

Determinantes de la aplicación de estrategias y prácticas de adaptación al cambio climático para pequeños productores agrícolas del suroriente de Guatemala

DOI del artículo: 10.36631/ECO.2024.30.04
Artículo de investigación científica y tecnológica



Catalina Galdámez

Investigadora independiente.

Correo: caldamez@gmail.com

Pedro Pineda

Investigador del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna), Vicerrectoría de Investigación y Proyección, Universidad Rafael Landívar.

Correo: papineda@url.edu.gt

Ángel Cordón

Investigador del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna), Vicerrectoría de Investigación y Proyección, Universidad Rafael Landívar.

Correo: aocordon@url.edu.gt

Marcelo Zamora

Investigador del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna), Vicerrectoría de Investigación y Proyección, Universidad Rafael Landívar.

Correo: fmzamora@url.edu.gt

Astrid Beltetón Mohr

Investigadora del Instituto de Investigación en Ciencias Socio Humanistas (Icesh), Vicerrectoría de Investigación y Proyección, Universidad Rafael Landívar.

Correo: adbelteton@url.edu.gt

Juan Pablo Castañeda

Director del Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología (Iarna), Vicerrectoría de Investigación y Proyección, Universidad Rafael Landívar.

Correo: jpcastaneda@url.edu.gt

Fecha de recepción: 10/11/2023

Fecha de aceptación: 30/05/2024

Resumen

Las últimas décadas se han observado cambios bruscos en el clima, por lo cual, surgen las estrategias de adaptación frente a estos cambios como una necesidad para aminorar los impactos observados o los riesgos proyectados; por tanto, se requieren acciones que garanticen la seguridad de la población, sus bienes, ecosistemas y servicios. Ante esto, ¿cómo orientar las medidas de adaptación, en particular conocer los factores que posibilitan a un agricultor adoptar determinadas prácticas?, se plantea como una pregunta de investigación. La metodología utilizada en el estudio incluyó la elaboración de una encuesta que abarcó dimensiones clave, por ello se utilizó un método de muestreo aleatorio simple por afijación proporcional en los departamentos de Jutiapa, Zacapa y Guatemala. La información se obtuvo de productores seleccionados, tanto capacitados en técnicas de adaptación al cambio climático como no capacitados, y el análisis se fundamenta en un modelo econométrico para evaluar los factores condicionantes en la adopción de estrategias de adaptación. Los resultados

muestran que los principales factores que condicionan a pequeños productores agrícolas del suroriente de Guatemala, para acoger estrategias de adaptación al cambio climático, son el acceso a información sobre técnicas de producción y cambio climático; las condiciones socioeconómicas de los agricultores; la participación en el sector agrícola; los factores institucionales y la percepción del cambio climático. Estos factores interactúan de manera compleja y varían según el contexto local, por ello, la adaptación se convierte en un proceso continuo y específico para cada situación. A su vez, los resultados resaltan la combinación entre la educación, acceso a recursos, apoyo institucional y políticas de incentivos, los cuales pueden mejorar significativamente la adaptación al cambio climático en Guatemala, por parte de los pequeños productores.

Palabras clave: cambio climático, adaptación agrícola, pequeños productores, Guatemala, resiliencia agrícola, factores socioeconómicos, apoyo institucional, servicios básicos

Determinants in the application of strategies and adaptation practices to climate change among small scale farmers in the southeastern region of Guatemala

Catalina Galdámez

Independent researcher

Email: caldamez@gmail.com

Pedro Pineda

*Researcher at the Natural Sciences and Technology Research Institute (Iarna),
Research and Outreach Vice-rectorate (VRIP), University Rafael Landívar.*

Email: papineda@url.edu.gt

Ángel Cordón

*Researcher at the Natural Sciences and Technology Research Institute (Iarna),
Research and Outreach Vice-rectorate (VRIP), University Rafael Landívar.*

Email: aocordon@url.edu.gt

Marcelo Zamora

*Researcher at the Natural Sciences and Technology Research Institute (Iarna),
Research and Outreach Vice-rectorate (VRIP), University Rafael Landívar.*

Email: fmzamora@url.edu.gt

Astrid Beltetón Mohr

*Researcher at the Research Institute of Social-Humanistic Sciences (Icesh),
Research and Outreach Vice-rectorate (VRIP), University Rafael Landívar.*

Email: adbelteton@url.edu.gt

Juan Pablo Castañeda

*Researcher at the Natural Sciences and Technology Research Institute (Iarna),
Research and Outreach Vice-rectorate (VRIP), University Rafael Landívar.*

Email: jpcastaneda@url.edu.gt

Reception date: 10/11/2023

Acceptance date: 30/05/2024

Abstract

In recent decades, abrupt climate changes have made adaptation strategies necessary to reduce observed impacts and projected risks, requiring actions to guarantee the safety of the population, its assets, ecosystems and services. Thus, this investigation attempts to find answers as to how to guide adaptation measures, and in particular how to recognize and know the factors that will enable a farmer to adopt certain practices. The methodology used in the study included the development of a survey covering key aspects and we used a simple random sampling method by proportional allocation in the departments of Jutiapa, Zacapa and Guatemala. The information was obtained from selected producers, including some trained in climate change adaptation techniques and some untrained. The analysis was based on an econometric model to assess the factors that determine the adoption of adaptation strategies.

The study results show that the main factors that condition the adoption of climate change adaptation strategies among small-scale farmers of southeastern Guatemala are access to information about production techniques and climate change, the farmers' socioeconomic conditions, their participation in the agricultural sector, institutional factors, and their perception of climate change. These factors interact in complex ways and vary according to local contexts, and that is why adaptation becomes a continuous but specific process for each situation. The results also highlight the combination of education, access to resources, institutional support and incentive policies, which can significantly improve adaptation to climate change amongst Guatemala's small producers.

Kew words: climate change, agricultural adaptation, small-scale farmers, Guatemala, agricultural resilience, socioeconomic factors, institutional support

Introducción

En las últimas décadas se han observado cambios bruscos y sin precedentes en el clima, acompañados por variaciones de relevancia en los ecosistemas y en el uso del suelo, lo cual plantea nuevos desafíos que exceden el rango de las experiencias² previas en la agricultura. Estos escenarios ameritan intervenciones externas y planificadas para evitar o reducir daños de envergadura. De tal cuenta, las estrategias de adaptación ante el cambio climático surgen como una necesidad, cuando los impactos observados o los riesgos proyectados del cambio climático requieren acciones, que garanticen la seguridad de la población y sus bienes, incluyendo los ecosistemas y sus servicios (Magrin, 2015).

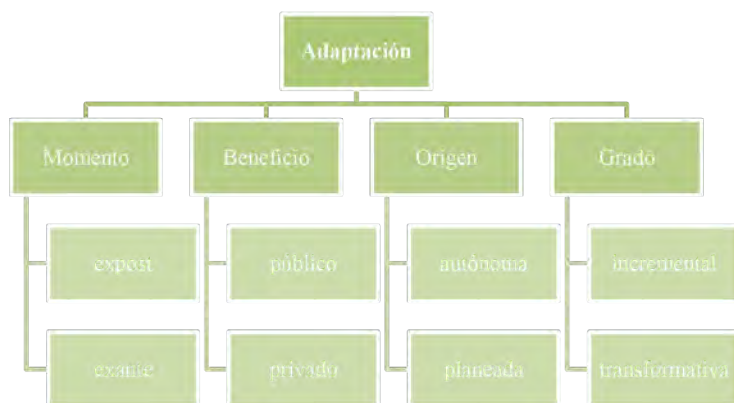
Esta realidad se agrava cuando se trata de países en vías de desarrollo, donde el sector agrícola es importante para asegurar medios de subsistencia de las comunidades rurales, generalmente en situación de pobreza y pobreza extrema. En este proceso de lograr medidas efectivas para la adaptación, se requerirá de la participación de múltiples partes interesadas, incluyendo formuladores de políticas, agentes de extensión, las ONG, investigadores, comunidades y agricultores/as. Asimismo, este proceso de adaptación también depende de los elementos institucionales claves y del entorno socioeconómico (Asravor, 2019). Por tanto, las intervenciones tendientes para promover y facilitar la adaptación al cambio climático, no deben estar desligadas de otras intervenciones que buscan promover el desarrollo rural, la disminución de la pobreza y el manejo de los recursos naturales. Es decir, la adaptación al cambio climático no debe verse como un tema aislado sino como parte de una estrategia de desarrollo que sea, por así decirlo, resiliente al clima (Feldman y Hernández Cortés, 2016).

² La adaptación al cambio climático en la agricultura se ha centrado, principalmente, en diversificación de cultivos y la diversidad genética; ajustes en los calendarios de siembra y cosecha; el manejo del agua y la aplicación de riego complementario (Magrin, 2015). Indicar si es literal; la numeración de citas a pie de página se reiniciará en cada artículo.

Estrategias de adaptación en la agricultura ante el cambio climático

Tal como enuncia Feldman y Hernández Cortés (2016), existen distintas formas de clasificar las medidas de adaptación al cambio climático (ver figura 1). Las medidas *ex post* se relacionan con aquellas medidas reactivas, mientras si se realizan de forma anticipada a los eventos se conocen como *ex ante*. Posteriormente, los beneficios de estas pueden vincularse con el individuo que toma la decisión (medidas privadas), o pueden beneficiar a una población (medidas públicas). Según su origen, la adaptación puede clasificarse como autónoma cuando son acciones tomadas voluntariamente, o planeada cuando las acciones o políticas son implementadas por alguna organización, gubernamental o no, con el fin de complementar, fomentar o facilitar las respuestas de los agentes ante el cambio climático. Si se toma en cuenta el grado o la profundidad de las medidas, la adaptación se puede clasificar como incremental o transformativa. La primera se refiere a acciones de adaptación en las que el objetivo es mantener la esencia e integridad de un sistema o proceso. La adaptación transformativa se refiere a aquella que cambia las características fundamentales de un sistema en respuesta al clima y sus efectos.

Figura 1
Medidas de adaptación y sus clasificaciones



Fuente: elaboración propia con base en Feldman y Hernández Cortés (2016).

