

Resilient productions for the permanence and transformation of small-scale agricultural producers in Ixtlahuaca, Mexico

Liliana Huitrón Gutiérrez¹

Luis Brunett Pérez^{1*}

León Gildardo Velázquez Beltrán²

Julieta Gertrudis Estrada Flores¹

Paula Macarena Toro Mujica³

Abstract

Climate change continuously affects the agricultural system, primarily impacting small-scale productions (SSPs), as they depend mainly on natural resources for production. They constantly experience environmental, social, and economic disturbances. Therefore, it is essential to understand the response of small-scale producers to these disturbances. This work aims to determine the resilience capacity of SSPs in Ixtlahuaca, State of Mexico, by analyzing 70 SSPs in constant exposure using a composite resilience indicator. The disturbances that have the most significant impact are unemployment and drought. As a result, four resilience levels were identified based on the employed strategies. The majority of productions belong to those with the capacity for persistence (41, 59 %), followed by those in the process of adaptation (18, 26 %), transformation occurring to a lesser degree (8, 11 %), and those without resilience (3, 4 %). In conclusion, resilience provides a variety of strategies to deal with uncertainty through decision-making, the presence of which is essential.

Keywords: Socioecological strategies, disturbances, permanence, adaptability, transformation.

Producciones resilientes para la permanencia y transformación de los pequeños productores agropecuarios de Ixtlahuaca, México

Resumen

El cambio climático afecta continuamente al sistema agropecuario, impactando principalmente a las producciones en pequeña escala (PPE), debido a que, dependen principalmente de los recursos naturales para producir. Continúan sufriendo perturbaciones ambientales, sociales y económicas. Por ello, es importante conocer ¿cuál es la respuesta de los productores de pequeña escala ante las perturbaciones? Siendo el objetivo del trabajo determinar la capacidad de resiliencia de PPE de Ixtlahuaca, Estado de México. Analizando 70 PPE en constante exposición mediante un indicador compuesto para resiliencia. Las perturbaciones que mayor afectan son el desempleo y la sequía. Como resultado se obtuvieron cuatro niveles de resiliencia establecidos por las estrategias empleadas. Obteniendo como resultado que la mayoría de las producciones pertenecen a la capacidad de permanencia = 41 (59 %), seguidas de las que se encuentran en proceso de adaptación = 18 (26 %), la transformación se presenta en menor grado = 8 (11 %) y las que no presentan resiliencia = 3 (4 %). En conclusión, la resiliencia brinda diversidad de estrategias para lidiar con la incertidumbre mediante la toma de decisiones cuya presencia es clave.

Palabras clave: Estrategias socioecológicas, perturbaciones, permanencia, adaptabilidad, transformación.

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales, Instituto Literario núm. 100, C. P. 50000 Col. Centro, Toluca Estado de México.

²Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, El Cerrillo Piedras Blancas, D/C, C. P. 50280. Toluca Estado de México.

³Universidad de O'Higgins, Instituto de Ciencias Agroalimentarias Animales y Ambientales (ICA3). C. P. 3070000, San Fernando, Chile.

*Corresponding author: lbrunett@uaemex.mx Tel: 7222965552 Ext. 135, <https://orcid.org/0000-0002-3369-5617>

Received: February 24, 2023

Accepted: March 22, 2023

Introduction

The increasing likelihood of more intense extreme weather events demands the continuous adaptability and resilience of the agricultural system to mitigate the impacts of climate change and ensure food production (Beitnes et al., 2022). Globally, small-scale agricultural productions (SSPs) face an increasing probability of climate variations, which affect 30% of agricultural productivity and disrupt over 500 million small-scale productions worldwide (Dinesh et al., 2021). Therefore, small-scale agricultural producers (SAPs) need to be capable of adapting to a changing environment, coping with and buffering the effects of external disruptions to change and transform their production constraints (Folke et al., 2010; Le Goff et al., 2022).

There are more than 4,650,783 agricultural production units in Mexico, with 81 % classified as small-scale, providing food for 80 % of the national population (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022). The State of Mexico has 323,915 agricultural production units (INEGI, 2022). However, due to land use changes and polarization, the productive land has been reduced. In the central part of the country, the average production area is around 2 ha, compared to the national average of 6 ha. Additionally, water resources have decreased in both quantity and quality, leading to an increased reliance on stored and treated waters for production processes (INEGI, 2022).

Small-scale agricultural productions (SSPs) primarily rely on the interactions between social and environmental factors for their production. In other words, it highlights the importance of socioecological management in understanding the resilience between humans and nature (Chuang et al., 2018). Socioecological systems and resilience offer conceptual and methodological frameworks that facilitate the comprehensive study of risks and disturbances faced by small-scale agricultural producers (SAPs) on a regular basis (Beitnes et al., 2022).

SSPs continuously face social, financial, productive, and environmental adversities, both locally and internationally. However, they continue to produce food and remain a significant sector in the rural landscape (Rathi, 2022). Therefore, the discussion surrounding the permanence of SAPs revolves around answering the following questions: *How are SAPs*

Introducción

La creciente probabilidad de eventos climáticos extremos con mayor intensidad demanda que el sistema agropecuario sea continuamente adaptable y resiliente para reducir los estragos derivados del cambio climático, para asegurar la producción de alimentos (Beitnes et al., 2022). A nivel mundial las pequeñas producciones agropecuarias (PPE) enfrentan una creciente probabilidad de cambios en el clima, afectando un 30 % de la productividad agropecuaria, perturbando a más de 500 millones de pequeñas producciones en el mundo (Dinesh et al., 2021). Por ello, los productores agropecuarios de pequeña escala (PPA) deben ser capaces de adaptarse a un entorno cambiante, afrontando y amortiguando los efectos derivados de perturbaciones externas, con el fin de, cambiar y transformar sus limitantes productivas (Folke et al., 2010; Le Goff et al., 2022).

En México hay más de 4 650 783 de unidades de producción agropecuarias y el 81 % son de pequeña escala, alimentan al 80 % de la población nacional (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022). El Estado de México tiene 323 915 con giro agropecuario (INEGI, 2022). Debido a la polarización y al cambio de uso de suelo han reducido la cantidad de tierra productiva, en el centro del país se produce en una extensión promedio de 2 ha, a diferencia de la media nacional de 6 ha, los recursos hídricos han disminuido en cantidad y calidad, aumentando el uso de aguas contenidas y tratadas en los procesos productivos (INEGI, 2022).

Las producciones agropecuarias en pequeña escala (PPE) derivan su producción principalmente de las interacciones entre factores sociales y ambientales. Es decir, del manejo socioecológico cuyo entendimiento es clave para comprender la resiliencia entre seres humanos y la naturaleza (Chuang et al., 2018). Los sistemas socioecológicos y la resiliencia son marcos conceptuales y metodológicos que permiten el estudio integral de los riesgos y perturbaciones que se enfrentan cotidianamente los PPA (Beitnes et al., 2022).

Las PPE, enfrentan continuamente adversidades, sociales, económicas, productivas y ambientales, con origen local e internacional, sin embargo, continúan produciendo alimentos y permanecen siendo un sector importante en el escenario rural (Rathi, 2022). Por

responding to social, economic, and environmental disturbances? What enables SAPs to persist, adapt, and transform in the rural environment?

The response has primarily focused on resilience. Defined by its characteristics as “first, the amount of change or transformation that a complex system can withstand while maintaining the same functional and structural properties; second, the degree to which the system is capable of self-organization; and third, the ability of the complex system to develop and increase its capacity to learn, innovate, and adapt” (Berkes et al., 2003). Various authors have divided resilience into three levels based on its reconstructive and transformative functions: *permanence capacity (NP)*, *adaptive capacity (NA)*, and *transformative capacity (NT)* (Walker et al., 2004; Folke, 2016; Meuwissen et al., 2019; Jones et al., 2022; Slijper et al., 2022). The first level is the capacity for permanence, also known as robustness, coping capacity, or persistence. The second level is the adaptive or buffering capacity, and the last is the transformative capacity (Folke, 2016; Meuwissen et al., 2019; Slijper et al., 2022). Understanding capacity as the ability to “identify opportunities, implement measures, mobilize resources, and learn constructively and reflectively” (Beitnes et al., 2022, p. 147) is not a random or automatic response. Permanence stabilizes productions, while the other two levels destabilize them, representing a high risk for SAPs (Jones et al., 2022; Slijper et al., 2022).

According to Folke (2016), permanence is the capacity to withstand impacts and return to its original state following an adverse effect or disturbance, absorbing the consequences and minimizing risks. Together with flexibility, it is essential for building a resilient system in a changing world and providing stability (Folke et al., 2010; Beitnes et al., 2022). The level of coping varies depending on the maturity, experience, and opportunities available to decision-makers (Fleming, 2018). The ongoing management of disturbances within a short timeframe consumes energy and resources, complicating the system's transition to the next level of adaptability.

