

14

Fecha de presentación: noviembre, 2022

Fecha de aceptación: enero, 2023

Fecha de publicación: marzo, 2023

DETERMINANTES

DE LA ADAPTACIÓN EN EL MARCO DE UN ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

DETERMINANTS OF ADAPTATION WITHIN THE FRAMEWORK OF AN ANALYSIS OF RISK AND VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE

Enrique Ernesto Alvarado Irías¹

Email: enrique.alvarado@catie.ac.cr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7571-5970>

Adelfa Patricia Colon García²

Email: adelfa.colon@unah.edu.hn

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2785-6787>

¹University of Göttingen, Alemania.

²Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) - Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA).

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Alvarado Irías, E. E., Colon García, A. P. (2023). Determinantes de la adaptación en el marco de un análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(2), 141-151.

RESUMEN

Actualmente, los sistemas productivos se encuentran expuestos a diversos peligros climáticos que influyen en su vulnerabilidad, ya que los patrones climáticos como temperatura y precipitación presentan demasiada variabilidad que ocasiona sensibilidad en los cultivos, lo que sumado a una baja capacidad de adaptación de los productores debido a factores vinculados con el capital humano, social, cultural, financiero, físico y natural; incrementa el riesgo climático de los territorios; por lo cual, es clave poder identificar las opciones de adaptación producto de los análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático, para después analizar cuáles son los factores que influyen en dicho proceso de adaptación. De esta forma, la presente investigación se enfocó en definir los determinantes de la adaptación de prácticas de conservación de agua y suelo en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, y el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala. Los resultados mostraron que la edad, pertenencia a un grupo étnico y ser amantes del riesgo disminuye las probabilidades de adaptación; mientras que la experiencia en agricultura, las capacitaciones, la confianza, el acceso al crédito y una alta percepción sobre los efectos negativos del clima la promueven.

Palabras clave: Riesgo climático, vulnerabilidad, determinantes de la adaptación al cambio climático.

ABSTRACT

Currently, the productive systems are exposed to several climatic hazards that influence their vulnerability since climatic patterns such as temperature and precipitation present too much variability that causes sensitivity in the crops, which added to a low adaptation capacity of the producers due to factors linked to human, social, cultural, financial, physical and natural capital; it increases the climatic risk of the territories; Therefore, it is critical to be able to identify the adaptation options resulting from the analysis of risk and vulnerability to climate change, in order to analyze later which are the factors that influence the adaptation process. In this regard, the present research focused on defining the determinants of the adaptation of water and soil conservation practices in the municipality of Rabinal, department of Baja Verapaz, and the municipality of San Agustín Acasaguastlán, department of El Progreso, Guatemala. The results showed that age, belonging to an ethnic group, and being risk lovers decrease the probabilities of adaptation, while experience in agriculture, training, confidence, access to credit, and a high perception of the adverse effects of the climate promote it.

Keywords: climate risk, vulnerability, determinants of adaptation to climate change.

INTRODUCCIÓN

A nivel general, el cambio climático se refiere a las variaciones promedio del clima o sus propiedades a través de décadas o incluso períodos de tiempo más extensos (IPCC, 2018). En relación al sector agrícola, el cual es uno de los más importantes para la economía mundial, es necesario establecer que en la actualidad enfrenta diferentes peligros climáticos (variaciones extremas en temperatura y precipitación, aridez, incremento de número de meses secos, entre otros) y presenta una alta sensibilidad climática (menor producción y rendimiento, entre otros aspectos) (Gourdji et al., 2013). En concreto, la vulnerabilidad del sector agrícola incrementa su riesgo a eventos climáticos extremos como las sequías, inundaciones, huracanes, entre otros; los cuales son más recurrentes y han incrementado su intensidad en la actualidad (Rodríguez, 2021).

De esta forma, es necesario desarrollar estudios de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático, para conocer los peligros, la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa de los sistemas agro socio ecológicos; igualmente, este tipo de análisis permite identificar de forma participativa las opciones de adaptación al cambio climático que realizan los pobladores o productores del área de estudio. Es así, que puede considerarse que la adaptación se desarrolla cuando los grupos, los gobiernos y las personas implementan cambios en los estilos de gestión, las tecnologías utilizadas, las políticas, las normas y el comportamiento en general en respuesta a los cambios en el clima. Estos cambios tienen como objetivo minimizar la vulnerabilidad de las personas a los efectos adversos del cambio climático (Bradshaw et al., 2004; Smit & Wandel, 2006).

En la agricultura, la adaptación ocurre cuando los ajustes son en respuesta a un estímulo relacionado con el clima; en este sentido, ciertos autores han identificado las opciones de adaptación más utilizadas por este sector; por ejemplo, Deressa et al., (2009) identificaron que la forma más común de adaptación para los agricultores es a través del uso de diferentes variedades de cultivos, cambiando el calendario de siembra (siembra temprana y tardía), implementando sistemas de irrigación, plantación de árboles y prácticas de conservación del suelo. Sin embargo, Di Falco et al., (2011) explican que la conservación del suelo es una de las estrategias de adaptación más críticas; mientras que Hassan & Nhemachena (2008) identificaron las prácticas de manejo de cultivos y ganado, y la conservación del agua como las opciones de adaptación más utilizadas.

