

Conocimiento tradicional en pronósticos climáticos estacionales y adaptación al cambio climático en el Centro y Montaña del Estado de Guerrero, México

Pablo Emilio Escamilla-García (<https://orcid.org/0000-0001-6704-521X>)

Andrea Olmos-Talonia (<https://orcid.org/0000-0002-6876-3106>)

Luis Canek Ángeles-Tovar * (<https://orcid.org/0000-0003-4145-1134>)

Igor Antonio Rivera-González (<https://orcid.org/0000-0003-2736-4093>)

Gibran Rivera-González (<https://orcid.org/0000-0003-2805-5524>)

Instituto Politécnico Nacional. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y Ciencias Sociales y Administrativas. Av. Té 950, Granjas México, Iztacalco, Ciudad de México, C.P. 08400. México.

*Autor de correspondencia: canekangeles@gmail.com

Resumen

La variabilidad climática y el cambio climático representan un desafío importante para las comunidades agrícolas rurales, especialmente en regiones donde el acceso a información meteorológica formal es limitado. El objetivo del artículo fue reportar cómo se utiliza el conocimiento tradicional en los pronósticos estacionales del clima y su influencia en la adaptación al cambio climático en comunidades agrícolas situadas en el Centro y Montaña de Guerrero, México. Para ello se recolectó información en cuatro comunidades de la región y se diseñó un modelo de regresión para identificar posibles correlaciones entre el uso del conocimiento tradicional y diferentes factores. Asimismo, se condujeron entrevistas semi estructuradas y observación no participante. Los principales resultados mostraron que un 89 % de los productores utiliza el conocimiento tradicional para pronosticar el clima, encontrándose una correlación positiva entre el uso de este conocimiento con la edad del agricultor y el tamaño de las tierras. Igualmente, se encontró que un 64.3 % combina conocimiento tradicional con otro tipo de información climática, mientras que el 22.9 % basa sus acciones únicamente en conocimiento tradicional. Con estos resultados se destaca el valor del conocimiento tradicional en los pronósticos climáticos estacionales y la adaptación al cambio climático en las comunidades rurales de Guerrero, México.

Palabras clave: Conocimiento tradicional, Pronóstico meteorológico, Deterioro ambiental, Producción agrícola, Población rural

Recibido: 14 enero, 2025

Aceptado: 23 marzo, 2026

Introducción

El cambio climático es uno de los desafíos más apremiantes a nivel global (Laino & Iglesias, 2023). Uno de los sectores más afectados por este fenómeno es la agricultura, donde las comunidades rurales, que a menudo dependen en gran medida de esa actividad, están experimentando un impacto directo y significativo debido al cambio climático (Omotoso et al., 2023). Este fenómeno ha desencadenado una serie de fenómenos climáticos extremos, como sequías, inundaciones y eventos meteorológicos impredecibles (Demem, 2023). Estos eventos afectan directamente a la producción agrícola. Las sequías prolongadas reducen la disponibilidad de agua para el riego, lo que disminuye la producción de cultivos (Rentería et al., 2022).

Además, los cambios en las temperaturas y las estaciones de crecimiento afectan la fenología de los cultivos y favorecen la presencia de plagas y enfermedades (Nicholls & Altieri, 2019). Las temperaturas extremas pueden causar estrés térmico en los cultivos, lo que resulta en rendimientos más bajos y una menor calidad de los productos (Pérez et al., 2019). Las comunidades rurales, a menudo marginadas y con recursos limitados, enfrentan un doble desafío. Por un lado, su sustento y seguridad alimentaria dependen en gran medida de la agricultura, por lo que los impactos adversos en los cultivos tienen graves consecuencias para su bienestar (Hernández-Solano & Avila-Foucat, 2019). La disminución de la producción agrícola puede llevar a la escasez de alimentos y al aumento de los precios, incrementando la inseguridad alimentaria y la desnutrición en comunidades rurales y urbanas por igual (Da Silva & Martin, 2016).

Con lo anterior se evidencia la gravedad de los problemas ambientales derivados del cambio climático en las comunidades rurales. Es importante abordar estos problemas de manera integral y sostenible para proteger la salud y el bienestar de las personas y el medio ambiente en este tipo de regiones. Particularmente en la región Centro y Montaña de Guerrero en México, que es una zona de bajos recursos y con la agricultura como actividad preponderante, misma que se ha visto afectada de forma severa por el cambio climático.

Entre algunas afectaciones, se tiene la reducción de la duración e intensidad de las temporadas de lluvia. De acuerdo con información de la Comisión Nacional de Agua de México, la precipitación en la zona ha decrecido cerca de un 32 % en los últimos años con precipitaciones promedio de 136 mm (Comisión Nacional de Agua [CONAGUA], 2020). De igual manera, el aumento de las temperaturas en la región se ha reportado de manera creciente lo que genera sequías prolongadas

y escasez de recursos hídricos (Mendoza & Vázquez, 2017), así como la modificación en la resistencia de las plagas que atacan cultivos agrícolas (Hódar, Zamora & Cayuela, 2012).

Ante los impactos del cambio climático previamente descritos en la región, surge la necesidad de implementar acciones de mitigación y adaptación que permitan a las comunidades agrícolas enfrentar la creciente variabilidad climática. La adaptación de las comunidades rurales de Guerrero a las modificaciones en los patrones de ocurrencia e intensidad de eventos atmosféricos requiere, en muchos casos, el desarrollo de proyectos de infraestructura y la tecnificación de los procesos agrícolas a gran escala. Sin embargo, desde una perspectiva financiera, estas alternativas no suelen ser viables para la mayoría de los productores rurales de la región. En este contexto, adquieren especial relevancia otras estrategias de adaptación basadas en el conocimiento ancestral e indígena que estas poblaciones han desarrollado a lo largo del tiempo.

Entonces surge un concepto importante: el conocimiento tradicional (CT), que se refiere a la información y prácticas que son transmitidas de generación en generación dentro de una cultura o comunidad (Reyes-García, 2007). Este conocimiento se ha desarrollado a lo largo del tiempo a través de la experiencia práctica y la observación cuidadosa de la naturaleza y su entorno, y a menudo se transmite a través de historias, canciones, arte y rituales (Cárdenas, Rangel & Cristóbal, 2020). De esta manera, el CT podría ser una base importante de acciones orientadas al cuidado del medio ambiente y la predicción del clima (Pérez, 2022), además de constituir una parte importante de la cultura y la identidad de una comunidad para mantener vivas las tradiciones culturales y las acciones para cuidar el entorno y los recursos naturales (Millán-Rojas et al., 2016). Por tanto, el CT es importante porque puede ayudar a proteger la biodiversidad, preservar la cultura y la identidad, adaptarse a los cambios ambientales, inspirar la innovación y el desarrollo sostenible, y mejorar la salud y el bienestar de las personas.

Derivado de lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo documentar cómo se utiliza el CT en los pronósticos estacionales del clima y su influencia en la adaptación al cambio climático en comunidades agrícolas situadas en el Centro y Montaña de Guerrero, México. Se realizó la documentación mediante la observación y el análisis de las acciones realizadas por agricultores de la zona de estudio. Con esto fue posible determinar si existe una correlación positiva entre ambos aspectos e identificar prácticas puntuales de mitigación ante eventos climáticos y acciones de adaptación al cambio climático. Esta investigación documenta evidencia

confiable sobre la importancia de preservar el CT, dado su valioso aporte en aspectos ambientales.

Enfoque metodológico

Descripción de la región de estudio

La investigación se desarrolló en cuatro comunidades rurales de la región central y sierra de Guerrero, México (**Figura 1**), ubicada en la parte sur del país y abarca tanto las tierras bajas centrales como las áreas montañosas. En las zonas bajas, como la región central, el clima es típicamente cálido y semiárido. La temperatura puede alcanzar niveles altos, particularmente durante los meses de verano, con precipitaciones limitadas. En contraste, las zonas de mayor altitud en las áreas montañosas experimentan temperaturas más frescas, especialmente por la noche (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2021). Estas áreas suelen tener un clima más templado y húmedo con mayores niveles de precipitación durante todo el año.

