

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Maestría en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible**



Tesis de Grado de Maestría  
**Adopción de prácticas de Agricultura Sostenible Adaptadas al Clima:**  
**Estudio de caso en Honduras**

Estudiante

Verónica Marcelina Tax Sapón

Asesores

Arie Sanders

Jorge Cárcamo

Honduras, junio 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ARIE SANDERS**

Decano Asociado de Posgrado

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

ZAMORANO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGRICULTURA TROPICAL SOSTENIBLE

# **Adopción de prácticas de Agricultura Sostenible Adaptadas al Clima: Estudio de caso en Honduras**

Tesis de graduación presentada como requisito parcial para optar al título de Maestría  
en Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible

Presentada por  
**Verónica Marcelina Tax Sapón**

**Zamorano, Honduras**

Junio, 2021

La defensa oral y el documento de tesis de Verónica Marcelina Tax Sapón fue revisada y aprobada por el siguiente personal docente y autoridades de la Universidad Zamorano<sup>1</sup>

Arie Sanders, Ph.D.  
Asesor principal  
Decano Asociado de Posgrado

Jorge Cárcamo, Ph.D.  
Asesor

Juan Carlos Rosas, Ph.D.  
Director de Investigación de la MATS

Ana Margarita Maier Acosta, Ph.D.  
Vicepresidente y Decana Académica a.i.

<sup>1</sup>La hoja de remisión de Visto Bueno contiene las firmas y este documento se encuentra en custodia de la Oficina de Registro.

Las actividades de investigación y desarrollo en las que se basa gran parte de este trabajo de tesis fueron posibles en parte gracias al apoyo de la **Fundación Nippon**.

Igualmente este producto ha sido desarrollado como parte del **Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS)**, el cual es llevado a cabo con apoyo de los donantes del Fondo CGIAR y a través de acuerdos bilaterales de financiación. Para más detalles por favor visite <https://ccaafs.cgiar.org/es/donantes>

Es un resultado del proyecto “Generando evidencia sobre la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima con perspectiva de Género para informar políticas en Centroamérica”, financiado por el International Development Research Centre (IDRC), de Ottawa, Canadá.

Las opiniones expresadas en este estudio no necesariamente representan las de Fundación Nippon, de IDRC o su Junta de Gobernadores. El contenido de esta tesis es responsabilidad del autor.

# Adopción de prácticas de Agricultura Sostenible Adaptadas al Clima: Estudio de caso en Honduras

Verónica Marcelina Tax Sapón

**Resumen.** El objetivo del estudio fue analizar los factores que determinan la probabilidad y el nivel de adopción de múltiples prácticas ASAC. Se utilizaron datos de 116 hogares distribuidos en 10 comunidades del Territorio (TeSAC) Santa Rita, Honduras. Se aplicó un modelo probit multivariante para identificar la decisión de adopción simultánea y un modelo probit ordenado para evaluar los factores que afectan la intensidad de adopción. De las ocho prácticas promovidas, los huertos orgánicos-diversificados, el manejo de sombra de café, la cosecha de agua lluvia y la variedad mejorada de frijol fueron las preferidas. Los resultados indican que las prácticas están interrelacionadas en términos de complementariedad. Además, el género del jefe y el tamaño del hogar influyen de manera negativa. Por el contrario, el nivel de educación, el acceso a crédito, la participación en el programa de Investigación en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS, siglas en inglés) y la percepción del impacto del clima influyen de forma positiva. Sin embargo, en las variables del área de la finca y la tenencia de la tierra, el efecto es tanto positivo como negativo. Para la intensidad de adopción, el género del jefe y el tamaño de hogar y la participación en el programa CCAFS son las determinantes. La adopción de tecnología forma parte de las estrategias de adaptación al cambio climático. Sin embargo, si la transferencia de tecnología es solamente considerada sin crear las condiciones políticas e institucionales adecuadas que faciliten los procesos, la tasa de adopción permanecerán bajas, así como la capacidad de adaptación por los agricultores en condiciones de vulnerabilidad.

**Palabras clave:** Cambio Climático, Modelo probit Multivariante, TeSAC Santa Rita, .

**Abstract.** The purpose of the study was to analyze the factors that determine the probability and level of adoption of multiple CSA practices. Data from 116 households distributed in 10 communities from TeSAC Santa Rita, Honduras were used. A multivariate probit model was applied to identify the decision of simultaneous adoption, and an ordered probit model was applied to evaluate the factors that affect the intensity of adoption. Of the eight agriculture practices implemented, organic-diversified gardens, coffee shade management, rainwater harvesting, and improved bean variety were the most preferred. The results indicate that the practices are interrelated in terms of complementarity. In addition, the gender of the head of household and the size of household has a negative influence. On the contrary, the education level, credit access, participation in the CCAFS program and climate impact perception have a positive influence. However, farm size and land tenure factors have both positive and negative effects. The gender of the head of the household, size of household and the participation in the CCAFS program are the determining factor for the intensity adoption. The adoption of technology is part of adaptation strategies to climate change. However, if the technology transfer is only considered without creating adequate political an institutional that facilitate the process, the adoption rates will remain low, as well as the adaptative capacity of farmers in vulnerable conditions.

**Keywords:** Climate Change, Multivariate Probit model, Santa Rita CSV.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de autorización de documento de tesis.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Resumen .....	iv
Contenido .....	v
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos .....	vi
1 INTRODUCCIÓN .....	1
2 MARCO TEÓRICO .....	4
3 METODOLOGÍA.....	12
4 RESULTADOS.....	21
5 DISCUSIÓN .....	28
6 CONCLUSIONES.....	33
7 LITERATURA CITADA.....	36
8 ANEXOS.....	44