Adaptability is the ability to adjust in response to shocks and disturbances and to continue evolving while staying within the limits of the current system or development pathway (Folke, 2016). It involves

lo que, la discusión sobre la permanencia de los PPA se centra en responder *¿cómo están respondiendo los productores de pequeña escala ante las perturbaciones sociales, económicas y ambientales? y ¿qué permite a los PPA permanecer, adaptarse y transformarse en el medio rural?*

La respuesta se ha centrado principalmente en la resiliencia. Definida por sus características por ser “primero, es la cantidad de cambio o transformación que un sistema complejo puede soportar manteniendo las mismas propiedades funcionales y estructurales, la segunda es el grado en el que el sistema es capaz de autoorganizarse, y la tercera, corresponde a la habilidad del sistema complejo para desarrollar e incrementar la capacidad de aprender, innovar y adaptarse” (Berkes, et al., 2003). La cual, diversos autores han dividido en tres niveles según su función reconstructiva y transformadora: *capacidad de permanencia (NP)*, *capacidad adaptativa (NA)* y *capacidad transformadora (NT)* (Walker et al., 2004; Folke, 2016; Meuwissen et al., 2019; Jones et al., 2022; Slijper et al., 2022). El primer nivel es la capacidad de permanencia también llamada persistencia, capacidad de afrontamiento o robustez. El segundo nivel capacidad adaptativa o de amortiguamiento y el último la capacidad de transformación (Folke, 2016; Meuwissen et al., 2019 y Slijper et al., 2022). Entendiendo como capacidad a aquella que permite “ver oportunidades, implementar medidas, movilizar recursos y aprender de una manera constructiva y reflexiva” (Beitnes et al., 2022 p.147), no es una respuesta al azar o automática. La permanencia estabiliza las producciones y los otros dos niveles las desestabilizan, representando un alto riesgo para los PPA (Jones et al., 2022 y Slijper et al., 2022).

La permanencia según Folke (2016), es la capacidad de resistir el impacto y volver a su estado original después de un impacto o perturbación, absorbiendo las consecuencias y minimizando el riesgo. Junto con la flexibilidad, son necesarias para hacer el sistema resiliente en un mundo cambiante donde brindan estabilidad (Folke et al., 2010; Beitnes et al., 2022). El nivel de afrontamiento varía según la madurez, experiencia y oportunidades de los individuos que toman decisiones (Fleming, 2018). La continua gestión de perturbaciones en corto tiempo desgasta energía y recursos, complica que el sistema transite hacia el siguiente nivel de adaptabilidad.

learning and adapting to medium- and long-term changes and experiencing the need to make decisions in new ways of doing, acting, or thinking. In agricultural productions, it is associated with changes in production processes, inputs, work methods, and sales (Meuwissen et al., 2019). The changes should not be drastic; they should be seen as adjustments within the agricultural production process. High-impact changes, however, entail transformation (Jones et al., 2022).

According to Beitnes et al. (2022), transformative capacity refers to giving a new configuration to the system that involves fundamental changes in the internal structure, which means a higher investment of energy, time, money, and natural resources, as well as changes in production and sales, to address significant risks (Meuwissen et al., 2019).

Based on the above, the objective was *to establish the resilience levels of the SSPs in Ixtlahuaca, State of Mexico, and identify the strategies associated with each level that the SAPs implement to cope with disturbances encountered during 2019*. The main contribution of this study is the simultaneous examination of different resilience levels, as highlighted by Slijper et al. (2022), which previous works generally do not undertake as they have primarily focused on persistence. However, recent studies have expanded the perspective on the topic to encompass adaptability and transformation (Jones et al., 2022).

Methodological approach

Study area and population

The study employs a descriptive-analytical approach to examine the population of small-scale agricultural producers, with a primary focus on the SSPs. These agricultural and livestock farming systems may or may not generate external income from non-agricultural activities. The operations are limited to a maximum of 5 ha of cultivable land, and the livestock count should not exceed 35 head for medium-sized species or ten head for large-sized species. The main objective of production is self-consumption, and the management is carried out by the family (Williams et al., 2020).

The study area was selected based on national indicators indicating a high presence of SSPs (Insti-

La adaptabilidad es la capacidad de ajustarse en respuesta a choques y perturbaciones y continuar desarrollándose, pero dentro de los límites del sistema actual o la ruta de desarrollo (Folke, 2016). Implica aprender y ajustarse a cambios de mediano y largo plazo, experimentado para tomar decisiones a nuevas formas de hacer, actuar o pensar. En las producciones agropecuarias se asocia a cambios en los procesos productivos, insumos, formas de trabajo y venta (Meuwissen et al., 2019). Los cambios no deben ser radicales, simplemente ajustes en el proceso productivo agropecuario, cambios de alto impacto implican la transformación (Jones et al., 2022).

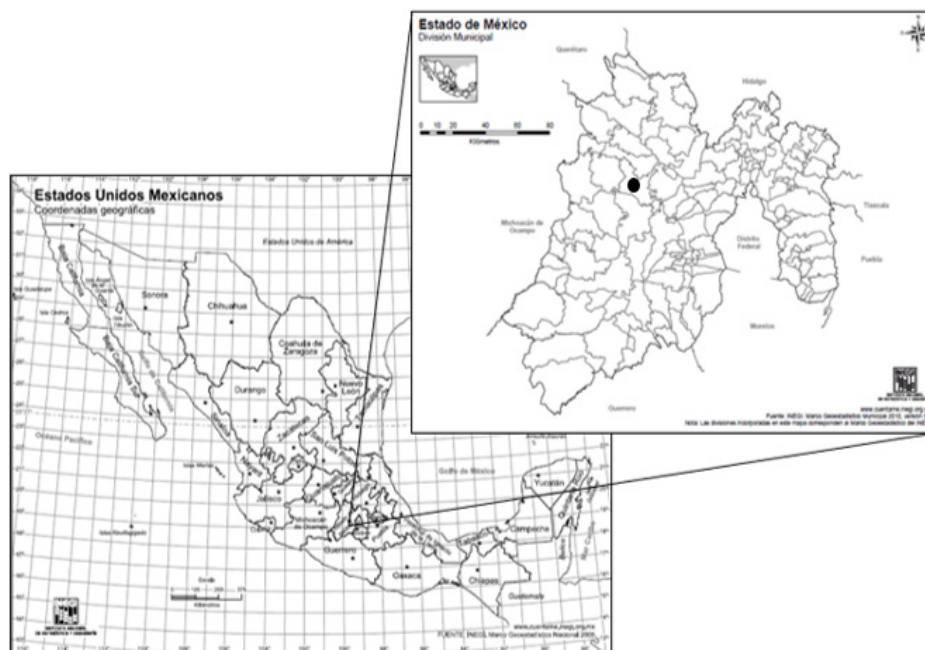
Para Beitnes, et al. (2022), la capacidad de transformación es dar una nueva configuración al sistema que implica cambios fundamentales en la estructura interna, es decir mayor inversión de energía, tiempo, dinero y recursos naturales, a su vez cambios en la producción y venta, para hacer frente a riesgos graves (Meuwissen et al., 2019).

Con base en lo anterior, el objetivo fue *establecer los niveles de resiliencia de las PPE de Ixtlahuaca, Estado de México e identificar las estrategias asociadas a cada nivel, que implementan los PPA para afrontar las perturbaciones presentadas durante el 2019*. Cuya aportación principal es estudiar los diferentes niveles de manera simultánea, según Slijper et al. (2022), trabajos previos, en general no lo hacen, se han enfocado principalmente en la persistencia. Sin embargo, estudios recientes han ampliado la visión sobre el tema hacia la adaptabilidad y transformación (Jones et al., 2022).

Enfoque metodológico

Área y universo de estudio

El trabajo es de tipo descriptivo analítico. La población de estudio fue productores agropecuarios en pequeña escala. Y la unidad de análisis son las PPE. Cuyo giro productivo es la agricultura y la cría de ganado, pueden o no tener ingresos externos derivados de actividades no agropecuarias. El tamaño que presentan debe ser no mayor a 5 ha de tierra cultivable y rebaños no mayores a 35 en especies medianas y a 10 en especies mayores. La producción debe estar destinada principalmente al autoconsumo y el trabajo al interior, y estar a cargo de la familia (Williams et al., 2020).

Figure 1. Geographical location.**Figura 1. Ubicación geográfica.**Source: <https://www.inegi.org.mx/>Fuente: <https://www.inegi.org.mx/>

tuto Nacional de Estadística y Geografía, 2022). The chosen municipality was Ixtlahuaca, State of Mexico (Figure 1), situated between 19° 28' 06" and 19° 44' 03" north latitude and between 99° 40' 43" and 99° 54' 59" west longitude. The region is primarily characterized by flat-slope valleys, hills, and mountain ranges, with an average elevation of 2,540 meters above sea level. It experiences a temperate sub-humid climate, with a maximum temperature of 33.5 °C and a minimum temperature of 11 °C. The average annual precipitation is 50.8 mm, and the evaporation rate is 11.2 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2019).

The municipality comprises 65 communities, of which 15 were selected for the study based on geographic, environmental, social, and economic indicators identified by the Government of the State of Mexico (2016) and INEGI (2022). The selected communities are distributed across various zones within the municipality and exhibit three or more factors of geographic and environmental exposure, along with a vulnerable population due to their economic conditions. The sampling was conducted among SSPs with similar characteristics, belonging to a previously selected community, and expressing willing-

La zona de estudio se seleccionó con base en indicadores nacionales con alta presencia de PPE (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022). El municipio seleccionado fue Ixtlahuaca, Estado de México (Figura 1) ubicado a 19° 28' 06" y 19° 44' 03" latitud norte y entre 99° 40' 43" y 99° 54' 59" longitud oeste. Representado principalmente por valles de laderas tendidas, lomeríos y sierras, con una altura promedio de 2 540 msnm. Clima templado subhúmedo. Temperatura máxima 33.5 °C. y mínima 11 °C. Precipitación media anual 50.8 mm y evaporación 11.2 mm (Servicio Meteorológico Nacional, 2019).

El municipio tiene un total de 65 comunidades, para el estudio se seleccionaron 15 con base en indicadores geográficos, ambientales, sociales y económicos, identificados en Gobierno del Estado de México (2016) e INEGI (2022). Las seleccionadas están distribuidas en diferentes zonas del municipio, presentan tres o más factores con exposición geográfico-ambiental y población sensible por sus condiciones económicas. En ella se realizó el muestreo fundado en PPE con características similares, que pertenecen a una comunidad previamente seleccionada y manifiestan disponibilidad para participar y

ness to participate and provide accurate information (Martínez-Salgado, 2012). The sampling approach was saturation sampling (Chambers, 1995), selecting 70 SSPs exposed to climate change and located in geographic areas characterized by pollution, flooding, sloping terrain, proximity to roads, and elevations exceeding 3,000 meters above sea level (with one or more exposure factors).

