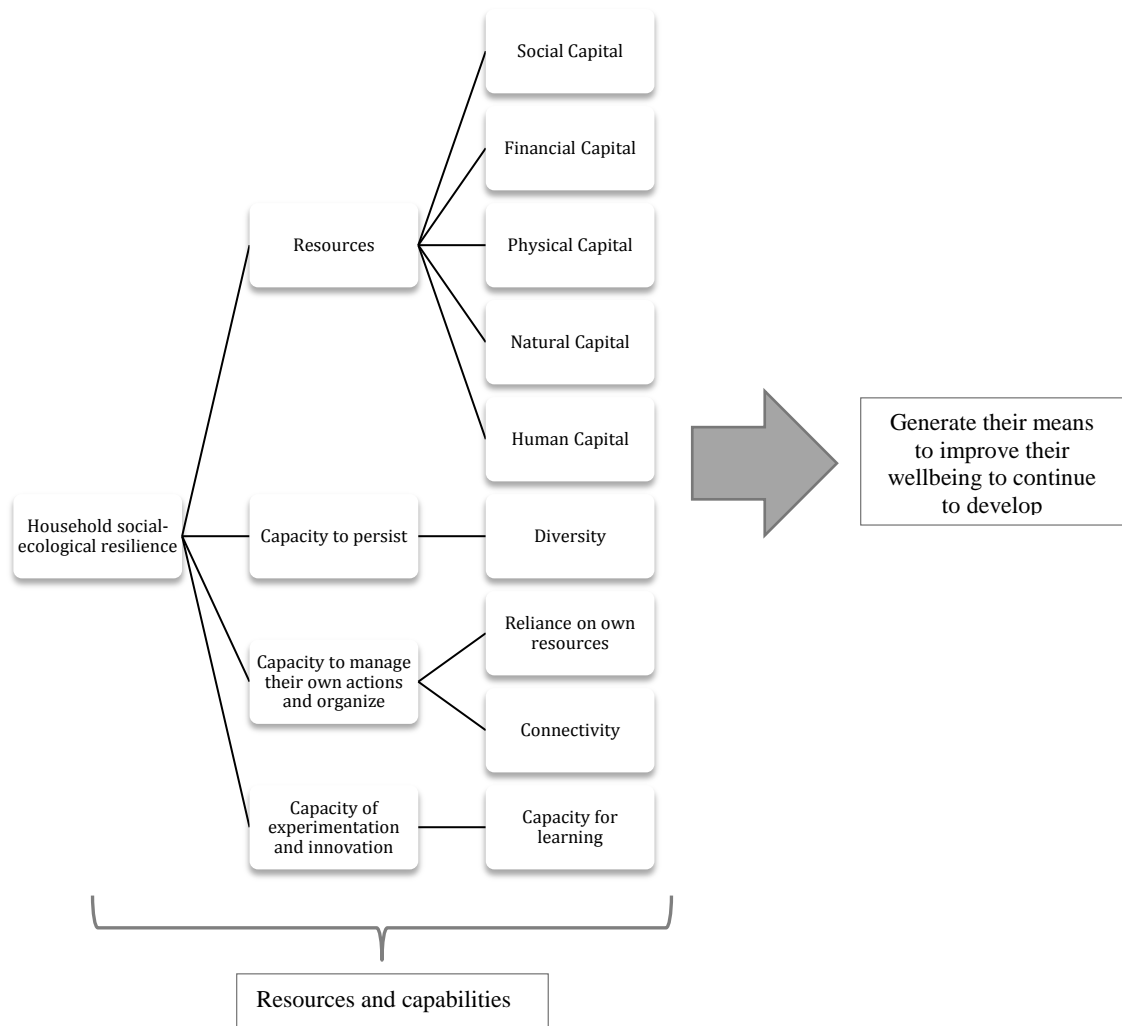


Figure 1. A conceptual and analytical framework for operationalizing household social-ecological resilience

Capitals are the resources upon which households can respond to shocks and stressors (Uy et al., 2011). Human capital refers to skills, knowledge, and good health that enable people to pursue different livelihood strategies (UNDP, 2014). This capital is a key asset possessed by the poor is their own labor. Labor is more effective by being free of illness or debilitating health problems (Ellis, 2000). Higher degrees of education make societies more adaptable (O’Connell et al., 2015). The higher the independency ration the higher the financial burden for a household (Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014).

Social capital is the norms, trust, and values that promote cooperation within or among different groups (OECD, 2013). It is about access to and participation in networks, groups, formal and informal institutions (UNDP, 2013). Social capital provides the potential to generate a constructive change after a disturbance (Eakin et al., 2012). Community meetings strengthen the equity and efficiency of decision making, allowing legitimacy for actions (Plummer & Armitage, 2007). Collective work can strengthen resilience by supporting the restoration of affected zones (Tyler & Moench, 2012).

Financial capital refers to stocks of money to which the household has access, a fundamental characteristic of this capital is that can be converted into other forms of capital (Ellis, 2000). It allows people to adopt different livelihood strategies (UNDP, 2013). Income is generally related to economic well-being and food security (Ifejika-Speranza, Weisman and Rist, 2014). Saving or borrowing money can be used to recover from disturbances (O'Connell et al., 2014).

Physical capital is the infrastructure that people use to function (UNDP, 2014). Household goods, such a refrigerator, television, cellphone, are physical capital and can generate a future flow income (Ellis, 2000). Farming or fishing assets can become an effective strategy for selling them and buying food, using assets to change livelihoods, for example, switching from pastoral to farming or to increase crop revenues (FAO, 2013). A robust house infrastructure guarantees family life, as well as preserving animals, goods, and crops in good condition (Altieri & Nichols, 2013). Electricity and public services are crucial because the interruption of these services leads to poor rescue and relief operations (DasGupta and Shaw, 2015).

Natural capital is the environmental stock that provides a flow of various goods and services (Pawel-Jarzebski, Tumilba, and Yamamoto, 2016). Diversified use of resources could be seen as a constituent part of the household's economy and a source of adaptability (Ekblom, 2012). Household access to land brings flexibility in crop selection, as well as the potential to be able to realize alternative income strategies (Eakin et al., 2012). Good water quality avoids illness and disease. Reforestation and conservation practices provide habitat for biodiversity through the landscape and ecosystem services (Jacobi et al., 2018).

Variables of diversity comprise, livelihood diversification gives people the alternatives they need to adapt (IUCN, 2014), with this strategy they have resources and income from different risks (Quaranta & Salvia, 2014). A variety of organizations with overlapping domains of authority provide for a diversity of responses and thereby facilitates the maintenance of the system in the face of a disturbance (Biggs et al., 2012). For, example, the genetic diversity found in local crop varieties and animal breeds is expressed in important traits such as tolerance and resistance to drought, frost, salinity, pests, and disease, which helps them adapt to various climatic conditions (Bergamini et al., 2014). The ability to target a diversity of fish species creates opportunities for reducing fishing pressure (Blythe, 2015).

A household's reliance on own resources is related to self-consumption of household farming products that make them reduce their dependence on external food supply channels, which saves time for action at the local level (Altieri & Nichols, 2013), and make them less vulnerable to market fluctuations (Quaranta & Salvia, 2014). Households with a strong and effective leader in their community can cope well with shocks (Schwarz et al., 2011).

Connectivity variables are associated with bonding and bridging social capital are networks and ties within and outside the community that can significantly enhance its capacity to counter external disturbances, they may lead to faster recovery and self-organization (DasGupta & Shaw, 2015). Belonging to an association allows households to have a greater possibility of response and cooperation in various social, economic and political aspects (Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013). Roads facilitate the movement of people between places and they play an important role in the transfer of information between rural centers and remote settlements (Ellis, 2000). Therefore the shorter the distance and time required to access inputs the better the livelihood resilience (Ifejika-Speranza, Weisman and Rist, 2014). Having a migrant family member facilitates migration as an adaptive response and enables households to diversify their sources of income by formal or informal institutional structures that organize the labor market through communication, recruitment, transport, and remittances (Tyler & Moench, 2012).

Reflecting and shared learning is the access to and quality of learning activities. It includes participation in courses, such as farmer field school, participation in community development activities, and commitment to learning (Jacobi et al., 2018).

Table 1. Variables for operationalizing household social-ecological resilience, the effect of the variable on resilience (enhance or undermine resilience), and bibliographic justification.