Ahora bien, en relación a los factores que influyen en los procesos de adaptación, se ha identificado que la experiencia previa con un choque relacionado con el clima facilita el proceso de adopción de estrategias de adaptación a nivel de finca (Hassan & Nhemachena, 2008).

Además, ciertos estudios resaltan el rol de los aspectos socioeconómicos (edad, género, educación), acceso a servicios de extensión, crédito, mercado, información sobre datos meteorológicos, acceso a tierras fértiles, riqueza, capital social, tipo de agricultura (subsistencia) como determinantes de las medidas u opciones de adaptación (Deressa et al., 2009; Di Falco et al., 2011; Hassan & Nhemachena, 2008).

Sumado a lo expuesto, y entendiendo la adaptación como un proceso donde el agricultor decide realizar inversiones ahora por efectos negativos inciertos en el futuro, se puede establecer que las preferencias individuales se vuelven muy relevantes, especialmente aquellas relacionadas con el riesgo (Bernedo & Ferraro, 2016; Nielsen et al., 2013).

Igualmente, el concepto de capital social es relevante en la discusión de los procesos de adaptación al cambio climático. Al hablar de capital social, es necesario establecer que existen tres formas básicas o dimensiones: confianza, normas y redes.

Es así, que la literatura ha demostrado que los agricultores con alto capital social son: 1) menos vulnerables y más resistentes a los cambios en el clima; 2) rápido y seguro de sí mismo al adoptar nuevas tecnologías; y 3) establecer fuertes mecanismos de comunicación, a través de la red social, que permitan el flujo de recursos (por ejemplo, información, financieros) de manera más efectiva (Adger, 2003; Di Falco et al., 2011).

Por lo tanto, el objetivo general de la presente investigación es exponer los principales resultados de un análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático, incluyendo las opciones de adaptación que surgen del proceso, así como los factores que influyen en el proceso de adaptación. Esto proporcionará recomendaciones para desarrollar políticas centradas en estrategias de adaptación y mejora del bienestar de los agricultores.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, y el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala. Ambos municipios se encuentran en el denominado corredor seco del país y la región centroamericana, donde los niveles de sequía se encuentran en un rango desde medio a muy alto. Por lo tanto, ambos

municipios presentan problemas recurrentes de seguridad alimentaria y pérdida de cultivos (Consejo Municipal de Desarrollo & SEGEPLAN/DPT, 2011).

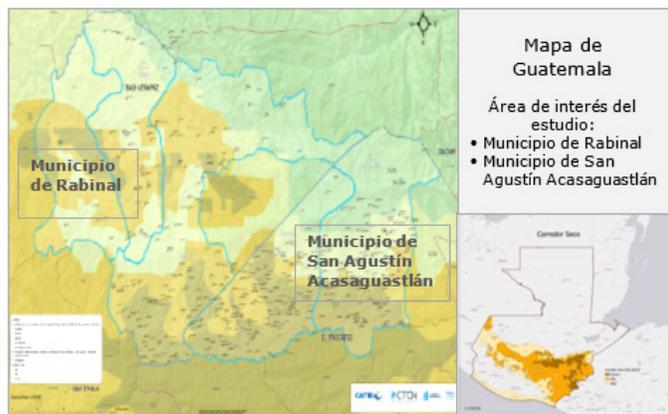


Figura 1. Ubicación del área de estudio: municipios de Rabinal, departamento de Baja Verapaz; municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala.

Fuente: Elaboración propia con base en Alvarado Irías et al., (2022).

METODOLOGÍA

La metodología se divide en dos grandes bloques, el primero se enfoca en el análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático, mientras que el segundo se basa en un modelo econométrico para identificar los determinantes de las medidas de adaptación al cambio climático identificadas en el primer análisis.



Figura 2. Metodología del estudio.

Fuente: elaboración propia.

Análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático

En el presente estudio se utilizaron los datos de Alvarado Irías et al. (2022), los cuales implementaron la metodología del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5) (IPCC, 2018), donde la estimación de la vulnerabilidad no es el producto final; básicamente, en este enfoque, la estimación final corresponde al riesgo climático, que en concreto expone la probabilidad de que ocurra un suceso adverso por el cambio del clima. Cabe resaltar que el riesgo climático está determinado por los componentes

de peligro, exposición y vulnerabilidad; siendo este último determinado por la sensibilidad y capacidad adaptativa.

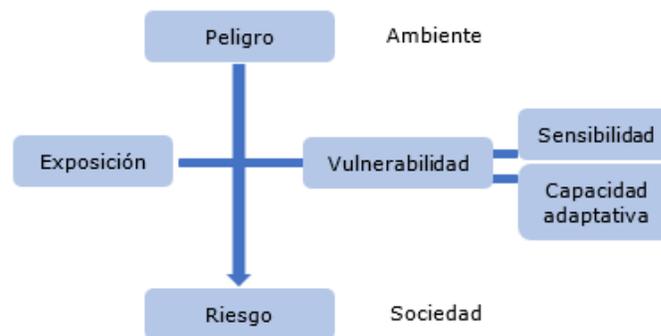


Figura 3. Pasos para estimar el riesgo climático con la metodología del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (AR5).