The study spanned from January to December 2019. An interview was designed, monitored, and conducted with open-ended questions aimed at the head of the household. The purpose of the interview was to gather information on short-term (less than 12 months), medium-term (13 to 36 months), and long-term (more than 36 months) geographic, environmental, social, and economic disturbances. The collected data were carefully compiled and organized. Frequencies were calculated, and a resilience index was constructed using a set of indicators. Descriptive statistics were employed to analyze the indicators and determine the levels of resilience (Organization for Economic Cooperation and Development, 2008; Slijper et al., 2022).

Data analysis

Resilience is a complex concept that presents challenges in terms of measurement, lacking a consensus on standardized methods. Therefore, its evaluation depends on the study's objective (Choptiany et al., 2016). This study employed a holistic measurement of resilience, encompassing the social, environmental, economic, and productive dimensions, including agriculture and livestock (Le Goff et al., 2022). Mixed methods were employed to identify indicators that capture the permanence, adaptability, and transformation manifesting radical shifts within the SSPs. A composite index was developed for resilience capacities, including NP, NA, and NT (Slijper et al., 2022).

In the composite index, the primary strategies of the SSP in response to a disturbance were analyzed. Some strategies were quantified based on frequency, while others were evaluated based on their impact within the SSP. All indicators were measured using a fictitious variable with a value of 3 to determine the resilience capacity of the sample. A categorization of scales was applied with the following ranges: inca-

proporcionar información veraz (Martínez-Salgado, 2012). El muestreo realizado fue por saturación (Chambers, 1995), seleccionadas 70 PPE expuestas a cambios climáticos y ubicadas en zonas geográficas con presencia de: contaminación, inundación, suelo inclinado, cercanía a carreteras y altura mayor a los 3 000 msnm (con uno o más factores de exposición).

El periodo fue enero a diciembre del 2019. Se diseñó, monitoreó y aplicó una entrevista con preguntas abiertas, dirigida al jefe de familia, para obtener información sobre las perturbaciones geográfico-ambientales, sociales y económicas de plazo corto (menos de 12 meses), mediano (13 a 36 meses) y largo (más de 36 meses). Los datos obtenidos se concentraron y organizaron. Se obtuvieron frecuencias y, se construyó un índice de resiliencia compuesto por indicadores que fueron analizados mediante estadística descriptiva para obtener los niveles de resiliencia (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, 2008; Slijper et al., 2022).

Análisis de datos

La resiliencia es compleja y difícil de medir, no existe un consenso para medirla, por lo que, su evaluación va en función del objetivo de estudio (Choptiany et al., 2016). En este trabajo se midió de manera holística, abarcando la dimensión social, ambiental, económica y productiva: agrícola y pecuaria (Le Goff et al., 2022). Mediante métodos mixtos se buscaron indicadores que reflejaran la permanencia y la adaptabilidad de las PPE, así como la transformación con indicadores que manifiesten cambios radicales dentro de la PPE. Se construyó un índice compuesto para obtener las capacidades de resiliencia: NP, NA y NT (Slijper et al., 2022).

En el índice compuesto se analizaron las estrategias principales de la PPE ante una perturbación. Algunas estrategias se contabilizaron por frecuencia y otras por el impacto que generan dentro de la PPA. Se midieron todos los indicadores en una variable ficticia con valor 3 para obtener la capacidad de resiliencia de la muestra, donde se hizo una categorización de escalas con los siguientes rangos: la incapacidad de recuperación, transformación negativa o no resiliente (NR) fue <1.5 al NP <2 , al NA <2.5 y al NT <3 . Para obtener el índice de resiliencia se pondera-

capacity for recovery, negative transformation, or non-resilient (NR) was <1.5 , NP <2 , NA <2.5 , and NT <3 . The resilience index was derived from the weighting of 15 indicators, each assigned equal weights with values of 0 for absence, 1 for low presence, 2 for medium presence, and 3 for high presence. The index was obtained by the weighted sum of the variables divided by the total number of variables, using equal weights for qualitative measurements (OECD, 2008).

Results and discussion

Characterization

The surveyed SAPs primarily engage in rainfed maize cultivation, with an average cropping area of 2.8 hectares, which falls below the 5 hectares for rainfed agriculture, as indicated in INEGI (2022). According to Lamichhane et al. (2020), this represents a factor that contributes to lower resilience, as larger cultivation areas offer more opportunities for diversification, technological advancements, and investment. However, small cultivated areas with limited technological input tend to result in lower yields. Consequently, the average yield obtained was 2.8 tons per hectare.

The average age of the head of the household is 53, indicating that they will soon be entering the elderly stage of life. This lack of significant young replacements makes the SSPs more vulnerable. The average number of household members is four, all relying on a single income from outside. They engage in a combination of agricultural and livestock activities, producing an average of two different species, primarily poultry (12) and sheep (5). Their production primarily caters to their own consumption needs, which are, on average, met for eight months of the year.

Disturbances

Geographical and environmental disturbances are exogenous, meaning that producers have no control over them (Williams et al., 2020). These disturbances are typically short-term, with the exception of persistent ones. They were present throughout the agricultural cycle, with drought being the longest-lasting disturbance, extending by an additional month and delaying the scheduled planting date. Other disturbances, such as livestock theft, occur suddenly but have longer-lasting and more intense effects, caus-

ron 15 indicadores, construido a partir de pesos iguales, con valor asignado de 0=para ausencia, 1=baja presencia, 2=media y 3=alta. Se midió a través de la suma ponderada de las variables, entre el total del número que lo conforman, mediante el uso de pesos iguales para mediciones cualitativas (OCDE, 2008).

Resultados y discusión

Caracterización

Los PPE entrevistados se dedican principalmente al cultivo de maíz de temporal, con un área de cultivo promedio de 2.8 hectáreas, debajo de las 5 hectáreas de temporal que refiere el INEGI (2022). Para Lamichhane et al. (2020), esto es un factor de menor resiliencia, dado que a mayor superficie mayor oportunidad de diversificación, tecnificación e inversión. Sin embargo, la pequeña tierra cultivable con baja tecnificación tiende a presentar un bajo rendimiento. Como resultado promedio arrojó 2.8 toneladas por hectárea.

La edad promedio del jefe de familia es de 53 años, significa que pronto estarán entrando a ser adultos mayores, y que no hay un reemplazo significativo de los jóvenes haciendo más sensibles las PPA. La media del total de integrantes es de cuatro, los cuales dependen de un solo sueldo del exterior. Combinan la actividad agrícola con la pecuaria produciendo en promedio dos especies diferentes, principalmente aves (12) y borregos (5). Su producción satisface principalmente el autoconsumo, el cual, en promedio, está cubierto en ocho meses del año.

Perturbaciones

Las perturbaciones geográficas y ambientales son exógenas, por lo que, los productores no pueden influir en ellas (Williams et al., 2020). Son consideradas de corto tiempo a excepción de las constantes. Estuvieron presentes durante el ciclo agrícola, no obstante, la de mayor duración fue la sequía, la cual, se extendió un mes más, retrasando la fecha considerada para la siembra. Otras como: el abigeato tiene lugar en un tiempo inmediato, pero el estrago es de mayor tiempo e intensidad, cuyo impacto es económico, emocional y fragmenta el tejido social.

Las perturbaciones geográficas consideradas fueron: altura, inclinación, abigeato e inundación.

ing economic impact, emotional distress, and social fragmentation.

The geographical disturbances considered were altitude, slope, livestock theft, and flooding. These first two disturbances were classified as such because they complicate agricultural production and result in lower yields than similar disturbances. For instance, a higher slope can lead to erosion, nutrient loss, and water runoff (Lamichhane et al., 2020). Livestock theft and flooding were categorized as geographical disturbances because they impacted SSPs located near major roads or bodies of water. Lastly, the environmental disturbances included drought, hailstorms, strong winds, pollution, and pests (Figure 2).

According to the producers' perceptions, the climate is changing, and it is challenging to predict certain weather events. Each year, they try to mitigate the impact of climate-related disturbances based on past experiences and by monitoring the weather. All SSPs experienced moderate-intensity drought, as there was a delay in the rainy season, which adversely affected maize yields. Hailstorms and strong winds followed, with a perceived higher intensity due to the significant damage they caused to crops.

Pollution is also a constant issue due to the proximity of the Lerma River, which is contaminated with sewage, polluting the soil and air. As a result, individuals, crops, and livestock are constantly exposed to pollution, leading to health problems. At times, animals drink this water, and nearby crops are irrigated with it, reducing the quality and safety of the food. It is a socioecological strategy that, given the scarcity of clean water, the SAPs implement to increase their profits. According to Batha and Myeki (2021), these strategies hurt resilience.

Another strategy that had a temporary negative impact was suspending animal production for two consecutive years to combat livestock theft. Cattle were the most targeted animals, followed by sheep. This community-driven strategy yielded long-term results. Among the disturbances, pests had the least prevalence during the cycle, with a minor overall impact, except in two SSPs, where the pest infestation decimated the entire maize crop within 24 hours. Besides, flooding was minimal, occurring only in SSPs close to the Lerma River and with less intensity than in previous years.

Las primeras se consideraron perturbaciones porque complican la producción agropecuaria y el rendimiento es menor que otras de su mismo tipo. Dado que, una pendiente más alta produce erosión, pérdida de nutrientes y agua (Lamichhane, et al., 2020). El abigeato e inundación se consideraron geográficas porque impactaron a las PPE que presentan cercanía a carreteras principales o cuerpos de agua. Por último, las ambientales fueron: sequía, granizo, vientos fuertes, contaminación y plagas (Figura 2).