Dentro de este abanico de categorías, recientemente ha sido sugerida una gran cantidad de medidas de adaptación para el sector agrícola; las cuales van desde modificar los periodos de siembra y cosecha, hasta la construcción de grandes obras de infraestructura, pasando por la migración y la implementación de nuevas prácticas de producción (Feldman y Hernández Cortés, 2016).

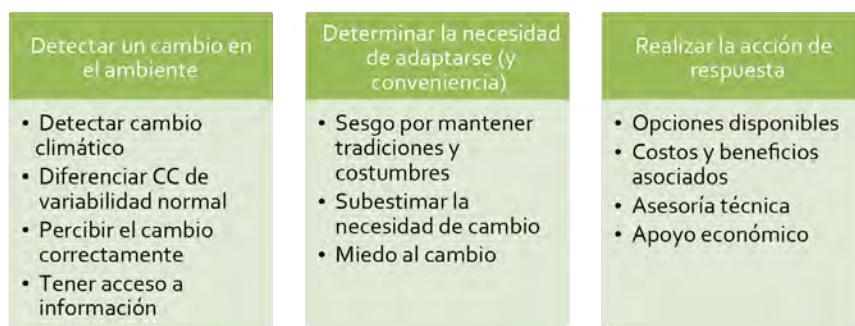
Según Viguera *et al.* (2017), a pesar que el sector agrícola tiene una alta capacidad, para adaptarse a lo largo de la historia a los impactos negativos del cambio climático, no todas las estrategias son asequibles por todos los productores, ya sea por cuestiones económicas, de tiempo, legislativas, etc. En este sentido, para el autor, la elección de estrategia dependerá de las opciones disponibles a escala local; de la situación de tenencia de la tierra; de las facilidades que pueda aportar el gobierno; de la información disponible e interés que tenga cada productor y de los costos económicos de implementar medidas adecuadas de adaptación. Esto implica, que las estrategias o planes de adaptación deben realizarse con dimensión local, en función del contexto social, económico y ecológico; los cambios esperados y los recursos disponibles, pensando en resultados a largo plazo. La adaptación es un proceso continuo, pues considera los impactos actuales y futuros del cambio climático, progresivos o abruptos.

Determinantes de la adopción de estrategias de adaptación al cambio climático en países en desarrollo

Para poder diseñar políticas públicas adecuadas es necesario entender los determinantes de las decisiones autónomas de adaptación, así como los factores necesarios para que una política de adaptación sea exitosa. Detrás de la decisión de adecuar, o no, una medida de adaptación está tanto en los estímulos internos que enfrentan los y las agricultores/as, como en los estímulos externos que afectan al sistema agrícola en general (Feldman y Hernández Cortés, 2016).

Figura 2

Proceso de decisión de adaptación y factores determinantes en cada fase



Fuente: elaboración propia con base en Burke & Lobell (2010).

Para Burke & Lobell (2010), el inicio del proceso de decisión de adaptarse discurre inicialmente por la detección de un cambio en el ambiente. Esta tesis es sostenida por Guerrero-Baena *et al.* (2021) quienes evidencian la percepción de la importancia relativa de las diferentes fuentes de riesgo, observadas por el propio agricultor/a, es una de los condicionantes más relevantes de esta adopción. Se ha señalado que el comportamiento de los agentes económicos bajo incertidumbre depende, asimismo, de su actitud frente al riesgo (grado de aversión al riesgo), siendo este otro condicionante relevante de la adopción de instrumentos de gestión del riesgo en la agricultura.

Una vez que un/a agricultor/a está convencido/a de que el clima ha cambiado, debe decidir si responder y de qué forma. En la agricultura se exhibe un sesgo considerable hacia el mantenimiento de viejas costumbres, incluso en nuevos entornos, con la idea de que lo que ha funcionado en el pasado debe seguir funcionando en el futuro (Burke & Lobell, 2010). Por lo que, Guerrero-Baena *et al.* (2021), sostiene –basado en la evidencia empírica– que la propia experiencia pasada del agricultor ante las diferentes situaciones de riesgo será un determinante para la adopción de

medidas. Posteriormente, el autor también brinda importancia a la influencia de factores sociodemográficos del agricultor y técnico-económicos de su explotación. Finalmente, la decisión dependerá de las opciones y de la percepción costos y beneficios asociados con cada elección, y el apoyo tanto económico como técnico que reciba.

Según Asravor (2019), la información socioeconómica de la familia campesina rural influye, significativamente, en la adopción de estrategias para la gestión del riesgo. Principalmente aquella información relacionada con: edad del o la cabeza de familia; el tamaño del hogar, sexo del jefe/a de hogar, acceso a servicios de extensión de agricultura y tierra cultivada. Asimismo, Magrin (2015) sostiene que es imperante tomar en consideración la capacidad adaptativa relacionada con factores socioeconómicos (acceso a los recursos, disponibilidad de información y conocimientos), e institucionales.

Por tanto, entender el papel que los factores sociales y culturales juegan en términos de facilitar o inhibir la adopción de medidas de adaptación es fundamental. Estos afectan de manera simultánea, tanto a la percepción que los individuos u hogares que tienen del riesgo climático, como a su capacidad de adaptación. Estos factores pueden variar entre regiones lo que hará que individuos con características similares reaccionen de manera distinta a una misma política (Feldman y Hernández Cortés, 2016).

Para Deressa *et al.* (2009), las características del hogar tales como educación, ingresos agrícolas y no agrícolas, que podrían mejorarse a través de la intervención política, tienen un impacto significativo en la adaptación al cambio climático. Esto también es sostenido por Bayard *et al.* (2007), en donde los factores socioeconómicos como género, ingreso per cápita y la interacción entre la educación y el ingreso per cápita, también incide, notablemente, en la adopción de medidas ante el cambio climático.

En este sentido, además de los factores socioeconómicos, tal como indica Asravor (2019), se deben considerar los factores medio ambientales, como la temperatura, la humedad y la lluvia; factores institucionales tales como apoyos y servicios agrícolas o de subsidios brindados por el gobierno, ya que existe evidencia que son elementos que afectan en la toma de decisiones para la puesta en práctica de acciones ante el cambio climático. En general, la literatura indica que la ubicación del hogar, los factores socioeconómicos e institucionales son determinantes esenciales de la tecnología, adoptada entre los pequeños agricultores de los países en desarrollo. Asimismo, para Bayard *et al.* (2007), la capacidad de los agricultores para elegir opciones de adaptación efectivas está influida por la demografía del hogar, así como, positivamente por el tamaño de la finca, los ingresos, el acceso a los mercados, el acceso a información y extensión climática, y producción ganadera.

Tabla 1
Variables explicativas determinadas por autores seleccionados

Determinantes analizados por Belay et al. (2017)	Determinantes analizados por Ceci et al. (2021)	Determinantes analizados por Deressa et al. (2009)
• Sexo • Años • Nivel educativo • Tamaño de la familia • Experiencia en agricultura (años) • Tamaño de la finca, parcela, etc (hectáreas) • Ingreso anual • Acceso a mercados (sí o no) • Acceso a extensiones o subsidios. • Acceso a información sobre el cambio climático (Sí o no) • Propiedad de ganado	• Sexo • Años • Nivel educativo • Tierras en ladera • Tierras en valles • Tierras planas • Huertos caseros • Acceso a más de cuatro fuentes de agua • Acceso a más de tres corrientes. • Disponibilidad de pozos • Disponibilidad de pozos tradicionales • Disponibilidad de pozos modernos. • Uso de fertilizantes orgánicos. • Uso de fertilizantes químicos. • Renta agrícola • Remesas de alimentos • Remesas en efectivo • Acceso a microcrédito • Propiedad de más de cuatro casas • Disponibilidad de baño moderno • Uso de la medicina moderna. • Posesión de tres o más cabezas de ganado • Posesión de cinco o más ovejas • Posesión de tres o más cabras • Más de seis miembros del hogar • Miembros del hogar alfabetizados • Niños educados • Los miembros del hogar trabajan en los campos de los vecinos • Los vecinos están empleados en los campos/huertos del hogar. • Participación en reuniones de toma de decisiones • Participación en grupos de interés socioeconómico • Puntuación de la escala de acceso a la inseguridad alimentaria en el hogar • Percepción en cambio climático: • Sin cambio de temperatura • Aumento de temperatura • Disminución de la temperatura • Sin cambios en la precipitación • Aumento de la precipitación • Disminución de la precipitación	• Años de educación • Tamaño del hogar • Género del jefe de hogar • Edad del jefe de hogar • Ingresos agrícolas • Ingreso no agrícola Continuo • Propiedad del ganado • Extensión en agricultura y ganadería • Información sobre el cambio climático • Extensión de agricultor a agricultor • Crédito • Número de parientes en got • Tamaño de la finca en hectáreas • Distancia al mercado de salida en kilómetros • Distancia al mercado de entrada en kilómetros • Agroecología local kola (tierras bajas) • Agroecología local weynadega (midlands) • Agroecología local dega (tierras altas) • Temperatura, promedio anual durante el período de la encuesta 2004-2005 • Precipitación, promedio anual durante el período de la encuesta 2004-2005

Fuente: elaboración propia con base en Belay et al. (2017), Ceci et al. (2021) y Deressa et al. (2009).

Adicionalmente, factores institucionales como extensión sobre la producción agrícola y ganadera, acceso a la información sobre el cambio climático y el acceso al crédito, mejoran la adaptación al cambio climático. Es necesario enfatizar el papel crucial de proporcionar información sobre las mejores técnicas de producción y sobre el cambio climático (a través de la extensión); de igual manera, la creación de los medios a través de esquemas de crédito asequibles para permitir a los agricultores adaptarse al cambio climático (Deressa *et al.*, 2009).

En conclusión, la definición de variables explicativas o determinantes para la adaptación de medidas ante el cambio climático dependerá de cada investigación, de la disponibilidad de la información y de la congruencia con el estudio en específico, como se evidencia en la tabla 1.