Human Capital			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Age independence ratio	Member of the household between aged 15-64	Positive	Kotzee & Reyers, 2015; Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014
Years of schooling	Years of formal schooling	Positive	Kotzee & Reyers, 2015; O'Connell et al., 2015; Eakin et al., 2012; Wilson et al., 2013; DasGupta & Shaw, 2015
Family Health	Number of visits to the doctor for curative reasons	Negative	Wilson et al., 2013; DasGupta & Shaw, 2015; Jacobi et al., 2018
Access to healthcare	The household has access to healthcare	Positive	Uy et al., 2011; Wilson et al., 2013
Social Capital			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Community festivities	The household contributes to the community festivities	Positive	UNDP, 2013
Collective work	The household contributes to the unpaid collective work that every neighbor owes to his community	Positive	UNDP, 2013, Tyler & Moench, 2012
Knowledge of community agreements	The household knows the decisions and arrangements that are made at community meetings	Positive	Eklblom, 2012, Tyler & Moench, 2012

Community meetings	Number and participation in community meetings	Positive	Plummer & Armitage, 2007; Baral & Stern, 2011
Financial Capital			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Income	Income from productive activities	Positive	Uy et al., 2011; Schwarz et al., 2011; Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; Ifejika Speranza et al., 2014; Tiftonell, 2014; IUCN, 2014; Salvia & Quaranta, 2015
Remittances	Remittances received by the household	Positive	Eakin et al., 2012
Loans	Money owes for loans	Positive	Marschke & Berkes, 2006; Baral & Stern, 2001; Uy et al., 2011
Governmental transfers	Money that the state gives to the household (subsidies, pensions, scholarships)	Positive	Eakin et al., 2012
Saving for using natural resources	Money that the household saves for using natural resources	Positive	Eklblom, 2012
Physical Capital			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Farming tools	Financial equivalent of the tools and equipment of the household for farming	Positive	Baral & Stern, 2011; Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014
Fishing tools	Financial equivalent of the tools and equipment of the household for fishing	Positive	Baral & Stern, 2011; Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014
Roof material	The house roof is made of concrete or palm	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Walls material	The house walls are made of concrete	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Floor material	The house floor is made of concrete	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Electricity	The house has electricity	Positive	IUCN, 2014; DasGupta & Shaw, 2015; Jacobi et al., 2018
Stove	The house has a stove	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Fridge	The house has a fridge	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Washer	The house has a washer	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Car	The house has a car	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Cellphone	The house has a cell phone	Positive	IUCN, 2014
Television	The house has television	Positive	Avila-Foucat & Martinez, 2018
Natural Capital			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Land size ownership	Size of the land that the household owns	Positive	Uy et al., 2011; Eakin et al., 2012; Polanco-Echeverry et al., 2015; IUCN, 2014
Diversified use of resources	Number of different natural resources used by the household	Positive	Eklblom, 2012; Blythe, 2015
Water quality	The water used by the household is of good quality	Positive	Salvia & Quaranta, 2015; Polanco-Echeverry et al., 2015; Jacobi et al., 2018
Conservation perception	The household perceived that conservation of natural resources generates benefits	Positive	Jacobi et al., 2018
Reforestation	There are reforestation activities	Positive	Cardoso et al., 2013; Jacobi et al., 2018
Diversity			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Organizations	Number of different	Positive	Marschke & Berkes, 2006; Eakin et al., 2012;

diversity	organizations (governmental and non-governmental organizations) from which the household receives some support		Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; O'Connell et al., 2015
Livelihood diversification	Number of income sources	Positive	Marschke & Berkes, 2006; Eakin et al., 2012; UNU-IAS, 2014; Kotzee & Reyers, 2015; Merritt et al., 2015; Salvia & Quaranta, 2015, Prado-Santos et al., 2015; Blythe, 2015
Crop diversity	Number of different crops grown by the household	Positive	Altieri & Nicholls, 2013; Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; Montalba et al., 2013; Quaranta & Salvia, 2014; UNU-IAS, 2014; Salvia y Quaranta, 2015; Jacobi et al., 2018
Livestock diversity	Number of different kinds of livestock breed by the household	Positive	Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; UNU-IAS, 2014; Jacobi et al., 2018
Fish diversity	Number of different fish species caught by the household	Positive	UNU-IAS, 2014; Blythe, 2015
Reliance on own resources			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Local consumption of crops	Self-consumption of their crops	Positive	Altieri & Nicholls, 2013; Jacobi et al., 2018
Local consumption of livestock	Self-consumption of their livestock	Positive	Altieri & Nicholls, 2013; Jacobi et al., 2018
Local consumption of fishes	Self-consumption of fishes	Positive	Altieri & Nicholls, 2013; Jacobi et al., 2018
Leadership	The household recognizes that there is a leader in the community	Positive	Schwarz et al., 2011; Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; IUCN, 2014; Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014
Connectivity			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Interest groups	One or more members of the household have a membership in a group	Positive	Quaranta & Salvia, 2014; Uy et al., 2011; Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; Salvia & Quaranta, 2015; O'Connell et al., 2015; Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014
Distance to school	Distance in kilometers to the school of all household members	Negative	Ellis, 2000
Distance to medical service	Distance in kilometers to the medical service	Negative	Uy et al., 2011; DasGupta & Shaw, 2015
Distance to input sources	Distance in kilometers to sources of farm inputs, government procedures, and grocery stores	Negative	Tittonell, 2014; Ifejika-Speranza, Wiesmann and Rist, 2014
Bonding and bridging social capital	Networks inside and outside the community to solve problems	Positive	DasGupta & Shaw, 2015
Migrant family member	Number of migrant family members in the household	Positive	Cumming et al., 2005; Forbes et al., 2009; Ekblom, 2012; Hossain-Khan, 2012; IUCN, 2014; O'Connell et al., 2015
Capacity for learning			
Variable	Description	Effect on Resilience	Source
Reflective and shared learning	Number of courses that the household participated such	Positive	Baral & Stern, 2011; Córdoba-Vargas & León-Sicard, 2013; Jacobi et al., 2018

	as environmental care, health care, productive activities, tourism		
--	--	--	--

Study area

The localities studied are located on the Pacific coast of the south of Mexico in the state of Oaxaca. Two rural localities, Escobilla and Ventanilla, were used as case studies, which are situated in Santa María Tonameca Municipality (Figure 2). They are between Puerto Escondido and Huatulco, two main resort cities, and Pochutla, an important commercial city that connects to Oaxaca City. The communities were selected because they share similar characteristics regarding their natural and socioeconomic conditions (Avila-Foucat and Martínez, 2018). Both communities have a high degree of marginalization (SEDESOL, 2010), they lack social opportunities and the absence of the capacities to acquire or generate them, and also the accessibility to goods and services that are fundamental to well-being (CONAPO). Their natural conditions are characterized by a tropical subhumid climate with mangrove and tropical deciduous forest (IEEDS, 2012). The main drivers of change that both communities confront, and potentially caused negative impacts on their well-being, as shocks are hurricanes (ie. Carlotta, 2012), swell (2015), teachers strike (2016), and as a stressors are drought and unemployment.



Figure 2. Map of the study area

Escobilla is a community with 100 households (SEDESOL, 2010), its main economic and subsistence activities are agriculture, livestock, and services (production of goods for sale, retailers of products in the community). Within the community there is a federal sanctuary, which is the most important nesting beach in the world of the Golfina turtle (*Lepidochelis olivacea*) in the world (IEEDS, 2012). Ventanilla has 29 households (SEDESOL, 2010), its main sources of revenue are tourism and services (retailers of

products in the community, modest restaurant owners). The lagoon system in Ventanilla is a community natural protected area and it has also been designated as a Ramsar site (IEEDS, 2012).

Data collection

Based on the literature review of the attributes of social-ecological resilience a household survey was designed. The questionnaire covered household capitals (human, social, financial, physical and natural), diversity, reliance on their own resources, connectivity, and capacity for learning. This questionnaire was applied in two moments in time one in 2013 and the other in 2016, to track the state and dynamics of households. A total of 25 households were surveyed in Ventanilla and 60 households in Escobilla that matched in both years, representing 72% of the households in the first community and 60% in the second one. The questionnaire was answered by the head of household (women or men) or, in case of their absence, by a family member over 18 years old. The communities were divided into quadrants, and each household was surveyed in person. To avoid redundancy between variables, correlations for quantitative continuous variables and chi-square test for ordinal and nominal variables were carried out for each indicator. Therefore, one of the variables was chosen when these were dependent or correlated. The ordinal and nominal variables selected were add in each indicator to create a quantitative indicator. To standardize the variables a min-max normalization technique was performed according to the effect on resilience. The use of computer software, IBM SPSS version 25, supported the statistical analysis.

Measuring resilience

Social-ecological resilience is conceptualized as the households' capacity to absorb shocks and stressors and reorganize in order to improve their well-being. The first step to measure resilience was to aggregate the variables into indicators ($NatC + HumC + FinC + PhyC + SoC + Div + Re + Con + Lea$). Then a second standardization was made to aggregate those indicators into an indicator of household state ($\sum HhSI$), one for 2013 and another for 2016.

$$\sum HhSI = NatC + HumC + FinC + PhyC + SoC + Div + Re + Con + Lea$$

HhSI = Household state indicator

NatC = Natural Capital

HumC = Human Capital

FinC = Financial Capital

PhyC = Physical Capital

SoC = Social Capital

Div = Diversity

Re = Reliance on own resources

Con = Connectivity

CaL = Capacity for learning

Secondly, we made a hypothesis test of difference in means of the indicators and the household state indicator to confirm if the changes from 2013 to 2016 were a statistically significant difference. Also, we applied this hypothesis test of difference in means for quantitative variables and chi-square test to quality variables from 2013 to 2016 to explain the change in each indicator.