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

<b>Cuadros</b>	<b>Página</b>
1. Descripción de la relación esperada entre los principales factores que influyen en la adopción de prácticas ASAC. ....	8
2. Descripción de las prácticas ASAC implementadas en el TeSAC de Santa Rita. ....	14
3. Descripción de estadísticas descriptivas y comparativas para el grupo control y los beneficiarios del programa CCAFS incluidos en el monitoreo del TeSAC Santa Rita, Copán, Honduras. ....	22
4. Intensidad de adopción de las prácticas ASAC en el TeSAC de Santa Rita, Copan, Honduras. ....	24
5. Coeficientes de correlación por pares entre las prácticas adoptadas en el TeSAC de Santa Rita, Copán, Honduras. ....	24
6. Coeficientes de estimación de los factores que influyen en la adopción múltiple de las prácticas ASAC en el TeSAC de Santa Rita: Modelo de regresión probit multivariante.....	25
7. Descripción de los parámetros estimados para la intensidad de adopción: modelo probit ordenado. ....	26
8. Descripción de los parámetros estimados de los efectos marginales promedios de cada variable independiente para cada nivel de intensidad de adopción: modelo probit ordenado. ....	27
<b>Figuras</b>	<b>Página</b>
1. Mapa de localización del municipio de Santa Rita y de las comunidades que integran el TeSAC del departamento de Copán, Honduras. ....	12
2. Distribución de la muestra en las comunidades que conforman el TeSAC del Municipio de Santa Rita, Departamento de Copán, Honduras, que fueron incluidos en el monitoreo del 2020	21
3. Frecuencia de adopción en porcentaje de agricultores que implementaron cada una de las ocho prácticas promovidas en el TeSAC de Santa Rita. ....	23
<b>Anexos</b>	<b>Página</b>
1. Descripción de los resultados de la prueba diagnóstico de multicolinealidad de las variables independientes utilizando el valor del factor de inflación de la varianza y valor de tolerancia. ....	44
2. Descripción de los resultados de la prueba diagnóstico White's para evaluar heterocedasticidad para las variables independientes. ....	44



# 1 INTRODUCCIÓN

El cambio y la variabilidad climática están afectando los sistemas productivos de los pequeños agricultores en Centroamérica. Esto debido a que la agricultura es altamente sensible a pequeños cambios del clima (Mehar et al., 2016). Por lo tanto, variaciones en la temperatura, la precipitación y la frecuencia e intensidad de los patrones de los eventos extremos tendrán impactos directos en la productividad agrícola (Maharjan y Joshi, 2013). Lo que repercutirá en la estabilidad de la producción y la generación de ingreso agrícola, provocando mayores niveles de inseguridad alimentaria (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2010). Esto debido a que los cambios no solo afectarán la disponibilidad sino también la calidad y la asequibilidad de los alimentos (Teklewold et al., 2019).

En esta región, el riesgo es alto para las poblaciones que se ubican en el corredor seco debido al clima y a largos períodos de sequía (Hidalgo et al., 2019). Este fenómeno se presenta de forma cíclica y está asociado al fenómeno del Niño Oscilación del Sur lo cual afecta a los agricultores que dependen de la lluvia para producir (van der Zee Arias et al., 2012). Además, las lluvias han presentado cambios en su distribución provocando daños a los cultivos debido a una alta intensidad y ocurrencia (Kuhl, 2020). Es así como estos eventos han afectado a cultivos claves para la seguridad alimentaria (maíz y el frijol) y cultivos comerciales como el café, el cual es clave en la economía del país (Hannah et al., 2017; van der Zee Arias et al., 2012).

Además, los altos niveles de pobreza de la población y la inadecuada gestión de los recursos naturales generan una alta vulnerabilidad y aumentan el riesgo a la variabilidad y el cambio climático (Magrin et al., 2014; Mercado, Padilla, et al., 2015). Así la desigualdad económica, se convierte en desigualdad en el acceso a servicios básicos, educación y oportunidades de producción, lo cual reduce la capacidad adaptativa de los agricultores al cambio climático (Magrin et al., 2014; Orellana Peña, 2019). En particular de grupos vulnerables como las mujeres agricultoras debido a la poca inclusión de sus vulnerabilidades en el diseño, implementación y ejecución de programas agrícolas (Acosta et al., 2019).

Por tal motivo, desarrollar e implementar acciones que reduzcan la vulnerabilidad y aumente la capacidad adaptativa de estas poblaciones es crucial para reducir los efectos negativos del cambio y variabilidad climática (Magrin et al., 2014; van der Zee Arias et al., 2012). Es así como la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) surge como una estrategia de transformación de los sistemas productivos para abordar el cambio climático y la seguridad alimentaria (FAO, 2010). Con un enfoque holístico a través de tres pilares, la ASAC busca desarrollar sistemas productivos con menos emisiones, adaptados a la variabilidad climática y aumentar la productividad y seguridad alimentaria (FAO, 2013). A través del desarrollo de condiciones técnicas, políticas y de inversión, evaluado y aplicado a diferentes escalas de intervención (Bell et al., 2018; FAO, 2013; Lipper et al., 2014)

Es así como a nivel técnico, la transferencia y adopción de tecnologías forma parte de las estrategias del enfoque ASAC. A nivel de finca, se ha promovido una serie de prácticas agrícolas que integran el manejo de cultivo y ganadería, agroforestería, manejo de cultivos, uso y manejo

del agua, control de plagas y enfermedades, manejo del suelo y la fertilidad y manejo de los recursos genéticos (FAO, 2010). Asimismo, el uso de prácticas innovadoras como la mejora de la previsión meteorológica, los sistemas de alerta temprana y el seguro de riesgos climáticos (Murray et al., 2016); las cuales son aplicadas en pequeños territorios pilotos denominados Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC) (Aggarwal et al., 2018). En donde se busca probar las mejores opciones tecnológicas e institucionales para facilitar la adaptación y generar evidencias sobre la adopción y extraer aprendizajes que ayuden a la formulación de políticas (Aggarwal et al., 2018; Lipper et al., 2014; Programa del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria CCAFS, 2019).

Es así como en el año 2014 el Programa de Investigación en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS, siglas en inglés) con el apoyo de socios locales inicio los estudios base para el establecimiento de los TeSAC en la región Trifinio por sus condiciones de vulnerabilidad ante el cambio climático (Aggarwal et al., 2018). En Honduras, el TeSAC se ubica en el municipio de Santa Rita, departamento de Copán, donde se han probado diferentes opciones ASAC para fortalecer la capacidad adaptativa de los agricultores ante la variabilidad y cambio climático. Es así como en el 2019 se desarrolló el proceso de promoción y difusión simultánea de prácticas ASAC con el objetivo de generar evidencias sobre su adopción, identificar las características de quienes la adoptan y las condiciones que favorezcan su escalamiento (Programa del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria CCAFS, 2019).

El estudio de la adopción es fundamental para evaluar y diseñar intervenciones, así como informar la toma de decisiones sobre las nuevas propuestas de inversión (Glover et al., 2019). En términos generales, se define como un proceso sustitucional en donde las técnicas o prácticas son reemplazadas por otras mejores (Mica, 2013; Rogers, 1995). Es así como ante un proceso de transferencia y promoción, la decisión de los agricultores de aceptar o rechazar la tecnología suele estar condicionada por diversos factores endógenos y exógenos los cuales determinan su decisión (Mujeyi et al., 2020).