Metodología de investigación

Diseño y tamaño de la muestra

Con el objetivo de recabar información, acerca de los determinantes que influyen en la aplicación de estrategias y prácticas de adaptación ante el cambio climático en Guatemala, se elaboró una encuesta que recabó información sobre seis dimensiones (características sociodemográficas, vivienda y propiedad de la tierra, ingresos y empleo, percepción del cambio climático, tecnología y rendimientos, prácticas de adaptación al cambio climático y apoyo institucional recibido). La encuesta fue aplicada a productores de tres departamentos de Guatemala: Jutiapa, Zacapa y Guatemala. Los/as entrevistados fueron seleccionados a partir de los proyectos activos que la Universidad Rafael Landívar (URL) tiene en estas comunidades, quienes han sido capacitados en la aplicación de técnicas climáticamente inteligentes. Sin embargo, para garantizar la representatividad de los resultados, se seleccionaron productores que no hayan sido capacitados con anterioridad, con la finalidad de no generar sesgos dentro de la muestra sobre la percepción ante el cambio climático, y las soluciones que los productores han implementado, aun sin haber sido capacitados.

Para la estimación del tamaño de muestra se utilizó el método de muestreo aleatorio simple por afijación proporcional, el cual consiste en asignar a cada estrato un número de unidades muestrales proporcional a su tamaño, en este caso, a los productores atendidos en cada comunidad dentro de los proyectos de la URL. La tabla 2, muestra la distribución de los productores entrevistados por comunidad, con un margen de error del 5 %.

Tabla 1

Variables explicativas determinadas por autores seleccionados

Departamento	Municipio	Comunidad	Muestra	Encuestados/as dentro del proyecto	Encuestados/as fuera del proyecto
Zacapa	Cabañas	Loma de San Juan	22	11	11
		Plan de la Cruz	18	9	9
	Huité	San Miguel	26	13	13
	La Unión	Campanario	212	11	11
		Lampocoy	16	8	8
	Zacapa	Cerro Chiquito	22	11	11
Jutiapa	Jutiapa	El Cohetero	15	8	8
		La Flor	11	6	6
	El progreso	Moran	5	2	2
	Quezada	Los Ranchos	8	4	4
	Comapa	Ixcanal I	5	2	2
		Ixcanal II	13	6	6
		Copalapa	19	9	9
Guatemala	San Raymundo	Estancia de la Virgen	23	12	12
	Charrancho	San Buena Ventura	15	8	8
TOTAL			239	120	120

Fuente: elaboración propia.

Clasificación y parametrización de la información

A partir del instrumento de recolección de información se obtuvo un total de 127 variables que comprendieron las dimensiones de: 1) generalidades de la población en estudio; 2) sus características sociodemográficas; 3) situación económica en relación a vivienda y propiedad de la tierra; 4) situación socioeconómica en relación a migración, ingresos y empleos; 5) situación local en términos de percepción del cambio climático, tecnología y rendimientos, así como prácticas climáticas inteligente y, 6) situación institucional.

Debido a la naturaleza de la información recolectada por algunas variables de tipo selección múltiple (con respuesta múltiple, principalmente), el número de variables tuvo que ampliarse a 139, de modo que se pudiera clasificar de mejor forma la información que estas recogen. Asimismo, se realizó una parametrización de la información con el propósito de asignar un valor numérico a la información cualitativa. El resumen del tratamiento y codificación se muestra en la tabla A1 de la sección de Anexos.

Reducción de las dimensiones

Posterior a la parametrización de las variables cualitativas, se procedió a realizar el análisis de reducción de dimensiones, con el fin de disminuir la cantidad de variables a utilizar en el análisis de estadísticos. En este caso, se hizo empleo de la metodología de análisis factorial, cuyo origen se encuentra en Spearman (1904) y, específicamente, se emplea el método de componentes principales desarrollado por Hotelling (1933).

El motivo por el cual se emplea la técnica de análisis factorial, yace en reducir al mínimo posible la cantidad de variables a analizar, con la bondad de conservar la mayor cantidad de información que dichas variables poseen, a través de los factores estimados. Así también, el análisis factorial brinda la bondad de independencia entre los factores estimados, permitiendo realizar inferencias y relaciones con un mayor nivel de confiabilidad (resultados no sesgados y consistentes).

Las variables objeto de reducción son aquellas entendidas, según la literatura analizada, como los determinantes de la implementación de prácticas o medidas ante el cambio climático, están comprendidas dentro de las dimensiones de: situación sociodemográfica, vivienda y propiedad de la tierra, empleo, uso de tecnología y apoyo institucional.

La información recolectada en estas dimensiones corresponde a variables con medida de tipo dicotómica o de intensidad en escala *Likert* (según la parametrización realizada), razón por la cual, el análisis factorial habitual que emplea correlaciones de *Pearson* no es el más adecuado, según señala Barajas (2015). Por ello se emplea el uso de correlaciones policóricas, el cual asume la existencia de variables latentes continuas que subyacen dentro de las variables categóricas observadas³. Finalmente, el procesamiento de las variables para el análisis con correlaciones policóricas se realiza mediante el uso del Software Factor creado por Lorenzo-Seva y Ferrando (2006).

³ Este método es sugerido por Ferrando (1996), Elousa y Zumbo (2008) y Choi *et al.* (2010).

Análisis factorial general

Inicialmente se trabajó con la inclusión de todas las variables consideradas dentro de las dimensiones previamente señaladas, las cuales comprendieron un total de 47; no obstante, el alto grado de correlación entre múltiples variables dicotómicas conllevó a la eliminación de un muy alto porcentaje de varianza y, en consecuencia, impidió el proceso de reducción de dimensiones.

En vista a lo anterior, se optó por trabajar el análisis seccionado por dimensiones específicas, de modo que se pudieran ir omitiendo las variables altamente correlacionadas dentro de cada dimensión⁴. El análisis se dividió en: 1) dimensión sociodemográfica; 2) dimensión de socioeconómica de vivienda; 3) dimensión socioeconómica de propiedad de la tierra y empleo; y 4) dimensión de apoyo institucional y uso de tecnología.

El proceso de reducción en cada dimensión consistió en un inicio en realizar el análisis de los niveles de correlación entre las variables, con el fin de reducir variables con la misma información; seguido se procede a realizar un análisis factorial exploratorio para determinar la exclusión de variables que no aportan información a los factores (en caso de que existan), y el número óptimo de factores a utilizar. Finalmente, se realizó un análisis confirmatorio de componentes principales con el número óptimo de factores obtenidos del paso anterior.

Cabe mencionar que los factores obtenidos se transforman con rotación ortogonal «Varimax», a fin de asegurar la independencia de los factores y la máxima conservación de la varianza, la cual se explica a través de dichos factores. Los resultados se resumen a continuación para cada dimensión.

Dimensión sociodemográfica

La dimensión sociodemográfica estuvo comprendida inicialmente por nueve variables, entre las cuales no se encontró alta correlación; asimismo, se detectó que el número óptimo de factores a extraer resultó ser de dos. Una vez realizado el análisis confirmatorio de componentes principales, la agrupación de las variables resultó bastante satisfactoria y consistente, pues se les logró agrupar por características similares y se captura un 60 % de la varianza total de esta dimensión (ver tabla 3).

⁴ La idea consiste en que, si dos variables tienen una alta correlación, significa que contienen la misma información que se atribuye al análisis y, por tanto, se puede prescindir de una de ellas.

El primer componente reunió variables que muestran información sobre el sexo, el estado familiar del individuo, quién decide el uso de los recursos y alimentos del hogar, y la identificación según costumbre o cultura; por lo cual este componente se puede denominar como «condiciones de género y del hogar». Por su parte, el segundo componente captura información relacionada a si el individuo sabe leer y escribir, si asiste a un centro de educación y el nivel de educación alcanzado, por tanto, este componente se puede denominar como «nivel de educación».

Tabla 3
Reducción de dimensiones para situación sociodemográfica

Variable	Componente 1	Componente 2
d1	0.400	
sd5	-0.938	
sd7	0.902	
sd8	0.911	
sd9	0.444	
sd11		0.963
sd12		0.732
sd14		0.898
sd20		
Varianza explicada	33.40%	26.00%

Fuente: elaboración propia.

Dimensión socioeconómica de vivienda

La dimensión socioeconómica relacionada con vivienda también comprendió nueve variables, sin embargo, el nivel de correlación inicial entre las variables resultó ser alto (sobre todo, la variable de manejo de internet móvil) y la prueba MSA⁵ sugirió la exclusión de múltiples variables consideradas inicialmente (ver tabla 4). Una vez excluidas las variables sugeridas por los estadísticos, el número óptimo de factores a extraer para las cuatro variables fue de dos, de los cuales se capturó el 72.5 % de la varianza total de la presente dimensión.

⁵ La prueba MSA (*measure of sampling adequacy*) sugiere el grado en que una variable es capaz de medir el mismo dominio que el resto de las variables en análisis y, por tanto, si esta debe ser considerada o no.

El primer componente comprende únicamente una variable, la cual mide si los individuos en estudio poseen acceso a internet dentro de su hogar. Por su parte, el segundo componente reunió variables que capturan información del acceso a servicios básicos en una vivienda; es decir, acceso a agua potable, electricidad y drenaje.

Tabla 4

Reducción de dimensiones para situación de vivienda

Variable	Componente 1	Componente 2
vi2		
vi2		0.802
vi3		0.841
vi4***		
vi5		0.731
vi6*		
vi7	0.997	
vi8***		
vi9**		
Varianza explicada	25.50 %	47.10 %

*Notas. *eliminada inicialmente debido a la alta correlación con el resto de las variables*

***eliminadas debido al alto nivel de correlación y la prueba MSA*

****eliminadas debido a la prueba MSA*

Fuente: elaboración propia.

Propiedad de la tierra y empleo

La dimensión socioeconómica relacionada con la propiedad de la tierra y el empleo comprendió de ocho variables; cuatro de ellas fueron excluidas por razones de alta correlación y de poca significancia en términos de la prueba MSA. De las cuatro variables seleccionadas, se lograron extraer dos componentes capaces de explicar cerca del 69 % del total de la varianza para estas dimensiones.

Tal como es de esperar, los dos componentes se dividieron en función de la dimensión a la que cada variable pertenece (i.e., propiedad de la tierra y empleo). El primer componente mide la variedad de cultivos que cada individuo posee (de ser el caso), así como si este se dedica al sector agrícola; por tanto, es razonable denominar esta imagen como «participación en el sector agrícola».