Fuente: elaboración propia con base en el IPCC (2018).

Peligro

El peligro se refiere a la ocurrencia potencial de una tendencia o suceso físico de origen natural o humano que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, provisión de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2018). Es así, que para las estimaciones de este componente de riesgo se utilizaron los datos de precipitación mensual y anual, temperatura mensual y anual, evapotranspiración potencial, índice de aridez, y número de meses secos.

Exposición

Hace referencia a la presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, funciones, servicios y recursos medioambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente (IPCC, 2018). Por lo tanto, en la presente investigación se estableció la sequía como la amenaza climática que causa un efecto negativo a la población y sus medios de vida. La información se obtuvo al cruzar el mapa de amenaza a sequía, producto del cruce del mapa de precipitación anual total y el mapa de índice de aridez, en contraste con la ubicación de las familias de las aldeas que se encuentran dentro del corredor seco de los municipios objeto de estudio (información que se obtuvo de encuestas, censos y entrevistas semiestructuradas).

Vulnerabilidad

Concretamente, es la propensión o predisposición a ser afectado negativamente por una amenaza. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la capacidad de respuesta para adaptación (IPCC, 2018).

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{sensibilidad}, \text{capacidad adaptativa}) \quad (1)$$

Sensibilidad

La sensibilidad es el grado en que los sistemas de interés se ven afectados negativa o positivamente por la variabilidad de los patrones climáticos. Por lo tanto, los principales pasos para establecer la sensibilidad fueron: a) Identificación y priorización de los principales sistemas productivos de la región, b) Estimación de un índice de adecuación con base en los patrones climáticos (precipitación y temperatura), y c) Agregación de los resultados de cada sistema productiva para obtener un índice final de sensibilidad.

Capacidad adaptativa

Es la capacidad de los sistemas, las instituciones, los seres humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias (IPCC, 2018). La capacidad adaptativa se estimó a través de la teoría de los medios de vida y sus capitales (humano, social, físico, financiero, cultural y natural), los pasos fueron los siguientes: a) Definición de los indicadores de medios de vida, b) Estandarización de los indicadores para obtener un indicador compuesto por capital y total.

Riesgo

En el marco de la evaluación de los impactos del clima, el término riesgo suele utilizarse para hacer referencia al potencial de consecuencias adversas de un peligro relacionado con el clima, o de las respuestas de adaptación o mitigación a dicho peligro, en la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ecosistémicos), y la infraestructura. Los riesgos se derivan de la interacción de la vulnerabilidad (del sistema afectado), la exposición a lo largo del tiempo (al peligro), así como el peligro (relacionado con el clima) y la probabilidad de que ocurra (IPCC, 2018).

$$\text{Riesgo climático} = f(\text{peligro}, \text{exposición}, \text{vulnerabilidad}) \quad (2)$$

Proceso de identificación de opciones de adaptación

Como parte del proceso de estimación del riesgo climático y la vulnerabilidad, se obtiene información sobre las opciones de adaptación que aplican para los sistemas productivos en la actualidad y en escenarios futuros. Por lo tanto, se llevaron a cabo talleres para identificar los principales impactos del cambio climático y su interrelación con los componentes del índice de riesgo; concretamente, los ejes temáticos de los talleres fueron la identificación de impactos, sensibilidad al cambio climático, capacidad adaptativa, y opciones locales de adaptación al cambio climático definidos durante el proceso del estudio.

Modelo econométrico para identificar determinantes de la adaptación

Recolección de datos

A nivel general, se recolectaron 266 observaciones de productores del municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz; y del municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala. Concretamente, se obtuvo información de productores de 21 comunidades dentro del corredor seco del país (8 comunidades de Rabinal y 13 de San Agustín Acasaguastlán). Los datos se obtuvieron implementando una encuesta tipo cuestionario a una muestra poblacional que se estimó a través de un muestreo aleatorio simple, con un nivel de confianza de 95%, y un valor del error de 5%, el nivel de variabilidad se estimó como una variable binaria:

$$(3)$$

Donde:

n_0 : es el tamaño de la muestra

Z : es el valor del nivel de confianza

e : es el error

σ^2 : es la varianza de la población en relación a la variable de interés, que es este caso es binaria (en riesgo climático=0.5 o sin riesgo climático=0.5). Concretamente, σ^2 corresponde a $p(1-p)$ donde p es la probabilidad de estar en riesgo climático (0.5) de acuerdo a lo establecido en la matriz multicriterio antes mencionada.

Con la información obtenida se preparó una base de datos de corte transversal que sería el punto de partida para las estimaciones econométricas.