Posterior a la implementación de los TeSAC, diversos estudios se han realizado para evaluar su adopción. Pero, a 10 años del surgimiento del enfoque y a los múltiples esfuerzos de la comunidad internacional para apoyar su implementación, las tasas de adopción siguen siendo bajas (Amadu et al., 2020; Kpadonou et al., 2017). Sin embargo, estos estudios han contribuido en identificar limitaciones en la estimación y comprensión del proceso, esto debido a la alta diversidad de prácticas y los diferentes contextos en donde se han aplicado (Torquebiau et al., 2018), a las diversas características y necesidades individuales de los agricultores (Kuhl, 2020), y a la falta de claridad conceptual sobre la gama de potenciales prácticas ASAC (Amadu et al., 2020).

Esta alta diversidad de condiciones ha llevado a buscar enfoques integrales que permitan una mejor estimación de las tasas de adopción, identificar las combinaciones de tecnologías más adoptadas y obtener una mejor comprensión sobre sus factores determinantes (Mujeyi et al., 2020). Si bien, los primeros estudios se enfocaron en el análisis de adopción individual, la promoción simultánea en los TeSAC ha dirigido a buscar métodos que involucren un análisis de adopción múltiple. Esto debido a que las preferencias en las combinaciones de prácticas nos pueden ayudar a comprender las estrategias que utilizan los agricultores para adaptar su sistema productivo y además identificar efectos sinérgicos que mejoren el desempeño conjunto.

Por ejemplo, el estudio desarrollado por Teklewold et al. (2019), identificó que cuando el clima es cálido y las precipitaciones son variables, los agricultores prefieren una combinación de prácticas a la práctica aislada. Esto debido a que la adopción de un conjunto de prácticas puede tener un efecto de complementariedad o sustitución lo cual contribuye a mejorar los ingresos netos y reducir el riesgo de la producción en comparación con la adopción individual (Mujeyi et al., 2020; Teklewold et al., 2013; Teklewold et al., 2019; Wainaina et al., 2018). Por tal motivo, el objetivo de este estudio busca responder a las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué prácticas ASAC son las más adoptadas?, ¿Identificar si existe relación entre la decisión de adopción múltiple? y ¿Cuáles son los factores que influye en la adopción y la intensidad de adopción de las prácticas ASAC?

La tesis está organizada en 6 secciones. En la sección 2 se presenta el marco teórico donde se realiza una pequeña reseña de la teoría del enfoque ASAC, las limitaciones de concepto y su aplicación. Asimismo, se aborda el tema de la percepción del impacto del cambio climático como motivador para implementar estrategias de adaptación, y una descripción de los principales factores determinantes de la adopción de prácticas ASAC. En el capítulo 3 se presenta la metodología del estudio, en donde se describe el área de estudio, el proceso de recolección de datos, las variables utilizadas y la estrategia analítica. En la sección 4 se presentan los resultados de los modelos utilizados y en la sección 5 se realiza la discusión de estos. Finalmente, en la sección 6 se presentan las conclusiones del estudio.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC)

La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima surge como una estrategia de transformación de los sistemas productivos para abordar simultáneamente los desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria integrando las tres dimensiones del desarrollo sostenible (FAO, 2010). Es un enfoque holístico que está constituido por tres pilares de acción que buscan el incremento sostenible de la productividad y el ingreso, la adaptación y resiliencia al cambio climático y la reducción de las emisiones, a través del desarrollo de condiciones técnicas, políticas y de inversión (FAO, 2013; Lipper et al., 2014). Asimismo, es un enfoque que es aplicado a diferentes escalas que van desde lo global a lo local y por ende requiere de evaluaciones específicas del contexto tanto en lugar como tiempo, para identificar que innovaciones agrícolas son las más adecuadas para cada región (Bell et al., 2018).

Sin embargo, por ser un enfoque amplio con objetivos que se pueden lograr a través de diferentes vías, tecnologías, procesos y actores divergentes (Karlsson et al., 2018); éste tiende a crear una falta de claridad conceptual sobre a qué se le puede denominar ASAC y a nivel de finca, a sobrevalorar el potencial de las prácticas que se pueden implementar en los diferentes contextos (Amadu et al., 2020). Es por ello que para lograr una agricultura inteligente se debe obtener una fina comprensión de los vínculos entre la agricultura, los medios de vida, las opciones de adaptación y los impactos del clima sobre la producción (Hammond et al., 2017).

Para que una práctica sea considerada ASAC debe responder a los tres pilares, productividad y seguridad alimentaria, adaptación, y mitigación. Sin embargo, dado su enfoque holístico existen diversas definiciones e interpretaciones de las prácticas ASAC y de cómo se da la integración de los tres pilares (Chandra et al., 2018). Estas diferencias han provocado que las intervenciones se orienten a un modelo de transformación de los sistemas agrícolas con un enfoque tecnológico especialmente en países en desarrollo (Taylor, 2018).

Es así como desde sus inicios la implementación del enfoque se ha basado en la introducción de cultivos mejorados, prácticas que mejoren la capacidad y eficiencia del riego, cocinas de bajo consumo energético, secuestro y mitigación de carbono, reforestación, uso de biodigestores y mejora de la diversidad genética (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014). Esta alta diversidad de prácticas con objetivos divergentes ha contribuido a que el concepto de ASAC sea poco entendida y no clara entre la adaptación, mitigación y seguridad alimentaria y por lo tanto se corre el riesgo de denominar a cualquier práctica agrícola como climáticamente inteligente (Neufeldt et al., 2013).

Ante esta situación, Bell et al. (2018), proponen una guía para evaluar la inteligencia climática de las intervenciones a partir de un marco de tres componentes que son mitigación de los riesgos climáticos, las barreras sociales y ambientales para la adopción, y evaluar los resultados de la ASAC a través de indicadores en los tres pilares (productividad, resiliencia y mitigación). Utilizar este

esquema ayudaría a clarificar que intervenciones contribuyen a lograr una agricultura sostenible adaptada al clima.

Las críticas de las limitaciones del concepto ASAC se enfoca en tres aspectos, la falta de consideración de la escala espacial, la equidad y métricas para su evaluación. La falta de la escala espacial de las intervenciones, que resulta en sobreestimar los beneficios en la producción y en el potencial de mitigación del cambio climático (Prestele y Verburg, 2020). De igual manera, la falta de consideración de equidad, al suponer de forma implícita que se pueden lograr beneficios para todos sin conflictos (inherentemente inequitativos) sobre el acceso y el control de los recursos cambiantes (Karlsson et al., 2018). Asimismo, la falta de métricas para medir el logro de los tres pilares, y la falta de claridad sobre las sinergias y los conflictos entre ellos, esto debido a que el concepto considera implícito la ganancia, sin embargo, la implementación de las prácticas puede conducir a incrementos, reducciones o no generar cambios en cada pilar y esto puede generar conflictos entre ellos (Bell et al., 2018; Taylor, 2018).