Por su parte, el segundo componente comprende características sobre la parcela, a quién pertenece (propia, rentada o en sociedad con el dueño) y si se encuentra dentro o fuera del hogar. Basado en lo anterior, dicho componente se puede denominar como «condición de la parcela en que labora».

Tabla 5
Reducción de dimensiones para situación propiedad de la tierra y empleo

Variable	Componente 1	Componente 2
land1		0.821
land2		0.894
land5**		
land6*		
land7***		
emp3**		
emp4	0.858	
trab_agr	0.693	
Varianza explicada	31.00 %	37.80 %

Notas: *eliminada debido a correlación perfecta con land5
**eliminadas debido a alto nivel de correlación con el resto de las variables
***eliminada debido a la prueba MSA
Fuente: elaboración propia.

Apoyo institucional, uso de tecnología

Las dimensiones de apoyo institucional y uso de tecnología en los cultivos comprendieron de tres y cuatro variables, respectivamente; del total de estas, las correspondientes a tecnología fueron excluidas debido a la variable «tec9», pues mide si se cuenta con algún tipo de riego, por tanto, contiene alta correlación con el resto de las variables de esta dimensión. Debido a lo anterior, considerar únicamente esta variable equivale conservar la información general del resto de variables asociadas con uso de tecnología.

En caso de las variables de apoyo institucional, el análisis exploratorio sugirió conservar todas las variables y resumirlas en un único componente, que constituye el 66.7 % del total de la varianza de dicha dimensión.

Tabla 6

Reducción de dimensiones para apoyo institucional y uso de tecnología

Variable	Componente 1	Componente 2
tec1*		
tec4*		
tec7*		
tec9***		1.000
inst1	0.820	
inst8	0.889	
inst9	0.734	
Varianza explicada	66.70%	

Notas: *eliminadas debido que tec9 se correlaciona con todas ellas (contiene la información de éstas)

**eliminadas debido que emp4 se correlaciona con todas ellas

***Al ser únicas variables para tecnología y variedad de cultivo se pueden extraer del análisis

Fuente: elaboración propia.

Especificación econométrica

Para la estimación de los modelos econométricos determinísticos sobre la adopción de prácticas de adaptación contra el cambio climático, se empleó el uso de la metodología de modelos binarios *Logit* (BNL) debido a la naturaleza de la variable tipificada como explicativas.

De acuerdo con Wooldridge (2010), los modelos de probabilidad binaria superan las barreras encontradas en los modelos de probabilidad lineal, ya que brindan valores probabilísticos estrictamente contenido entre 0 y 1, y permiten que la probabilidad parcial de un determinante esté condicionada a las características del resto.

Por su parte, se decide emplear la metodología *Logit* sobre la metodología *Probit* puesto que la distribución de probabilidad de adopción de medidas que se analizó en la sección anterior no se ajusta a una distribución normal estándar (sobre la cual se basa la estimación *Probit*). Así, también, debido a esta naturaleza de distribución de probabilidad, la estimación *Logit* se realiza mediante la maximización del logaritmo la función de verosimilitud.

Esta ecuación puede expresarse tal como se muestra a continuación:

Donde,

$$P(y_i = 1 | X_i = x) = \Omega(B_i X_i) = \frac{\exp(B_i X_i)}{1 + \exp(B_i X_i)} \quad (1)$$

$$B_i = (\beta_{i,0}, \beta_{i,1}, \dots, \beta_{i,n}) \quad \wedge \quad X_i = (x_{i,0}, x_{i,1}, \dots, x_{i,n})$$

Con n siendo el número total de variables explicativas consideradas para la estimación de la probabilidad de adopción de la práctica inteligente i .

Basado en la ecuación (1), el efecto parcial marginal sobre la probabilidad de implementación de la práctica i , ante un cambio en su determinante j , será:

O,

$$\frac{\partial P(y_i = 1 | X_i = x)}{\partial x_{i,j}} = \frac{\exp(B_i X_i)}{(1 + \exp(B_i X_i))^2} * \beta_{i,j} \quad (2)$$

$$\frac{\partial P(y_i = 1 | X_i = x)}{\partial x_{i,j}} = \frac{\exp(B_i X_i)}{1 + \exp(B_i X_i)} - \frac{\exp(B_i X_i - \beta_{i,j})}{1 + \exp(B_i X_i - \beta_{i,j})} \quad (3)$$

Donde la ecuación (2) se aplica si la variable determinante es continua y la ecuación 3 si la variable determinante es dicotómica. Además, el nivel de significancia de estos efectos se mide a través de la prueba t , donde el estadístico de comparación sería:

$$t = \frac{\frac{\partial P(y_i = 1 | X_i = x)}{\partial x_{i,j}}}{\sigma_i} \quad (4)$$

Con σ_i siendo la desviación estándar de la distribución de probabilidades estimada para $\hat{y}_i$.

Las estimaciones de las funciones de probabilidad se realizaron inicialmente con todas las variables consideradas en la tabla 7 (ver sección de análisis de resultados) y, la adición de una variable que mide la intensidad de los sistemas pecuarios que utilizan los agricultores, en caso de hacerlo. Estos resultados se resumen en la sección de Anexos, tabla A3.

A raíz de los primeros modelos estimados, se procedió a realizar eliminaciones de variables no significativas para el modelo bajo los criterios de las pruebas de significancia individual y de variables omitidas y redundantes⁶. A partir de esto, múltiples variables fueron eliminadas, en dependencia del tipo de práctica que se analizó y, únicamente, la variable de percepción de otros tipos de ingresos (no agrícolas) resultó no significativa para ningún modelo.

⁶ Estos dos últimos con el fin de analizar la significancia conjunta que aporta cada variable al modelo.

Resultados

El análisis de los resultados se desarrolla según el proceso de decisión de adaptación y factores determinantes de cada fase, propuesto por Burke y Lobell (2010); es decir, la detección de cambios en el ambiente, la determinación de la necesidad y conveniencia de adaptarse, y la realización de la acción de respuesta ante el cambio climático.

La primera fase correspondiente a la detección de cambios en el ambiente y comprende un análisis descriptivo de los resultados señalados por los agricultores; asimismo se realiza un análisis sobre posibles determinantes que influyen en la capacidad de percepción de la población en estudio.

La segunda fase se basa en la estimación de la distribución de probabilidades, acerca de que la población en estudio decida adoptar una medida ante el cambio climático, una vez que estos han percibido cambios en el ambiente. De igual manera, el análisis también busca condicionar las probabilidades con base en las diferentes características sociales, demográficas, económicas e institucionales, con el fin de determinar (*a priori*) los posibles determinantes de la adopción de medidas ante el cambio climático.

Finalmente, la sección de realización de acciones de respuesta, se basa en el análisis causal a través de la estimación de los modelos econométricos, con la finalidad de encontrar los principales determinantes de la adopción de prácticas y medidas de adaptación, para el cambio climático en los pequeños agricultores de Guatemala.

Detección de cambios en el ambiente

Esta sección está compuesta por seis tipos de cambios en el ambiente detectados por los pequeños agricultores guatemaltecos, éstos son: cambios en temperatura, cambios en la canícula, cambios en precipitaciones, años secos o lluviosos, cambios en la incidencia de plagas, y pérdidas en cosechas por cambios en el clima.

En promedio, el 94.1 % de los pequeños agricultores han detectado estos cambios en los últimos diez años. Estos cambios se detectan en mayor medida los niveles de precipitación detectados por los pequeños agricultores y los cambios en las incidencias de plagas los menos detectados; aunque la diferencia entre estos no es muy significativa.

Así también, el nivel de varianza dentro de las percepciones de cambio es bastante bajo (5 % como promedio de los 6 tipos), lo cual permite que, a un nivel de confianza de 95 %, se pueda afirmar que más del 90 % de los pequeños agricultores, en Guatemala, han detectado los cambios en el ambiente que se han descrito previamente (ver tabla 7).

Tabla 7

Estadísticos de resumen de percepción de cambios en el ambiente

Variable	Promedio	Lim inf	Lim sup	Varianza
Temperatura	0.962	0.930	0.990	0.036
Canícula	0.921	0.880	0.970	0.073
Precipitación	0.979	0.960	1.000	0.020
Años secos o lluviosos	0.946	0.910	0.980	0.051
Incidencia de plagas	0.912	0.870	0.960	0.080
Pérdidas en cosechas	0.925	0.88	0.97	0.07
Promedio	0.941	0.905	0.978	0.050

Fuente: elaboración propia.

Debido a este alto nivel de percepción en todas las variables consideradas, no es posible realizar un análisis relacional o determinístico, pues el comportamiento de todas estas variables es cercano a ser constante y con correlación casi perfecta; no obstante, se puede realizar una comparativa del promedio en las características de la población que detecta todos los cambios señalados y la población que no ha detectado al menos un cambio (ver tabla 8).

En promedio, la población que no detectó alguno de los cambios señalados en los últimos 10 años y presentó características distintivas en la condición de género o del hogar (sexo femenino, hogar no biparental, o con toma de decisiones individuales a nivel de hogar), menores niveles en el nivel de educación, de participación en el sector agrícola, de uso de tecnología para producción agrícola y de apoyo institucional. Asimismo, esta parte de la población tiende a un menor nivel de propiedad (parcelas rentadas o en sociedad con dueños, así como parcelas no ubicadas contiguo a sus hogares) sobre las parcelas en que trabajan.

A pesar de que los estadísticos no son altamente significativos para la población que no ha detectado alguno de los cambios, la presente comparativa ofrece – *a priori* – resultados consistentes con los encontrados por la literatura analizada; por lo tanto, se puede esperar que también las adopciones de medidas ante estos cambios tengan alta relación con estas características.

Tabla 8
Comparación entre los niveles de percepción de cambios en el ambiente

Variable	Detectan los cambios	No detectaron un cambio
Condición de género o del hogar	4.07	4.00
Nivel de educación	2.42	2.39
Condición de parcela	2.16	2.20
Participación en sector agrícola	2.41	2.15
Uso de tecnología	0.92	0.88
Apoyo institucional	0.98	0.83

Fuente: elaboración propia.