Estimación del modelo

Con el propósito de obtener los determinantes o factores que influyen en el proceso de adaptación se utilizó un modelo probit. Básicamente, es un modelo de elección no lineal que se emplea cuando se identifica que la variable dependiente es binaria o “dummy”, la cual únicamente toma valores de cero y uno. En el presente estudio, la variable dependiente indica si el productor adoptó o no “Prácticas de conservación de agua y suelo” en su principal sistema productivo, que en este caso fue el maíz (*Zea mays*). Concretamente, el modelo se definió de la siguiente forma y los parámetros se estimaron utilizando STATA 16:

$$n_0 = \frac{z^2 \sigma^2}{e^2} \quad (4)$$

Tabla. 1 Leyenda

Adap_prac:	adaptación a través de prácticas de conservación de agua y suelo (1=si y 0= no)
Edad:	edad del productor (número de años)
Gen:	género (1=hombre y 0= mujer)
Educ:	nivel educativo (en número de años)
Hogar:	número de personas que viven en el hogar
Exp:	años de experiencia en agricultura
Etnia:	pertenencia a un grupo étnico (1=si y 0= no)
Ten:	tenencia de la tierra (1=si es propia y 0= no)
Área:	área total de siembra de maíz (en hectáreas)
Crédito:	acceso a créditos (1=si y 0= no)
Capacit:	número de capacitaciones recibidas por año
Asist:	acceso a asistencia técnica (1=si y 0= no)
Conf:	escala de Likert 1-7, siendo 7 una alta confianza
Partorg:	número de organizaciones en que participa
Riesgo:	escala de Likert 1-7, me considero una persona que toma riesgos
Evento:	evento climático principal que afecta la finca (= 1 si es sequía)
Efecto:	percepción del efecto negativo del clima a sus cultivos (escala de Likert 1-7, siendo 1 una alta percepción negativa)
U:	término del error

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático

De acuerdo al estudio desarrollado por Alvarado Irías et, al., (2022), en el municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz; y el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, tomando en cuenta datos climatológicos de 30 años (Tabla 1), es posible establecer que los índices de peligro se encuentran cercanos al 60% lo que denota que la aridez y los meses secos se han incrementado debido a los cambios en la temperatura y precipitación; sobre todo, en la zona central de Rabinal y centro-sur de San Agustín Acasaguastlán.

Por otra parte, al analizar la exposición, que corresponde a la amenaza de sequía en contraposición con la ubicación de los pobladores, se puede establecer que en el municipio de Rabinal el 73% de los asentamientos humanos se encuentran en zonas de media a muy alta probabilidad de ocurrencia de esta amenaza. Mientras que en el municipio de San Agustín Acasaguastlán el 82.5% de los lugares poblados se encuentran en zonas que se consideran con sequía muy alta y extremadamente alta.

Tabla 2. Resultados del análisis de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático (climatología actual).

No.	Municipio	Peligro	Exposición	Sensibilidad (S)	Capacidad adaptativa (CA)	Vulnerabilidad (S-CA)	Riesgo climático
1.	Rabinal	0.56	0.73	0.84	0.37	0.47	0.51
2.	San Agustín Acasaguastlán	0.57	0.83	0.78	0.46	0.32	0.31

Fuente: Alvarado et, al., (2022).

El índice de sensibilidad se estableció después de seleccionar los principales sistemas productivos de los municipios y analizar su adecuación a las actuales condiciones climáticas (temperatura y precipitación). Así, fue posible establecer que el 0.84% del territorio de Rabinal no es apto para los principales cultivos de los productores de la zona, mientras que el 78% del territorio de San Agustín Acasaguastlán no presenta las condiciones ideales para sus principales cultivos.

La capacidad adaptativa que fue estimada a través del enfoque de medios de vida y sus capitales (humano, social, cultural, financiero, físico y natural), muestra que los activos o capitales pueden ayudar al municipio de Rabinal a sobreponerse a choques externos del cambio climático en un 37%, mientras que los mismos activos ayudarían al municipio de San Agustín Acasaguastlán en un 0.46%. Dichos datos son consistentes con lo mostrado por Bouroncle et, al., (2017), ya que establecieron que el índice de capacidad adaptativa para el municipio de Rabinal era bajo (entre 0 y 0.33), mientras que para el municipio de San Agustín Acasaguastlán era intermedio (entre 0.33 y 0.67); valores que dan soporte a la inferencia de que Rabinal necesita fortalecer sus medios de vida con mayor apremio que San Agustín Acasaguastlán. Cabe mencionar que Bouroncle et, al., (2017) utilizaron la metodología del análisis de vulnerabilidad al cambio climático del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC; contrario al presente estudio que utilizó la metodología del Quinto Informe de Evaluación del IPCC, lo que puede influir en las variaciones de los resultados, entre otros aspectos.

Ahora bien, en el caso de la vulnerabilidad, que se encuentra en función de la sensibilidad y capacidad adaptativa; es posible inferir que los sistemas agrícolas del municipio de Rabinal son propensos a ser afectados en un 0.47%, mientras que en el municipio de San Agustín Acasaguastlán lo serían en un 0.32%.

Los datos expuestos mantienen la misma tendencia identificada por Bouroncle et al (2017), ya que señalan que Rabinal presenta una alta vulnerabilidad (entre 0.67 y 1.00), mientras que San Agustín Acasaguastlán muestra un índice de vulnerabilidad intermedio (entre 0.33 y 0.67), y aunque los datos no son exactamente los mismos, si permiten establecer que Rabinal es mucho más vulnerable que San Agustín Acasaguastlán.