En el año 2013, el Programa CCAFS implementó el enfoque de los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC) para evaluar la aplicación del concepto de ASAC (Aggarwal et al., 2013). El TeSAC, es un enfoque de investigación agrícola participativa que busca probar las mejores opciones tecnológicas e institucionales para abordar el cambio climático, con el objetivo de generar evidencias sobre la adopción y extraer aprendizaje para la generación de políticas (Aggarwal et al., 2018). Es así como, para el 2018 se habían implementado 36 TeSAC distribuidos en los sitios de referencia global que se encuentran en África, el Sureste de Asia y América Latina que conforman las regiones del CCAFS.

En América Latina, los TeSAC se encuentran distribuidos en Colombia, Nicaragua, Honduras y Guatemala. En Honduras el proceso de implementación se desarrolló en tres fases. La primera fase se condujo en el periodo del 2014-15, tiempo en el cual se elaboró la línea base para documentar información sobre los sistemas de producción, datos socioeconómicos y ambientales a nivel de hogar, comunidad e instituciones. La segunda fase se desarrolló en los años 2016-18 donde se implementó la metodología de Escuelas de Campo y Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA, siglas en inglés) como herramientas de transmisión de información agroclimática y se inició con la promoción de las prácticas ASAC. Estas acciones fueron la base para la implementación de las prácticas ASAC priorizadas por los agricultores en cada finca. Finalmente, la tercera fase se inició en el 2019 con la consolidación del proceso, a través del empoderamiento de la Comisión de Acción Social Menonita (CASM), quién se encargó de conducir y escalar la implementación de las prácticas ASAC (Martinez Salgado y Alvarez, 2019).

## **2.2 Percepción del impacto del cambio climático y estrategias de adaptación**

Las estrategias que los agricultores emplean para hacer frente a los cambios del clima son diversas y dependen del nivel de conciencia que se tenga sobre ellas. Desde hace tiempo los agricultores han utilizado estrategias de adaptación como simples respuestas a sus percepciones del cambio del clima (Brüssow et al., 2017). Estas respuestas están relacionadas con su percepción del riesgo climático, ya que este es un determinante en la toma de decisión individual y puede limitar o favorecer la acción para la adaptación o innovación (Adger et al., 2009).

La decisión depende si un impacto anticipado o experimentado se percibe como un riesgo y si se puede actuar sobre éste (Grothmann y Patt, 2005). Sin embargo, el nivel de conciencia es desigual entre los agricultores y además no hay claridad del vínculo entre la percepción y la acción (Harmer y Rahman, 2014). Así también, se ha observado que las respuestas de los agricultores tienen dimensiones espaciales y temporales, que también, están influenciadas por factores socioeconómicos (Harmer y Rahman, 2014).

Es así como las respuestas pueden abarcar desde respuestas financieras, cambios y adecuación de las actividades agrícolas, acciones culturales y religiosas, hasta el uso de redes locales de apoyo (Harmer y Rahman, 2014). Por otro lado, la elección entre las diversas opciones depende de la percepción de la efectividad de la práctica para protegerse de la amenaza (Grothmann y Patt, 2005). Es así como las motivaciones para adoptar una o un grupo de prácticas simultáneas, está determinada como la respuesta de las amenazas identificadas según su percepción del riesgo y su percepción de la efectividad de las prácticas de adaptación adoptadas para prevenir el daño (Grothmann y Patt, 2005).

Uno de los pilares del enfoque ASAC es mejorar la capacidad adaptativa de los agricultores y la resiliencia de los sistemas productivos a través de la adopción de tecnologías (FAO, 2010). Adger et al. (2009), indica que la capacidad adaptativa está determinada en parte por la disponibilidad de tecnología y la capacidad de aprendizaje, pero también por la ética de tratamiento de las vulnerabilidades dentro de las estructuras sociales de toma de decisiones. Por lo tanto, abordar la adaptación a través de la transferencia de tecnología tiene el desafío de equilibrar el ritmo de adopción que requiere la urgencia climática y la aversión al riesgo de adopción por parte de los agricultores (Kuhl, 2020).

### **2.3 Determinantes de la adopción de las prácticas ASAC a nivel de finca**

El desarrollo y difusión de tecnologías son esenciales para el aumento de la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de los ecosistemas (Asenso-Okyere y Davis, 2009; InterAcademy Council, 2004; Lybbert y Sumner, 2012). Por tal motivo, la transferencia y adopción de tecnologías forma parte de las estrategias consideradas en el enfoque ASAC. Por ende, el estudio de la adopción de tecnologías es crucial para diseñar y evaluar el impacto de las intervenciones, además, informar la toma de decisiones sobre nuevas inversiones en investigación orientadas al desarrollo agrícola (Doss, 2006; Glover et al., 2019).

Es así como desde la implementación de los TeSAC en las regiones CCAFS, se han desarrollado diversos estudios para evaluar la adopción de prácticas, su aplicabilidad y extraer aprendizajes sobre las sinergias de las intervenciones (Aggarwal et al., 2018). Sin embargo, a 10 años del surgimiento del enfoque y a los múltiples esfuerzos de la comunidad internacional para apoyar la implementación, las tasas de adopción siguen siendo bajas (Amadu et al., 2020; Kpadonou et al., 2017). A nivel de finca, los estudios han identificado limitaciones en la estimación y comprensión de la dinámica de adopción.

Esto debido a la falta de claridad conceptual sobre la gama de potenciales prácticas ASAC (Amadu et al., 2020); las características y necesidades individuales de los agricultores (Kuhl, 2020); la alta diversidad de las prácticas y a los diferentes contextos en donde se ha implementado (Torquebiau et al., 2018). Esta alta diversidad incrementa los esfuerzos de transferencia y limitan el

escalamiento de las tecnologías (Kuhl, 2020). Por ende, integrar metodologías que consideren toda esta heterogeneidad de condiciones y contextos es crucial en las evaluaciones del enfoque ASAC.

Los primeros estudios se enfocaron en identificar los factores determinantes de la adopción individual por práctica. Pero en los últimos años, cada vez más se integran análisis de adopción múltiple (Aryal et al., 2018; Deressa et al., 2009; Khonje et al., 2018; Kpadonou et al., 2017; Mailumo et al., 2021; Mittal y Mehar, 2015; Mujeyi et al., 2020; Rahut et al., 2021; Teklewold et al., 2013; Teklewold et al., 2019; Wainaina et al., 2018; Wollni et al., 2010). Asimismo, la inclusión de tipologías a nivel de agricultor, de prácticas, hogares y fincas con el objetivo de capturar esta variabilidad (Amadu et al., 2020; Hammond et al., 2017; Howland et al., 2018; Makate et al., 2018; Wainaina et al., 2018). Estos nuevos métodos están contribuyendo a integrar la heterogeneidad de condiciones en los análisis. Pero, identificar qué prácticas, las características de quienes las adoptan y los factores o barreras que determinan esa adopción, siguen siendo relevantes para la comprensión del proceso de adopción.