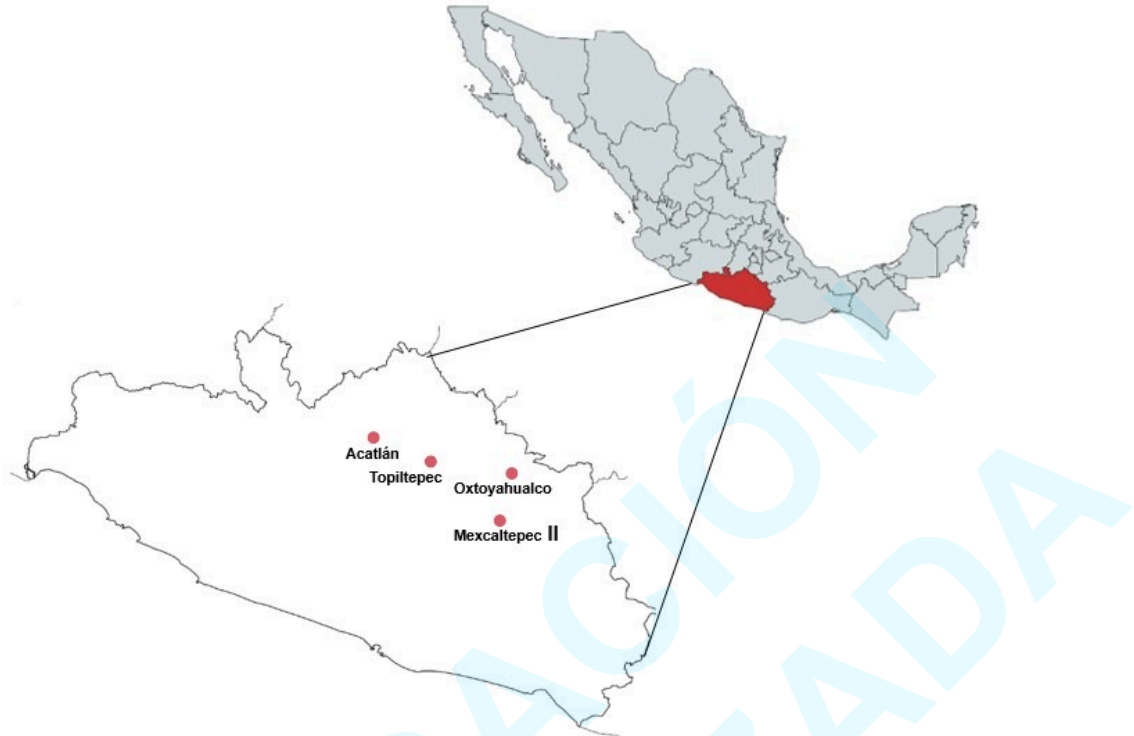


Figura 1. Ubicación de las comunidades seleccionadas

Fuente: Elaboración propia

La geografía de la región se caracteriza por una mezcla de cadenas montañosas escarpadas, valles profundos y llanuras fértiles. Estas formaciones son parte del Cinturón Volcánico Transmexicano más grande y presentan picos que se elevan a más de 3,000 msnm (INEGI, 2021). Los valles y llanuras de la región, como los valles de Amacuzac e Iguala, son fértiles y aptos para la agricultura. Estas áreas se utilizan principalmente para cultivos como maíz, frijol y frutas tropicales.

Proceso de recopilación de información

El proceso de recopilación de información, así como la metodología para la determinación y cuantificación de las variables de estudio se basó en el modelo de análisis e interpretación para el

estudio del CT desarrollado por Zvobgo et al. (2023). La región de estudio abarca tanto zonas de tierras bajas como áreas montañosas.

En su mayoría las comunidades están conformadas por agricultores que siembran maíz, hortalizas y frutos, siendo esta la principal actividad económica de la región. La recolección de información divergió en dos tipos de muestras, (1) productores veteranos que tienen en la región parcelas de trabajo con una antigüedad superior a 30 años y, (2) productores jóvenes cuyas parcelas tuvieran menos a 10 años de antigüedad. Una vez definidas las comunidades se identificaron como variables el CT y los pronósticos climáticos. Estas variables fueron sometidas a una regresión logística binaria con valor estadístico.

Se realizaron 40 entrevistas a los agricultores de las cuatro comunidades seleccionadas. El criterio de selección obedeció a un muestreo por conveniencia, dado que estos agricultores formaban parte del proyecto de investigación PRONAI-CONAHCYT (Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tectología) de soberanía alimentaria. Por tanto, el acceso a ellos, así como a las regiones de estudio fue factible. Adicionalmente se consideró como elemento principal para el estudio, la proximidad de la comunidad a los cuerpos de agua y las condiciones de tierra seca, específicamente si disponían de agua para riego. Este diseño de investigación permitió estimar los efectos del acceso al riego de los agricultores de las comunidades sobre el uso del CT para la adaptación climática en la región de estudio. Cabe señalar que, si bien el muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia, se procuró reducir posibles sesgos mediante la inclusión de agricultores con diferentes características sociodemográficas y productivas, tales como edad, tamaño de parcela, acceso a sistemas de riego y antigüedad en la actividad agrícola. Asimismo, la selección incluyó a productores pertenecientes a cuatro comunidades con condiciones ambientales y productivas diferenciadas, lo que permitió obtener una mayor diversidad de experiencias relacionadas con el uso del CT.

El proceso de recolección de información se realizó mediante la aplicación de una entrevista semi estructurada y con observación no participante. Estas técnicas fueron conducidas primeramente durante una serie de estancias etnográficas cortas llevadas a cabo en el mes de julio de 2022 y complementadas con sesiones de entrevistas a profundidad cara a cara durante agosto del mismo año. Las fechas elegidas coincidieron con el periodo de siembra en las comunidades, lo que

permitió que la información referente a la aplicación de técnicas y conocimientos tradicionales se encontrara reciente y disponible para su registro.

Definición y cuantificación de variables

La guía de entrevistas se estructuró para explorar cuatro aspectos principales: 1) Utilización y aplicación del CT para pronósticos meteorológicos y climáticos estacionales, 2) Confianza relativa de los agricultores en los pronósticos basado en el CT, 3) Influencia del CT sobre la toma de decisiones de los agricultores para la preparación ante posibles riesgos climáticos y, 4) Conexión de los pronósticos basados en el CT con las acciones de adaptación climática implementadas por los agricultores. Adicionalmente, se recopiló información sociodemográfica (**Cuadro 1**) para alimentar el modelo de regresión logística binaria y que con ello evaluar los factores sociodemográficos que estuvieran asociados a una mayor o menor probabilidad utilización y aplicación del CT.

La recopilación se centró en los tipos y variedades de conocimientos utilizados para pronosticar las condiciones meteorológicas y climáticas de la próxima temporada de lluvias, según las recomendaciones realizadas en la investigación de Gordon et al., (2023) sobre el CT. Se consideró el periodo de lluvias de 2024, que dio inicio en el mes de abril con las primeras lluvias y con disminución de las precipitaciones entre septiembre y octubre. Igualmente se consideró un nivel de confianza de los agricultores al calificar el grado (en una escala del 1 al 5) en el que confiaron de acuerdo con los pronósticos basados en el CT y su decisión sobre los cultivos.

Cuadro 1. Descripción y justificación de las variables predictoras para el modelo de regresión.

| Variable | Tipo | Valor asignado | Valor esperado |
|----------|------|----------------|----------------|
|----------|------|----------------|----------------|

| | | | | |
|-----------------|--|------------|---|-----|
| X ₁ | Edad | Continua | Valor reportado | + |
| X ₂ | Tamaño de parcela | Continua | Valor reportado | + |
| X ₃ | Antigüedad | Continua | Valor reportado | + |
| X ₄ | Acceso a información científica sobre pronósticos de clima | Dicotómica | Si=1, No=0 | - |
| X ₅ | Escolaridad | Politómica | MS-S=3, Secundaria=2, Primaria=1, Sin educación=0 | - |
| X ₆ | Género | Dicotómica | Hombre=1, Mujer=0 | + |
| X ₇ | Acceso a sistemas de irrigación | Dicotómica | Si=1, No=0 | - |
| X ₈ | Percepción en la variabilidad del clima | Dicotómica | Sí (si se percibe mayor variabilidad climática) = 1 No = 0 | + |
| X ₉ | Tipo de agricultor | Dicotómica | Veterano=1 Joven=0 | - |
| X ₁₀ | Diversificación de actividades de sustento económico | Dicotómica | Si=1, No=0 | - |
| X ₁₁ | Acceso a los servicios de extensión agrícola | Dicotómica | Si=1, No=0 | - |
| X ₁₂ | Tamaño de familia | Continua | Valor reportado | + |
| X ₁₃ | Nivel socioeconómico | Dicotómica | Relativamente medio=1 Bajo=0 | +/- |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Cuadro 1, a las variables utilizadas en el modelo se les asignó un valor en función del tipo de variable. Cabe señalar que en variables como la “percepción en la variabilidad del clima” se planteó la hipótesis de que los agricultores que sí reconocen el cambio climático fueron los más propensos a utilizar el CT para planificar y preparar sus parcelas, con base en lo sugerido por Van Huynh et al. (2020). Por otra parte, la variable de “diversificación de actividades de sustento económico” refiere a productores que tuvieron otra actividad económica adicional a la agricultura, debido a que, de acuerdo con lo indicado por Bryan et al. (2013), estos productores son menos propensos a utilizar el conocimiento tradicional (CT). Finalmente, la variable de “acceso a los servicios de extensión agrícola” se refiere a la utilización o contratación de servicios especializados como riego, fertilización o cosecha, los cuales, al ser sistemas tecnológicos, pueden reducir la dependencia del CT. Cabe precisar que, para el caso de las