Finalmente, el índice de riesgo climático para el municipio de Rabinal muestra que el territorio tiene una probabilidad de 51% de sufrir consecuencias adversas, como pérdida de cultivos por falta de agua e incremento de la inseguridad alimentaria, debido al peligro climático, mientras que el municipio de San Agustín Acasaguastlán tendría una probabilidad de riesgo de 31%.

Determinantes de adaptación (Estadística descriptiva)

Con los datos obtenidos de las encuestas tipo cuestionario se elaboró una base de datos de corte transversal, de la cual se eliminaron "Outliers" para obtener una muestra final de 266 productores, 112 del municipio de Rabinal y 154 del municipio de San Agustín Acasaguastlán. La información obtenida es socioeconómica, productiva, sobre las formas de capital social (confianza y redes), percepción del riesgo en general, y percepción de los efectos negativos del clima.

Tabla 3. Estadística descriptiva de las variables utilizadas en el modelo econométrico.

Variables	Adaptación		No adaptación		Total	
	N=162		N=104		N=266	
Edad (años)	48.53	14.67	50.69	13.78	49.37	14.34
Genero (=1 si es hombre)	0.54	0.49	0.47	0.5	0.51	0.5
Tenencia (=1 si es propia)	0.64	0.47	0.81	0.38	0.71	0.45
Experiencia (años)	32.63	14.54	32.48	14.79	32.57	14.61
Tamaño del hogar	5.43	2.2	5.45	2.31	5.44	2.24
Capacitaciones por año	2.4	1.96	0.75	1.75	1.75	2.04
Grupo étnico (=1 su pertenece a un grupo)	0.24	0.43	0.76	0.43	0.44	0.49
Evento climático principal que afecta la finca (=1 si es sequía)	0.34	0.47	0.38	0.48	0.36	0.48
Confianza (escala de Likert 1-7, siendo 7 una alta confianza)	5.8	1.7	5.25	1.75	5.59	1.74
Área siembra maíz (hectáreas)	0.85	0.71	0.72	0.63	0.8	0.68
Riesgo (escala de Likert 1-7, me considero una persona que toma riesgos)	4.96	1.95	5.2	1.49	5.06	1.78
Acceso a crédito (=1 si tiene acceso a crédito)	0.39	0.49	0.25	0.44	0.34	0.47
Percepción del efecto negativo que las constantes variaciones del clima le causan a sus cultivos (escala de Likert 1-7, siendo 1 una alta percepción negativa)	6.76	0.42	6.67	0.54	6.72	0.47
Asistencia técnica (=1 si tiene acceso a asistencia técnica)	0.45	0.49	0.19	0.39	0.34	0.47
Número de organizaciones en las que participa	0.28	0.55	0.36	0.6	0.31	0.57
Educación en años	4.96	2.9	4.26	3.48	4.69	3.15
Municipio de Rabinal	33		79		112	
Municipio de San Agustín	25		129		154	

Fuente: elaboración propia.

De esta forma, es posible establecer que, de la muestra obtenida, 162 se adaptaron al cambio climático implementando prácticas de conservación de agua y suelo. Además, es posible inferir que la edad promedio de los productores fue de aproximadamente 50 años, mientras que prácticamente el 50% de los productores son hombres y el 50% son mujeres; además, su nivel de educación formal es muy bajo con aproximadamente 6 años cursados a nivel escolar; igualmente, se determinó que, a nivel general, habitan más de 5 personas por hogar. Finalmente, en relación a las variables socioeconómicas y culturales, se estableció que el 44% de los productores pertenecen al grupo étnico Achí, los cuales corresponden prácticamente a los productores del municipio de Rabinal (Tabla 3).

En relación con las variables productivas, fue posible establecer que la experiencia promedio de los productores en agricultura es de 33 años, lo que indica que iniciaron a tomar decisiones agrícolas a muy temprana edad, lo que posiblemente haya influido en el bajo nivel escolar que presentan. Ahora bien, el 71% de los encuestados aseguro ser el dueño del área donde cultiva su principal sistema productivo, que en este caso es el maíz (*Zea mays*), área que corresponde a menos de una hectárea (0.8). Además, en relación con el acceso de créditos agrícolas, fue posible establecer que sólo un tercio de los productores (0.34) han podido hacer uso de esta opción (Tabla 2).

Por otra parte, se estimó que los productores reciben en promedio dos capacitaciones en temas agroambientales por año, valor que es muy bajo si se desea realizar un cambio de actitud con relación a los efectos negativos climáticos, la promoción de la adaptación e implementación de nuevas tecnologías o buenas prácticas agrícolas. Situación similar acontece con la asistencia técnica, ya que solamente un 34% de los productores de ambos municipios expusieron que poseían acceso a visitas de asistencia técnica (Tabla 3).