Una de las preguntas fundamentales de la adopción de prácticas ASAC es identificar cuáles son los factores que determinan la adopción. En general, se resumen en el nivel de acceso a recursos de producción en términos de tierra, trabajo y capital (Murray et al., 2016); aspectos socioeconómicos (nivel de educación, edad, tenencia de la tierra, género, acceso a la extensión, y crédito (Deressa et al., 2009; Mittal y Mehar, 2015); acceso a la diferentes tipos y fuentes de información (Mehar et al., 2016; Rogers, 1995); la relación de poder en la toma de decisiones (Acosta et al., 2019); la percepción de los beneficios obtenidos con la adopción de las prácticas (Wollni et al., 2010); el riesgo y la aversión al riesgo en el nivel de uso de nuevas tecnologías (Feder, 1980); las características de las innovaciones (Senyolo et al., 2018); percepción de los riesgos climáticos (Grothmann y Patt, 2005) y en aspectos biofísicos como elevación, pendiente, distancia a caminos principales, entre otros (Amadu et al., 2020).

Estos determinantes se pueden clasificar en factores endógenos, como todos aquellos que dependen del individuo y exógenos como aquellos que son externos a él (Mujeyi et al., 2020). En los diversos estudios que se han realizado los factores exógenos más relevantes que se han identificado son el género, la edad, el nivel de educación ya sea del jefe de hogar o tomador de decisiones y el tamaño del hogar, las percepciones sobre el riesgo y la efectividad de las prácticas empleadas. Entre los factores exógenos relevantes están el área de la finca, la tenencia de la tierra, acceso a fuentes de crédito, información y conocimiento, pertenencia a grupos, accesos a mercados entre otros. El efecto de cada uno de estos factores puede ser positivo o negativo, además, puede ser igual para todas las prácticas o puede cambiar en función de las características y el contexto donde se aplica (Cuadro 1).

Las mujeres y los hombres agricultores, en su calidad de jefes de hogar y miembros del hogar, suelen experimentar diferencias en su decisión de adoptar o no ciertas prácticas (Aryal et al., 2018). Estas diferencias están asociadas al nivel de acceso a recursos y oportunidades de producción (Quisumbing et al., 2014); las relaciones de poder entre los miembros del hogar (Njuki et al., 2016); y a los roles diferenciados en el hogar, que de alguna manera condiciona la toma de decisiones (Murray et al., 2016). Sin embargo, estas diferencias se pueden incrementar en función de las características de las prácticas en cuanto a su demanda en conocimiento, capital, trabajo y recursos de producción.

Cuadro 1. Descripción de la relación esperada entre los principales factores que influyen en la adopción de prácticas ASAC.

<b>Factor</b>	<b>Relación esperada</b>
Género del jefe de hogar, ser mujer	Negativa
Edad del jefe de hogar	Positivo y negativo
Nivel de educación	Positivo y negativo
Tamaño del hogar	Positivo y negativo
Tenencia de la tierra	Positivo
Tamaño de la finca	Positivo y negativo
Acceso a crédito	Positivo
Acceso a capacitación y fuentes de información	Positivo
Pertenencia a grupos	Positivo y negativo

Por ejemplo, Nyberg et al. (2021) encontraron que las mujeres adoptaron menos prácticas de adaptación y se sintieron más limitadas en conocimiento en comparación con los hombres. En cuanto al requerimiento de trabajo, no se observó diferencias en prácticas con bajo requerimiento de mano de obra como por ejemplo labranza cero, rotación y cultivos de cobertura (Pilarova et al., 2018). Asimismo, las probabilidades de adopción son mayores para prácticas de conservación de suelos, cambio de variedades de cultivos y en la plantación de árboles en hogares dirigidos por hombres con respecto a los dirigidos por mujeres (Deressa et al., 2009).

Por otro lado, se han identificado limitaciones en el análisis del papel de género en la adopción ASAC utilizando como referencia el sexo del jefe de hogar. Es así como Aryal et al. (2020) encontraron que la participación de las mujeres incrementó al integrar al análisis, una variable que explicará el nivel de participación en la toma de decisiones. Sin embargo, en contextos donde la participación de la mujer como responsables en la producción es mayor, la variable de género no representa diferencias significativas (Abegunde et al., 2020).

Los estudios que han integrado la perspectiva de género han identificado que, en el proceso de ajustar las prácticas agrícolas, es el trabajo agrícola de las mujeres y los recursos relacionados, los que se someten al ajuste para adaptar la nueva tecnología (Njuguna et al., 2016). Además, el análisis de género también ofrece información sobre las preferencias de adopción de las mujeres, sus capacidades para elegir y los beneficios a veces ocultos y subvalorados que ellas y sus hijos derivan de sus decisiones agrícolas informadas para la subsistencia (Njuki et al., 2016). Por ejemplo Aryal et al. (2020), encontraron que las agricultoras priorizan la seguridad alimentaria en lugar de los ingresos agrícolas, por lo tanto, es más probable que se centren en prácticas que garanticen la seguridad alimentaria familiar.

**Edad del jefe de hogar.** Las habilidades y el conocimiento adquiridos a través de los años por el jefe del hogar influyen en la decisión de la adopción. Por lo tanto, la edad del jefe de hogar puede ser un determinante en la decisión de adoptar (Senyolo et al., 2018). El efecto de la edad en la decisión puede ser positivo o negativo. Estudios han identificado que los agricultores de mayor edad tienen menos probabilidades de adoptar prácticas ASAC (Pilarova et al., 2018). Esto debido a que estos agricultores tienden a ser más reacios a experimentar nuevas prácticas en comparación con los jóvenes.



Por el contrario, otros estudios indican que la acumulación de experiencia a través de los años influye positivamente en la adopción (Deressa et al., 2009). Este resultado indica que, debido a la experiencia generada, los agricultores de mayor edad tendrían mayores probabilidades de adoptar. Además, a mayor edad, han adquirido experiencia en riqueza y capital social, lo cual puede convertirse en una ventaja para mejorar los niveles de adopción (Abegunde et al., 2020; Wekesa et al., 2018). Estos resultados son relevantes ya que al involucrar agricultores experimentados en la promoción de la ASAC entre agricultores jóvenes puede afectar sustancialmente la adopción de diversas prácticas de ASAC (Abegunde et al., 2020).