variables continuas, el valor reportado indica la cantidad exacta del ítem en cuestión. En este estudio, el pronóstico estacional se refiere a la capacidad de los agricultores para anticipar —con base en el CT— las características generales de la temporada agrícola, particularmente, en relación con el comportamiento de las lluvias (inicio y término), la ocurrencia de eventos climáticos relevantes y la calidad esperada de la temporada. Esta conceptualización se basa en los enfoques metodológicos propuestos por Zvobgo et al. (2023) y Gordon et al. (2023), que consideran al CT como un sistema de observación empírica orientado a la anticipación de eventos climáticos estacionales. Para la recopilación de información final se definieron cinco eventos climáticos principales: (1) inicio de la temporada de lluvias; (2) eventos climáticos (tormentas, días lluviosos); (3) calidad y duración de la temporada; (4) amenazas climáticas (inundaciones, sequías, granizadas) y, (5) fin de la temporada de lluvias. Los cinco eventos fueron utilizados como categorías analíticas dentro de la entrevista semi estructurada, con el fin de identificar la utilización del CT en los pronósticos estacionales del clima. Para cada evento climático, se consultó a los agricultores sobre la utilización de indicadores del CT para anticipar su ocurrencia, así como sobre el tipo de indicadores empleados.

Descripción del modelo de regresión utilizado

Se utilizó un modelo de regresión logística binaria en el cual la variable dependiente corresponde al uso del CT para el pronóstico climático, definida como una variable dicotómica (1 = utiliza CT para pronosticar el clima; 0 = no utiliza CT). Las variables independientes o explicativas corresponden a las 13 variables sociodemográficas y productivas (**Cuadro 1**), las cuales incluyen variables continuas, dicotómicas y politómicas. El modelo de regresión utilizado se basó en el enfoque desarrollado por Van Huynh et al. (2020) y complementado por Zvobgo et al. (2023). El modelo asume que, si un agricultor utiliza el CT en el pronóstico, es probable que tome decisiones sobre sus cultivos para prepararse o ajustarse a los riesgos climáticos previstos. La variable dependiente del modelo (uso de CT en el pronóstico climático) se definió a partir de las

respuestas obtenidas en la entrevista semi estructurada, específicamente en las secciones relacionadas con la utilización del CT para anticipar eventos climáticos estacionales y su influencia en la toma de decisiones agrícolas. Los agricultores fueron clasificados en función de: si utilizaban o no el CT como base para sus pronósticos climáticos. El análisis de regresión logística se representa con la ecuación (1).

$$\ln \left[\frac{P}{1-P} \right] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \dots + \beta_{13} x_{13} \quad (1)$$

Donde:

$\left[\frac{P}{1-P} \right]$ es la razón de probabilidad

P es la probabilidad de que un agricultor pronostique el clima usando métodos basados en el CT y el Conocimiento Local (CL)

$1 - P$ denota la probabilidad de no usar CT para pronosticar el clima

β_0 es el intercepto

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{13}$ son las variables independientes.

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{13}$ son los coeficientes de regresión parcial

Para evaluar la bondad de ajuste del modelo se utilizaron los coeficientes de determinación pseudo- R^2 de Cox y Snell y de Nagelkerke, así como el porcentaje de clasificación correcta del modelo. Estos indicadores permiten estimar la capacidad explicativa del modelo logístico y su adecuación para describir la relación entre la variable dependiente y las variables explicativas (Díaz-Narváez, 2017). Se consideró que el modelo presentaba un ajuste aceptable cuando los coeficientes pseudo- R^2 mostraron valores consistentes con estudios similares y cuando el porcentaje de clasificación correcta superó el 70 %, lo cual indicó una capacidad predictiva adecuada del modelo.

Resultados

Perfil sociodemográfico

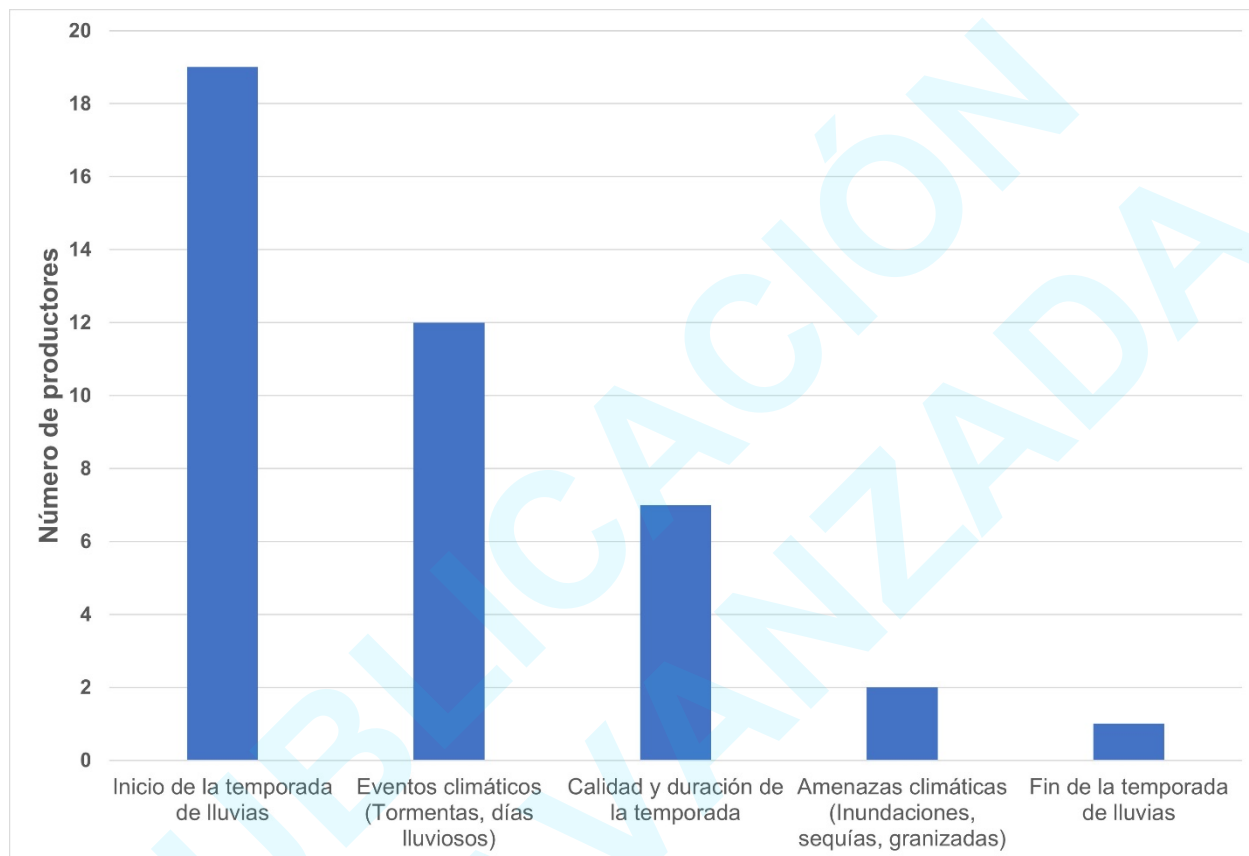
La edad promedio de los productores fue de 49.3 años ($\sigma = 5.3$). La antigüedad media de las parcelas de producción fue 26.4 años ($\sigma=3.5$). El tamaño promedio de las familias fue de 4.2 personas ($\sigma=2.3$). Referente al área de las tierras de cultivo el tamaño promedio fue 0.6 ha ($\sigma=.02$). Con respecto al género, el 78 % de los productores fueron hombres y el 22 % mujeres, la media de educación fue educación primaria. De los productores el 100 % se ubicó en el estrato socioeconómico bajo considerando el nivel de ingresos mensual. Finalmente, el 68 % de los agricultores tuvo una diversificación de prácticas agrícolas a través de la agricultura mixta (cultivos y ganado) y solo 12 % informó acceder a información meteorológica de fuentes científicas. Referente a la percepción en el cambio climático de la región esta fue de 98 %.