Ahora bien, vinculado al tema de capital social, es posible determinar que existe un alto grado de confianza en general hacia organizaciones, organismos de cooperación y otros productores. No obstante, solamente el 31% de los productores pertenece a una organización local, ya sea de desarrollo, agrícola o ambiental (Tabla 3).

Vinculado al tema de percepción del riesgo al momento de tomar decisiones, se puede mencionar que los productores son amantes del riesgo o "Risk lovers", ya que manifiestan que siempre toman mucho riesgos al tomar decisiones a nivel productivo o personal.

Finalmente, el 36% de los productores considera que el principal problema climático de su municipio y de la región es la sequía; además, prácticamente todos los productores están de acuerdo en que las actuales condiciones climáticas están afectando sus cultivos; sobre todo, a nivel de baja productividad y/o pérdida total.

Parámetros del modelo

Esta sección muestra los resultados de la regresión probabilística utilizada para identificar los determinantes de la adaptación al cambio climático a través de prácticas de conservación de agua y suelo. Concretamente, se estimó la significancia del modelo ($P < 0.01$) y los marginales para poder indicar con valores los resultados del análisis y no solamente la dirección del efecto (Tabla 3).

De esta forma, se estableció que por cada año adicional de edad de los productores se reduce la probabilidad de adopción en un 0.89 % ($P < 0.05$). Concretamente, lo que esta variable indica es que los productores mayores tienden a adaptarse menos, lo cual puede ser explicado por un bajo nivel de capital humano y social. En todo caso, los programas de adaptación deben tomar en cuenta este aspecto, ya que se debe sensibilizar aún más a los productores mayores e incentivar a las nuevas generaciones.

La experiencia también resultó estadísticamente significativa, ya que por cada año de experiencia en agricultura aumenta la probabilidad de adopción en un 0.92% ($P < 0.01$); por lo cual, es clave que al momento de promover estrategias de adaptación se considere esta variable, ya que aportaría significativamente a la efectividad de las intervenciones.

Ahora bien, fue posible establecer que por cada capacitación se aumenta la probabilidad de adopción en un 4% ($P < 0.01$). Esto significa que es necesario desarrollar programas de capacitación sobre temas de adaptación y buenas prácticas agrícolas, ya que existe una alta recepción de los productores a obtener información.

Tabla 4. Determinantes de la adaptación al cambio climático (modelo probit).

Determinantes	Coficiente	Error estándar	P>z
Edad	-0,0089709	0,0036396	0,014
Género	0,0021119	0,0537194	0,969
Tenencia	0,0444253	0,0670716	0,508
Experiencia	0,0092409	0,0035931	0,01
Tamaño del hogar	0,0038758	0,0108666	0,721
Capacitaciones por año	0,040572	0,0156097	0,009
Grupo étnico	-0,4099851	0,0550993	0
Evento climático	0,0526375	0,0535084	0,325
Confianza	0,0281462	0,0155362	0,07
Área de siembra de maíz (ha)	0,0502301	0,0376705	0,182
Riesgo	-0,0310001	0,0155639	0,046
Acceso a crédito	0,0980953	0,0566742	0,083
Percepción del efecto negative del CC	-0,0938447	0,0533975	0,079
Asistencia técnica	0,0384159	0,0687889	0,577
Participación en organizaciones	-0,0523432	0,0495996	0,291

Educación (años)		0,0045149	0,0080403	0,574
Observaciones	266			
Clusters	0			
Prob > Chi2	0.000			

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la pertenencia a un grupo étnico, se identificó que el ser parte del grupo Achí reduce la probabilidad de adopción en un 40% ($P < 0.01$); por lo tanto, sería recomendable realizar un mayor análisis cualitativo para explicar la renuencia a adaptarse; las hipótesis pueden variar desde establecer que son grupos cerrados o que no existe inclusión en los proyectos, entre otras.

Por su parte, se pudo inferir que al elevar el nivel de confianza en los productores aumenta la probabilidad de adopción en un 0.82% ($P < 0.05$). Debido a esto, es necesario que las estrategias locales de adaptación siempre incluyan componentes que fortalezcan esta forma de capital social. En cuanto al riesgo, se observó que, si un productor aumenta su preferencia a tomar riesgos, la probabilidad de adopción se reduce en un 3.10% ($P < 0.05$), esto significa que los productores que son más amantes del riesgo ("Risk lovers") básicamente no tienen interés de adaptarse y prefieren esperar a que ocurra o no un evento climático negativo.

El acceso al crédito aumenta la probabilidad de adopción en un 9.8% ($P < 0.1$), lo que significa que deben incentivarse productos financieros con mayor inclusión; basándose en disminuir tasas de interés, desarrollar fondos de garantía, entre otras características.

Finalmente, una alta percepción de los efectos negativos de las variaciones del clima que afectan los cultivos aumenta la probabilidad de adopción en un 9.38% ($P < 0.1$). Por lo tanto, promover las redes donde se comparta información y socializar resultados sobre riesgo y vulnerabilidad climática, en escenarios actuales y futuros, ayudaría a incrementar la percepción del productor sobre la necesidad de adaptarse.