**Educación.** La experiencia, las habilidades y el nivel de educación del jefe de hogar son fundamentales en la decisión e implementación de las prácticas. Los niveles más bajos de educación pueden tener un efecto negativo significativo en la adopción (Abegunde et al., 2020). Por ejemplo, Deressa et al. (2009), identificó que la educación aumenta significativamente la adopción de prácticas de conservación del suelo y cambio en las fechas de siembra, siendo un efecto independientemente del género. Por otro lado, los niveles altos de educación contribuyen a mejorar la productividad de los servicios de extensión agrícola, ya que los agricultores educados suelen ser más receptivos y productivos con las nuevas innovaciones o prácticas agrícolas (Abegunde et al., 2020).

Sin embargo, autores como Pilarova et al. (2018), identificaron que un alto nivel educativo puede reducir la participación en la agricultura ya que puede significar mayores oportunidades de obtener empleo fuera de la finca. Asimismo, agricultores educados podrían no optar a paquetes o prácticas que no ofrecen medidas de reducción de riesgos para proteger su inversión de los riesgos climáticos (Wekesa et al., 2018). Esto indica que a medida que el nivel de educación aumenta les da mayor capacidad a los agricultores de evaluar riesgos y tomar decisiones más informadas.

El tamaño de hogar suele estar relacionado a la disponibilidad de mano de obra agrícola en la finca. Por lo tanto, la probabilidad de adopción de prácticas intensivas en trabajo puede estar influenciada positivamente por el tamaño del hogar (Mujeyi et al., 2020; Nyberg et al., 2021). Sin embargo, la probabilidad puede cambiar al considerar las edades de los miembros del hogar. Por ejemplo Abegunde et al. (2020), no encontraron efectos en la adopción por la presencia de niños, pero si una reducción en la probabilidad de adoptar prácticas sostenibles, cuando el número de adultos en el hogar es mayor. Por el contrario Kpadonou et al. (2017) determinaron que la presencia de niños entre 6 y 14 años en el hogar es uno de los principales impulsores de la adopción y la intensificación de adopción.

**Tenencia de la tierra.** La tierra es un recurso crucial en la producción agrícola y los agricultores podrán adaptar las innovaciones o prácticas necesarias si tienen acceso a la tierra y otros recursos necesarios (Abegunde et al., 2020). Esto debido a que la seguridad en la tenencia de la tierra influye positivamente en adoptar prácticas intensivas en trabajo y capital, con efectos a largo plazo y aumenta la probabilidad de intensificar la adopción (Wollni et al., 2010). Esta condición limita el acceso a las mujeres agricultoras en zonas donde el acceso y tenencia de la tierra está condicionada a patrones culturales de transferencia de tierra exclusivamente para los hombres (Tsige et al., 2020).

La literatura de adopción ha identificado tanto efectos positivos como negativos del tamaño de la finca en la probabilidad de adopción. Abegunde et al. (2020) identificaron que los agricultores con mayor área de cultivo tenían mayor probabilidad de adoptar mayor cantidad de prácticas ASAC.

Dado que, les brinda la oportunidad de experimentar con una combinación de prácticas que integren el manejo de cultivos, reducción del riesgo y conservación de suelos (Wekesa et al., 2018). Sin embargo, esta relación puede estar condicionada a la capacidad de inversión de los agricultores con fincas grandes. Uddin et al. (2014), identificaron que las fincas más grandes tuvieron menos probabilidad de adoptar prácticas modernas debido a los niveles altos de inversión que demanda estas prácticas.

La adopción de nuevas técnicas y prácticas está relacionada a la disponibilidad de capital para cubrir la demanda en mano de obra, insumos y equipos para su implementación. Es así como el acceso de crédito les da la capacidad a los agricultores para adoptar prácticas con mayor demanda de trabajo como lo son prácticas de conservación de suelos (Deressa et al., 2009; Nyberg et al., 2021) prácticas de recolección de agua y sistemas de riego debido a la inversión en la infraestructura (Deressa et al., 2009; Jellason et al., 2021) y prácticas intensivas en insumos, como las variedades mejoradas y cultivos orientados al mercado, que requieren de fertilizantes y pesticidas para obtener buenos rendimientos (Tsige et al., 2020)(Tsige et al., 2020). Por lo tanto, la implementación exitosa de prácticas sostenibles depende en gran medida de la capacidad de los agricultores para invertir y la compatibilidad de las prácticas sostenibles con los objetivos de producción de los pequeños agricultores (Pilarova et al., 2018).

Es así como el empoderamiento financiero es crucial para incorporar con éxito la adopción de prácticas ASAC en los sistemas agrícolas (Abegunde et al., 2020). Sin embargo, el impacto de crédito tiene efectos variables en función del tipo de institución financiera, siendo mayor en cooperativas financieras que en instituciones de microfinanzas y puede variar de acuerdo al tamaño de finca y los tipos de insumos (Abate et al., 2016). Sin embargo, el acceso a crédito puede estar limitado por falta de garantía en el pago, el cual está dado por la inseguridad en la tenencia de la tierra, el nivel de riesgo en la reducción de los rendimientos o pérdida de la cosecha y a las altas tasas de interés (Pilarova et al., 2018; Tsige et al., 2020). Donde las mujeres tienen mayores limitaciones debido a la falta de acceso a tierra y a la poca confiabilidad de pago por las instituciones crediticias si la solicitud no va acompañada por el esposo (Tsige et al., 2020).

La exposición a servicios de extensión contribuye positivamente en la probabilidad de adopción de prácticas, no solo en cantidad sino también en la capacidad de elegir prácticas más efectivas (Deressa et al., 2009; Nyberg et al., 2021). A través de la extensión, los agricultores están expuestos a espacios de creación de conciencia, provisión de conocimientos y habilidades, los cuales contribuyen en la capacidad de comprensión de los agricultores para elegir y adaptar las prácticas a su contexto (Jellason et al., 2021; Senyolo et al., 2018). Por lo tanto, el nivel y calidad de exposición de los agricultores a estos espacios contribuirán a aumentar la probabilidad a una mayor disposición de los ellos a innovaciones o prácticas nuevas o más productivas, particularmente en lo que se refiere a la ASAC (Abegunde et al., 2020).

Esto debido a que en ocasiones se pone mayor atención a las características físicas de la tecnología y se deja de lado el requerimiento en conocimiento y componentes necesarios para que funcionen bien, principalmente para grupos vulnerables (Kuhl, 2020). Por lo tanto, mejorar el acceso a servicios de extensión puede ayudar a que pequeños agricultores puedan responder a los efectos del cambio climático (Deressa et al., 2009). Estos aspectos son claves al momento de diseñar intervenciones de transferencia de tecnología ya que el costo en conocimiento principalmente en la construcción de capacidades y entramiento suele ser más altos en comparación con el costo físico de la tecnología (Kuhl, 2020).