Uso del CT para el pronóstico del clima

De los 40 productores entrevistados el 92.5 % ($n=37$) manifestó pronosticar eventos meteorológicos y estacionales utilizando el CT. Su uso fue variable en función del evento (**Figura 2**), en donde la mayor cantidad se ubicó en su uso para los pronósticos al inicio de la temporada

de lluvia, seguido por eventos de lluvias fuertes y tormentas. En menor medida se utilizó el CT para pronosticar la calidad y la duración de la temporada de lluvia.

Figura 2. Utilización del conocimiento tradicional (CT) por evento climático.



Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que el uso del CT en su mayoría está enfocado a predicciones a corto plazo, es decir la duración de días lluviosos, de inicio y fin de temporadas en un lapso de 5 a 6 semanas.

Con respecto a los principales indicadores del CT, estos fueron diversos y cada uno vinculado a uno de los cinco eventos climáticos definidos (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Indicadores del CT utilizados por agricultores.

| Evento climático | Indicador | % de respuestas que utilizan el indicador | Grado de confianza en CT para la toma de decisiones (0-5) |
|--|---|---|---|
| Inicio de la temporada de lluvias | Temperaturas de verano | 78 % | 4.2 |
| | Floración de árboles | 49 % | 4.6 |
| | Nubes cumulonimbus ¹ | 58 % | 4.7 |
| | Comportamiento de aves | 66 % | 4.1 |
| | Cuerpo humano | 9 % | 4.2 |
| | Dirección del viento | 25 % | 4.5 |
| | Nubes ² | 89 % | 4 |
| Eventos climáticos (Tormentas, días lluviosos) | Comportamiento de aves | 42 % | 4.8 |
| | Dirección y temperatura del viento | 62 % | 4.4 |
| | Cuerpo humano | 17 % | 4 |
| | Cantico de ranas | 24 % | 4.2 |
| | Observaciones del entorno ambiental | 48 % | 4.7 |
| | Luna | 19 % | 4.4 |
| | Manifestación en sueños | 5 % | 4.4 |
| Calidad y duración de la temporada | Floración de arboles | 43 % | 4.1 |
| | Estrellas | 29 % | 4.1 |
| | Saltamontes (<i>Schistocerca americana</i>) | 32 % | 4.2 |
| | Dirección del viento | 30 % | 4.9 |
| Amenazas climáticas | Torbellinos | 26 % | 4.6 |
| | Estrellas | 18 % | 4.5 |

| | | | |
|--|---------------------------|------|-----|
| (Inundaciones, sequías, granizadas) | Floración de arboles | 44 % | 4.1 |
| | Manifestación en sueños | 2 % | 4.8 |
| | Bajas temperaturas | 89 % | 4.5 |
| Fin de la temporada de lluvias | Aguanieve | 76 % | 4.2 |
| | Nubes cirros ³ | 78 % | 4.1 |
| | Neblina/Niebla | 57 % | 4.4 |

¹Las nubes cumulonimbus son nubes de desarrollo vertical asociadas a condiciones de inestabilidad atmosférica, caracterizadas por la generación de lluvias intensas, tormentas eléctricas y ráfagas de viento.

²Se refiere a la observación general de la nubosidad, incluyendo características como la forma, tamaño, color y densidad de las nubes, utilizadas como indicadores tradicionales para anticipar cambios en las condiciones climáticas.

³Los cirros son nubes altas formadas por cristales de hielo, generalmente asociadas a condiciones atmosféricas estables y que pueden indicar cambios en el estado del tiempo o el fin de periodos lluviosos.

Fuente: Elaboración propia.

Al recabar la información sobre las manifestaciones del CT fue posible observar, por ejemplo, que para la predicción del inicio de la temporada de lluvias las principales acciones tienen que ver con los niveles de temperatura que se tienen a lo largo de los meses previos. Otros indicadores recurrentes también fueron, la floración de árboles en la región, el comportamiento de la fauna —particularmente de aves y anfibios— y de igual forma la observación del cielo.

En menor medida, pero igualmente presentes se observaron indicadores como: las oscilaciones de temperaturas bajas y la dirección e intensidad de vientos. Otros factores que se reportaron y que resultan interesante fueron la manifestación de sueños para la producción, así como aspectos psicosomáticos que sintieron en el cuerpo los agricultores.

Cuadro 3. Interpretación de indicadores del CT en el clima.

| Indicador | Interpretación |
|-----------|----------------|
|-----------|----------------|

| | |
|---|--|
| Temperaturas de verano | Si se presenta una temperatura muy elevada en los días de verano esto indica la llegada de la temporada de lluvias. |
| Floración de arboles | Dependiendo del tipo de árbol, el brote de hojas parduscas suele indicar lluvia inminente, pero floración abundante antes de la temporada de lluvias suele indicar un retraso en su inicio. |
| Nubes | Dependiendo del tipo de nube, suele indicar un acontecimiento, las nubes cumulonimbus representan el inicio de la temporada de lluvias, sin embargo, la aparición de nubes cirros, representa el fin de la lluvia. |
| Comportamiento de aves | El canto de las aves, indica la llegada de la lluvia inminente, si el canto es fuerte y prolongado indica una tormenta. |
| Cuerpo humano | Manifestaciones de dolor en articulaciones y espalda sobre todo en ancianos de las comunidades, indica llegada de lluvia inminente. |
| Dirección del viento | Si el viento sopla constantemente del oeste, desde el océano pacífico y la zona costera de Guerrero, implica cercanía de las lluvias. |
| Cántico de ranas | El canto continuo y fuerte de los anfibios, indica la llegada de una tormenta o lluvia fuerte. |
| Observaciones del entorno ambiental | Si se presentan puestas de sol rojizas de manera constante, representa la llegada de una tormenta. |
| Luna | Observación de las fases lunares donde, la aparición del primer y último cuarto de la luna indica cercanía de la temporada de lluvias. |
| Manifestación en sueños | Sueños relacionados con la interpretación tradicional de si la temporada de lluvias será favorable o desfavorable. |
| Saltamontes (<i>Schistocerca americana</i>) | Si comienzan a aparecer en grandes cantidades, representa la abundancia de la lluvia y buenos cultivos. |
| Torbellinos | La aparición regular de torbellinos en la región, indica que habrá lluvias abundantes y una temporada larga y de calidad. |
| Estrellas | Dependiendo de la ubicación de los astros se podrá esperar una temporada de lluvias o una sequía prolongada. |
| Bajas | Disminución de las temperaturas de verano indican el final de la temporada de lluvias. |

| | |
|----------------|--|
| Aguanieve | La aparición de aguanieve o heladas, indican el final de la temporada de lluvias y el inicio del invierno. |
| Neblina/Niebla | La presencia de neblina y niebla indica el final próximo de la temporada de lluvias. |

Fuente: Elaboración propia.

Determinantes estadísticos del uso de pronósticos climáticos basados en el CT

Con respecto a la evaluación de los indicadores mediante el modelo de regresión logística binaria, se consideró un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ para determinar la relevancia de las variables explicativas. De acuerdo con los resultados obtenidos (Cuadro 4), las variables que mostraron asociación significativa con el uso del CT fueron la edad de los agricultores mayores de 50 años ($p < 0.05$) y el tipo de agricultor ($p < 0.05$), indicando que los agricultores con mayor experiencia presentan una mayor probabilidad de utilizar el CT en los pronósticos climáticos. En cuanto a la bondad de ajuste del modelo, los valores de pseudo- R^2 de Cox y Snell y de Nagelkerke fueron 0.264 y 0.243 respectivamente. Estos coeficientes de determinación generalizados permiten estimar la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por las variables predictoras (Díaz-Narváez, 2017). Con estos valores se tuvo que el 89 % de los casos analizados utilizan el CT (Cuadro 4).