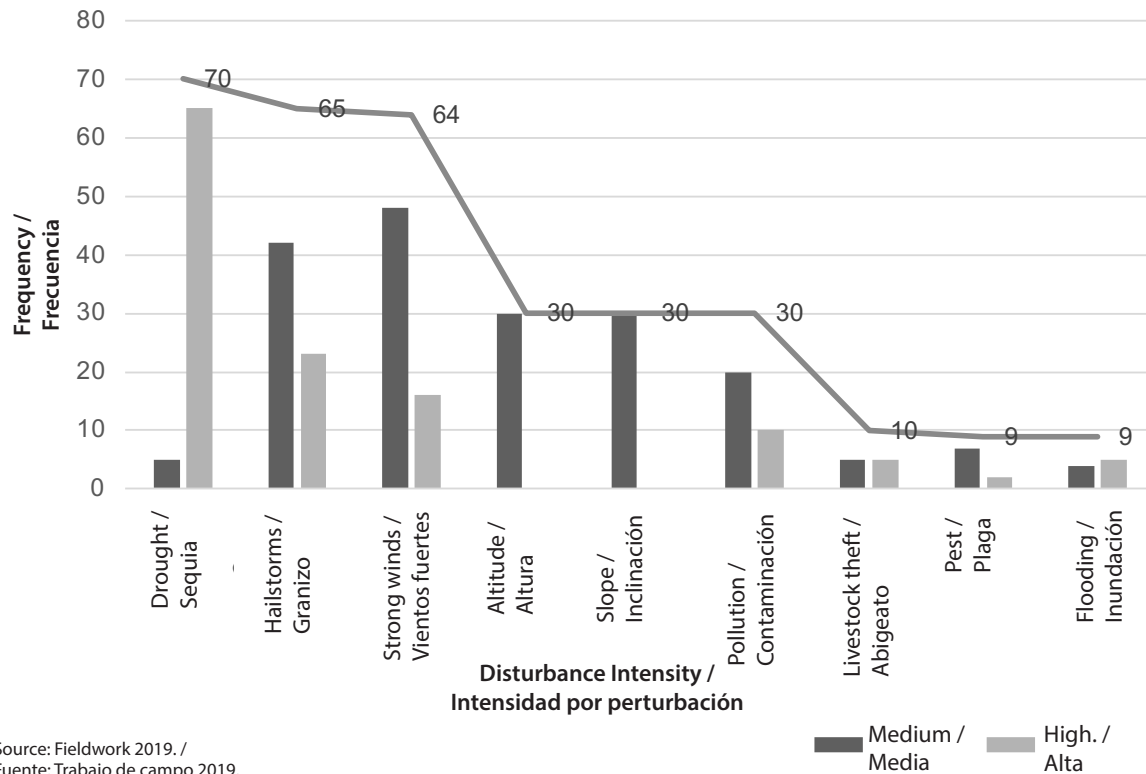
Los productores manifestaron con base en su percepción, que el clima está cambiando y que resulta complicado predecir algunos eventos climáticos. Cada año intentan aminorar los estragos climáticos basados en experiencias previas, monitoreando el clima. Todas las PPA presentaron sequía con intensidad media, dado que existió retraso en la temporada de lluvia y no fue suficiente para un buen rendimiento del maíz. Lo secundan el granizo y los vientos fuertes, cuya percepción indica que se presentan con mayor intensidad, dado que, los estragos que causan en los cultivos son mayores.

La contaminación también es constante, debido a la cercanía del río Lerma alimentado de aguas negras, contaminando a su vez suelo y aire. Por lo tanto, los individuos, los cultivos y el ganado, están en constante exposición, resultando en enfermedades. En ocasiones los animales beben esa agua y los cultivos cercanos llegan a ser regados con ella, disminuyendo la calidad e inocuidad de los alimentos. Es una estrategia socioecológica que, ante la escasez de agua limpia los PPA la implementan, con el fin de, elevar sus ganancias. Dichas estrategias para Batha y Myeki, (2021) generan un efecto negativo en la resiliencia.

Otra estrategia que tuvo un efecto negativo temporal fue dejar la producción animal por dos años consecutivos, para erradicar el abigeato. Los bovinos fueron los animales más extraídos seguido de los ovinos. Dicha estrategia fue generada de forma comunitaria y los resultados manifestados a largo plazo. Las perturbaciones que tuvieron menor presencia durante el ciclo fueron: las plagas cuyo impacto fue menor, a excepción de dos PPE con intensidad alta, cuya plaga en 24 horas difuminó todo cultivo de maíz. También la inundación fue baja ya solo se presentó en PPE muy cercanas al río Lerma y en menor intensidad que años anteriores.

Figure 2. Frequencies observed in the SSPs for geographical or environmental disturbances during 2019, categorized by medium or high intensity.

Figura 2. Frecuencias presentadas en las PPA por perturbación geográfica o ambiental durante 2019, dividida por intensidad media o alta.

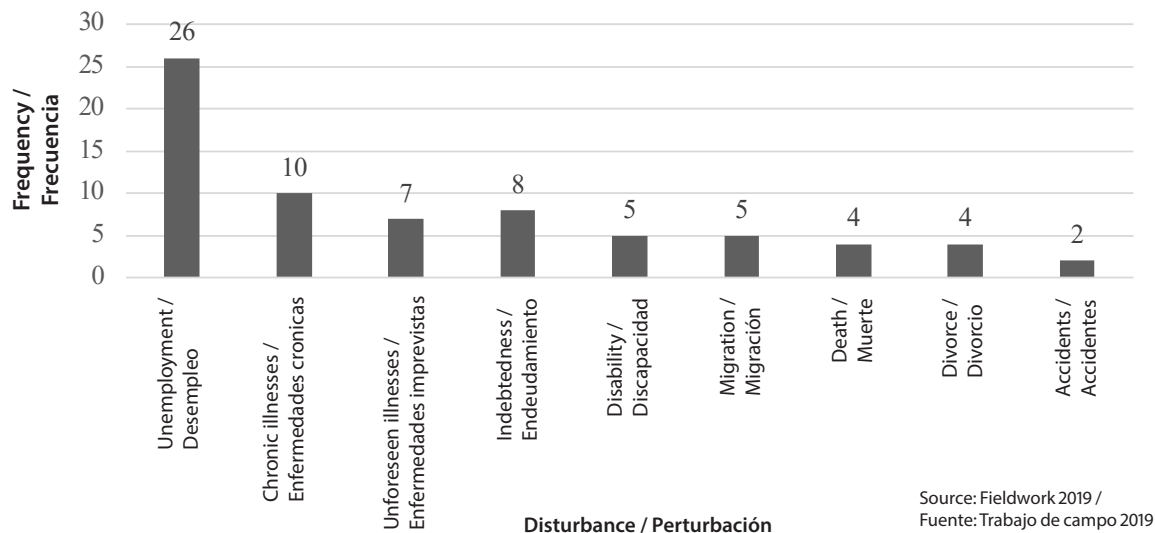


The economic and social disturbances were considered medium to long-term, except disability, which is a constant factor. Those with a duration of over 36 months included migration, chronic illnesses, and indebtedness. The duration depends on how long SSPs take to manage the recovery and impact of the disturbance. Unemployment was classified as a medium-term economic disturbance since paid employment in rural areas tends to be intermittent. Individuals who remained unemployed for more than 12 months were classified as such, experiencing a significant economic impact resulting in indebtedness. It was the most frequent disturbance observed (Figure 3), which, according to Williams et al. (2020), can be attributed to the availability of employment depending on exogenous factors and limited job opportunities. Additionally, geographical proximity to urban or industrial areas played a role (Asfaw et al., 2018). Therefore, unemployment was more prevalent in communities farther from the town center and major roads.

Las perturbaciones de origen económico y social se consideraron de mediano y largo plazo, a excepción de la discapacidad la cual es constante. Con presencia mayor a 36 meses fueron migración, enfermedades crónicas y endeudamiento. El tiempo de duración depende del tiempo en que los PPE gestionen la recuperación y el impacto de la perturbación. El desempleo se consideró como económico de mediano plazo, porque dado que en el campo el empleo remunerado tiende a ser intermitente se consideraron como desempleados aquellos que pasaron más de 12 meses sin empleo, cuyo impacto económico fue significativo resultando con endeudamiento. Fue la perturbación con mayor frecuencia (Figura 3), lo cual, según Williams et al. (2020) obedece a que la disponibilidad del empleo depende de factores exógenos y la oferta es limitada. Además, de la cercanía geográfica a zonas urbanas o industriales (Asfaw et al., 2018). Por ello, el desempleo estuvo presente en las comunidades más alejadas del centro municipal y de las carreteras.

Figure 3. Frequencies of geographical or environmental disturbances reported in the SSPs during 2019, categorized by medium or high intensity.

Figura 3. Frecuencias presentadas en las PPA por perturbación geográfica o ambiental durante 2019, dividida por intensidad media o alta.



Unforeseen illnesses occur in the short term, and livestock or assets are sold to cope with them, resulting in a medium-term impact. Similarly, migration and divorce cause short-term disruptions but eventually restructure themselves in the medium term. The disturbances with the most significant impact on the SSP are social: death, accidents, and divorce (Figure 3). These disturbances tend to temporarily or permanently alter the internal structure and modify the roles of individuals within the family unit. Migration produces a similar effect but stands out as a planned act, providing more elements for effective management.

It is common for one disturbance to lead to another of an economic or health nature, such as disability resulting from accidents. Four SSPs experience this type of disability, which has a high impact, but they demonstrate greater resilience over time. In contrast, when the disability is congenital, the capacity for resilience was not developed.