Then, categorical principal components analysis (CatPCA) was an exploratory data analysis used as a proxy of reorganization and dynamics of the system comparing changes in how variables grouped together and interact in 2013 and 2016, and between communities. CatPCA is a useful tool to explain the internal structure of the data set, the patterns among variables, and to analyze non-linearly related data with different measurement levels (qualitative and quantitative variables) (Rajesh, Jain & Sharma, 2018). For interpreting CatPCA, we chose the number of dimensions that represent most of the percentage of the total variability, with consistency and reliability (Chronbach's Alpha >0.8) and with an eigenvalue greater than 1. Dimensions are composed of variables that are related and interacting; each variable has associated a load that shows its contribution to that dimension. We chose the variables for each dimension with a load greater than 0.4 (Linting & Van Der Kooij, 2012).

Finally, to assess households' capacity to absorb shocks and stressors an index was created. The index is composed of the rate of household state indicators change from 2013 to 2016 (Δ_{HhR}). Equal weighting of the indicators was adopted for reasons of simplicity and transparency (Kotzee & Reyers, 2016).

$$\Delta_{HhR} = \frac{\sum HhSI_{2016} - \sum HhSI_{2013}}{\sum HhSI_{2013}}$$

$$\begin{aligned} HhR &= \text{Household resilience} \\ HhSI_{2013} &= \text{Household state indicator in 2013} \\ HhSI_{2016} &= \text{Household state indicator in 2016} \end{aligned}$$

The resilience index value is between -1 and +1, it gives the magnitude and direction of change (Figure 3). When the resilience value is positive it means the household is better than before, when the resilience value is zero it means the household does not change, meanwhile when the resilience value is negative it means the household is worse than before. Thus a household has the capacity to absorb stressors and shocks when the result is positive and therefore their indicators are not undermined. The household improves their well-being.

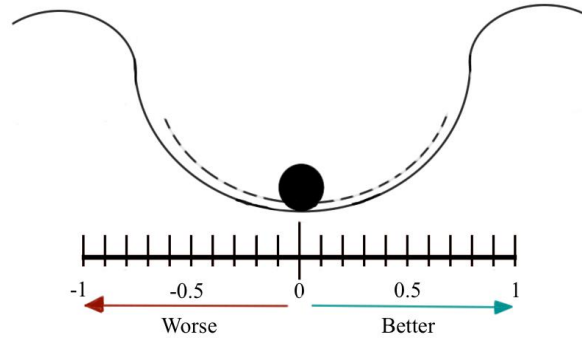


Figure 3. Resilience index values

Results

Household resilience indicators

Based on the household resilience indicators a comparison between 2013 and 2016 was carried out to determine the strengths and weaknesses of the communities. The results of the hypothesis test of difference in means of the indicators show that reliance on own resources, connectivity, diversity, and natural capital are significantly decreasing from 2013 to 2016 in Escobilla (Figure 4). In Ventanilla the decreasing indicators are social capital, financial capital, diversity and reliance on own resources (Figure 5).

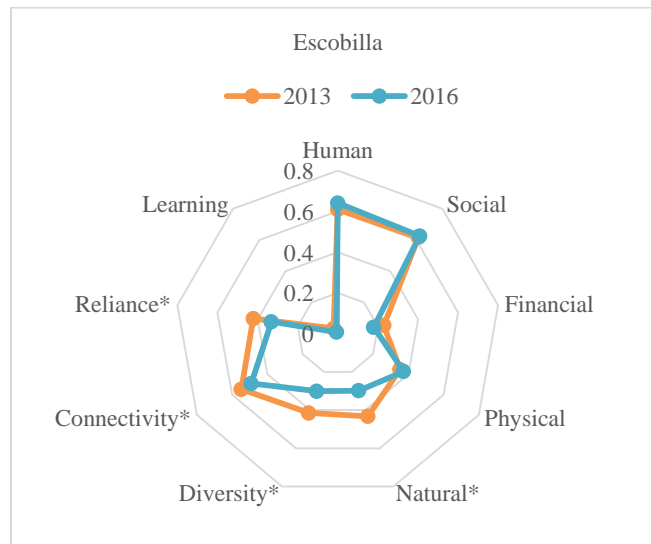


Figure 4. Comparison of indicators in Escobilla. *Statistically significant difference from 2013 to 2016, 95% confidence

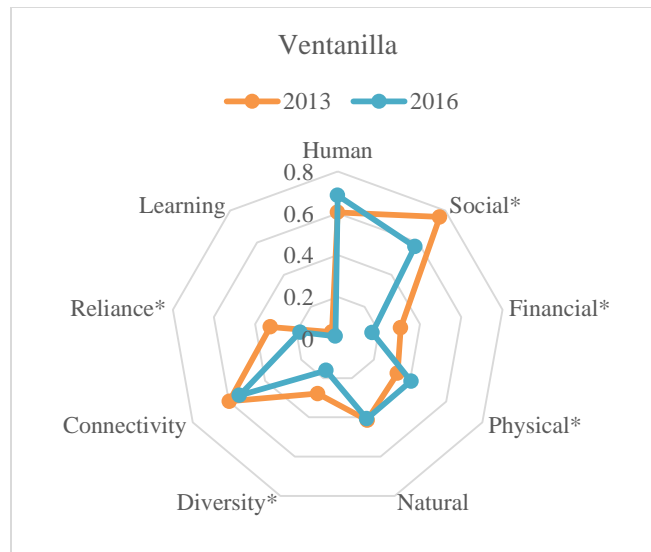


Figure 5. Comparison of indicators in Ventanilla. *Statistically significant difference from 2013 to 2016, 95% confidence

Then to explain that change in each indicator the hypothesis test of difference in means and chi-square test were applied to the variables. Results show that in Escobilla (Table 2) there is less recognition of a leader (reliance on own resources); households are losing networks to solve problems (bonding and bridging social capital), and the households' distance to medical services (hospitals, clinics) and input sources is longer than before (connectivity); households have fewer relationships with organizations, they have fewer income sources and they sow less diversity of crops (diversity); households use less natural resources (natural capital). On the other hand, in Ventanilla (Table 2) there is less recognition of a leader (reliance on own resources); they have fewer relationships with organizations and fewer income sources (diversity); their income from government transfers and saving for using natural resources are shrinking (financial capital); households attend community meeting less often (social capital) (Table 2).

Table 2. Results (percentage and means) on household resilience variables for Escobilla and Ventanilla. *Statistically significant difference from 2013 to 2016, 95% confidence.

Variable	Basic statistics			
	Escobilla		Ventanilla	
	2013	2016	2013	2016
Social Capital				
Community meetings	3.58	4.28	6.56*	2.92*
Financial Capital				
Governmental transfers	\$7,743	\$4,200	\$9,864*	\$2,864*
Saving for using natural resources	\$2,630	\$1,236	\$5,364*	\$518*
Natural Capital				
Diversified use of resources	4.7*	2.2*	3.5	1.6
Diversity				
Organizations diversity	1.9*	0.9*	1.4*	0.7*
Livelihood diversification	2.9*	2.4*	2.9*	2*
Crop diversity	1.39*	0.6*	1	0.2
Reliance on own resources				
Leadership	62%*	42%*	56%*	32%*

Connectivity				
Distance to medical service	11.43*	21.9*	6.4	12.6
Bonding and bridging social capital	87%*	67%*	84%	56%

Dynamics and household reorganization

It was found that eight dimensions' solution maximized the variance accounted for by each component in Escobilla (Table 3). The eight-component solution explains 57% of the variance in the data set for 2013 and 59% for 2016 and shows a Cronbach's alpha of 0.983 for 2013 and 0.984 for 2016, which indicates high internal consistency and reliability (Rajesh, Jain & Sharma, 2018). The first component for 2013 explains 12% of the variance in the dataset, representing fishing practices, the stock of money, and diversity. The second component, which explains 10%, can be interpreted to represent most of the variables of natural capital, farming practices, and connectivity. Meanwhile, the first component for 2016 explains 13% of the variance had high loading from variables that are related to farming practices, reliance on their resources, connectivity and financial capital. The second component, explains 13% of the variance, representing social and human capital.