Cuadro 4. Factores que influyen en la probabilidad del uso de en pronósticos climáticos.

| Factor | β | E.S. | Wald | O.R. | Mínimo | Máximo | Valor- P |
|-------------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|------------|
| Edad (años) | | | | | | | |
| 20-29 | 0.256 | 0.452 | 0.163 | 0.574 | 0.474 | 8.147 | 0.124 |

| | | | | | | | |
|--|--------|-------|-------|--------|-------|---------|-------|
| 29-50 | 0.485 | 0.341 | 3.267 | 0.974 | 0.394 | 24.687 | 0.078 |
| Mas de 50 | 2.944 | 1.047 | 5.698 | 18.967 | 2.125 | 179.412 | 0.008 |
| Escolaridad | | | | | | | |
| Primaria | 1.035 | 0.660 | 1.985 | 2.896 | 0.562 | 12.745 | 0.114 |
| Secundaria o superior | 0.842 | 0.844 | 0.996 | 2.314 | 0.325 | 15.124 | 0.231 |
| Tipo de agricultor | 2.012 | 1.045 | 3.124 | 7.236 | 0.657 | 78.214 | 0.042 |
| Genero | -0.012 | 0.453 | 0.023 | 0.642 | 0.124 | 2.142 | 0.664 |
| Acceso a sistemas de irrigación | 0.531 | 0.652 | 0.742 | 1.356 | 0.236 | 8.136 | 0.236 |
| Acceso a información científica sobre pronósticos de clima | 0.956 | 0.624 | 1.345 | 2.324 | 0.321 | 12.142 | 0.148 |
| Percepción en la variabilidad del clima | -0.752 | 1.324 | 0.256 | 0.247 | 0.045 | 8.018 | 0.479 |
| Diversificación de actividades de sustento económico | -0.489 | 0.687 | 0.489 | 0.496 | 0.106 | 2.178 | 0.368 |
| Tamaño de familia | -0.018 | 0.098 | 0.047 | 0.896 | 0.689 | 1.069 | 0.689 |
| Nivel socioeconómico | -0.236 | 0.563 | 0.214 | 0.689 | 0.126 | 2.369 | 0.456 |

R² de Cox y Snell 0.185

R² de Nagelkerke 0.241

Predicción de
corrección del 32
modelo

Numero de 40
respuestas

Nota: El estado de referencia de un factor se proporciona entre paréntesis cuando corresponde. β es el coeficiente estimado, E.S. es el error estándar, Wald es la prueba de chi-cuadrada de Wald, O.R. es el coeficiente de determinaciones, p es el valor *P*. * significa $P < 0,05$.

Fuente: Elaboración propia.

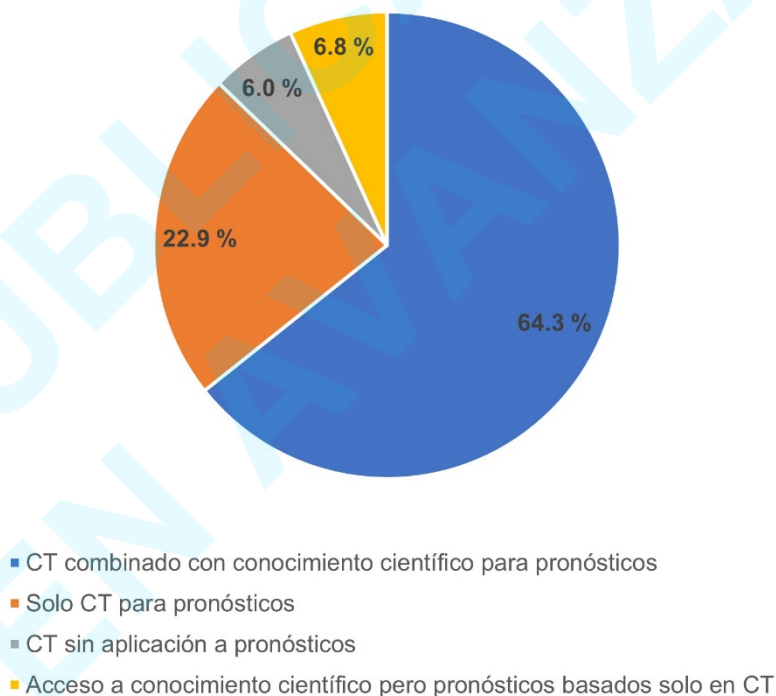
De acuerdo con los resultados mostrados en el **Cuadro 4**, es posible determinar que el uso del CT para los pronósticos climáticos estuvo significativamente asociado con el aumento de la edad de los agricultores y el tamaño de las tierras de cultivo. Esto significa que los agricultores con mayor experiencia son los más basan sus pronósticos de lluvias de acuerdo con diferentes factores asociados al CT. Igualmente se pudo observar que, el nivel de educación del agricultor, el acceso a riego, el tipo de cultivo y el acceso a información científica para pronósticos climáticos se asociaron positivamente con la probabilidad del uso del CT, pero sin mostrar un resultado significativo.

El CT como base para la toma de decisiones

De los 40 agricultores encuestados se encontró que la utilización del CT fue variable de acuerdo con los diferentes indicadores e interpretaciones para el pronóstico del clima. Se observó que el

CT en varios casos no fue un uso exclusivo, sino que existe una combinación con información científica o factores adicionales. Los resultados mostraron que en su mayoría (64.3 %) el pronóstico climático se basó en una combinación del CT con conocimiento científico (Figura 3). Es decir, esta combinación se observó principalmente al vincular el CT —el cual el productor toma como primera referencia para determinar el fenómeno climático, ya sea lluvia, sequía, nevada, etc— y posteriormente, el productor consulta información científica —en su mayoría representada por pronósticos climáticos en medios de comunicación— con base en ambos conocimientos realiza un pronóstico final y así define las actividades de mitigación y/o aprovechamiento que va a aplicar.

Figura 3. Uso del conocimiento tradicional (CT) para el pronóstico climático.

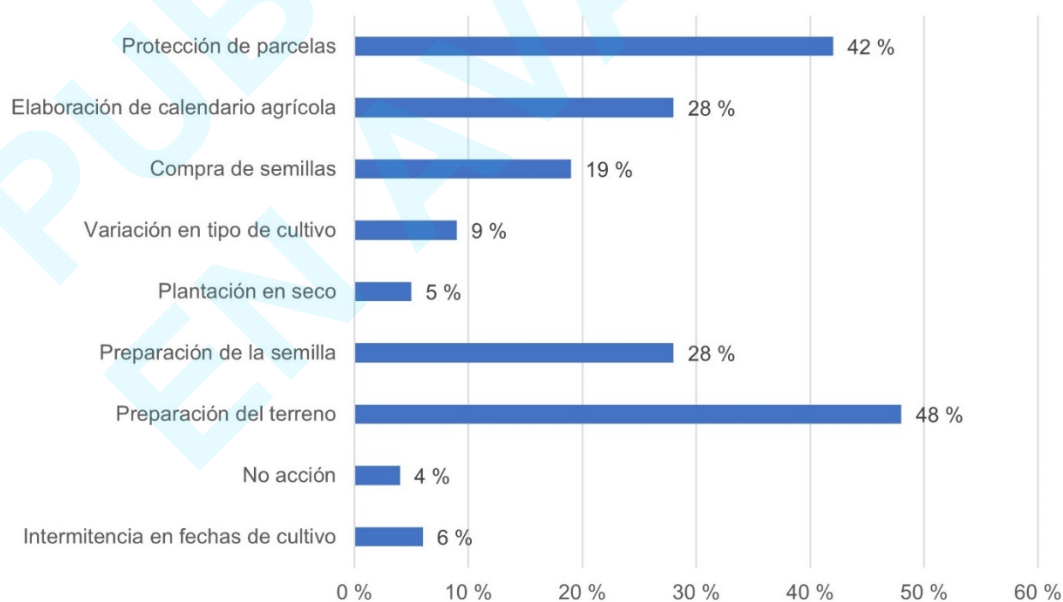


Fuente: Elaboración propia.

Se observó en menor medida, que el 22.9 % de los productores suelen basar sus pronósticos climáticos exclusivamente en el CT en cualquiera de sus manifestaciones y no corroboran este pronóstico con información científica. Un 6 % de los productores tienen el CT y relacionan su manifestación con posibles eventos climáticos, sin embargo, no aplican ese conocimiento para pronosticar el clima. Finalmente, el 6.8 % representó a agricultores que, si bien tienen acceso a información científica, la decisión final de pronosticar el clima lo basan solo en el CT.