Disturbances are generally considered harmful, but, in this case, long-term ones, such as disability, have provided a window of opportunity, allowing for the possibility to adapt and transform because a reevaluation of the existing problem exists (Ashkenazy et al., 2018), implementing new productive strategies.

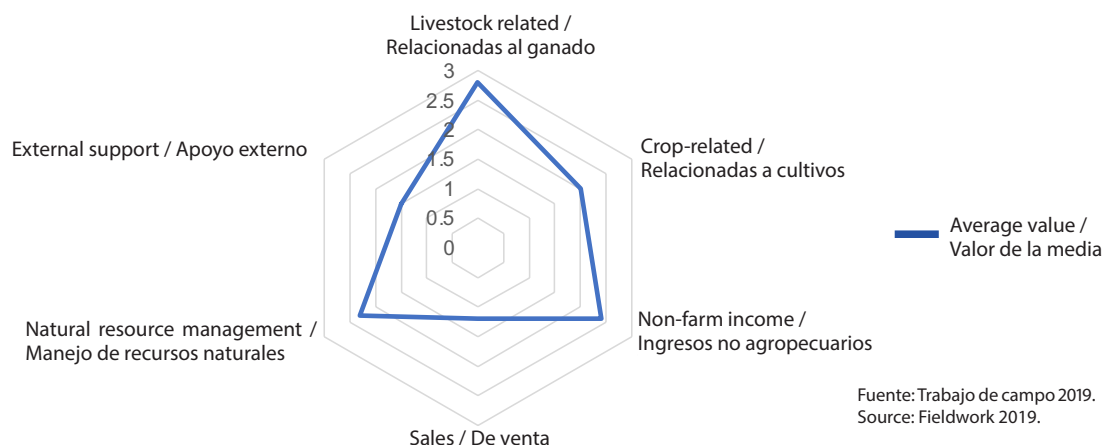
Las enfermedades imprevistas se presentan en corto plazo, para solventarlas, se vende ganado o bienes, por lo tanto, el impacto es de mediano plazo. Al igual que la migración y el divorcio, las cuales, genera un desequilibrio de corto plazo, pero se reestructuran en mediano plazo. Las perturbaciones con mayor impacto en la PPE son de tipo social muerte, accidentes y divorcio (Figura 3). Porque tiende a cambiar de manera temporal o permanente la estructura interna y alteran o modifican las funciones de los integrantes dentro del núcleo familiar. La migración causa el mismo efecto, pero se diferencia por ser un acto planeado, por lo tanto, se tienen más elementos para gestionarla.

Es común que, una perturbación conlleva a otra de tipo económico o de salud, como la discapacidad derivada de accidentes. Cuatro de las PPA presentan este tipo de discapacidad, cuyo impacto fue alto, pero a lo largo del tiempo son las que presentan mayor resiliencia. A diferencia donde el origen de la discapacidad es de nacimiento, no se desarrolló la capacidad de resiliencia.

Las perturbaciones por lo general se consideran en negativo, pero en este caso las de largo como la discapacidad proporcionaron una ventana de oportunidad brindando la posibilidad de adaptarse y transformarse, porque existe una reevaluación de la

Figure 4. Strategies focused on minimizing damages after experiencing a disturbance of lower intensity. The ones with higher values are associated with the permanence level.

Figura 4. Estrategias enfocadas a minimizar los daños después de tener una perturbación de menor intensidad. Las que presentan valores más altos se asocian al nivel de permanencia.



Buffering and change strategies

The central focus of resilience is on how producers respond to disturbances. The response involves the development of *strategies* that encompass preparation, planning, absorption, prevention, adaptation, and transformation in a timely and efficient manner when faced with adverse events (Chuang et al., 2018; Keshavarz and Soltani, 2021). These strategies are shaped by the available resources and are centered around the agricultural cycle, supporting their quality of life (Williams et al., 2020).

During the fieldwork, a range of strategies employed within the SSPs was identified and classified according to their function: buffering, change, or recovery, associated with the three levels of resilience, respectively (Table 1).

Most of these strategies are socio-ecological because they utilize existing natural resources and knowledge. They are all derived from decision-making processes influenced by beliefs, experiences, knowledge, and imitation of SAPs. Typically, producers experiment on small scales to minimize risks or replicate what has proven successful in other productions. This iterative process of each new agricultural cycle serves to update, reinforce, and validate the knowledge and practices already employed (Kuhmonen, 2020).

The *permanence level* of the SSPs is mainly due to the strategies generated in relation to livestock (Figure 4). According to Keshavarz and Soltani (2021),

problemática existente (Ashkenazy et al., 2018), implementado nuevas estrategias productivas.

Estrategias de amortiguamiento y cambio

La preocupación central de la resiliencia se centra en ¿cómo están respondiendo los productores ante las perturbaciones? La respuesta va en dirección hacia las *estrategias* que se generan alrededor del problema, es decir, como se preparan, planifican, absorben, previenen, adaptan y transforman ante eventos desafortunados de manera oportuna y eficiente (Chuang et al., 2018; Keshavarz y Soltani, 2021). Con base en un conjunto finito de opciones determinadas por la gama de recursos existentes, centradas a lo largo de un ciclo agrícola que sustentan su calidad de vida (Williams et al., 2020).

Durante el trabajo de campo se identificó una gama de estrategias empleadas dentro de las PPA, clasificadas de acuerdo con su función: amortiguamiento, cambio o recuperación, asociadas respectivamente a los tres niveles de resiliencia (Cuadro 1).

La mayoría son estrategias socioecológicas porque conllevan al uso de recursos naturales existentes y conocimiento. Todas ellas obedecen a la toma de decisiones derivadas de las creencias, experiencias, conocimientos e imitación de los PPA, los cuales, por lo general, experimentan en poca superficie para minimizar riesgos, o reproducen lo que funcionó a otras producciones. Generando cada nuevo ciclo agrícola una actualización o reforzamiento y validación de los

Table 1. Strategies implemented in the SSPs associated with resilience level and organized by indicator and dimension.**Cuadro 1. Estrategias implementadas en las PPE, asociadas por nivel de resiliencia y organizadas por indicador y dimensión.**

| No / Núm | RC / CR | Indicator / Indicador | Dimension / Dimensión | Strategies / Estrategias | References / Soporte |
|----------|---|---|---|---|--|
| 1 | Permanence level / Nivel de permanencia | Buffering strategies related to livestock / Estrategias de amortiguamiento relacionadas al ganado | Productive, environmental. social / Productiva, ambiental. social | Reduction of feed and herd, vitamin supplementation, dehorning, sales of large species and purchase of small ones / Reducción de alimento y hato, aplicación de vitaminas, besaneo, venta de especies grandes y compra de pequeñas | Williams et al., 2020, Beites et al., 2022. |
| 2 | | Buffering strategies related to crops / Estrategias, amortiguamiento relacionadas a los cultivos | Productive/environmental/social / Productiva/ambiental/ social | Reduction of furrows. Reduction of fertilizations. Crop rotation. Composting. / Reducción de surcos. Reducción de fertilizaciones. Rotación de cultivos. Compostas. | Kuhmonen, 2020, Keshavarz y Soltani, 2021. |
| 3 | | Strategies for generating non-agricultural income / Estrategias, amortiguamiento relacionadas a los cultivos | Economic/social / Económica/social | Catalog sales, sales of non agricultural products, temporary provision of services. Sales of artisanal products. Small ventures. / Ventas por catálogo, ventas de productos no agropecuarios, prestación temporal de servicios. Venta de productos artesanales. Pequeños emprendimientos. | Williams et al., 2020. |
| 4 | Adaptation level / Nivel de adaptación | Sales strategies / Estrategias para venta | Economic/social / Económica/social | Sales of animals to trusted individuals. Sales to processors. Sales in local markets. / Venta de animales con personas de confianza. Venta con transformadores. Venta en mercados locales. | Ashkenazy et al., 2018, Brzezina et al., 2016. |
| 5 | | Strategies for natural resource management / Estrategias para el manejo de recursos naturales | Social/environmental / Social/Ambiental | Efficient water use, soil rotation, land for gardens, edible plant and mushroom harvesting. Wood collection. Environmental monitoring. / Uso eficiente del agua, rotación de tierra, tierra para huertos. Recolección de arvenses y hongos. Recolección de madera. Monitoreo del ambiente. | Keshavarz y Soltani, 2021 |
| 6 | | Estrategias de apoyo externo/ External support strategies | Social, Economic / Social, Económica | Training and technical assistance. Access to social programs / Capacitación y asistencia técnica. Acceso a programas sociales. | Kuhmonen, 2020. |
| 7 | Transformation level / Nivel de transformación | Family change strategies / Estrategias de cambios en la familia | Social/productive / Social/productiva | Exchange of labor and agricultural inputs. Increased working time within production. Expense reduction. / Intercambio de mano de trabajo y de insumos agropecuarios. Incremento de tiempo de trabajo dentro de la producción. Reducción de gastos. | Lamichhane et al. 2020. |
| 8 | | Change strategies in the use of natural resources / Estrategias de cambio en el uso de los recursos naturales | Social, environmental / Social, Ambiental | Water storage in tanks, well digging or deepening, water capture, climate monitoring, precautionary measures. Precision irrigation / Almacenamiento de agua en tinacos, cava de pozos o aumento de profundidad, captura de agua, monitoreo de clima y toma de medidas precautorias. Riego tecnificado | Keshavarz y Soltani, 2021 |
| 9 | | Change strategies in livestock / Estrategias de cambio en el ganado | Productive/environmental/social / Productiva/ambiental/ social | Diet change. Incorporation of new animal species. Purchase of more animals. Use of biologicals / Cambio de dieta. Incorporar nuevas especies animales. Manejo de biológicos. | Williams et al., 2020, Beites et al., 2022. |
| 10 | | Change strategies in crops / Estrategias de cambio en los cultivos | Productive/environmental/social / Productiva/ambien-tal/ social | New crops. Organic fertilizers. Diversification of the orchard. / Nuevos cultivos. Abonos orgánicos. Diversificación del huerto. | William et al., 2020. |

Source: Own elaboration based on fieldwork 2019 and cited references.