Cabe mencionar que los resultados encontrados son congruentes con la literatura; para tal caso, Garavito-Calderon (2021), estableció que el grupo étnico, nivel educativo, alfabetización, asociatividad, acceso al crédito, tamaño de la finca, condiciones de vida y tenencia de la tierra, son elementos determinantes para la implementación de estrategias de adaptación. Algunos factores coinciden con los encontrados en el estudio de Jha & Gupta (2021). Otros estudios evalúan la importancia de la percepción como indicativo para el nivel de adopción de la prácticas adaptativas (Delgado Serrano et al., 2022).

El estudio realizado por Atube et al. (2021) encontró mediante un modelo de regresión logit binaria que el estado civil del jefe de familia, el acceso al crédito, el acceso a los servicios de extensión y los ingresos agrícolas influyeron en la adopción por parte de los agricultores, así como el tamaño del hogar y de la finca, la experiencia agrícola y el tiempo necesario para llegar al mercado tuvieron una influencia positiva en diferentes tipos de estrategia de adaptación (Atube et al., 2021).

Por su parte, el estudio de Delgado Serrano et al., (2022) encontró como principales predictores de adaptación a: la creencia en que ocurra cierto fenómeno, los valores del agricultor relacionados con la sostenibilidad y el cambio climático, así como la percepción de los riesgos asociados. Además, los resultados del estudio realizado por Barrera-Hernández et al. (2021) on the other hand, are coping reactions to this phenomenon. The research presented here tested out an explanatory model for mitigation behaviours and coping reactions in response to the phenomenon of climate change (perceived risk and impact on the environment and health utilizando un modelo de ecuaciones estructurales, muestra que las creencias en el cambio climático influyen en las respuestas para afrontarlo y en la intención para actuar.

Además, estudios como el de Makate et al. (2019) encontraron que la factores como el acceso a recursos clave (crédito, ingresos e información), el nivel de educación y el tamaño de la tierra que posee el agricultor explican la adopción múltiple de innovaciones. Sumado a lo expuesto, el modelo logit multinomial realizado por Zhai et al. (2018) reveló que la creencia en el cambio climático se encuentra positivamente relacionada con la probabilidad de emplear estrategias de adaptación. Adicionalmente, identificaron que el porcentaje de hogares dedicados a actividades agrícolas y los años de experiencia en la agricultura se correlacionaron negativamente con la probabilidad de que los agricultores adopten estrategias de adaptación, lo cual debe ser analizado con mayor énfasis, ya que la literatura en general se orienta a que la experiencia facilita la adopción de procesos.

CONCLUSIONES

El presente estudio se basó en la interpretación de los componentes de riesgo climático y en el desarrollo de

un modelo de elección probit para identificar los factores que influyen en el proceso de adaptación al cambio climático. Concretamente, los resultados corresponden a los municipios de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, y el municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, Guatemala. Esto con el propósito de mostrar y analizar información que permita sensibilizar a los productores y tomadores de decisión en relación a las estrategias de adaptación, ya que se ha demostrado que, en la región, un mayor conocimiento sobre las amenazas climáticas y sus efectos negativos promueve la implementación de buenas prácticas para la conservación de agua y suelos.

Es así, que el índice de riesgo climático para el municipio de Rabinal muestra que el territorio tiene una probabilidad de 51% de sufrir consecuencias adversas debido al peligro climático, mientras que el municipio de San Agustín Acasaguastlán tendría una probabilidad de riesgo de 31%. Por lo tanto, es necesario diseñar estrategias de adaptación que permitan reducir estos porcentajes; sobre todo, se deben gestionar acciones enfocadas a mejorar los medios de vida y capacidad de adaptación de los productores. Cabe mencionar que se identificó que el riesgo es menor en el municipio de San Agustín Acasaguastlán debido a la presencia de un proyecto de adaptación de mediano plazo que ha fortalecido el capital humano, físico y social de sus pobladores.

Por su parte, el modelo de elección utilizado en el estudio permitió identificar que cada año adicional de edad de los productores reduce la probabilidad de adopción en un 0.89 % ($P < 0.05$), que cada año de experiencia en agricultura aumenta la probabilidad de adopción en un 0.92% ($P < 0.01$), que cada capacitación aumenta la probabilidad de adopción en un 4% ($P < 0.01$), que el ser parte del grupo Achí reduce la probabilidad de adopción en un 40% ($P < 0.01$), que al elevar el nivel de confianza en los productores se aumenta la probabilidad de adopción en un 0.82% ($P < 0.05$), que los productores que son más amantes del riesgo ("Risk lovers") básicamente no tienen interés en adaptarse, que el acceso al crédito aumenta la probabilidad de adopción en un 9.8% ($P < 0.1$), y que una alta percepción de los efectos negativos de las variaciones del clima que afectan los cultivos aumenta la probabilidad de adopción en un 9.38% ($P < 0.1$)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Adger, W. N. (2003). Social Capital, Collective Action, and Adaptation to Climate Change. *Economic Geography*, 79(4), 387–404. <https://doi.org/10.1111/j.1944-8287.2003.tb00220.x>

Alvarado Irías, E. E., Leguía Hidalgo, E. J., Lanza, G., & Cabrera Cruz, R. O. (2022). Análisis de riesgo climático y recomendaciones para desarrollar un Plan Local de Adaptación al Cambio Climático (PLACC). Municipio de Rabinal, departamento de Baja Verapaz, Guatemala. *Serie Técnica. Informe Técnico*.