Determinación de la necesidad y conveniencia para adoptar medidas

Para determinar la implementación de prácticas de adaptación al cambio climático, por parte de los productores. Se procedió con la estimación de dos diferentes tipos de probabilidades, las cuales dependen en si se mide la probabilidad de que un pequeño agricultor haya implementado una medida de adaptación ante el cambio climático, o si se mide la intensidad (número de medidas) de adopción de medidas contra el cambio climático.

A partir de ello, se estimaron las funciones de verosimilitud en función de la distribución de tipo Bernoulli, la cual mide la probabilidad de adopción de medidas. El método de estimación de las funciones de verosimilitud corresponde al «método de momentos» propuesto por Chebyshev (1887), el cual resulta más conveniente debido a la naturaleza de la información y los tipos de distribuciones⁷. Asimismo, las probabilidades condicionales en relación a las variables que miden ciertas características de la población, se realizaron con respecto a la evaluación de si los valores se encuentran por encima o por debajo de sus respectivos niveles promedios. Finalmente, y en línea con las fases propuestas de Burke y Lobell (2010), se descartó la parte de la población que no ha percibido ningún cambio en el ambiente durante los últimos 10 años⁸; además, la distribución del nivel de intensidad se realiza únicamente con la población que implementa medidas según corresponda el análisis.

La tabla 9 presenta el resumen de los resultados generales que se obtuvieron a partir de las estimaciones de las distribuciones de probabilidad de adopción de medidas. La probabilidad de que un pequeño agricultor decida implementar medidas en respuesta a la detección de cambios en el ambiente, así como el número de medidas que implemente, dependen del tipo de medida que se esté considerando.

⁷ La probabilidad de éxito «p» medida, por la distribución de Bernoulli, se puede aproximar a través del estadístico de media aritmética de las muestras aleatorias; es decir, el promedio de personas que han implementado medidas resulta ser la misma probabilidad de éxito (de que un individuo decida adoptar una medida).

⁸ Únicamente un individuo del total de la muestra señaló no percibir ningún cambio en los últimos 10 años.

Las prácticas o medidas con mayor probabilidad de ser implementadas corresponden a la conservación de aguas y suelos (probabilidad de implementación de 78 %) y al manejo y mejoramiento de germoplasmas (72 %). Por otro lado, la práctica del manejo integrado de plagas es la que posee una menor probabilidad de ser implementada (49 %) seguida de la práctica de manejo adecuado de fertilizantes (52 %).

A excepción de la práctica de conservación de suelos y aguas, donde los agricultores implementan tres medidas específicas, en general, el número de medidas que se implementan es de dos tipos por cada práctica inteligente, así como es esta cantidad que mayor probabilidad de ocurrencia se identifica con una probabilidad mayor.

Tabla 9
Distribución de probabilidades para implementación de prácticas inteligentes

Tipo de práctica inteligente Variable	Probabilidad de implementación	Número promedio de medidas implementadas	X = 1	X = 2	X = 3	X ≥ 4
Conservación de aguas y suelos	0.78	3.0	0.29	0.10	0.24	0.36
Manejo y mejoramiento de germoplasma	0.72	1.9	0.45	0.33	0.14	0.09
Manejo adecuado de fertilizantes	0.52	2.2	0.39	0.28	0.15	0.19
Manejo integrado de plagas	0.49	2.1	0.30	0.41	0.23	0.06
Manejo de diversificación de la producción	0.59	2.1	0.41	0.28	0.18	0.13
Promedio	0.62	2.3	0.37	0.27	0.19	0.18

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, al analizar las probabilidades de implementación y el número de medidas que se ponen en marcha, condicionadas a las diferentes características de la población, se pueden observar implicancias interesantes para ciertas características. En la tabla 10 se presenta el comportamiento de estas probabilidades a nivel general⁹, y en dependencia de si las diferentes características se encuentran por encima o debajo de sus valores promedios.

Es preciso mencionar que se incorporaron a este análisis dos variables además de las ya mencionadas, en la sección de reducción de dimensiones. Estas variables comprenden la percepción de otros ingresos diferentes a los agropecuarios (puede ser por medio de remesas u otros distintos) y el rendimiento que tienen los agricultores en sus cultivos. Para esta última variable se consideró un promedio general de los rendimientos normalizados¹⁰ para los diferentes cultivos, con el fin de brindar una variable *proxy* sobre el nivel de utilidad o ingresos netos, que esta actividad les brinda a los pequeños agricultores.

⁹ En la sección de Apéndices se presenta una tabla con la distribución de probabilidades para cada tipo de práctica inteligente que se consideró.

¹⁰ Se aplicó normalización dado que los rendimientos varían en dependencia del tipo de cultivo.

Con respecto a las condiciones de género del hogar, la probabilidad de implementación y el número de medidas incrementa cuando estas condiciones se mantienen por debajo de sus niveles medios. Esto posiblemente puede explicarse por el hecho que cuando las decisiones dentro del hogar son tomadas de forma individual, hay una mayor facilidad para decidir llevar a cabo estas medidas.

Por su parte, la probabilidad y el número de medidas, que pueden ejecutar los pequeños agricultores, aumentan significativamente cuando estos poseen niveles de educación, acceso a servicios básicos de vivienda, uso de tecnología, apoyo institucional y rendimientos en sus cosechas, que están por encima de los niveles promedios de dicha población; mientras tanto, cuando estos tienen mayor variedad de cultivos y menor propiedad de las parcelas en donde trabajan, la probabilidad de que adopten medidas así como el número de medidas que pueden adoptar se reduce.

Finalmente, en el caso de que los agricultores tienen mayor acceso a internet o perciben ingresos distintos a los agrícolas, los efectos sobre las decisiones de implementación de medidas no son claros, pues, según los resultados obtenidos, la probabilidad disminuye, pero el número promedio de medidas incrementa. Este hecho presenta, *a priori*, indicios de que estas variables pueden no ser determinantes significativos de la aplicación de estrategias o prácticas de adaptación al cambio climático.

Tabla 10

Distribución de probabilidades condicionales para la implementación de prácticas inteligentes

Características de los agricultores	Probabilidad de implementación		Número promedio de medidas implementadas	
	$x \leq \bar{X}$	$x > \bar{X}$	$x \leq \bar{X}$	$x > \bar{X}$
Condición de género y del hogar	0.64	0.60	2.48	2.11
Nivel de educación	0.59	0.64	2.22	2.33
Acceso a servicios básicos de vivienda	0.51	0.64	2.28	2.29
Acceso a internet	0.62	0.56	2.25	2.90
Condición de la parcela	0.72	0.52	2.45	2.07
Participación en el sector agrícola	0.64	0.61	2.54	2.16
Uso de tecnología	0.40	0.64	2.34	2.29
Apoyo institucional	0.55	0.75	2.08	2.58
Percepción de otros ingresos	0.63	0.58	2.25	2.42
Rendimiento de cosechas	0.61	0.67	2.27	2.33

Fuente: elaboración propia.

Determinantes de la adopción de prácticas de adaptación para el cambio climático

Basado en los resultados presentados en la tabla 11, se puede afirmar que existe consistencia en la dirección esperada del impacto, de casi todos los determinantes sobre la probabilidad, de que un pequeño agricultor en Guatemala, adopte una práctica como medida ante el cambio en el clima. La variable de acceso a internet resulta ser la única excepción, pues se encontró que esta reduce la probabilidad de que se implementen medidas.

Por otra parte, la participación en el sector agrícola (principalmente compuesta por la variedad de cultivos que tiene cada agricultor) produce efectos ambiguos en dependencia del tipo de práctica considerada. Específicamente, aumenta la probabilidad en prácticas relacionadas a la conservación de aguas y suelos, pero reduce la probabilidad de implementación en medidas de manejo y mejoramiento de germoplasma.

Tabla 11
Distribución de probabilidades para implementación de prácticas inteligentes

Características de los agricultores	Conservación de aguas y suelos		Manejo y mejoramiento de germoplasma		Manejo adecuado de fertilizantes		Manejo integrado de plagas		Manejo de diversificación de la producción	
	Coef	Sig(%)	Coef	Sig(%)	Coef	Sig(%)	Coef	Sig(%)	Coef	Sig(%)
Intercepto	-3.43	0.00	2.02	0.00	-0.41	0.61	-0.03	0.95	-1.15	0.12
Condición de género y del hogar					-0.20	0.03				
Nivel de educación					0.16	0.07				
Acceso a servicios básicos de vivienda					0.88	0.01			0.82	0.01
Acceso a internet			-1.5	0.02			-1.39	0.03		
Condición de parcela					-0.44	0.05	-0.53	0.02	-0.72	0.00
Participación en sector agrícola	0.96	0.00	-0.6	0.01						
Apoyo institucional	1.30	0.00	0.85	0.00	0.54	0.00	1.34	0.00	1.38	0.00
Uso de sistema pecuario									0.77	0.00
Uso de tecnología	1.77	0.00								
Rendimiento de cosechas			0.81	0.00	0.49	0.01	0.45	0.02	0.44	0.04
Razón de Verosimilitud	54.1	0.00	30.4	0.00	33.1	0.00	50.9	0.00	73.9	0.00
Probabilidad estimada	0.79		0.73		0.52		0.49		0.60	
Probabilidad observada	0.78		0.72		0.52		0.49		0.59	

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la tabla 11 presentan únicamente información sobre la dirección del impacto que tiene cada determinante en la probabilidad de implementación de alguna práctica; sin embargo, es necesario realizar una cuantificación de este impacto, a fin de jerarquizar los determinantes con mayor influencia. La tabla 12 resume dichas estimaciones, las cuales se obtuvieron a partir de las ecuaciones (2), (3) y (4).

Tabla 12

Estimaciones de los efectos marginales de los determinantes de la aplicación de prácticas de adaptación

Características de los agricultores	Conservación de aguas y suelos		Manejo y mejoramiento de germoplasma		Manejo adecuado de fertilizantes		Manejo integrado de plagas		Manejo de diversificación de la producción	
	Coef	Sig(5%)	Coef	Sig(5%)	Coef	Sig(5%)	Coef	Sig(5%)	Coef	Sig(5%)
Condición de género y del hogar					-0.05	0.34				
Nivel de educación					0.04	0.46				
Acceso a servicios básicos de vivienda					0.21	0.00			0.19	0.00
Acceso a internet			-0.22	0.00			-0.25	0.00		
Condición de parcela					-0.10	0.04	-0.12	0.01	-0.17	0.00
Participación de sector agrícola	0.21	0.00	-0.14	0.00						
Apoyo institucional	0.28	0.00	0.19	0.00	0.13	0.01	0.31	0.00	0.32	0.00
Uso de sistema pecuario									0.18	0.00
Uso de tecnología	0.42	0.00								
Rendimiento de cosechas			0.18	0.00	0.11	0.02	0.11	0.03	0.10	0.04

Fuente: elaboración propia.