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo 2019 y fuentes bibliográficas citadas.

(Continúa)

(Viene de lapagina anterior)

Table 1. Strategies implemented in the SSPs associated with resilience level and organized by indicator and dimension.**Cuadro 1. Estrategias implementadas en las PPE, asociadas por nivel de resiliencia y organizadas por indicador y dimensión.**

| No / Núm | RC / CR | Indicator / Indicador | Dimension / Dimensión | Strategies / Estrategias | References / Soporte |
|-------------|---|--|--|---|---|
| 11 | Transformation level / Nivel de transformación | Community organization strategies / Estrategias de organización comunitaria | Social / Social | Integration into a producers' association. Regulation in the use of natural resources. Exchange of ideas and experiences with other producers. / Integración a asociación de productores. Normatividad en el uso de los recursos naturales. Intercambio de ideas y experiencias con otros productores. | Kuhmonen, 2020. |
| 12 | | Change strategies in agricultural production / Estrategias de cambio en la producción agrícola | Economic/productiv Económica/productiva | Construction of greenhouses. Construction of vermicomposters. Incorporation of sustainable production. Organic fertilizers. Incorporation of vegetable production. / Construcción de invernaderos. Construcción de lombricompostarios. Incorpora producción de sustentable. Abonos horgánicos. Incorporar producción de hortalizas. | Ashkenazy et al., 2018. |
| 13 | | Change strategies in livestock production / Estrategias de cambio en la producción ganadera | Economic/productiv / Económica/productiva | Proper facilities for confining livestock. Technical assistance for diet management. Establishment of the productive purpose of the animal. / Instalaciones adecuadas para confinar ganado. Asistencia técnica para manejo de dietas. Establecen el fin productivo del animal. | Williams et al., 2020, Beites et al., 2022. |
| 14 | | Change strategies in marketing / Estrategias de cambio en la comercialización | Economic/social Económica/social | Wholesale. Package sale of production (baskets). Own business. Direct sale to restaurants and chefs / Venta al mayoreo. Venta de la producción por paquete (canastas). Negocio propio. Venta directa con restaurantes y chefs. | Ashkenazy et al., 2018. |
| 15 | | Family strategies / Estrategias familiares | Economic/social Económica/social | External employment of a family member. Participatory decision-making. Specialization of a family member. Change in family structure. Incorporation of new knowledge. Change in productive focus. Savings and rental of land. / Trabajo externo de un miembro. Toma de decisiones participativa. Especialización de un miembro de la familia. Cambio en la estructura familiar. Incorporar nuevos conocimientos. Cambio de giro productivo. Ahorro y renta de terrenos. | Keshavarz y Soltani, 2021, Williams et al., 2020. |

Source: Own elaboration based on fieldwork 2019 and cited references.

Fuente: Elaboración propia con base en el trabajo de campo 2019 y fuentes bibliográficas citadas.

during periods of scarcity, some animals are sold, but never the entire herd, as this ensures future reproduction and herd restoration. Livestock serves as an annual survival mechanism to meet food and cash needs (Bueno and Schiavetti, 2019).

In agriculture, the permanence strategy that stands out is diversification, as it enables access to varied food and prevents the need to purchase external food for the family and livestock (Asfaw et al.,

conocimientos y prácticas ya empleadas (Kuhmonen, 2020).

En *nivel permanencia* de las PPE se destaca principalmente por las estrategias generadas en relación con el ganado (Figura 4) Keshavarz y Soltani, (2021), manifiestan que durante periodos de escases se venden los animales, pero nunca en su totalidad, porque ello, permite a futuro la reproducción y restablecimiento del hato. Dado que, el ganado es un

2018). These strategies are medium-term, as they involve soil recovery and agricultural experimentation. Non-agricultural strategies are mainly sales, which involves using social capital and positioning their products and services with people having proximity and parental or trust ties. However, while these strategies provide short-term buffering, they hinder progress toward the adaptation level.

At the *adaptation level*, the strategies are primarily focused on crops (Figure 5). These strategies enable climate change mitigation by adopting new farming methods, reducing the adverse effects of climate change, particularly resource depletion and pollution (Keshavarz and Soltani, 2021). They are characterized by changes and investments in contrast to the permanence strategies that aim for diversification; here, the emphasis is on intensification (Asfaw et al., 2018). Socio-ecological strategies at this level require acquiring new knowledge and also involve greater incorporation of socioeconomic and community strategies.

Training and technical assistance make a significant difference in transitioning from permanence to adaptation or transformation. Figure 5 illustrates changes in knowledge. That is, well-designed interventions over the long term allow for the fusion of traditional and scientific knowledge, enabling climate change mitigation (Barua et al., 2014). According to Fleming et al. (2018), professionals or advisors can identify opportunities and strengths that, combined with the traditional knowledge held by the producer, generate new strategies and enable better decision-making. However, the lack of infrastructure complicates access to ICTs and hinders access to new knowledge (Asfaw et al., 2018).

In the final *level of transformation*, strategies “aim to create fundamental changes and restructure current systems to address the root causes of vulnerability” (Keshavarz and Soltani, 2021, p. 5). They entail a radical shift in knowledge and the involvement of the entire family (Figure 6). These strategies are primarily socio-economic in nature but are focused on agricultural changes. They are based on radical or intense changes that modify the structure, imply a high risk in decision-making, and therefore have a low presence in the SSPs (Figure 6), as they destabilize them. They involve reconfiguring the structure and function of the system (Elmqvist et al., 2019).

mecanismo de supervivencia anual para satisfacer las necesidades de alimentos y efectivo (Bueno y Schiavetti, 2019).

En la agricultura, la estrategia de permanencia que destaca es diversificarse, dado que, les permite acceder a alimento variado y evitar la compra de alimento externo para la familia y el ganado (Asfaw et al., 2018). Son de mediano plazo, porque involucran recuperación de suelos y experimentación agrícola. Las estrategias no agropecuarias en su mayoría son ventas, lo que implica uso del capital social, posicionar sus productos y servicios con personas que tienen cercanía y lazos parentales o de confianza. Sin embargo, dichas estrategias permiten amortiguar en corto tiempo, pero impiden avanzar hacia el nivel de adaptación.

En el *nivel de adaptación* las estrategias están basadas principalmente en los cultivos (Figura 5), este tipo de estrategias permiten mitigar el cambio climático mediante la adopción de nuevos métodos de cultivo. Reduciendo los efectos negativos del cambio climático, especialmente el agotamiento y contaminación de recursos (Keshavarz y Soltani, 2021). Se reconocen porque manifiestan cambios e inversión, a diferencia de las de permanencia, que buscan diversificar, se busca intensificar (Asfaw et al., 2018). Las estrategias socioecológicas en este nivel requieren nuevos conocimientos, a su vez se involucran en mayor medida estrategias socioeconómicas y comunitarias.

Una diferencia significativa para pasar de la permanencia a la adaptación o transformación es la capacitación y asistencia técnica. En la Figura 5, se visualizan cambios en el conocimiento. Es decir, las intervenciones bien diseñadas a largo plazo permiten la fusión de conocimientos tradicionales y científicos, permitiendo mitigar el cambio climático (Barua et al., 2014). Según Fleming et al. (2018), los profesionales o asesores pueden identificar oportunidades y fortalezas que en conjunto con los conocimientos tradicionales que posee el productor, generan nuevas estrategias y permiten tomar mejores decisiones. No obstante, la falta de infraestructura complica el acceso a las TIC y dificulta el acceso a nuevos conocimientos (Asfaw et al., 2018).

En el *último nivel de transformación* las estrategias “tienden a crear cambios fundamentales y reestruc-

Figure 5. Change strategies implemented in the SSPs during 2019 aimed at minimizing damages after experiencing a medium-intensity disturbance. Those with higher values are associated with the adaptation level.

Figura 5. Estrategias de cambio implementadas en las PPA durante 2019, enfocadas a minimizar los daños después de tener una perturbación de intensidad media. Las que presentan valores más altos se asocian al nivel de adaptación.