Aparte de los servicios de extensión, la pertenencia a grupos también es un espacio de aprendizaje horizontal donde los agricultores comparten experiencias sobre como resuelven los desafíos que enfrentan en sus sistemas productivos (Nyberg et al., 2021). Es así como se encontró que el nivel de adopción de prácticas ASAC es mayor en agricultores que pertenecen a un grupo con respecto a los que no (Abegunde et al., 2020). Esto también se da porque los agricultores tienen mayor probabilidad de acceder a programas con financiamiento externo para la adopción de ASAC. Por ejemplo, las tecnologías patrocinadas a través de intervenciones del gobierno o proyectos específicos como el programa CCAFS, favorecen la probabilidad de adopción de prácticas con mayor uso de recursos (Amadu et al., 2020; Kuhl, 2020; Senyolo et al., 2018). Pero también influyen en el abandono de las prácticas cuando finalizan los proyectos debido a que los agricultores no experimentan los costos reales de la implementación (Senyolo et al., 2018).

Para finalizar, la transferencia de tecnologías forma parte de las estrategias del enfoque ASAC para hacer frente a los impactos del clima. Pero, como lo hemos mencionado anteriormente, la adopción está condicionada por una serie de factores que van desde características intrínsecas del individuo que dirigen su comportamiento ante el riesgo climático, hasta factores externos de contexto que condicionan su decisión en la selección de las estrategias de adaptación. Es así como, el estudio de la adopción como de los factores que la condicionan sigue siendo relevante en las intervenciones ASAC y en los procesos que buscan incrementar la resiliencia de los sistemas productivos a través de la transferencia de tecnología.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Área de estudio

El municipio de Santa Rita se ubica en el departamento de Copán, Honduras. El clima se caracteriza por temperaturas que varían entre los 20.5 a 25.7 °C, su altitud varía entre los 550 msnm hasta los 1,881 msnm. Entre los principales usos del suelo se encuentra las áreas con pastos y cultivos 43%, cultivo de café 27%, bosque latifoliado húmedo 10% y bosque de coníferas denso 9%. La población estimada es de 30,682 habitantes, en donde el 50.3% son hombres y el 49.3% son mujeres (Programa del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria CCAFS, 2019). En el área rural se concentra el 85.2% de la población quienes dependen económicamente de las actividades agrícolas y ganaderas (Programa del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria CCAFS, 2019).

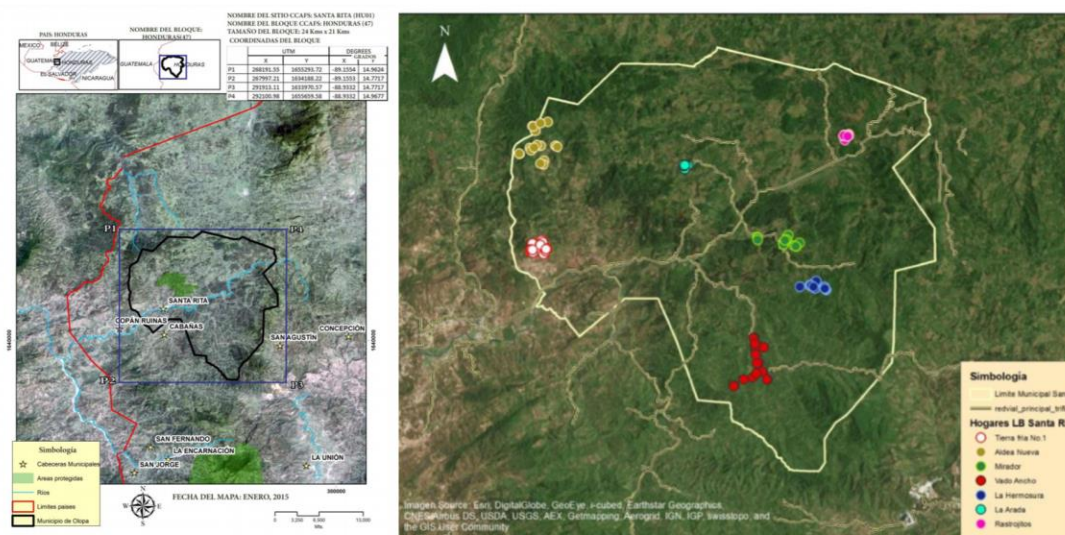


Figura 1. Mapa de localización del municipio de Santa Rita y de las comunidades que integran el TeSAC del departamento de Copán, Honduras.

Fuente: Mercado, Merlo Hernández y Suchini (2015).

A nivel de TeSAC, el nivel de educación que predomina es primario con el 66.4% de los hogares y un 20% sin educación formal. El tamaño de la finca es mediano a pequeño, siendo el rango de tamaño que predomina entre 1 y 5 ha (48%), le sigue el tamaño inferior a 1 ha (43%). En cuanto a la seguridad alimentaria, el 82% de los hogares no tiene problemas con seguridad alimentaria y solo el 50% de los agricultores poseen un nivel intermedio de la diversificación productiva de la

finca. Las principales actividades económicas de los hogares son el cultivo de café, ganadería y granos básicos, que son los principales motores económicos en el TeSAC (74%), seguido del comercio y talleres mecánicos (22.5%) y finalmente el sector de construcción con 3.5% (Bonilla-Findji O, Eitzinger A, Andrieu N, Bejarano G, Ortega A.V, Jarvis A, 2020).

Los sistemas agrícolas de esta región se caracterizan por periodos de sequía, pendientes elevadas, lluvias esporádicas y poca o nula infraestructura de riego (Hammond et al., 2017). Además, los agricultores se enfrentan a diferentes limitantes para su producción, por ejemplo, suelos degradados que no les permite obtener buenos rendimientos, la presencia de plagas y enfermedades como la roya de café, malas prácticas agrícolas y baja rentabilidad de los cultivos (Mercado, Padilla, et al., 2015). Esto aumenta la vulnerabilidad de los sistemas productivos ante el cambio y variabilidad climática.

### **3.2 Sistema Integrado de Monitoreo ASAC**

El Sistema Integrado de Monitoreo ASAC es un instrumento estandarizado de aplicación global y flexible para la evaluación de las tres dimensiones del enfoque ASAC. Está conformado por un conjunto de 17 indicadores básicos, donde siete miden la adopción, seis los efectos percibidos en productividad y adaptación, y cuatro los aspectos de género (Bonilla-Findji O, Eitzinger A, Andrieu N, Bejarano G, Ortega A.V, Jarvis A, 2020). En el 2014, el estudio de línea base incluyó a 140 hogares distribuidos en siete comunidades, seleccionados al azar con el objetivo de desarrollar investigación participativa y generar evidencia sobre el enfoque ASAC en la región CCAFS Trifinio (Mercado, Merlo Hernández y Suchini, 2015).