En lo que respecta al tipo de evento climático pronosticado y su consecuente acción de mitigación, se observó una variabilidad importante (Figura 4). La preparación del terreno —que implica la limpieza y pre-fertilización— resultó una actividad preponderante al ser realizada por el 48 % de los productores —previo reconocimiento de algún indicador del CT—. En segunda instancia, la protección de las parcelas que incluye, el recubrimiento con tela-maya contra sol, granizadas y plagas, se identificó como la segunda acción de mitigación más implementada (42 %). Por último el 28 % representó la elaboración de los calendarios agrícolas —que incluyen fechas de siembra, fertilización, riego y cosecha, así como la preparación de la semilla mediante la adición de enraizantes naturales—, estas se presentaron como actividades importantes de mitigación.

Figura 4. Acciones de mitigación a pronósticos climáticos derivados del CT.

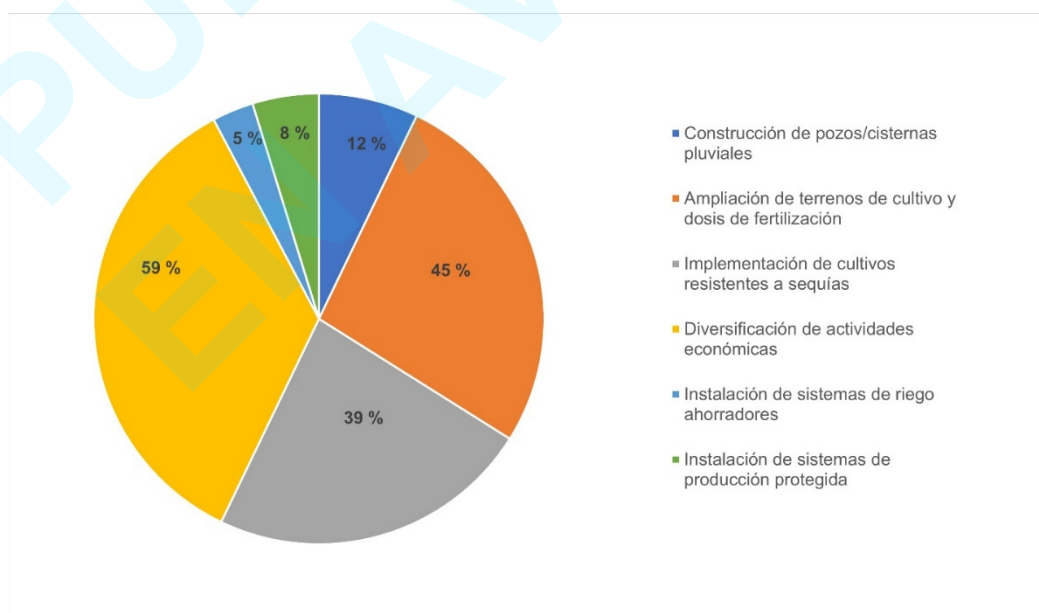


Fuente: Elaboración propia.

Adaptación al cambio climático resultado del CT

Con los resultados anteriores se evidenció la correlación que existe entre la toma de decisiones climáticas y los indicadores del CT, de igual forma fue posible observar que los agricultores combinan mayormente el CT con información científica disponible para asistir su toma de decisiones. Las actividades de mitigación son acordes a la temporada y al tipo de evento climático pronosticado. Sin embargo, la disminución o aumento de determinado indicador del CT resulta igualmente en acciones de adaptación, ya no solo a un evento climático, sino a los cambios drásticos en diferentes aspectos como la disponibilidad de agua, la duración extendida de sequías, el aumento en la fuerza de tormentas y granizadas, así como la presencia de plagas más resistentes. Por lo tanto, en este trabajo se exploraron las acciones de adaptación al cambio climático que derivan del CT (Figura 5).

Figura 5. Acciones de adaptación al cambio climático identificadas.



Los agricultores de la región de estudio han implementado de forma sintética, seis acciones de adaptación al cambio climático, las cuales representan diferentes tipos de respuesta para hacer frente sobre todo a sequías y a la variabilidad de las precipitaciones. Entre estas respuestas específicas de adaptación se incluyen principalmente, la diversificación de las actividades económicas y la ampliación de terrenos de cultivo y también las dosis de fertilización con 59 % y 45 % respectivamente.

La diversificación de actividades económicas se refiere, a la integración en otros sectores productivos para la generación de ingresos, igualmente se identificó en algunos de los productores la tendencia a generar alianzas estratégicas con productores de otras comunidades mediante el establecimiento de redes de intercambio de alimentos. Con respecto al incremento en tierras de cultivo y dosis de fertilizantes es importante diferenciar dos escenarios: el incremento de tierras, solo se presentó entre los agricultores con mayor poder adquisitivo, lo cual no fue una característica presente en la gran mayoría de agricultores. No obstante, el aumento de dosis de fertilizantes sí es una acción transversal dado que existe un subsidio gubernamental para la adquisición de fertilizantes. Ante esto, es importante enfatizar que, si bien en el corto plazo se puede tener un mejor rendimiento productivo, en el mediano y largo plazo las afectaciones al suelo por la concentración de químicos presentes de los fertilizantes mermarán las propiedades y se reducirá la fertilidad del suelo.

Otra acción de adaptación observada fue la diversificación de cultivos y siembra de cultivos con mayor resistencia a la sequía o bien, cultivos cuyas necesidades de agua son menores a los cultivos tradicionales de la región. Solo el 12 % de los productores diseña y construye sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial, esto debido a los altos costos que puede implican. De igual forma, solo 8 % de los productores tiene instalaciones de sistemas de producción protegida como invernaderos y el 5 % utiliza sistemas retractiles de malla sombra.

Discusión

El CT como base para las predicciones climáticas

En primera instancia, es posible discutir sobre cómo el conocimiento tradicional (CT) es una fuente intangible de riqueza entre las comunidades rurales y pueblos originarios. Esto no es un caso aislado para la región Centro y Montaña de Guerrero en México, en muchas comunidades indígenas y rurales alrededor del mundo se ha acumulado un valioso CT sobre el clima a lo largo de generaciones.

Reyes-García (2007) afirma que los ancianos y líderes locales pueden proporcionar información valiosa sobre patrones climáticos, comportamiento de plantas y animales, y otros indicadores que han sido utilizados durante siglos para predecir el clima. Esta tendencia ha sido documentada en diversas regiones y reportada en diversas investigaciones. Uno de los ejemplos más conocidos del CT incorporado en las predicciones climáticas es el fenómeno “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS). Las observaciones de las comunidades costeras de América del Sur sobre cambios en las temperaturas del océano y los patrones de pesca han sido fundamentales para anticipar los eventos de El Niño y La Niña, que afectan los climas regionales y globales (Azcárate & Mejía-Fajardo, 2016). Esto coincide con los resultados encontrados en esta investigación dado que la observación en los patrones de la nubosidad y el viento, se identificaron como indicadores del CT ampliamente utilizados.

En lo que respecta a la observación de los ciclos de floración en árboles, así como el comportamiento de algunos insectos, es un indicador de CT que tiene una aplicación extendida, por ejemplo, se han reportado casos en la India, donde los agricultores han confiado durante mucho tiempo en el CT y las señales naturales para predecir las lluvias monzónicas al observar los ciclos de floración y la presencia de hormigas y aves (Basak et al., 2022).

Otros usos y aplicaciones del CT que coinciden con los resultados obtenidos se han observado en varias regiones de África donde las comunidades locales han desarrollado métodos basados en la observación de la naturaleza y la tradición oral para predecir sequías (Zvobgo et al., 2023). En la región del pacífico, las comunidades isleñas también han desarrollado observaciones detalladas sobre el comportamiento de las olas y otros indicadores naturales para predecir la llegada y la intensidad de los ciclones tropicales (Shah & Bhat, 2019).

Este conocimiento ha sido fundamental para la preparación y la respuesta a eventos climáticos extremos similar al caso de las sequías y las nevadas prolongadas en el caso del Estado de Guerrero, México. Entre los indicadores del CT identificados en este estudio se tuvo el comportamiento de anfibios y fauna circundante a cuerpos de agua como indicador de aumento en el cauce de ríos y aparición de tormentas. Esta interpretación es similar a la reportada por Chowdhoree (2019) quien describe un comportamiento similar en Bangladesh, donde las inundaciones son comunes, de acuerdo el este estudio realizado, las comunidades locales han acumulado CT sobre los patrones de lluvia, el comportamiento de anfibios y otros indicadores locales para prever inundaciones.