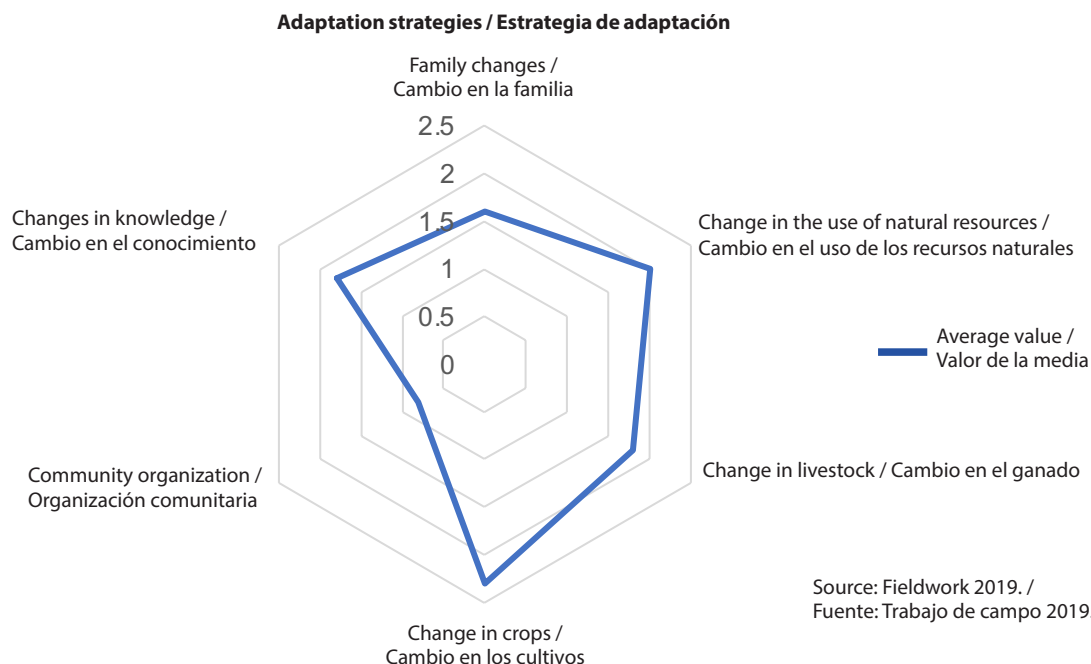
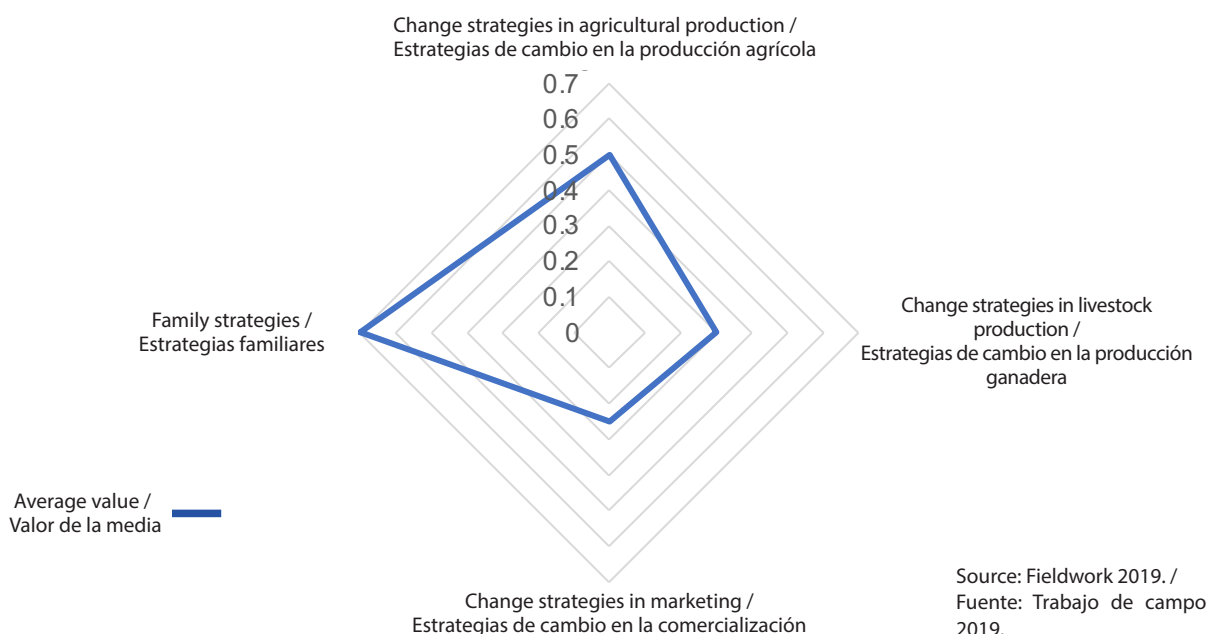


Figure 6. Change strategies implemented in the SSPs during 2019 focused on minimizing damages after experiencing a medium and high-intensity disturbance. Those with higher values are associated with the transformation level.

Figura 6. Estrategias de cambio implementadas en las PPA durante 2019, enfocadas a minimizar los daños después de tener una perturbación de intensidad media y alta. Las que presentan valores más altos se asocian al nivel de transformación.



Resilience capacity levels

Based on the previously presented strategies in the SSPs, they were categorized according to their resilience capacity levels, revealing an additional category: non-resilience or adverse transformation. This category is characterized by SSPs being incapable of autonomously managing their recovery. The results show that most SSPs belong to the permanence capacity level (41), followed by those in the adaptation process (18). Transformation is observed to a lesser extent (8), and a few SSPs exhibit a lack of management capacity (3) (Figure 7).

Similarly, Keshavarz and Soltani (2021) found that most farmers have implemented a combination of absorptive and adaptive measures for the sustainable management of their agricultural productions. However, their study does not differentiate between permanence and adaptation; they are considered a single category. This lack of distinction is due to the absence of a universal understanding of resilience. Indeed it is a challenge, as socio-ecological systems are multifaceted, and the boundaries between adaptive capacity, resilience, and transformation are not always clear-cut (Le Goff et al., 2022).

The level of transformation in all the consulted research is consistently too low. That is due to a combination of factors and is context-dependent, with the predominant fear of risk prevailing among most SSPs. The transformation process tends to be complicated, as SAPs need to have the enabling conditions to confront risks and make informed decisions. However, they only decide to progress to the next level or capacity when their basic needs are covered and stable.

Conclusions and findings

The SAPs respond to internal and external disturbances by implementing strategies in their SSPs, both consciously and unconsciously. They leverage the available resources to generate strategies that effectively address the problems they encounter in their daily lives.

The transformation of SSPs is a gradual and ongoing process. While disturbances can expedite the process in affected SSPs, not all SSPs need or should undergo disturbances to accelerate transformation. The connectivity between SSPs can dis-

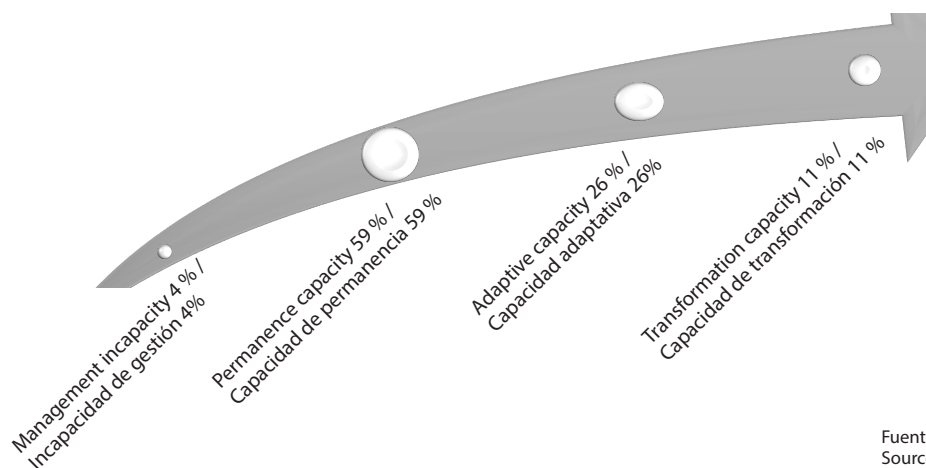
turb the systems currently in place to alleviate the main causes of vulnerability" (Keshavarz y Soltani, 2021 p. 5). Presentan un cambio radical en el nivel de conocimientos e involucran a toda la familia (Figura 6). En su mayoría son de corte socioeconómico, pero cuyo fin, tiene que ver con cambios agrícolas. Están basadas en cambios radicales o intensos que modifican la estructura, implican un alto riesgo en la toma de decisiones, por lo que tienen baja presencia en las PPE (Figura 6) dado que las desestabiliza. Implican reconfigurar la estructura y función del sistema. (Elmqvist et al., 2019).

Niveles por capacidad de resiliencia

Con base en las estrategias antes presentadas en las PPE se categorizó por nivel de capacidad de resiliencia encontrando una categoría no contemplada: la no resiliencia o transformación negativa, cuya característica principal es que los PPE se encuentran en un estado incapaz de gestionar su recuperación de forma autónoma. Obteniendo como resultado que la mayoría de la PPA pertenecen a la capacidad de permanencia (41), seguidas de las que se encuentran en proceso de adaptación (18), la transformación se presenta en menor grado (8) y las que presentan incapacidad de gestión (3) (Figura 7).

De igual manera, Keshavarz y Soltani (2021) se obtiene que la mayoría de los agricultores han implementado una combinación entre medidas de absorción y adaptación, para la gestión sostenible de sus producciones. Pero en su estudio no existe división entre permanencia y adaptación, se toman como una sola. Derivado de que no hay una forma universal de entender la resiliencia. En definitiva, es un desafío porque los sistemas socioecológicos son multifacéticos y la línea existente entre la capacidad adaptativa, la resiliencia y la transformación no siempre es clara (Le Goff et al., 2022).

El nivel de transformación en todas las investigaciones consultadas siempre es muy bajo, la razón es multifactorial y depende del contexto, siendo constante el miedo al riesgo que impera en la mayoría de PPA. Para transformarse el proceso tiende a ser complicado, los PPA deben poseer las condiciones que les permitan afrontar riesgos y tomar decisiones informadas, pero solo toman la decisión de pasar al siguiente nivel o capacidad, cuando sus necesidades básicas estén cubiertas y estables.

Figure 7. Percentage of SSPs presented by resilience level based on implemented strategies.**Figura 7. Porcentaje de PPE, presentadas por nivel de resiliencia con base en las estrategias implementadas.**

Fuente: Trabajo de campo 2019.
Source: Fieldwork 2019.

seminate effective transformation strategies in a shorter timeframe.