Table 3. Extracted dimensions underlying reorganization in Escobilla in 2013 and 2016

	2013			2016			
	%	Loading	α	%	Loading	α	
1	12%	0.839			13%	0.854	
		0.829	Fish diversity	0.755		Land size ownership	
		0.814	Local consumption of fishes	0.745		Livestock diversity	
		0.725	Fishing tools	0.693		Farming tools	
		0.59	Diversified use of resources	0.689		Local consumption of crops	
		-0.551	Governmental transfers	0.653		Crop diversity	
		0.538	Livelihood diversification	0.57		Local consumption of livestock	
		0.527	Loans	0.546		Organizations diversity	
		0.456	Income	0.532		Governmental transfers	
				0.444		Migrant family member	
				0.435		Saving for using natural resources	
				-0.433		Local consumption of fishes	
				0.42		Car	
2	10%	0.805			13%	0.843	
		0.638	Land size ownership	0.853		Knowledge of community agreements	
		0.604	Livestock diversity	0.831		Collective work	
		0.598	Local consumption of livestock	0.78		Years of schooling	
		0.55	Reforestation	0.763		Community meetings	
		0.541	Farming tools	0.726		Age independency ration	
		0.518	Migrant family member	0.524		Community festivities	
		0.476	Washer				
		0.439	Water quality				
0.409	Saving for using natural resources						
3	7%	0.707			8%	0.72	
		0.649	Electricity	0.56		Concrete wall	
		0.639	Concrete floor	-0.517		Cell phone	
		0.487	Concrete wall	-0.512		Fishing tools	
		0.461	Distance to school	-0.494		Diversified use of resources	
		0.456	Fridge	0.464		Distance to medical service	

					0.461	Access to healthcare
					-0.447	Fish diversity
			0.669			0.646
4	6%	0.601	Cell phone	6%	0.593	Stove
		0.547	Stove		0.557	Water quality
		0.541	Car		0.539	Washer
		-0.523	Distance to input sources		0.485	Fridge
					-0.472	Reflective and shared learning
			6%			5%
5	0.642	0.53	Age independency ration	0.582	0.58	Bonding and bridging social capital
		0.48	Collective work		0.453	Concrete floor
		0.472	Family Health		0.432	Health in family
		0.449	Years of schooling			
			5%			5%
6	0.609	-0.532	Conservation perception	0.575	0.651	Distance to school
		-0.476	Remittances		0.598	Television
		0.425	Community meetings			
			5%			5%
7	0.565	-0.477	Knowledge of community agreements	0.536	0.54	Reforestation
		0.403	Access to healthcare			
			4%			4%
8	0.516	0.63	Reflective and shared learning	0.462	0.495	Distance to input sources
		0.48	Leadership		0.457	Concrete and palm roof
		0.473	Organizations diversity		0.411	Loans
		0.465	Interest groups			
Total	0.983		57%	0.984		59%

In contrast, in Ventanilla was found that six dimensions' solution maximized the variance (Table 4). This component solution explains 60% of the variance for 2013 and 59% for 2016 and shows a Cronbach's alpha of 0.985 for 2013 and 0.983 for 2016, which indicates high internal consistency and reliability (Rajesh, Jain & Sharma, 2018). The first component for 2013, which explains the 15% of the variance in the dataset, had high loading from variables that capture connectivity and diversity in their farming practices. The second component, which explains 12% of the variance, represents mostly social and physical capital. The first component for 2016, which represents 14% of the variance, can be interpreted to represent fishing practices and financial capital. The second component, which explained 11% of the variance showed no grouping patterns between variables, but collective work had the highest load.

Table 4. Extracted dimensions underlying reorganization in Ventanilla in 2013 and 2016

	2013			2016		
	%	Loading	α	%	Loading	α
1	15%		0.876	14%		0.843
		0.891	Remittances		0.828	Fish diversity
		0.832	Farming tools		0.82	Local consumption of fishes
		0.832	Crop diversity		0.811	Fishing tools
		0.799	Livestock diversity		0.783	Livelihood diversification
		-0.764	Distance to input sources		0.596	Television
		0.649	Migrant family member		0.539	Income
		0.589	Car		0.493	Water quality
		-0.456	Distance to school			
2	12%		0.827	11%	0.798	0.799
		0.779	Community meetings			Collective work

		0.666	Washer		0.718	Years of schooling
		0.593	Age independency ration		-0.613	Distance to input sources
		0.583	Knowledge of community agreements		0.576	Washer
		0.567	Fridge		0.538	Age independency ration
		0.564	Television		0.536	Reforestation
		0.542	Stove		0.493	Loans
		0.479	Cell phone		0.466	Cell phone
		0.472	Livelihood diversification			
		0.423	Collective work			
3	9%	0.783		11%	0.787	
		0.9	Fishing tools		0.867	Community meetings
		0.691	Fish diversity		0.839	Remittances
		0.641	Local consumption of fishes		0.657	Reflective and shared learning
		0.597	Income		-0.655	Distance to school
		-0.525	Diversified use of resources		0.62	Organizations diversity
		0.487	Loans		0.476	Local consumption of livestock
		0.425	Farming tools			
4	9%	0.755		9%	0.751	
		0.633	Leadership		0.666	Car
		0.626	Distance to medical service		0.586	Concrete wall
		0.602	Local consumption of crops		0.565	Knowledge of community agreements
		-0.595	Bonding and bridging social capital		-0.505	Leadership
		0.561	Saving for using natural resources		0.503	Community festivities
		0.436	Land size ownership		0.433	Concrete and palm roof
-0.418	Access to healthcare	0.419	Crop diversity			
5	8%	0.727		8%	0.715	
		0.648	Interest groups		0.589	Land size ownership
		0.558	Governmental transfers		0.572	Fridge
		0.547	Reflective and shared learning		0.529	Interest groups
		-0.482	Conservation perception		-0.482	Saving for using natural resources
		0.451	Distance to medical service			
6	7%	0.69		6%	0.639	
		-0.532	Concrete and palm roof		0.624	Migrant family member
		-0.507	Concrete floor		0.442	Governmental transfers
		-0.493	Years of schooling		0.411	Stove
		-0.485	Concrete wall			
0.453	Local consumption of livestock					
Total	60%	0.985		59%	0.983	

Escobilla showed higher loads in variables related to farming activities and natural capital compared to Ventanilla where the higher loads are in connectivity, physical and social capital. However, fishing practices appeared in both communities in the first dimensions, fishing is mostly of self-consumption.

Household resilience index

The index results show that most of the households in both communities get worse from 2013 to 2016 (Table 5). The magnitude of the negative change is statistically significantly different from one year to another, Escobilla decreases with a rate of 9% and Ventanilla with a rate of 12%. Although the rate of change does not appear to be server, households are losing the capacity to absorb stressors and shocks, their well-being is undermined overtime, therefore, their possibility to develop. Since their resources availability and

capabilities are shrinking, and then the provision of basic material, income, good social relations that integrate well-being (MEA, 2005). Furthermore, the contraction of households resources and capabilities could lead them susceptible to fall into poverty traps (Tittone, 2014). Most of the households in both communities are moving to an undesirable state of the system because their well-being is not been maintained or improve overtime (Figure 6).

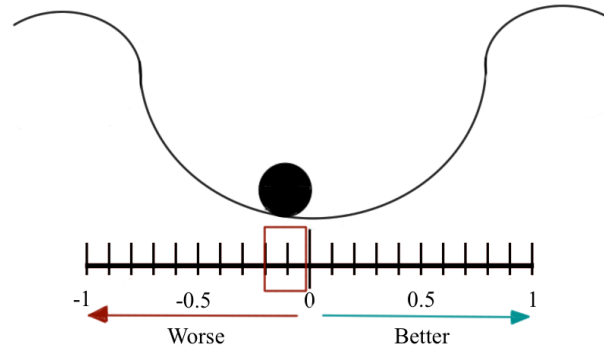


Figure 6. Resilience index values. Most of the households in both communities are moving to an undesirable state, they are getting worse.

Households can be seen as a social-ecological system that is always changing and it is proved here that it is not static since none of the households stay the same through time (Table 4). This can be seen as well in the reorganization analysis where the arrangement of variables that represent resources and capabilities change from one year to another and from one community to another.

Table 5. Household resilience index results.

Household Resilience Index	Escobilla	Ventanilla
Mean Index in each community	-9%*	-12%*
Min	-57%	-57%
Max	39%	27%
Standard deviation	0.223	0.196
% households get worse	68%	80%
% households stay the same	0%	0%
% households get better	32%	20%

*Statistically significant difference, 95% confidence

Discussion and conclusion

This work contributes to the translation of social-ecological resilience concept at household level to indicators, the understanding of the system dynamics, and the measurement of resilience taking into account an increase well-being, finally to empirically test the proposal in two cases studies.

The indicators examined here illustrate the strengths and weaknesses, and particularities of household's resilience. Both communities show a reduction in the variety of their income sources, they are leaving agriculture, this could lead to the social uprooting of beliefs, customs, and institutions (Balvanera and Cotler, 2009), which disrupt the community organization necessary to cope with disturbances. Livelihood diversification mitigates risk and it is a survival strategy in the context of declining resources (Marschke

and Berkes, 2006). Therefore, having fewer income sources could constrain households' options to persist in the face of stressors and shocks.

Moreover, household interactions inside and outside both communities are weakening. Community meeting strengthened the ties of the community and keep them informed. Close relationships among community residents form the basis for mutual and self-help, which allow the formation of networks (Uy, Takeuchi and Shaw, 2011). Undermined networks to solve problems it is a sign of losing trust and support between residents which have as a consequence that households do not work together (Uy, Takeuchi and Shaw, 2011) to self-organize in case of some disturbance. On the other hand, few relationships with non-governmental organizations and governmental organizations result in less external intervention to help them to reorganize (Eakin et al., 2012). Additionally, having strong relationships with organizations let communities influence decisions that can improve their general living conditions (Córdoba-Vargas and León-Sicard, 2013). Households in communities characterized by weak and ineffective leader tend to have a worse collaboration and cohesion between them, and their capacity to learn from past and to cope with the future threats is undermined (Schwarz et al., 2011).