Por el lado de las condiciones de género y del hogar y del nivel de educación de los agricultores, resultan ser las características de menor impacto en el análisis de las probabilidades de adopción de medidas, pues afecta con una probabilidad de menos del 5 %. Con respecto a la condición de género y del hogar, se encontró que un aumento en una unidad de este componente reduce la probabilidad de adopción de prácticas de manejo adecuado de fertilizantes en 5 %.

Por su parte, un aumento en una unidad en el nivel de educación de los pequeños agricultores permite que la probabilidad de implementación de un manejo adecuado de fertilizantes aumente en 4 %. Específicamente, que el agricultor sepa leer o escribir, que asista a centros de estudio o entre mayor sea su grado académico, es lo que conlleva a dicho aumento.

Por su lado, el acceso a servicios básicos dentro de la vivienda, resulta ser un factor bastante importante dentro de la implementación de medidas relacionadas con el manejo adecuado de fertilizantes y la diversificación de la producción. En concreto, se estimó que los agricultores con acceso a servicios de agua potable, electricidad o drenaje tienen un 20 % más de probabilidad de implementar estas medidas, en comparación con aquellos que no cuentan con estos servicios.

Asimismo, la condición de las parcelas en donde estos agricultores laboran, posee un importante efecto dentro de las probabilidades de implementación de las medidas de manejo adecuado de fertilizantes, manejo integrado de plagas y diversificación de la producción. Se encontró que los agricultores que no son propietarios de las parcelas o que dichas parcelas están fuera del hogar, tienen en promedio un 15 % menos de probabilidad de adoptar las medidas correspondientes.

Tal como se mencionó, la participación del sector agrícola y el uso de tecnología presentaron resultados no tan consistentes como el resto de los determinantes; sin embargo, la magnitud de sus impactos sobre las probabilidades correspondientes resulta ser bastante sustancial y significativo.

Con respecto al acceso al internet, se encontró que la población que posee este servicio tiene un 22 % menos de probabilidad de implementar medidas relacionadas al manejo y mejoramiento de germoplasma, y el manejo integrado de plagas, en comparación a aquellos que no poseen tal servicio. Por su parte, los agricultores que poseen un tipo de cultivo más que el promedio, tienden a un 21 % más de probabilidad de implementar medidas de conservación de aguas y suelos, y un 14 % menos de probabilidad de implementar medidas de manejo y mejoramiento de germoplasma.

En general, se encontró que los agricultores que obtienen rendimientos¹¹, en una unidad por encima de su valor estándar, tienen un 12 % más de probabilidades de implementar medidas ante el cambio climático¹². Al analizar, específicamente, por tipo de cultivo (i.e., maíz, frijol, maicillo o café), aquellos agricultores que obtienen rendimientos por encima del promedio de cada cultivo¹³, son los que tienen esta mayor probabilidad

Por otra parte, el componente de apoyo institucional, que reciben los agricultores, es el único factor que posee influencia en todos los tipos de prácticas consideradas de adaptación al cambio climático, lo cual resalta su alta relevancia en la implicancia de políticas de apoyo por medio de dicho canal. En general, se encontró que aquellos agricultores que han recibido apoyo técnico, con incentivos por parte de algún programa, o apoyo por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), poseen desde un 13 % hasta un 32 % más de probabilidad de implementar prácticas ante el cambio climático, en comparación a aquellos que no reciben dichos apoyos.

¹¹ Dado que los rendimientos están normalizados (i.e., $z = \frac{x-\mu}{\sigma}$), el análisis se realiza por unidades por encima de la media (i.e., $\sigma z = x - \mu$).

¹² Todos los tipos de medidas con excepción de las relacionadas a conservación de aguas y suelos.

¹³ Para maíz serían 15 Q/Mz., para frijol 5 Q/Mz., para maicillo 42 Q/Mz. y para café serían 11 Q/Mz.

Conclusiones

Esta investigación, identifica los factores clave que influyen en la adopción de prácticas de adaptación al cambio climático, entre los pequeños productores agrícolas del suroriente de Guatemala. Los hallazgos proporcionan información relevante para el diseño de políticas y programas de desarrollo rural más efectivos, contribuyendo significativamente a la comprensión de cómo fomentar la resiliencia agrícola en el país.

Los resultados revelan una elevada percepción del cambio climático entre los pequeños agricultores entrevistados en los departamentos de Jutiapa, Zacapa y Guatemala, con un 94.1 %; exponen haber detectado cambios en los últimos diez años, especialmente en la variabilidad de las precipitaciones. Las prácticas de adaptación más probables de ser implementadas son la conservación de aguas y suelos (78 %) y el manejo y mejoramiento de germoplasmas (72 %), mientras que el manejo integrado de plagas (49 %) y el manejo adecuado de fertilizantes (52 %) son menos probables.

El estudio subraya la importancia de las variables socioeconómicas, los rendimientos percibidos y el apoyo institucional como factores que influyen, notablemente, en la adopción de prácticas de adaptación al cambio climático. El acceso a servicios básicos emerge como un factor crucial, pues aumenta la probabilidad de implementación de medidas hasta en un 20 %, lo cual refleja que la satisfacción de las necesidades básicas es un requisito previo para tomar decisiones sobre adaptación. La propiedad de la tierra también juega un papel significativo; los no propietarios tienen un 15 % menos de probabilidad de adoptar ciertas prácticas, lo cual destaca la necesidad de abordar las barreras específicas que enfrentan los agricultores sin propiedad de la tierra. Además, se encontró que los agricultores que obtienen rendimientos por encima del promedio alcanzan un 12 % más de probabilidades de implementar medidas ante el cambio climático.

El apoyo institucional se revela como el factor más consistente, aumenta la probabilidad de implementación entre un 13 % y un 32 %. Algunos factores como el acceso a internet y los ingresos no agrícolas muestran efectos contradictorios, sugiriendo que el acceso a información no necesariamente resulta en la implementación de medidas, y que la diversificación de ingresos puede tener impactos complejos en la adopción de prácticas de adaptación.

Las políticas económicas deben enfocarse en mejorar el acceso a la educación y a los servicios básicos, esta es una conclusión valiosa de la investigación. Mientras que la política agropecuaria debería incluir programas específicos de apoyo institucional para la adaptación al cambio climático, así como, elevar los niveles de rendimiento agrícola, es decir, incluir programas de capacitación y extensión agrícola; fomentar el acceso a recursos financieros y tecnológicos; impulsar incentivos para la diversificación de cultivos, el monitoreo y evaluación de impacto; de igual manera, promover la sensibilización y educación sobre el cambio climático.

Referencias

- Asravor, R. K. (2019). Farmers' risk preference and the adoption of risk management strategies in Northern Ghana. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(5), 881-900. <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1452724>
- Barajas, I. (2015). *Análisis factorial con variables categóricas*. Universidad de Valladolid.
- Bayard, B., Jolly, C. M., & Shannon, D. A. (2007). The economics of adoption and management of alley cropping in Haiti. *Journal of Environmental Management*, 84(1), 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.05.001>
- Belay, A., Recha, J. W., Woldeamanuel, T., & Morton, J. F. (2017). Smallholder farmers' adaptation to climate change and determinants of their adaptation decisions in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Agriculture and Food Security*, 6(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0100-1>
- Burke, M., & Lobell, D. (2010). Food Security and Adaptation to Climate Change: What Do We Know? En M. Burke & D. Lobell (Eds.), *Climate change and food security: Adapting agriculture to a warmer world* (pp. 133-153). <https://doi.org/10.1007/978-90-481-2953-9>
- Ceci, P., Monforte, L., Perelli, C., Cicatiello, C., Branca, G., Franco, S., Diallo, F. B. S., Blasi, E., & Scarascia Mugnozza, G. (2021). Smallholder farmers' perception of climate change and drivers of adaptation in agriculture: A case study in Guinea. *Review of Development Economics*, 25(4), 1991-2012. <https://doi.org/10.1111/rode.12815>
- Chevyshev, P.L. (1887). Valores promedio. J. Matemáticas puras y aplicadas. Tomo 12, 177-184. También en TCHÉBICHEF (1899/1962, t. 1, 687-694). (Traducido del francés).
- Choi, J. et al. (2010). Correlational analysis of ordinal data: from Pearson's r to Bayesian polychoric correlation. *Asia Pacific*, 11, 459-466.
- 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>
- Elousa, P. y Zumbo, B. (2008). Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada. *Psicothema*, 20(4), 896-901.

- Feldman, A. J. L., & Hernández Cortés, D. (2016). Cambio climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. *El Trimestre Económico*, LXXXIII, (4), 459-496.
- Ferrando, P. (1996). Evaluación de la unidimensionalidad de los ítems mediante análisis factorial. *Psicothema*, 8(2), 397-410.
- Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441 and 498-520.
- Lorenzo-Seva, U. y Ferrando, P. (2006). A comprehensive SPSS program for estimating the tetrachoric correlation. *Behavior research methods*, 44, 1191-1196.
- Magrin, G. (2015). *Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*.
- Spearman, C.H. (1904). General intelligence objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293
- Viguera, B., Martínez-Rodríguez, M. R., Donatti, C., Harvey, C. A., & Alpízar, F. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. *En Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE)*.
- Wooldridge, J. (2010). Modelos de variable dependiente limitada y correcciones a la selección muestral, cap. 17. *Introducción a la econometría: un enfoque moderno* (4ta ed.). Cengage Learning.