Atube, F., Malinga, G. M., Nyeko, M., Okello, D. M., Alarakol, S. P., & Okello-Uma, I. (2021). Determinants of smallholder farmers' adaptation strategies to the effects of climate change: Evidence from northern Uganda. *Agriculture & Food Security*, 10(1), 1–14.

Barrera-Hernández, L.-F., Corral-Verdugo, V., Echeverría-Castro, S.-B., Sotelo-Castillo, M.-A., & Ocaña-Zúñiga, J. (2021). Beliefs, perceived risk, obstacles and intention to act. An explanatory model for mitigation and coping behaviours regarding climate change (Creencias, percepción de riesgo, obstáculos e intención de actuar. Un modelo explicativo de conductas de mitigación y afrontamiento ante el cambio climático). *PsyEcology*, 12(3), 283–301. <https://doi.org/10.1080/21711976.2020.1827660>

Bernedo, M., & Ferraro, P. J. (2016). Behavioral Economics and Climate Change Adaptation: Insights from Experimental Economics on the Role of Risk and Time Preferences. In Maria Bernedo & Paul J. Ferraro (Eds.), *The WSPC Reference on Natural Resources and Environmental Policy in the Era of Global Change* (Vol. 1–4, pp. 151–177). WORLD SCIENTIFIC. https://doi.org/10.1142/9789813208186_0007

Bradshaw, B., Dolan, H., & Smit, B. (2004). Farm-Level Adaptation to Climatic Variability and Change: Crop Diversification in the Canadian Prairies. *Climatic Change*, 67(1), 119–141. <https://doi.org/10.1007/s10584-004-0710-z>

Consejo Municipal de Desarrollo, & SEGEPLAN/DPT, S. de P. y P. de la Presidencia. D. de P. T. (2011). *Plan de Desarrollo Municipal de San Agustín Acasaguastlán*. SEGEPLAN.

Delgado Serrano, M. M., Rodríguez Entrena, M. J., & Castillo, M. (2022, September 1). Percepción del cambio climático de los agricultores andaluces. *XIII Congreso de Economía Agroalimentaria*. XIII Congreso de Economía Agroalimentaria. <https://doi.org/10.31428/10317/10408>

Deressa, T. T., Hassan, R. M., Ringler, C., Alemu, T., & Yesuf, M. (2009). Determinants of farmers' choice of adaptation methods to climate change in the Nile Basin of Ethiopia. *Global Environmental Change*, 19(2), 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.01.002>

- Di Falco, S., Feri, F., Pin, P., & Vollenweider, X. (2011). *Avoiding the Network Tax: Social Pressure and Labour Sharing in Village Economies*. <https://www.royalholloway.ac.uk/economics/documents/pdf/staffseminars/fferifamilytax01092015.pdf>
- Garavito-Calderon, N. (2021). Factores claves para la adaptación al cambio climático de los caficultores colombianos. *Gestión y Ambiente*, *24*(1), 90509–90509.
- Gourdji, S. M., Sibley, A. M., & Lobell, D. B. (2013). Global crop exposure to critical high temperatures in the reproductive period: Historical trends and future projections. *Environmental Research Letters*, *8*(2), 024041. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024041>
- Hassan, R., & Nhemachena, C. (2008). Determinants of African farmers' strategies for adapting to climate change: Multinomial choice analysis. *African Journal of Agricultural and Resource Economics*, *2*(1), 83–104.
- IPCC. (2018). *Anexo I: Glosario [Matthews J.B.R. (ed.)]. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]*.
- Jha, C. K., & Gupta, V. (2021). Farmer's perception and factors determining the adaptation decisions to cope with climate change: An evidence from rural India. *Environmental and Sustainability Indicators*, *10*, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2021.100112>
- Makate, C., Makate, M., Mango, N., & Siziba, S. (2019). Increasing resilience of smallholder farmers to climate change through multiple adoption of proven climate-smart agriculture innovations. Lessons from Southern Africa. *Journal of Environmental Management*, *231*, 858–868. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.069>
- Nielsen, T., Keil, A., & Zeller, M. (2013). Assessing farmers' risk preferences and their determinants in a marginal upland area of Vietnam: A comparison of multiple elicitation techniques. *Agricultural Economics*, *44*(3), 255–273. <https://doi.org/10.1111/agec.12009>
- Rodríguez, F. S. M. (2021). Percepciones públicas, distancia psicológica y comunicación de riesgos frente al cambio climático: Una revisión contextualizada en Perú. *Revista Psicológica Herediana*, *14*(1), 12–20. <https://doi.org/10.20453/rph.v14i1.4029>
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, *16*(3), 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Zhai, S., Song, G., Qin, Y., Ye, X., & Leipnik, M. (2018). Climate change and Chinese farmers: Perceptions and determinants of adaptive strategies. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(4), 949–963. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61753-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61753-2)