Although the similarities between Escobilla and Ventanilla, such as losing persistence (diversity), and self-organization (connectivity and reliance on own resources). The declining indicators in Ventanilla are more related to social relationships outside and inside the community. Whereas in Escobilla, in addition to a reduction of social relationships, indicators are linked more with the abandonment of agriculture and a lower use of natural resources. This information matches with the CatPCA analysis where the higher loads are in farming and natural capital variables in Escobilla and Ventanilla shows higher loads in connectivity, physical and social capital.

The differences between communities could be explained by their economic activities, Escobilla has as a subsistence and economic purpose agriculture, livestock and services, and Ventanilla main sources of revenue are tourism and services related to tourism. Moreover, households in Ventanilla organize differently and because there are fewer households and most of them are part of an association, the way they respond and cooperate is different from Escobilla. Consequently, households in Ventanilla are more interconnected that increases the chance that if a disturbance is introduced, it has a higher potential to impact a greater proportion of households (Moore, Grewar and Cumming, 2015). Even though both communities experienced similar stressors and shocks during the same time –hurricane, swell, teachers strike, drought and unemployment– due to their particular system configuration the impact and response are different. In conclusion, not only the stressors and shocks communities coped with and still coping influence their resilience, but also internal household configuration, particularities shape their dynamic and the impact of those disturbances.

CatPCA was analyzed to understand household's dynamics by the arrangement, grouping, and load of variables. Nevertheless, both communities cope with similar stressors and shocks, and their natural conditions are alike, but how variables group together in both communities are different. Because the rules that dominate households'

behavior are constantly changing, the dynamic that shapes the future will rarely be the same as the one that shaped the past. Also because households are heterogeneous, those changes and rules will take different forms in different places and at different times (Clark et al., 2016). Therefore, CatPCA could be a tool to understand the system dynamics and reorganization, according to the rearrangement and interaction of variables between years and communities. Since the households respond differently depending on the moment in time, their conditions, their capabilities, the resources they own, and their needs. The households' conditions are changing, then the way they cope with stressors and shocks too. This analysis cannot give information about if that rearrangement is positive or negative to have a better outcome, or if it is a household strategy to cope better with stressors and shocks. However, CatPCA could be also a tool to identify critical variables and groups of variables as fishing practices that appear to have high loads in both communities in both times. Then the maintenance and management of those critical resources can increase the probability of desirable outcomes (Walker et al., 2006).

The index condenses the complexity of households into manageable and compact information giving information for research purpose, decision making and public communication (Suárez et al., 2016). It also could serve as an early-warning signal for critical transition, since if the rate of change is greater the system is closer to flip to another state, then the system is approaching a threshold. If the system is near to a threshold even a small perturbation can flip it to another state. However, it requires a long time series, and to monitor the system in the long term (Sheffer et al., 2009). Furthermore, the index is replicable since it systematically quantifies household resilience. However, caution must be exercised in summarizing complex processes with a simple metric (O'Connell et al., 2015) in an index.

This proposal could be a toolkit and a method to track the state of the system that helps community developers, leaders of the community or stakeholders to incorporate building resilience to activities within the normal working roles (Ross & Berkes, 2014). It also helps to orientate actions for adaptive management and policymaking. Since their indicators give information about the state of resilience attributes, but also it is dynamic and trackable through time.

References

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science (New York, N.Y.)*, *309*(5737), 1036–1039. <http://doi.org/10.1126/science.11112122>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, *8*(1), 7–20. Retrieved from <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2056/servlet/articulo?codigo=4536643&info=resumen&idioma=ENG>
- Baral, N., & Stern, M. J. (2011). Capital Stocks and Organizational Resilience in the Annapurna Conservation Area, Nepal. *Society & Natural Resources*, *24*(March

2015), 1011–1026. <http://doi.org/10.1080/08941920.2010.495372>

- Bergamini, N. ., Dunbar, W. ., Eyzaguirre, P. ., Ichikawa, K. ., Matsumoto, I. ., Mijatovic, D. ., ... Vernooy, R. (2014). *Toolkit for the indicators of resilience in socio-ecological production landscapes and seascapes*. UNU-IAS; Biodiversity International, Rome (Italy); IGES; UNDP. Retrieved from <http://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/toolkit-for-the-indicators-of-resilience-in-socio-ecological-production-landscapes-and-seascapes/>
- Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E. L., BurnSilver, S., Cundill, G., ... West, P. C. (2012). Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 421–448. <http://doi.org/10.1146/annurev-environ-051211-123836>
- Blythe, J. L. (2014). Resilience and social thresholds in small-scale fishing communities. *Sustainability Science*, 157–165. <http://doi.org/10.1007/s11625-014-0253-9>
- Cabell, J. F., & Oelofse, M. (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, 17(1). <http://doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
- Cardoso, M. B., Ladio, A. H., & Lozada, M. (2013). Fuelwood consumption patterns and resilience in two rural communities of the northwest Patagonian steppe , Argentina. *Journal of Arid Environments*, 98, 146–152. <http://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.09.013>
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765–781. <http://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Chambers, R., & Conway, G. (1992). Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts of the 21st Century. *Ids Discussion Paper*, 296(Brighton: Institute of Development Studies, University of Sussex), 29. <http://doi.org/ISBN 0 903715 58 9>
- Clark, W. C., Lebel, L., & Gallopin, G. (2016). Crafting Usable Knowledge for Sustainable Development Faculty Research Working Paper Series. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4845.2888>
- Consejo Nacional de Población (CONAPO) (2012). Conceptos y dimensiones de la marginación. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1755/1/images/01C apitulo.pdf>
- Córdoba-Vargas, C. A., & León-Sicard, T. E. (2013). RESILIENCIA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS ECOLÓGICOS Y CONVENCIONALES FRENTE A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ANOLAIMA (CUNDINAMARCA - COLOMBIA). *Agroecología*, 8(1), 21–32.
- DasGupta, R., & Shaw, R. (2015). An indicator based approach to assess coastal communities' resilience against climate related disasters in Indian Sundarbans. *Journal of Coastal Conservation*, 85–101. <http://doi.org/10.1007/s11852-014-0369-1>
- Davidson, J. L., van Putten, I. E., Leith, P., Nursey-Bray, M., Madin, E. M., & Holbrook,

- N. J. (2013). Toward operationalizing resilience concepts in Australian marine sectors coping with climate change. *Ecology and Society*, 18(3). <http://doi.org/10.5751/ES-05607-180304>
- Eakin, H., Benessaiah, K., Barrera, J. F., Cruz-Bello, G. M., & Morales, H. (2012). Livelihoods and landscapes at the threshold of change: Disaster and resilience in a Chiapas coffee community. *Regional Environmental Change*, 12(3), 475–488. <http://doi.org/10.1007/s10113-011-0263-4>
- Eklblom, A. (2012). Livelihood security, vulnerability and resilience: A historical analysis of Chibuene, Southern Mozambique. *Ambio*, 41(5), 479–489. <http://doi.org/10.1007/s13280-012-0286-1>
- Ellis, F. (2000) Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries. United States: Oxford University Press.
- FAO. (2013). *Resilient livelihoods, disaster risk reduction for food and nutrition security*.
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), 390–405. <http://doi.org/10.1007/s10021-00>
- Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable (IEEDS). (2012). Conozcamos nuestro manglar. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de: <http://www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/sites/www.ecologiaysustentabilidad.oaxaca.gob.mx/misc/humedales/Manglares.pdf>
- IPCC. (2014). Summary for Policy Makers. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report*, 1–32. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2009.11.012>
- IUCN. (2014). *A Guiding Toolkit for Increasing Climate Change Resilience*.
- Kerner, D. A.; S. J. Thomas. Resilience Attributes of Social-Ecological Systems: Framing Metrics for Management. *Resources* 2014, 3, 672-702. <https://doi.org/10.3390/resources3040672>
- Kotzee, I., & Reyers, B. (2016). Piloting a social-ecological index for measuring flood resilience: A composite index approach. *Ecological Indicators*, 60, 45–53. <http://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.018>
- Marschke, M. J., & Berkes, F. (2006). Exploring Strategies that Build Livelihood Resilience : a Case from, 11(1).
- Moore C.; J. Grewar; G. Cumming. Quantifying network resilience: comparison before and after a major perturbation shows strengths and limitations of networks metrics. *Journal of Applied Ecology* 2015, 1-10. <http://doi:10.1111/1365-2664.12486>
- Moshy, V.; I. Bryceson; R. Mwaipopo. Social-ecological Changes, Livelihoods and Resilience Among Fishing Communities in Mafia Island Marine Park, Tanzania. *Forum for Development Studies* 2015 42(3), 529-553.
- O 'Connell, D., Walker, B., Abel, N., Grigg, N., Cowie, A., Durón, G., & Csiro, A.