1. Apéndices

Tabla A1
Codificación de variables recolectadas en la encuesta

Varia bles	Pregunta relacionada	Tipo	Valor	Descripción
g1	Deployment	String		
g2	Enumerator	String		
g3	Status	String		
g4	Response Code	String		
g5	Drafted On	String		
g6	Submitted On	Date		
g7	Approval Level	Date		
g8	Rejection message	String		
g9	Number of Rejections	String		
g10	Number of Edits	String		
g11	IP Address	String		
g12	Fecha	Date		
g13	Preguntar al encuestado/a ¿Está de acuerdo con realizar la encuesta?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
g14	¿El/La entrevistado/a es beneficiario/a del programa?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
g15	¿El lugar de residencia de el/la encuestado/a esta ubicado en el área rural, urbano o periurbano?	Integer	{0, 1}	{Rural, Urbano}
g16	¿En qué departamento vive el/la encuestado/a?	Integer	{1, 2, 3}	{Guatemala, Jutiapa, Zacapa}
g17	¿En qué municipio vive el/la encuestado/a? (1)	Integer		
g18	¿En qué municipio vive el/la encuestado/a? (2)	Integer		
g19	¿En qué municipio vive el/la encuestado/a? (3)	Integer		
g20	¿En qué cantón, aldea o caserío vive el/la encuestado/a? (1)	Integer		
g21	¿En qué cantón, aldea o caserío vive el/la encuestado/a? (2)	Integer		
g22	¿En qué cantón, aldea o caserío vive el/la encuestado/a? (3)	Integer		
sd1	Sexo del entrevistado/a	Boolean	{0, 1}	{Fem, Masc}
sd2	¿Esta embarazada?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
sd3	¿Cuál es su nombre y apellido?	String		
sd4	¿Cuántos años tiene?	String		
sd5	¿Cuál es su estado familiar?	Boolean	{0, 1}	{Casado/a o Acompañado/a, Otro}
sd6	¿Quién es la persona que aporta la mayor parte de recursos económicos al hogar?	Integer	{1, 2, 3, 4, 5}	{Mi persona, Compañera/o, Esposa/o, Ambos (persona entrevistada y pareja), Otros}
sd7	¿Quién decide el uso de los recursos del hogar?	Integer	{1, 2, 3}	{Mi persona, Mi pareja, Ambos}
sd8	¿Quién decide el uso de los alimentos del hogar?	Integer	{1, 2, 3}	{Mi persona, Mi pareja, Ambos}
sd9	¿Cómo se identifica según su cultura y sus costumbres?	Boolean	{0, 1}	{Mestizo/a, Indígena}
sd10	¿Qué idioma o lenguas habla?	Integer	{1, 2, 3}	{Español e idioma extranjero, Solo español, Lengua indígena y español}
sd11	¿Sabe leer y escribir?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
sd12	¿Asiste actualmente o asistió a un centro de educación formal?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
sd13	¿A qué jornada asiste?	Integer		
sd14	¿Cuál fue su el último nivel y grado aprobado?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4, 5}	{No estudió, Parvularia (1° a 3°), Círculos de alfabetización, Básica (1° a 9°), Media (10° a 13°), Superior Universitaria (1° a 15°)}
sd15	¿Cuál fue la principal razón por la que no continuó estudiando/ nunca asistió a un centro escolar?	Integer		

sd16	¿Qué tipo de familia es su hogar?	Integer	{1, 2, 3, 4, 5, 6}	{Biparental (Mamá, papá e hij@/s), Monoparental masculino (Papá e hij@/s), Monoparental femenino (Mamá e hij@/s), Nuclear sin hijos (Esposos o compañeros de vida sin hijos), Extenso o compuesto (Persona responsable del hogar con o sin hij@s más otros familiares), Unipersonal (Solo tú)}
sd17	¿Actualmente cuántas personas integran su hogar?	Integer		
sd18	¿Cuenta con algún tipo de discapacidad?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
sd19	¿Cuál es su discapacidad?	Integer		
sd20	¿Cuántas personas están enfermas o poseen alguna discapacidad en su hogar?	Integer		
sd21	¿Cuántas personas son adultas mayores dependientes?	Integer		
vi1	¿En cuál tipo de vivienda habita?	Boolean	{0, 1}	{Otro, Casa privada o independiente}
vi2	¿Cuenta con servicio de agua potable?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi3	¿Cuenta con servicio de electricidad?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi4	¿Cuenta con servicio sanitario o letrina?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi5	¿Está conectado a algún servicio de drenaje?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi6	¿Cuenta con servicio de internet móvil?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi7	¿Cuenta con servicio de internet residencial?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi8	¿Cuenta con servicio de telefonía móvil?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
vi9	¿Cuenta con servicio de telefonía fija?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
land1	¿Cuál es la propiedad de la parcela?	Integer	{1, 2, 3}	{Propia, Rentada, En sociedad con el dueño}
land2	¿Dónde se ubica la parcela?	Boolean	{0, 1}	{Dentro, Fuera}
land3	¿A qué distancia se encuentra (km)?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, A menos de 1km, Entre 1 km a 2km, Entre 2k a 4kms, Más de 4kms}
land4	¿De qué tamaño es su parcela?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Menos de 1 mz., Entre 1 a 3 mz., Entre 3 a 5 mz., Más de 5 mz.}
land5	¿Cuenta con traspatio?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
land6	¿Cuenta con agua en el traspatio?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
land7	¿Cuenta con agua para riego en su parcela?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
mig1	En los últimos 5 años, alguna persona integrante de su hogar, incluida usted, ¿se fue a vivir a otro país?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
mig2	¿Cuál es el parentesco de la(s) persona(s) migrantes?	Integer		
mig3	¿La forma de migrar de esta(s) persona(s) fue?	Boolean	{0, 1}	{Irregular, Regular}

mig4	¿Cuál fue el motivo principal por el que esta(s) persona(s) decidió/decidieron irse?	Integer		
mig5	¿Alguna vez esta(s) persona(s) han retornado al país?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
mig6	¿Cuál fue el motivo por el que regresó o retornó?	Integer		
emp1	¿Qué tipo de trabajo realiza?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{No trabaja, Jornal agrícola, Jornal no agrícola, Jornal agrícola y no agrícola, Otro}
emp2	¿A qué actividad agrícola se dedicó?	Integer		
emp3	¿Cuenta con algún tipo de cultivo?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
emp4	¿Qué tipo de cultivo posee?	Integer	0 - 4	
emp5	¿Cuenta con un sistema pecuario?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
emp6	¿Qué especies tiene su sistema pecuario?	Integer	0 - 5	
emp7	¿Utilizó la producción agropecuaria para el consumo de su hogar o para la comercialización?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Consumo del hogar, Comercialización, Ambos}
ing1	¿Cuál es el ingreso mensual agropecuario percibido por la venta de sus productos?	Integer		
ing2	¿En cuánto estima el valor de los productos consumidos?	Integer		
emp8	¿Cuenta con otro tipo de ingreso no agropecuario?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
emp9	¿A qué actividad se relaciona?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Trabajo asalariado, Trabajo cuenta propia (negocio), Trabajo como empleador agrícola, Otro}
ing3	¿Cuál es el ingreso mensual no agropecuario percibido?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{"Ninguna", "Igual o menor a Q2,873", "Entre Q2,874 y Q2,960", "Más de Q2,960"}
ing4	¿Cada cuánto lo recibe? (1)	Integer	{0, 1, 7, 15, 30, 90, 180, 360}	{Ninguna, Diario, Semanal, Quincenal, Mensual, Trimestral, Semestral, Anual}
emp10	Usted o algún miembro del hogar ¿recibe regularmente ayuda económica en dinero o en especie procedente de familiares o amigos/as residentes en el extranjero?	Boolean	{0, 1}	{No, Si}
ing5	¿A cuánto asciende la ayuda económica que recibe de familiares o amigos/as residentes en el extranjero?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{"Ninguna", "Igual o menor a Q2,873", "Entre Q2,874 y Q2,960", "Más de Q2,960"}
ing6	¿Cada cuánto lo recibe? (2)	Integer	{0, 1, 7, 15, 30, 90, 180, 360}	{Ninguna, Diario, Semanal, Quincenal, Mensual, Trimestral, Semestral, Anual}
perc1	¿En los últimos diez años ha percibido cambios en la temperatura?	Integer	{1, 2, 3}	{No ha percibido cambios en la temperatura, Aumento de temperatura, Disminución de la temperatura}
perc2	¿En los últimos diez años ha percibido cambios en la canícula?	Integer	{1, 2, 3}	{No ha percibido cambios en la canícula, Aumento de canícula, Disminución de la canícula}

perc3	¿En los últimos diez años ha percibido cambios en las precipitaciones?	Integer	{1, 2, 3}	{No ha percibido cambios en las precipitaciones, Aumento de precipitaciones, Disminución de las precipitaciones}
perc4	¿En los últimos diez años ha percibido mayor incidencia de años secos o años lluviosos?	Integer	{1, 2, 3}	{No ha percibido cambios, Mayor incidencia años secos, Mayor incidencia años lluviosos}
perc5	¿En los últimos diez años ha percibido cambios en la incidencia de plagas?	Integer	{1, 2, 3}	{No ha percibido cambios, Mayor incidencia de plagas, No ha percibido cambios}
perc6	¿En los últimos cinco años ha percibido pérdidas de cosechas por cambios en el clima?	Integer	{1, 2, 3}	{No ha percibido cambios, Sí ha percibido pérdidas, No ha percibido pérdidas}
tec1	¿Utiliza fertilizantes químicos?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
tec2	¿Qué cantidad de fertilizantes químicos utiliza? (quintales)	Float		
tec3	¿Qué cantidad de fertilizantes químicos utiliza? (litros)	Float		
tec4	¿Utiliza fertilizantes orgánicos?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
tec5	¿Qué cantidad de fertilizantes orgánicos utiliza? (quintales)	Float		
tec6	¿Qué cantidad de fertilizantes orgánicos utiliza? (litros)	Float		
tec7	¿Cuenta con equipo agrícola?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
tec8	Tipo de equipo	Integer	0 - 3	
tec9	¿Cuenta con equipo de riego?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
tec10	¿Cuenta con sistema de riego?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
tec11	Tipo de riego	Boolean	{0, 1}	{Otro, Riego}
rend1	¿Cuál fue el rendimiento del cultivo de maíz de la cosecha pasada (quintales/manzana)?	Float		
rend2	¿Cuál fue el rendimiento del cultivo de frijol de la cosecha pasada (quintales/manzana)?	Float		
rend3	¿Cuál fue el rendimiento del cultivo de café de la cosecha pasada (quintales/manzana)?	Float		
rend4	¿Cuál fue el rendimiento del cultivo de maicillo de la cosecha pasada (quintales/manzana)?	Float		
pr1_1	¿Aplica prácticas de conservación de agua y suelos?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
pr1_2	¿Cuál de las siguientes prácticas de conservación de agua y suelo utiliza?	Integer	0 - 9	
pr1_3	¿Desde qué año la realiza esta práctica de conservación de agua y suelo?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Hace 1 año o menos, Entre 1 año y 2 años, Entre 2 años y 3 años, Más de 3 años}
pr1_4	¿Cómo aprendió esta práctica de conservación de agua y suelo?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Por un familiar o amigo/a, Por una capacitación, Autoaprendizaje}
pr1_5	¿Qué institución brindó la capacitación? (1)	String		
pr2_1	¿Aplica prácticas de manejo y mejoramiento de germoplasma?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
pr2_2	¿Cuál de las siguientes prácticas de manejo y mejoramiento de germoplasma utiliza?	Integer	0 - 7	