The SAPs know they can no longer make decisions about their SSPs as they used to in previous decades. They recognize climate is changing and that social and economic issues are ever-present. Therefore, they now seek to make informed decisions with greater assertiveness and certainty to reduce the risk of losses. They are leveraging new technological tools, such as mobile phones, and consulting with professionals and other producers to adopt techniques and innovations previously tested by their peers, providing accurate solutions to current problems. It is not always possible to obtain the most reliable information, but the information is a resource they are implementing.

Therefore, public institutions and universities should provide climate advisory services to producers, delivered or disseminated through media or technological means accessible to SSPs. This information should include details like probable dates of climate events, precipitation, chilling hours, heat-waves, frost periods, drought periods, and solar radiation, among others, to enable informed and timely decision-making to prevent the negative effects of climate change. The decisions of SAPs must be well-informed to reduce risk. Before investing or innovating within the SSP, they should do so gradually, creating the necessary economic and social conditions to facilitate the transformation of their units.

Conclusiones y hallazgos

Los PPA están respondiendo a las perturbaciones internas y externas con estrategias que implementan de forma consciente e inconsciente en sus PPE, aprovechan la gama de recursos existentes para generar estrategias que permitan solucionar los problemas a los que se enfrentan de manera cotidiana.

La transformación de la PPE es un proceso que se presenta de manera lenta y continua, solo las PPE perturbadas aceleran el proceso, pero no todas deben ni tienen que sufrir perturbaciones para acelerar el proceso; la conectividad entre PPE puedan propagar estrategias de transformación asertivas en menor tiempo.

Los PPA saben que no pueden tomar decisiones sobre sus PPE como estaban acostumbrados a hacerlo en décadas anteriores. Son conscientes que el clima está cambiando y que las problemáticas sociales y económicas siempre están presentes. Por lo que, actualmente buscan tomar decisiones informadas, con mayor asertividad y certeza para reducir el riesgo de pérdidas, hacen uso de nuevas herramientas tecnológicas como el celular, indagan con profesionales y con otros productores para utilizar técnicas e innovaciones previamente probadas con sus similares, que implique soluciones certeras a problemas actuales. No siempre se logra obtener la información más confiable, pero la información es un recurso que están implementando.

Acknowledgments

To the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) for the doctoral grant.

End of English version

References / Referencias

- Asfaw, S., Pallante, G., y Palma, A. (2018). Diversification Strategies and Adaptation Deficit: Evidence from Rural Communities in Niger. *World Development*, 101, 219-234. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.09.004>
- Ashkenazy, A., Chebach, T., Knickel, K., Peter, S., Horowitz, B., y Offenbach, R. (2018). Operationalising resilience in farms and rural regions – Findings from fourteen case studies. *Journal of Rural Studies*, 59, 211-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jrurstud.2017.07.008>
- Bahta, T., y Myeki, V. (2021). Adaptation, coping strategies and resilience of agricultural drought in South Africa: implications for the sustainability of livestock sector. *Heliyon*, 7, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08280>
- Barua, A., Katyaini, S., Mili, B., y Gooch, P. (2014). Cambio climático y pobreza: construcción de la resiliencia de las comunidades rurales de montaña en el sur de Sikkim, Himalaya oriental, India. *Reg Environ Change*, 14, 267-280. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0471-1>
- Beitnes, S., Kopainsky, B., y Potthoff, K. (2022). Climate change adaptation processes seen through a resilience lens: Norwegian farmers' handling of the dry summer of 2018. *Environmental Science & Policy*, 133, 146-154. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.03.019>
- Berkes, F., Colding J., y Folke C. (2003). *Navigating social-ecological systems: Building resilience for complexity and change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Brzezina, N., Kopainsky B., y Mathijs, E. (2016). Can Organic Farming Reduce Vulnerabilities and Enhance the Resilience of the European Food System? A Critical Assessment Using System Dynamics Structural Thinking Tools. *Sustainability*, 8 (10), 1-32. <https://doi.org/10.3390/su8100971>
- Bueno, P., y Schiavetti, A. (2019). The influence of fisherman scale in the resilience of socio-ecological systems: An analysis using Q methodology. *Ocean & Coastal Management*, 169, 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.008>
- Chambers, R. (1995). *Rural appraisal: Rapid, relaxed and participatory*, Discussion Paper 311, Brighton. <https://www.ids.ac.uk/download.php?file=files/Dp311.pdf> [Archivo PDF].

Por ello, las instituciones públicas y las universidades deberían brindar a los productores servicios de asesoría climática, proporcionada o difundida mediante medios de comunicación o tecnológicos que se encuentren al alcance de los PPE con información como: fechas probables de eventos climáticos, precipitación, horas frío, olas de calor, periodo de heladas, periodo de sequía, radiación solar entre otros, que permitan tomar decisiones asertivas y puntuales para prevenir los efectos negativos del cambio de clima. Porque, las decisiones de los PPA deben ser informadas para reducir el riesgo, antes de invertir o innovar dentro de la PPE, deben hacerlo de manera paulatina para crear las condiciones económicas y sociales necesarias para poder llegar a la transformación de las unidades.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca doctoral otorgada.

Fin de la version en español

- [ac.uk/download.php?file=files/Dp311.pdf](https://www.ids.ac.uk/download.php?file=files/Dp311.pdf) [Archivo PDF].
- Choptiany, J., Phillips, S., Graeb, B., Colozza, D., Settle, W., Hennen, B., y Batello, C. (2016): SHARP: integrating a traditional survey with participatory self-evaluation and learning for climate change resilience assessment. *Climate and Development*, 19(11), 1-13 <http://dx.doi.org/10.1080/17565529.2016.1174661>
- Chuang, W., Garmestani, A., Eason, T., Spanbauer, T., Fried-Petersen, H., Roberts, C., Sundstrom, S. M., Burnett, J. L., Angeler, D. G., Chaffin, B. C., Gunderson, L., Twidwell, D. Allen, C. R. (2018). Enhancing quantitative approaches for assessing community resilience. *Journal of Environmental Management*, 213, 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.083>
- Dinesh, D., Hegger, D., Klerkx, L., Vervoort, J., Campbell, B., y Driessen, P. (2021). Enacting theories of change for food systems transformation under climate change. *Global Food Security* 31 <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2021.100583>
- Elmqvist, T., Andersson, E., Frantzeskake, N., McPhearson, T., Ols-son, P., Gaffney, O., Takeuchi, K. y Folke, C. (2019). Sustainability and resilience for transformation in the urban century.

- Nature Sustainability 2, 267-273. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0250->
- Fleming, R., Ysasi, N., Harley, D., y Bishop, M. (2018). Resilience and Strengths of Rural Communities. In: Harley, D., Ysasi, N., Bishop, M., Fleming, R. (eds) Disability and Vocational Rehabilitation in Rural Settings, (pp. 117-136) Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64786-9_7
- Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., y Rockström, J. (2010) Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. *Ecology and Society*, 15(4), 20. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>
- Folke, C. (2016). Resilience (republished). *Ecology and Society*, 21(4), 44. <https://doi.org/10.5751/ES-09088-210444>
- Gobierno del Estado de México (2016). Mapa Municipal de Ixtlahuaca. 1:46,000. [Mapa].
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (15 de marzo 2022). Encuesta Nacional Agropecuaria <https://www.inegi.org.mx/programas/ena/2019/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (18 de marzo 2022). Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- Jones, S., Krzywoszynska, A., y Maye, D. (2022). Resilience and transformation: Lessons from the UK local food sector in the COVID-19 pandemic. *The Geographical Journal*, 188, 209–222. <https://doi.org/10.1111/geoj.12428>.
- Keshavarz, M., y Soltani, R. (2021). Assessing rural households' resilience and adaptation strategies to climate variability and change. *Journal of Arid Environments*, 184, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104323>
- Kuhmonen, I. (2020). The resilience of Finnish farms: Exploring the interplay between agency and structure. *Journal of Rural Studies*, 80, 360-371. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.10.012>
- Lamichhane, P., Miller, K., Hadjikakou, M., y Bryan, B. (2020). Resilience of smallholder cropping to climatic variability. *Science of The Total Environment*, 719, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137464>
- Le Goff, U. Sander, A., Hernandez, M. Lagana, Barjolle, D., Phillips, S., y Six, J. (2022). Raising up to the climate challenge. Understanding and assessing farmers strategies to build their resilience. A comparative analysis between Ugandan and Swiss farmers. *Journal of Rural Studies*, 89, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.10.020>
- Martínez-Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa. Principios básicos y algunas controversias. *Cien. Saude Colet.* 17, 613-619. <https://doi.org/10.1590/S1413-8123201200030000>
- Meuwissen, M., Feindt, P., Spiegel, A., Termeer, C., Mathijs, E., De Mey, Y.,... Reidsma, P. (2019). A framework to assess the resilience of farming systems. *Agricultural Systems*, 176, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102656>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2008). Manual sobre la Construcción de Indicadores Compuestos: Metodología y Usuario. Guía. París: Publicaciones de la OCDE [Archivo PDF] https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/36611/1/S2009230_es.pdf
- Rathi, A. (2022). Is Agrarian Resilience limited to Agriculture? Investigating the "farm" and "non-farm" processes of Agriculture Resilience in the rural. *Journal of Rural Studies*, 93, 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.12.015>
- Servicio Meteorológico Nacional. (2019). Climatología. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Slijper, T., de Mey, Y., Poortvliet, P., y Meuwissen, P. (2022). Quantifying the resilience of European farms using FADN. *European Review of Agricultural Economics*, 49(1), 121–15. <https://doi.org/10.1093/erae/jbab042>
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., y Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. *Ecology and Society* 9(2): 5. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- Williams, T., Guikema, D., Brown, D., y Agrawal, A. (2020). Resilience and equity: Quantifying the distributional effects of resilience-enhancing strategies in a smallholder agricultural system. *Agricultural Systems*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102832>