- (2015). An introduction to the Resilience, Adaptation Pathways and Transformation Assessment (RAPTA) Framework, (June), 1–17.
- Plummer, R., & Armitage, D. (2007). A resilience-based framework for evaluating adaptive co-management: Linking ecology, economics and society in a complex world. *Ecological Economics*, *61*(1), 62–74. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.09.025>
- Polanco-echeverry, D. N., Álvarez-salas, L. M., & Ríos-osorio, L. A. (2015). Proposed Methodology for Research Into the Sociological Resilience of Agrecosystems. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *18*, 207–219.
- Quaranta, G., & Salvia, R. (2014). An Index to measure rural diversity in the lighth of rural resilience and rural development debate. *European Countryside*, *2*(JUNE), 161–178. <http://doi.org/10.2478/euco-2014-0009>
- Resilience Alliance. Assessing and Managing Resilience in Social-Ecological Systems: A Practitioners Workbook. 2007. Available online: https://www.resalliance.org/index.php/resilience_assessment (accessed on 19 July 2019).
- Resilience Alliance. Assessing resilience in social-ecological systems: Workbook for Practitioners. 2010. Available online: <http://www.resalliance.org/3871.php> (accessed on 19 July 2019).
- Ross H.; F. Berkes. Research Approaches for Understanding, Enhancing, and Monitoring Community Resilience. *Society & Natural Resources* **2014**, *27*(8), 787-804. <https://doi.org/10.1080/08941920.2014.905668>
- Salvia, R., & Quaranta, G. (2015). Adaptive Cycle as a Tool to Select Resilient Patterns of Rural Development, 11114–11138. <http://doi.org/10.3390/su70811114>
- Saxena, A., Guneralp, B., Bailis, R., Yohe, G., & Oliver, C. (2016). Evaluating the resilience of forest dependent communities in Central India by combining the sustainable livelihoods framework and the cross scale resilience analysis. *Current Science*, *110*(7), 1195–1207.
- Schwarz, a-M., Bene, C., Bennett, G., Boso, D., Hilly, Z., Paul, C., ... Andrew, N. (2011). Vulnerability and resilience of remote rural communities to shocks and global changes: Empirical analysis from Solomon Islands. *Global Environmental Change*, *21*(3), 13. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.011>
- Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL). (2010). Catálogo de localidades. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=1oc&ent=20&mun=439>
- Sok, S., & Yu, X. (2016). Adaptation , resilience and sustainable livelihoods in the communities of the Lower Mekong Basin , Cambodia, 627(January). <http://doi.org/10.1080/07900627.2015.1012659>

- Speranza, C. I., Wiesmann, U., & Rist, S. (2014). An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social – ecological dynamics. *Global Environmental Change*, 28, 109–119. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.005>
- Suárez, M.; Gómez-Baggethun, E.; Benayas, J.; Tilbury, D. Towards an Urban Resilience Index: A Case Study in 50 Spanish Cities. *Sustainability* **2016**, 8, 1-19. <https://doi.org/10.3390/su8080774>
- Stockholm Resilience Centre (2014). What is Resilience?. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-02-19-what-is-resilience.html>
- Thulstrup, A. W. (2015). Livelihood Resilience and Adaptive Capacity: Tracing Changes in Household Access to Capital in Central Vietnam. *World Development*, 74, 352–362. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.019>
- Tittonell, P. (2014). Livelihood strategies , resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 126, 3–14. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2013.10.010>
- Tyler, S., & Moench, M. (2016). A framework for urban climate resilience, 5529(April). <http://doi.org/10.1080/17565529.2012.745389>
- UNDP. (2013). *Community Based Resilience Assessment (CoBRA) Conceptual Framework and Methodology*.
- Uy, N., Takeuchi, Y., & Shaw, R. (2011). Local adaptation for livelihood resilience in Albay, Philippines. *Environmental Hazards*, 10(2), 139–153. <http://doi.org/10.1080/17477891.2011.579338>
- Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems. *Ecology And Society*, 11(1), 13. [http://doi.org/\[online\]](http://doi.org/[online]) URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience , Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5. <http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.258101>
- Wang, S. H., Huang, S. L., & Budd, W. W. (2012). Resilience analysis of the interaction of between typhoons and land use change. *Landscape and Urban Planning*, 106(4), 303–315. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.04.002>
- Wilson, S., Pearson, L. J., Kashima, Y., Lusher, D., & Pearson, C. (2013). Separating adaptive maintenance (Resilience) and transformative capacity of social-ecological systems. *Ecology and Society*, 18(1). <http://doi.org/10.5751/ES-05100-180122>

DISCUSIÓN

De acuerdo con la revisión bibliográfica que se llevó a cabo se identificaron los siguientes puntos de la propuesta de operacionalización y medición de la resiliencia. Primero, se operacionalizó y midió la absorción del disturbio que es de los conceptos más estudiados en la literatura. La absorción es la característica teórica central de la resiliencia que la define, sin embargo, en este estudio también se abordó la reorganización. La propuesta favorece al subsistema social dado que la escala del estudio es a nivel hogar y gran parte de la construcción de los indicadores fue con base en el marco teórico de medios de vida. Sin embargo, se incluyó al subsistema ambiental al relacionar el uso de los recursos naturales por los hogares y en algunas variables del indicador de diversidad. Las zonas de estudio seleccionadas coinciden con la tendencia de las prioridades de estudio que se han establecido ya que son comunidades costeras, rurales y pobres. Se aportó al entendimiento de la complejidad del sistema, a establecer una línea base y a su monitoreo a través del tiempo. Por lo tanto, se estudió la resiliencia desde un enfoque de sistema complejo, donde el sistema cambia en tiempo y espacio. Uno de los puntos de los cuales carece el trabajo es determinar y evaluar interacciones de variables y múltiples umbrales en el sistema socioecológico.

Al identificar la variedad e importancia de los estresores y *shocks* a los que se enfrenta el sistema se observó que la percepción del hogar depende de sus circunstancias particulares, que la delimitación de los efectos es compleja ya que diferentes disturbios afectan a las mismas variables y además los disturbios interactúan en tiempo y espacio. Con relación a la capacidad adaptativa se vio que los hogares tienen respuestas tanto reactivas como adaptativas que conllevan un aprendizaje; estas respuestas también depende de las circunstancias de los hogares. Además, este análisis ayudó a determinar abordar resiliencia general, porque se observó que el huracán si bien afecta ampliamente al hogar y la comunidad, realmente no es el disturbio que los hogares consideran más importante y se enfrentan al mismo tiempo a un conjunto de múltiples estresores y *shocks* y, por lo tanto, se buscaría que pudieran construir la capacidad para adaptarse o transformarse en respuesta a estos disturbios, a nuevos y desconocidos (Folke, 2016). Asimismo, se pretendía desarrollar una herramienta que sirviera para la toma de decisiones y monitoreo de resiliencia sin optimizar elementos del sistema. Otro punto importante que se reconoció fue la creación de conocimiento en conjunto con la comunidad, lo cual es necesario para conceptualizar un sistema y sus disturbios.

Para poder hacer un mejor análisis de la resiliencia de los hogares un segundo paso sería medir resiliencia específica. Por ejemplo, en Ventanilla se seleccionaría estudiar el huracán ya que es el disturbio que consideraron les afectó más y las variables estarían relacionadas a su actividad económica principal que es el turismo. Para Escobilla los estresores, como es la falta de empleo y la condición de sequedad, son los disturbios que más les afectan y las variables a considerar tendrían relación con la producción de cultivos. Esto para poder calcular qué tan lejos está el estado actual del sistema de un umbral y cuánto está cambiando el sistema por el disturbio (Walker & Salt, 2012).

Se estudió resiliencia general del sistema socioecológico con indicadores que son atributos de resiliencia a nivel hogar bajo el marco teórico de medios de vida y los principios de Biggs et al. (2012). La conjugación de estos conceptos se complementa porque el marco de medios de vida ayuda a entender cómo los hogares utilizan el *stock* de capitales directamente o indirectamente para su supervivencia y sostener su bienestar a diferentes niveles (Ellis, 2000). Mientras que los principios de Biggs et al. (2012) están basados en la habilidad de mejorar resiliencia de los servicios ecosistémicos críticos para el bienestar humano al enfrentar disturbios. Hasta ahorita a nivel hogar hay algunos trabajos que miden resiliencia con el marco de medios de vida. Estos se basan principalmente en las estrategias del hogar para enfrentar disturbios (Eakin et al., 2012; Saxena et al., 2016) o en el grado al cual los hogares tienen acceso a los capitales (Sok & Yu, 2015; Uy et al., 2011). Por otro lado, muy pocas mediciones de resiliencia socioecológica, sólo 6%, se basan en el marco de los principios de Biggs et al. (2012). Por lo tanto, este trabajo aportando a la comprensión de cómo los principios en conjunto con los medios de vida pueden ser operacionalizados, medidos y aplicados en hogares rurales. Sin embargo, en específico fue especialmente desafiante usar los principios a nivel hogar ya que son interdependientes y no se tuvo la información suficiente para poder medirlos todos.