Por su parte Ligtermoet et al., (2023) encontraron que las comunidades aborígenes de Australia han utilizado la observación de astros como los ciclos lunares y el comportamiento de estrellas como indicadores de patrones climáticos. Este conocimiento se ha compartido con científicos climáticos para mejorar las predicciones locales.

La combinación del CT con el conocimiento científico

La mayoría de los agricultores suelen basar sus decisiones del clima en el CT, lo que resalta la importancia de respetar y valorar este conocimiento en las comunidades locales, sin embargo, su alcance resulta limitado. Una restricción importante que se observó es que el CT si bien puede dar una pauta del evento climático pronosticado, no existe una interpretación que pueda

pronosticar información más detallada como los tiempos de duración y las intensidades de las lluvias. Esta limitante que reduce la eficacia en la adaptación al cambio climático no es un caso particular de los agricultores en México. Otras investigaciones han reportado este tipo de limitante en regiones como África y Asia, en donde el CT presenta alguna limitación cuantitativa para mejorar la toma de decisiones sobre los cambios climáticos (Rerkasem, Yimyam & Rerkasem, 2009; Obiero et al., 2023). No obstante, este obstáculo a los ojos de los agricultores no resulta determinante para dejar de basarse exclusivamente en CT y consultar otro tipo de fuentes científicas. Si bien 64.3 % (n=26) de los productores combinan el CT con información científica, esta información es representada solo por los pronósticos del clima disponibles en medios de comunicación locales, los cuales por su carácter informativo no suelen brindar información detallada sobre los eventos climáticos.

Al cuestionar sobre la renuencia a la consulta de otro tipo de fuentes científicas, en su mayoría los agricultores manifestaron que, dada la complejidad de la búsqueda e interpretación de información científica de mayor nivel, prefieren solo basarse en CT y en noticias en medio locales. La información científica de mayor detalle no suele ser presentada en un lenguaje coloquial entendible por audiencias no especializadas.

El problema del acceso al conocimiento científico del público en general ha sido ampliamente analizado en la literatura. Varias investigaciones señalan la necesidad de implementar sistemas de comunicación simples y en lenguaje accesible para reducir las barreras asociadas a la información técnica y permitir que ésta llegue de manera efectiva a las comunidades rurales (Bacci, Baoua & Tarchiani, 2020; Yegbemey & Egah, 2021). En este contexto, el desarrollo de sistemas de comunicación climática que puedan funcionar como mecanismos de alerta temprana representa una alternativa relevante para complementar el CT y fortalecer las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático. Esto implica generar canales de comunicación y difusión que permitan que la información científica sea accesible y útil para los agricultores, particularmente en relación con los pronósticos climáticos, los cuales actualmente suelen limitarse a horizontes de corto plazo no mayores a 90 días. Para lograrlo, es fundamental una vinculación con el sector gubernamental que permita generar boletines de información climática orientados a las comunidades rurales en lenguaje sencillo, con el objetivo de complementar (y no sustituir) el uso del CT.

Este tipo de ejercicios ya cuenta con casos de éxitos, por ejemplo, Yegbemey & Egah (2021) documentaron el uso de SMS en dispositivos móviles para la provisión continua de información climática. De igual manera en algunas comunidades del noroeste de África se ha combinado el uso de mensajes de texto con radios comunitarias, lo que incrementó en forma importante la difusión de información climática (Lo & Dieng, 2015). En las comunidades del Centro y Montaña del Estado de Guerrero, un sistema de comunicación y difusión de información ampliamente empleado es el perifoneo con altoparlantes, mediante el cual se difunden mensajes constantes dentro de las comunidades. Considerando los casos de éxito previamente mencionados, se pueden establecer estrategias combinadas de uso de mensajes de texto, ya sean SMS o en alguna aplicación de mensajería, los cuales en conjunto con el perifoneo periódico se pueda difundir la información climática validada que complemente el CT.

En adición a lo anterior, se pueden generar vinculación con centros de investigación e instituciones educativas para el diseño y desarrollo de aplicaciones informáticas orientadas al monitoreo y difusión de información climática regional, las cuales pueden funcionar como herramientas de información climática y sistemas de alerta temprana complementarios al CT. Ya se tiene evidencia de este tipo de iniciativas en diferentes regiones agrícolas. Por ejemplo, en diversas comunidades de Kenia se desarrolló la aplicación CropMon para difundir información climática complementaria al CT (Van Der Burgt et al., 2018). Casos similares se han documentado en Etiopía con CommonSense (Van Pelt, 2016), en Sudáfrica con Agricloud (Walker, 2020) y en Bangladesh con Weather4Farmers (Belle, 2019).

En todos estos casos se han desarrollado aplicaciones digitales para su descarga y uso por parte de los agricultores. No obstante, debido al costo asociado que estos desarrollos tecnológicos tienen, es necesaria la vinculación previamente mencionada, a la cual igualmente se puede sumar el gobierno para crear sistemas de financiamiento a este tipo de iniciativas. Con todo lo anterior se visualiza un escenario prometedor en donde se pueda apoyar a las comunidades con información complementaria para la toma de decisiones sobre la producción agrícola y el clima. De esta forma no solo se sigue valorando el CT sino que se potencia su valor al combinar el conocimiento científico y que así coexistan armoniosamente en pro de los agricultores y del ecosistema.

En este sentido, una línea futura de investigación podría consistir en contrastar de manera sistemática los pronósticos climáticos basados en el CT con los pronósticos generados por los servicios meteorológicos oficiales para los mismos períodos, con el fin de evaluar posibles niveles de coincidencia y complementariedad entre ambos enfoques. Este tipo de análisis permitiría fortalecer la integración entre el CT y el conocimiento científico en la generación de estrategias de adaptación climática a nivel local.

Conclusiones

En este estudio se analizó la aplicación del conocimiento tradicional (CT) en los pronósticos climáticos estacionales y su papel en la adaptación al cambio climático en comunidades agrícolas del Centro y la Montaña del Estado de Guerrero, México. Los resultados muestran que el CT sigue siendo ampliamente utilizado por los agricultores y constituye un elemento central en la anticipación de eventos climáticos y en la toma de decisiones productivas. Asimismo, se identificó que el uso del CT está asociado principalmente con la experiencia productiva de los agricultores y con ciertas características de las unidades de producción. Los indicadores más relevantes para el pronóstico climático incluyen la observación de nubes, viento, temperatura y señales biológicas del entorno. En conjunto, los resultados confirman que el CT desempeña un papel significativo en la adaptación al cambio climático en comunidades rurales, constituyendo un recurso local que complementa otras fuentes de información climática.

Los saberes ancestrales transmitidos de generación en generación se han convertido en una herramienta invaluable para anticipar eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones. La observación cuidadosa de la naturaleza, la interpretación de señales locales y la aplicación de prácticas tradicionales son componentes esenciales de estos pronósticos, que han demostrado ser confiables y precisos en muchas ocasiones.

El CT no solo contribuye a la predicción del clima, sino que también desempeña un papel crucial en las estrategias de adaptación al cambio climático. Las comunidades rurales han adaptado sus prácticas agrícolas y de subsistencia en función de los pronósticos tradicionales, lo que les ha permitido enfrentar de manera más efectiva eventos climáticos adversos. Esto subraya la importancia de reconocer y valorar el conocimiento local en las estrategias de adaptación al cambio climático a nivel comunitario.

La influencia de la globalización, la pérdida de saberes debido a la migración de los jóvenes a áreas urbanas y la falta de reconocimiento oficial representan amenazas para la continuidad de esta valiosa herencia cultural y ecológica. Aunado a esto, la reducida convergencia del CT con el conocimiento científico reduce el impacto, por lo que se deben de formular estrategias para mitigar esta limitante. Con estos resultados se busca reconocer y apoyar activamente el conocimiento ancestral, el cual es esencial para fortalecer las capacidades de resiliencia de las comunidades del Centro y Montaña de Guerrero frente a los desafíos climáticos futuros. Además, es necesario fomentar la colaboración entre los conocimientos tradicionales y científicos para mejorar la precisión de los pronósticos climáticos y las estrategias de adaptación a nivel local y regional.