pr2_3	¿Desde qué año realiza la práctica de manejo y mejoramiento de germoplasma?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Hace 1 año o menos, Entre 1 año y 2 años, Entre 2 años y 3 años, Más de 3 años}
pr2_4	¿Cómo aprendió la práctica de manejo y mejoramiento de germoplasma?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Por un familiar o amigo/a, Por una capacitación, Autoaprendizaje}
pr2_5	¿Qué institución brindó la capacitación? (2)	String		
pr3_1	¿Aplica prácticas de manejo adecuado de fertilizantes?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
pr3_2	¿Cuál de las siguientes prácticas de fertilizantes utiliza?	Integer	0 - 5	
pr3_3	¿Desde qué año realiza la práctica de manejo adecuado de fertilizantes?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Hace 1 año o menos, Entre 1 año y 2 años, Entre 2 años y 3 años, Más de 3 años}
pr3_4	¿Cómo aprendió la práctica de manejo adecuado de fertilizantes?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Por un familiar o amigo/a, Por una capacitación, Autoaprendizaje}
pr3_5	¿Qué institución brindó la capacitación? (3)	String		
pr4_1	¿Aplica prácticas de manejo integrado de plagas?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
pr4_2	¿Cuál de las siguientes prácticas de manejo de plagas utiliza?	Integer	0 - 6	
pr4_3	¿Desde qué año realiza la práctica de manejo integrado de plagas?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Hace 1 año o menos, Entre 1 año y 2 años, Entre 2 años y 3 años, Más de 3 años}
pr4_4	¿Cómo aprendió la práctica de manejo integrado de plagas?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Por un familiar o amigo/a, Por una capacitación, Autoaprendizaje}
pr4_5	¿Qué institución brindó la capacitación? (4)	String		
pr5_1	¿Aplica prácticas de manejo de diversificación de la producción?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
pr5_2	¿Cuál de las siguientes prácticas de diversificación de la producción utiliza?	Integer	0 - 7	
pr5_3	¿Desde qué año realiza la práctica de diversificación de la producción?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Hace 1 año o menos, Entre 1 año y 2 años, Entre 2 años y 3 años, Más de 3 años}
pr5_4	¿Cómo aprendió la práctica de diversificación de la producción?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Por un familiar o amigo/a, Por una capacitación, Autoaprendizaje}
pr5_5	¿Qué institución brindó la capacitación? (5)	String		
reto	¿Cuál es el principal problema/reto que afronta en su producción agropecuaria?	String		
inst1	¿Ha recibido asesoría técnica con respecto a la producción agrícola?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
inst2	¿De quién persona/institución/empresa recibe asesoría técnica, con respecto a su producción agropecuaria?	Boolean	{0, 1}	{Ninguna, Instituciones}
inst3	¿Ha solicitado crédito para la actividad agropecuaria?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
inst4	¿Obtuvo el crédito solicitado?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
inst5	¿A quién se lo solicitó?	Integer	{0, 1, 2, 3, 4}	{Ninguna, Banco privado, Caja de crédito rural, Cooperativa, Prestamista}
inst6	¿Está afiliado a alguna cooperativa?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}

inst7	Nombre de la cooperativa	String		
inst8	¿Recibe incentivos por parte de algún programa?	Integer	{0, 1}	{No, Sí}
inst9	¿Recibe apoyo por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
inst10	¿Qué tipo de apoyo recibe?	Integer	{0, 1, 2, 3}	{Ninguna, Técnico, Monetario, Técnico-monetario}
perc2_1	¿Ha percibido cambios en la temperatura?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
perc2_2	¿Ha percibido cambios en la canícula?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
perc2_3	¿Ha percibido cambios en las precipitaciones?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
perc2_4	¿Ha percibido mayor incidencia de años secos o años lluviosos?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
perc2_5	¿Ha percibido cambios en la incidencia de plagas?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
perc2_6	¿Ha percibido pérdidas de cosechas por cambios en el clima?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
maiz	¿Lo cultiva?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
frijol	¿Lo cultiva?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
maicillo	¿Lo cultiva?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
cafe	¿Lo cultiva?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
trab	¿Actualmente trabaja?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}
trab_agr	¿Su trabajo es de carácter agrícola?	Boolean	{0, 1}	{No, Sí}

Fuente: elaboración propia.

Tabla A1

Distribución de probabilidades condicionadas para la implementación de prácticas inteligentes

	c1_sd		c2_sd		c3_vi		c4_vi		c5_lan		c6_em		tec7		c7_inst		ing_otros		Rendimiento	
	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x	x ≤ x	x > x
Probabilidad de implementación																				
Conservación de aguas y suelos	78	78	82	75	76	79	78	76	86	70	72	81	36	82	72	89	81	71	1	9
Manejo y mejoramiento de germoplasma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.7
Manejo adecuado de fertilizantes	75	70	69	74	62	74	74	53	80	64	78	69	45	75	68	81	72	72	0	9
Manejo integrado de plagas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.6
Manejo de diversificación de la producción	59	45	42	58	35	55	52	53	58	45	54	51	41	53	49	57	52	52	7	0
Promedio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.5
Conservación de aguas y suelos	50	47	45	51	51	48	50	29	63	33	54	46	36	50	38	69	51	40	7	2
Manejo y mejoramiento de germoplasma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.6
Manejo adecuado de fertilizantes	57	61	58	60	32	64	58	71	71	47	64	57	41	61	48	81	60	57	8	3
Manejo integrado de plagas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0.6
Promedio	64	60	59	64	51	64	62	56	72	52	64	61	40	64	55	75	63	58	1	7
Número promedio de medidas implementadas																				
Conservación de aguas y suelos	3	2	2	3	2	3	2	3	3	2	4	2	3	2	2	3	3	2	3.1	2.7
Manejo y mejoramiento de germoplasma	36	65	78	15	71	04	98	08	25	66	11	51	13	98	43	84	05	78	1	9
Manejo adecuado de fertilizantes	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1.6	2.1
Manejo integrado de plagas	00	80	87	92	96	89	85	78	20	52	75	98	10	89	93	85	92	83	9	9
Manejo de diversificación de la producción	2	1	2	2	2	2	2	3	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0	2.4
Promedio	45	89	39	10	69	14	13	00	36	98	19	20	11	20	14	28	12	43	1	6
Conservación de aguas y suelos	2	2	1	2	2	2	2	3	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1.9
Manejo y mejoramiento de germoplasma	18	00	88	21	21	06	02	60	21	84	44	89	38	07	81	38	98	52	7	8
Manejo adecuado de fertilizantes	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2.1	2.0
Manejo integrado de plagas	18	00	00	14	58	13	05	42	03	16	12	07	11	08	91	28	92	64	0	9
Promedio	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.2	2.3
Conservación de aguas y suelos	48	11	22	33	28	29	25	90	45	07	54	16	34	29	08	58	25	42	7	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla A3
Estimaciones iniciales de los determinantes de aplicación de prácticas de adaptación

Características de los agricultores	Conservación de aguas y suelos		Manejo y mejoramiento de germoplasma		Manejo adecuado de fertilizantes		Manejo integrado de plagas		Manejo de diversificación de la producción	
	Coef.	Sig.(5 %)	Coef.	Sig.(5 %)	Coef.	Sig.(5 %)	Coef.	Sig.(5 %)	Coef.	Sig.(5 %)
Intercepto	-1.16	0.42	2.08	0.09	-0.38	0.74	0.76	0.52	-0.39	0.76
Condición de género y del hogar	-0.04	0.78	0.05	0.68	0.24	0.02	-0.12	0.23	-0.01	0.94
Nivel de educación	0.08	0.50	0.00	0.98	0.20	0.03	0.10	0.30	0.03	0.76
Acceso a servicios básicos de vivienda	-0.17	0.64	-0.07	0.85	0.92	0.01	-0.56	0.09	0.75	0.03
Acceso a internet	0.07	0.93	-1.51	0.01	0.25	0.68	-1.28	0.06	0.39	0.58
Condición de parcela	-0.53	0.09	-0.31	0.24	0.50	0.03	-0.54	0.02	-0.81	0.00
Participación en sector agrícola	0.75	0.02	-0.71	0.01	0.01	0.96	0.01	0.97	-0.21	0.42
Apoyo institucional	1.34	0.00	0.86	0.00	0.50	0.01	1.30	0.00	1.31	0.00
Uso de sistema pecuario	0.05	0.86	-0.20	0.33	0.14	0.44	0.20	0.31	0.86	0.00
Percepción de otros ingresos	-0.34	0.18	-0.04	0.87	0.35	0.11	-0.08	0.73	-0.37	0.13
Uso de tecnología	1.49	0.02	1.02	0.11	0.18	0.77	0.25	0.69	0.08	0.91
Rendimiento de cosechas	0.18	0.47	0.77	0.00	0.52	0.01	0.47	0.03	0.49	0.03
Proba (LR-stat)	46.71	0.00	35.79	0.00	36.50	0.00	56.37	0.00	77.12	0.00

Fuente: elaboración propia.