En la literatura se encontró que sólo el 16% miden resiliencia socioecológica a través de un índice, de estos la mayoría lo hace a nivel municipal o escalas mayores. Los índices que hay a nivel hogar, por ejemplo, el de Avila-Foucat y Martínez (2018), mide resiliencia a través de la percepción de impacto del huracán a los hogares o como Quaranta y Salvia (2014) que hace un índice de diversidad rural. En contraste, el índice propuesto trabaja con varios atributos de resiliencia, lo que da un mayor rango de evaluación del sistema y no sólo con una característica, como diversidad o con la percepción de los impactos. Con los indicadores propuestos se pudo rastrear el cambio en el tiempo de los hogares, sus fortalezas, debilidades y particularidades, es fácil de comunicar y así guiar al sistema a estados favorables. Además, el índice podría funcionar como una señal de alarma ya que a mayor tasa de cambio del hogar mayor podría ser la probabilidad de perder resiliencia al cruzar un umbral. Otra aportación es que es dinámico, considera la línea base y el cambio temporal, algo que no hacen otros índices. Por último, la medición incorporó el mantenimiento del bienestar, dado que estudiamos hogares pobres rurales donde no se fomenten estados desfavorables del sistema.

Otro punto importante de la dinámica del sistema que se pudo analizar fue el ciclo adaptativo, si bien no fue a profundidad y no estaba dentro del objetivo, se vio que los hogares están perdiendo diversidad en sus fuentes de ingreso, en las organizaciones con las que se relacionan y en sus cultivos. Lo que nos dice que el sistema se está especializando, en este caso están dejando la agricultura principalmente y se están enfocando a otra actividad económica. Lo anterior podría poner al sistema en riesgo ya que están perdiendo flexibilidad y se están volviendo más sensibles a *shocks* y estresores, encontrándose en la fase K del ciclo adaptativo (Figura 1). Sin embargo, sólo sería una característica del sistema que fomenta resiliencia. Este fase del ciclo adaptativo, rigidez

del sistema, se relaciona también con la metáfora de la pelota en el paisaje de estabilidad que es la profundidad de la cuenca, es decir, su resistencia.

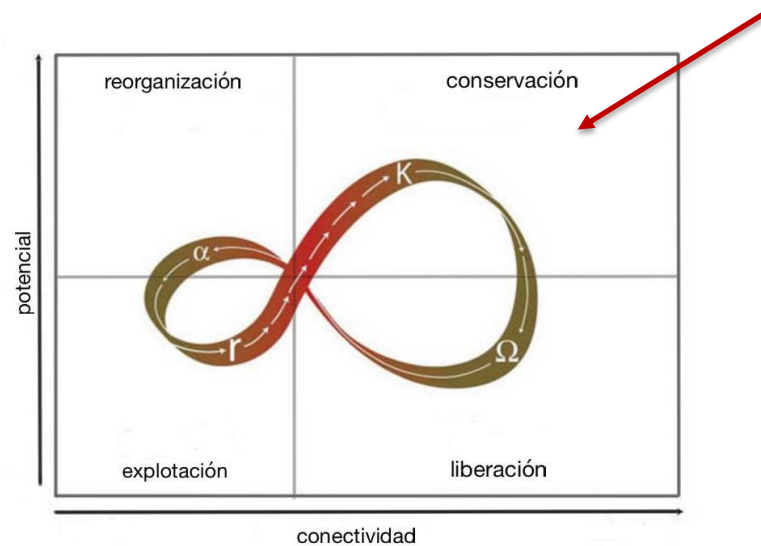


Figura 1. Ciclo adaptativo complejo. Fuente: Holling, 2001

CONCLUSIÓN

En este trabajo se propone una forma de operacionalizar, analizar y medir resiliencia socioecológica a nivel hogar y su posterior aplicación empírica para probarlo en los hogares de Escobilla y Ventanilla en Oaxaca. Para esto se llevó a cabo primero una revisión bibliográfica para definir las variables y métodos a utilizar y los vacíos en la literatura. Después se identificaron la variedad, importancia y efectos de los estresores y *shocks* que enfrentan las comunidades de Escobilla y Ventanilla, como paso para analizar resiliencia general en el estudio. Por último, se hizo una propuesta de índice para operacionalizar y medir resiliencia socioecológica general a nivel hogar y se aplicó en Escobilla y Ventanilla.

La revisión bibliográfica muestra que la resiliencia socioecológica ha sido operacionalizada usando el concepto de adaptabilidad y absorción del disturbio. Además la diversidad y conectividad son los principios de Biggs et al. (2012) que han sido más estudiados. El cambio climático en regiones costeras rurales es el estresor que ha sido más estudiado y la dimensión humana la más abordada. La interacción las variables del sistema, su retroalimentación y sus umbrales son raramente medidos. La mayoría aborda atributos del sistema usando indicadores en vez de analizar relaciones causales con un modelo. Contestar la preguntas de para qué es la resiliencia es importante para definir el sistema y el método para analizar resiliencia. Por lo tanto, todavía quedan vacíos en la literatura, como el análisis de resiliencia desde el enfoque de sistemas complejos, la determinación de umbrales y medir todos los principios de Biggs et al. (2012).

En la segunda parte de la investigación se encontró que la delimitación empírica entre estresores y *shocks* y la determinación de los efectos de estos sobre una variable es complejo. Además, se vio que este tipo de comunidades rurales, pobres, costeras, además, de ser prioritarias por encontrarse en alto riesgo por los impactos del cambio climático, están en enfrentando constantes estresores y *shocks*, lo que las podría hacer caer en trampas de pobreza. Por lo tanto, es importante considerar su monitoreo y desarrollo de herramientas para el fortalecimiento de su resiliencia con un bienestar creciente.

La propuesta teórico metodológica nos dio información de las fortalezas, debilidades y particularidades de cada comunidad. Además, nos muestra que la mayoría de los hogares en las dos comunidades están perdiendo la capacidad de absorber estresores y *shocks* y su bienestar está siendo afectado negativamente. Si bien es un porcentaje pequeño de cambio es significativo y podrían estar acercándose a un umbral donde las comunidades estén un estado desfavorable. Por lo tanto, junto con lo que se vio en el capítulo anterior, es primordial desarrollar políticas en estas comunidades que fomenten su resiliencia y bienestar. Para esto se recomendaría considerar resiliencia general, primero, porque se enfrentan a varios estresores y *shocks* al mismo tiempo, porque se pretende fortalecer su resiliencia y además para poder ser reproducibles en áreas de estudio parecidas. De acuerdo con las debilidades y fortalezas que se deberían fomentar en las comunidades se observó que están perdiendo diversidad y auto-organización, por consiguiente, son de las características donde se debería poner más atención ya que son primordiales para su desarrollo y para hacer frente a *shocks* y estresores.

REFERENCIAS

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science (New York, N.Y.)*, *309*(5737), 1036–1039. <http://doi.org/10.1126/science.1112122>
- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, *100*(4), 341–343. <http://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Anderies, J. M., Janssen, M. A., & Ostrom, E. (2004). A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*, *9*(1), 18. <http://doi.org/18>
- Anderies, J. M., Walker, B. H., & Kinzig, A. P. (2006). Fifteen Weddings and a Funeral: Case Studies and Resilience-based Management. *Ecology and Society*, *11*(1), 21. <http://doi.org/21>
- Avila-Foucat & Martínez (2018). Households' Resilience to Hurricanes in Coastal Communities of Oaxaca, Mexico. *Society & Natural Resources*, *3* (1)7, 807-821
- Baral, N., & Stern, M. J. (2011). Capital Stocks and Organizational Resilience in the Annapurna Conservation Area, Nepal. *Society & Natural Resources*, *24*(March 2015), 1011–1026. <http://doi.org/10.1080/08941920.2010.495372>