Referencias

- Azcárate, R. & Mejía-Fajardo, A. (2016). Meteorología, socioeconomía y gestión del riesgo de desastres del evento El Niño Oscilación del Sur en Colombia. *MUTIS* 6(2): 95-109. <http://dx.doi.org/10.21789/22561498.1154>
- Bacci, M., Baoua, Y. & Tarchiani, V. (2020). Agrometeorological Forecast for Smallholder Farmers: A Powerful Tool for Weather-Informed Crops Management in the Sahel. *Sustainability*, 12(8): 3246. <https://doi.org/10.3390/su12083246>

- Basak, G., Chowdhury, T., Jana, A., Saha, S. & Mandal, A. (2022). An ethnobotanical study of the indigenous knowledge by the Rajbangshi community of Raiganj Block, Uttar Dinajpur district, West Bengal, India. *Acta Ecologica Sinica*, 42(4): 348-373. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2022.02.005>
- Belle, A. (2019). Bangladeshi farmers reap the benefits of new weather forecasts. Recuperado de: <https://blogs.worldbank.org/endpovertyinsouthasia/bangladeshi-farmers-reap-benefits-new-weather-forecasts> (Fecha de acceso: 06-09-2023).
- Bryan, E., Ringler, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S. & Herrero, M. (2013). Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. *Journal of Environmental Management*, 114: 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>
- Cárdenas, I., Rangel, M. & Cristóbal, G. (2020). Relación del conocimiento ecológico tradicional y desarrollo local sostenible. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 13(37): 1-18. <https://www.eumed.net/es/revistas/delos/vol-13-no-37-diciembre-2020/conocimiento-ecologico-tradicional>
- Comisión Nacional de Agua [CONAGUA]. (2020). Resumen de la temporada de ciclones tropicales del año 2020. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Resumenes/2020.pdf> (Fecha de acceso: 22-07-2023).
- Chowdhoree, I. (2019). Indigenous knowledge for enhancing community resilience: An experience from the south-western coastal region of Bangladesh. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40: 101259. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101259>
- Da Silva, I. & Martin, D. (2016). Soberanía alimentaria y cambio climático. *América Latina en Movimiento*, 512: 6-8. <http://hdl.handle.net/11336/43362>
- Demem, M. (2023). Impact and adaptation of climate variability and change on small-holders and agriculture in Ethiopia: A review. *Heliyon*, 9(8): e18972. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18972>
- Díaz-Narváez, V. (2017). Regresión logística y decisiones clínicas. *Nutrición Hospitalaria*, 34(6): 1505. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.1468>

Gordon, H., Ross, J., Bauer-Armstrong, C., Moreno, M., Byington, R. & Bowman, N. (2023).

Integrating Indigenous Traditional Ecological Knowledge of land into land management through Indigenous-academic partnerships. *Land Use Policy*, 125: 106469.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106469>

Hernández-Solano, A. & Avila-Foucat, V. (2019). Adaptación al cambio climático y sus efectos en la economía de los hogares rurales mexicanos productores de alimentos. *Ensayos. Revista de Economía*, 38(1): 61-86.

<https://doi.org/10.29105/ensayos38.1-3>

Hódar, J., Zamora, R. & Cayuela, L. (2012). Cambio climático y plagas: algo más que el clima. *Ecosistemas*, 21(3): 73-78. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2012.21-3.09>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2021). Aspecto geográficos: Guerrero. Recuperado de:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_12.pdf
(Fecha de acceso: 14-08-2023).

Laino, E. & Iglesias, G. (2023). Extreme climate change hazards and impacts on European coastal cities: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 184: 113587.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113587>

Ligtermoet, E., Gumurdul, J., Nayinggul, C. & Baker, R. (2023). The return of the kinga (saltwater crocodile): Population ‘bust then boom’ shapes shifting baselines in Indigenous biocultural knowledge in northern Australia. *Biological Conservation*, 277: 109746.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109746>

Lo, M. & Dieng, M. (2015). *Impact Assessment of Communicating Seasonal Climate Forecasts in Kaffrine, Diourbel, Louga, Thies and Fatick (Niakhar) Regions in Senegal: Final Report for CCAFS West Africa Regional Program*. Recuperado de:
<https://hdl.handle.net/10568/67171> (Fecha de acceso: 15-08-2023).

Mendoza, U. & Vázquez, M. (2017). Detección de extremos climáticos de precipitación y temperatura en el estado de Guerrero. *Ingeniería*, 21(1): 13-30.

- Millán-Rojas, L., Arteaga-Reyes, T., Moctezuma-Pérez, S., Velasco-Orozco, J. & Arzate-Salvador, J. (2016). Conocimiento ecológico tradicional de la biodiversidad de bosques en una comunidad matlatzinca, México. *Ambiente y Desarrollo*, 20(38): 111-123. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-38.cetb>
- Nicholls, C. & Altieri, M. (2019). Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1): S55-S61. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v11n1/1659-4266-cinn-11-01-55.pdf>
- Omotoso, A., Letsoalo, S., Olagunju, K., Tshwene, C. & Omotayo, A. (2023). Climate change and variability in sub-Saharan Africa: A systematic review of trends and impacts on agricultura. *Journal of Cleaner Production*, 414: 137487. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137487>
- Obiero, K., Klemet-N'Guessan, S., Migeni, A. & Achieng, A. (2023). Bridging Indigenous and non-Indigenous knowledge systems and practices for sustainable management of aquatic resources from East to West Africa. *Journal of Great Lakes Research*, 49(1): S128-S137. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2022.12.001>
- Pérez, L., Dávila, J., Alonso, F. & De la Cruz, E. (2019). Comunicación del cambio climático y generación de capacidades adaptativas entre los agricultores del trópico subhúmedo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7): 1627-1639. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v10n7/2007-0934-remexca-10-07-1627.pdfZ>
- Pérez, M. (2022). *Conocimiento tradicional ecológico indígena y su papel en el ordenamiento territorial de Leticia, Amazonas, Colombia*. [Tesis de Maestría. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales]. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.202201.004>
- Rentería, D., Espinosa, E., Soler, P., Ramos, M., Duarte, F. & Gonzalez, J. (2022). Probabilidad de fallo en el suministro de agua bajo influencia del cambio climático - Estudio de caso cuenca río Balsillas. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 103: 9-19. <https://www.doi.org/10.17533/udea.redin.20201008>
- Rerkasem, K., Yimyam, N. & Rerkasem, B. (2009). Land use transformation in the mountainous mainland Southeast Asia region and the role of indigenous knowledge and skills in forest

management. *Forest Ecology and Management*, 257(10): 2035-2043.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.11.008>

Reyes-García, V. (2007). El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos contemporáneos. *Papeles de Relaciones Ecosociales y Cambio global*, 100: 109-116.
https://www.fuhem.es/papeles_articulo/el-conocimiento-tradicional-para-la-resolucion-de-problemas-ecologicos/

Shah, S. & Bhat, J. (2019). Ethnomedicinal knowledge of indigenous communities and pharmaceutical potential of rainforest ecosystems in Fiji Islands. *Journal of Integrative Medicine*, 17(4): 244-249. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2019.04.006>
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05656>

Van Der Burgt, F., Van Pelt, S. & Lobbrecht, A. (2018). *Mobile weather services for smallscale farmers: Success factors from african case studies*. Recuperado de:
https://www.weatherimpact.com/wp-content/uploads/2019/10/MobileWeatherServicesforSmallScaleFarmers_WeatherImpact.pdf (Fecha de acceso: 12-09-2023).

Van Huynh, C., Le, Q., Nguyen, M., Tran, P., Nguyen, T., Pham, T., Nguyen, L., Nguyen, L. & Trinh, H. (2020). Indigenous knowledge in relation to climate change: adaptation practices used by the Xo Dang people of central Vietnam. *Heliyon*, 6(12): e05656

Van Pelt, S. (2016). *Mission Ethiopia Common Sense*. Recuperado de:
<https://www.weatherimpact.com/mission-ethiopia-common-sense/> (Fecha de acceso: 05-09-2023).

Walker, S. (2020). Value-added weather advisories for small-scale farmers in South Africa delivered via mobile apps*. *Irrigation and Drainage*, 70(3): 505-5011.
<https://doi.org/10.1002/ird.2506>

Yegbemey, R. & Egah, J. (2021). Reaching out to smallholder farmers in developing countries with climate services: a literature review of current information delivery channels. *Climate Services*, 23: 100253. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2021.100253>

Zvobgo, L., Johnston, P., Olagbegi, O., Simpson, N. & Trisos, C. (2023). Role of Indigenous and local knowledge in seasonal forecasts and climate adaptation: A case study of smallholder farmers in Chiredzi, Zimbabwe. *Environmental Science & Policy*, 145: 13-28.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.03.017>

PUBLICACIÓN
EN AVANZADA