- Bennett, E. M., Cumming, G. S., & Peterson, G. D. (2005). A Systems Model Approach to Determining Resilience Surrogates for Case Studies. *Ecosystems*, 8(8), 945–957. <http://doi.org/10.1007/s10021-005-0141-3>
- Berkes, F., & Ross, H. (2012). Community Resilience: Toward an Integrated Approach. *Society & Natural Resources*, 26(1), 5–20. <http://doi.org/10.1080/08941920.2012.736605>
- Biggs, R., Schlüter, M., Biggs, D., Bohensky, E. L., BurnSilver, S., Cundill, G., ... West, P. C. (2012). Toward Principles for Enhancing the Resilience of Ecosystem Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), 421–448. <http://doi.org/10.1146/annurev-environ-051211-123836>
- Binder, C. R., Hinkel, J., Bots, P. W. G., & Pahl-Wostl, C. (2013). Comparison of frameworks for analyzing social-ecological systems. *Ecology and Society*. <http://doi.org/10.5751/ES-05551-180426>
- Brand, F. (2009). Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics*, 68(3), 605–612. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.013>
- Brand, F. S., & Jax, K. (2007). Focusing the meaning(s) of resilience: Resilience as a descriptive concept and a boundary object. *Ecology and Society*, 12(1), 23. <http://doi.org/23>
- Cabell, J. F., & Oelofse, M. (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem resilience. *Ecology and Society*, 17(1). <http://doi.org/10.5751/ES-04666-170118>
- Carpenter, S. R., Mooney, H. A., Agard, J., Capistrano, D., Defries, R. S., Díaz, S., ... Whyte, A. (2009). Science for managing ecosystem services: Beyond the Millennium Ecosystem Assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(5), 1305–1312. <http://doi.org/10.1073/pnas.0808772106>
- Carpenter, S. R., Westley, F., & Turner, M. G. (2005). Surrogates for Resilience of Social-Ecological Systems. *Ecosystems*, 8(8), 941–944. <http://doi.org/10.1007/s10021-005-0170-y>
- Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J. M., & Abel, N. (2001). From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems*, 4(8), 765–781. <http://doi.org/10.1007/s10021-001-0045-9>
- Chambers, R., & Conway, G. (1992). Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts of the 21st Century. *Ids Discussion Paper*, 296(Brighton: Institute of Development Studies, University of Sussex), 29. <http://doi.org/ISBN 0 903715 58 9>
- Clark, W. C., Lebel, L., & Gallopin, G. (2016). Crafting Usable Knowledge for Sustainable Development Faculty Research Working Paper Series. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4845.2888>
- Constas, M. A., Frankenberger, T. R., Hoddinott, J., Mock, N., Romano, D., Béné, C., & Maxwell, D. (2014). A common analytical model for resilience measurement;

Causal Framework and Methodological Options. Resilience Measurement Technical Working Group. Technical Series No. 2. Food Security Information Network., (2), 46. Retrieved from [http://www.fsincop.net/fileadmin/user_upload/fsin/docs/resources/FSIN_Paper2_WEB_1dic \(WEB\).pdf](http://www.fsincop.net/fileadmin/user_upload/fsin/docs/resources/FSIN_Paper2_WEB_1dic (WEB).pdf)

- Cumming, G. S. (2013). *Spatial Resilience in Social-Ecological Systems*. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Journal of Homeland Security and Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions *. *Journal Of Homeland Security And Emergency Management*, 7(1). <http://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>
- Davidson, J. L., Jacobson, C., Lyth, A., Dedekorkut-Howes, A., Baldwin, C. L., Ellison, J. C., ... Smith, T. F. (2016). Interrogating resilience: Toward a typology to improve its operationalization. *Ecology and Society*, 21(2). <http://doi.org/10.5751/ES-08450-210227>
- Davidson, J. L., van Putten, I. E., Leith, P., Nursey-Bray, M., Madin, E. M., & Holbrook, N. J. (2013). Toward operationalizing resilience concepts in Australian marine sectors coping with climate change. *Ecology and Society*, 18(3). <http://doi.org/10.5751/ES-05607-180304>
- Eakin, H., Benessaiah, K., Barrera, J. F., Cruz-Bello, G. M., & Morales, H. (2012). Livelihoods and landscapes at the threshold of change: Disaster and resilience in a Chiapas coffee community. *Regional Environmental Change*, 12(3), 475–488. <http://doi.org/10.1007/s10113-011-0263-4>
- Ellis, F. (2000) *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*. United States: Oxford University Press.
- FAO. (2013). *Resilient livelihoods, disaster risk reduction for food and nutrition security*.
- FAO. (2016). *RIMA-II: Resilience Index Measurement and Analysis Model*.
- Fischer, J., Gardner, T. A., Bennett, E. M., Balvanera, P., Biggs, R., Carpenter, S., ... Tenhunen, J. (2015). Advancing sustainability through mainstreaming a social-ecological systems perspective. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 144–149. <http://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.002>
- Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16(3), 253–267. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002>
- Folke, C. (2007). Social-ecological systems and adaptive governance of the commons. *Ecological Research*, 22(1), 14–15. <http://doi.org/10.1007/s11284-006-0074-0>
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, C. S., & Walker, B. (2002). Resilience and sustainable development: building adaptive capacity in a

- world of transformations. *Ambio*, 31(5), 437–440. [http://doi.org/10.1639/0044-7447\(2002\)031\[0437:RASDBA\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1639/0044-7447(2002)031[0437:RASDBA]2.0.CO;2)
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., & Chapin, T. (2010). Resilience Thinking : Integrating Resilience , Adaptability and, 15(4).
- Holling, C. S. (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5), 390–405. <http://doi.org/10.1007/s10021-00>
- Holling, C. S., & Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.
- IPCC. (2014). Summary for Policy Makers. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report*, 1–32. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2009.11.012>
- IUCN. (2014). *A Guiding Toolkit for Increasing Climate Change Resilience*.
- Kates, R. W., & Parris, T. M. (2003). Long-term trends and a sustainability transition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8062–8067. <http://doi.org/10.1073/pnas.1231331100>
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S. R., Folke, C., Alberti, M., Redman, C. L., ... Provencher, W. (2007). Coupled human and natural systems. *Ambio*, 36(8), 639–649. [http://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[639:CHANS\]2.0.CO;2](http://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[639:CHANS]2.0.CO;2)
- Marschke, M. J., & Berkes, F. (2006). Exploring Strategies that Build Livelihood Resilience : a Case from, 11(1).
- Nelson, D. R., Adger, W. N., & Brown, K. (2007). Adaptation to Environmental Change: Contributions of a Resilience Framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 32(1), 395–419. <http://doi.org/10.1146/annurev.energy.32.051807.090348>
- O 'Connell, D., Walker, B., Abel, N., Grigg, N., Cowie, A., Durón, G., & Csiro, A. (2015). An introduction to the Resilience, Adaptation Pathways and Transformation Assessment (RAPTA) Framework, (June), 1–17.
- Olsson, P., Galaz, V., & Boonstra, W. J. (2014). Sustainability transformations: A resilience perspective. *Ecology and Society*, 19(4). <http://doi.org/10.5751/ES-06799-190401>
- Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science, New Series*, 325(5939), 419–422. <http://doi.org/10.1126/science.1172133>
- Quaranta, G., & Salvia, R. (2014). An Index to measure rural diversity in the lighth of rural resilience and rural development debate. *European Countryside*, 2(JUNE), 161–178. <http://doi.org/10.2478/euco-2014-0009>
- Redman, C. L. (2014). Should sustainability and resilience be combined or remain distinct pursuits? *Ecology and Society*, 19(2). <http://doi.org/10.5751/ES-06390-190237>

- Santos-Prado, D., Seixas, C. S., & Berkes, F. (2015). Looking back and looking forward: Exploring livelihood change and resilience building in a Brazilian coastal community. *Ocean & Coastal Management*, *113*, 29–37. <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.05.018>
- Saxena, A., Guneralp, B., Bailis, R., Yohe, G., & Oliver, C. (2016). Evaluating the resilience of forest dependent communities in Central India by combining the sustainable livelihoods framework and the cross scale resilience analysis. *Current Science*, *110*(7), 1195–1207.
- Scholz, R. W., & Binder, C. R. (2003). The Paradigm of Human-Environment Systems. *Working Paper 37. Natural and Social Science Interface*, (April).
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, *16*(3), 282–292. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Sok, S., & Yu, X. (2016). Adaptation , resilience and sustainable livelihoods in the communities of the Lower Mekong Basin , Cambodia, 627(January). <http://doi.org/10.1080/07900627.2015.1012659>
- Speranza, C. I., Wiesmann, U., & Rist, S. (2014). An indicator framework for assessing livelihood resilience in the context of social – ecological dynamics. *Global Environmental Change*, *28*, 109–119. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.005>
- Stockholm Resilience Centre (2014). What is Resilience?. Recuperado el 6 de noviembre de 2015, de <http://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-02-19-what-is-resilience.html>
- The Resilience Alliance. (2010). Assessing resilience in social-ecological systems: A scientists workbook. *Available Online [http://www.resalliance.org/3871.php]*.
- Thiel, A., Adamseged, M. E., & Baake, C. (2015). Evaluating an instrument for institutional crafting: How Ostrom’s social–ecological systems framework is applied. *Environmental Science & Policy*, *53*, 152–164. <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.020>
- Thulstrup, A. W. (2015). Livelihood Resilience and Adaptive Capacity: Tracing Changes in Household Access to Capital in Central Vietnam. *World Development*, *74*, 352–362. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.05.019>
- Uy, N., Takeuchi, Y., & Shaw, R. (2011). Local adaptation for livelihood resilience in Albay, Philippines. *Environmental Hazards*, *10*(2), 139–153. <http://doi.org/10.1080/17477891.2011.579338>
- Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems. *Ecology And Society*, *11*(1), 13. [http://doi.org/\[online\]](http://doi.org/[online]) URL:<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>

- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience , Adaptability and Transformability in Social – ecological Systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5. <http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.95.258101>
- Young, O. R., Berkhout, F., Gallopin, G. C., Janssen, M. a., Ostrom, E., & van der Leeuw, S. (2006). The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. *Global Environmental Change*, 16(3), 304–316. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.004>
- Zurlini, G., Petrosillo, I., & Cataldi, M. (2008). Socioecological Systems. *Elsevier*.