El principal objetivo del monitoreo fue dar seguimiento a estos hogares, a los beneficiarios directos de las prácticas ASAC en el año 2019 y a un grupo adicional (potenciales no adoptantes) que debido a la emergencia del COVID-19 fueron incluidos en la muestra (Bonilla-Findji O, Eitzinger A, Andrieu N, Bejarano G, Ortega A.V, Jarvis A, 2020). La recolección de información se realizó a través de la aplicación Geofarmer Smart Monitoring. Esta herramienta está asociada al Marco Integrado de Monitoreo ASAC y permite la colecta de información en tiempo casi real (Bonilla-Findji et al., 2020). En la aplicación se encuentra estructurada el cuestionario en los siguientes módulos: demografía (1A), sistema agrícola (1B), servicios financieros personales (1C), eventos climáticos (2), servicios climáticos (3), prácticas ASAC (5) y las mujeres en el módulo de seguridad alimentaria (4) (Bonilla-Findji O, Eitzinger A, Andrieu N, Bejarano G, Ortega A.V, Jarvis A, 2020).

En cada hogar se entrevistó a un hombre y una mujer mayores de edad que estuvieran relacionadas activamente en las actividades agrícolas. La primera persona debió ser la principal en la toma de decisión e implementación de las actividades de la granja. Esta persona respondió a los módulos 1A, 1B, 1C, 2, 3 y 5. La segunda persona en responder debió ser del sexo opuesto y respondió los módulos 1A, 3 y 5. En cada hogar el módulo 4 fue respondido únicamente por las mujeres (Bonilla-Findji et al., 2020). En total se entrevistaron a 141 hogares de los cuales fueron eliminados los casos con datos faltantes quedando en total 116 hogares para el análisis.

Durante el proceso de priorización de prácticas ASAC fueron seleccionadas ocho prácticas ASAC para ser implementadas en el TeSAC en el 2019. En cada hogar los agricultores tuvieron la oportunidad de implementar prácticas individuales o simultaneas de acuerdo con sus intereses y preferencias. En el cuadro 1 se describe las características de cada práctica ASAC.

Cuadro 2. Descripción de las prácticas ASAC implementadas en el TeSAC de Santa Rita.

No.	Práctica ASAC	Descripción de la práctica
1	Huerto de hortalizas orgánico y diversificado (HO)	Siembra de diferentes hortalizas en el patio de la casa. Se busca la diversidad de cultivos y se maneja de manera orgánica. Es una práctica ASAC ya que se busca reducir la inseguridad alimentaria, la reducción de agroquímicos, la promoción de prácticas agroecológicas y la disminución de los gases de efecto invernadero.
2	Terrazas con barreras vivas con abonos orgánicos (TB)	Terrazas que extienden el área del suelo cultivable, construidas con material disponible en la finca vegetal y/o muerto. Esta práctica ayuda al mejoramiento y conservación de suelos, a la adaptación y mitigación por guardar humedad, evita la erosión causada por escorrentía y vientos fuertes. La incorporación de abonos orgánicos evita el uso de fertilizantes químicos.
3	Variedad mejorada de frijol rojo "Honduras Nutritivo" (FM)	Es una variedad biofortificada y resistente a plagas y enfermedades. Con esta medida se busca mejorar el aporte nutricional del frijol y asegurar la producción para reducir la inseguridad alimentaria. Se considera que es una práctica ASAC, ya que el requerimiento de agua es poco, se reduce el uso de plaguicidas químicos.
4	Bio-preparados insecticidas/fungicidas- (madrifol, sulfa-calcio, microorganismos de montaña, aguas mieles) (BIF)	Esta medida busca reducir los costos de producción y el uso de químicos para combatir plagas y enfermedades. Es una práctica ASAC porque se reduce significativamente el uso de plaguicidas químicos, y, por ende, se reduce la contaminación del aire y las fuentes de agua. Ayuda a la seguridad alimentaria ya que se promueve para la producción. La mayor parte de materia prima es obtenida de la finca y sus alrededores, es fácil de elaborar y no necesita un nivel académico para su elaboración.
5	Cosecha de aguas lluvias de techo (CL)	Esta medida consiste en canalizar el agua lluvia que cae en el techo de las viviendas a un recipiente o área de almacenamiento con el propósito de satisfacer las necesidades básicas de agua para uso doméstico y la irrigación de pequeñas parcelas de hortalizas. Esta práctica permite adaptarse a la época seca. La cosecha de agua procedente de techos conectada a un tanque. El agua se usa para el consumo, pero también para riego.
6	Reservorio de agua para riego (RA)	Esta medida consiste en excavar un agujero en el suelo el cual se llena con agua lluvia que después por escorrentía se utilizará para riego de pequeñas parcelas. Las medidas del reservorio dependerán del tamaño del plástico que se obtenga para su recubrimiento, en este caso 3 × 1.5 × 0.8 m. Esta práctica permite adaptarse a las sequías prolongadas y asegurar parte de la producción en época seca.

7	Reservorio para producción de tilapia y riego (RT)	Esta medida consiste en excavar en agujero en el suelo el cual se llena con agua lluvia. Esta agua se utilizará para la producción de tilapia y riego de pequeñas parcelas. Medida de adaptación a sequías prolongadas, aseguramiento de parte de la producción y diversificación de alimento en época seca. Las medidas dependerán del tamaño del plástico que se obtenga para su recubrimiento.
8	Manejo de sombra en cafetales (SC)	Esta medida consiste en hacer un buen manejo de sombra en los cafetales para permitir la entrada de luz solar, mejorar la producción, diversificar los ingresos por diferentes productos obtenidos (leña, madera para postes, otros) y reducir la proliferación de plagas y enfermedades. Bien asociada a la siembra de leguminosas para incorporación de nitrógeno en el suelo. Regula el microclima en la parcela, produce materia orgánica y ayuda a mitigar emisiones por el poco uso de agroquímicos.

### 3.3 Estrategia analítica

El análisis de los datos se realizó a nivel hogar considerando la información obtenida del jefe de hogar. Para la caracterización del TeSAC, se utilizó estadísticas descriptivas de las principales variables socioeconómicas medidas en el monitoreo. Además, se realizó una prueba t para identificar diferencias estadísticas entre los participantes del programa CCAFS y el grupo adicional. Por otro lado, para caracterizar la frecuencia e intensidad de adopción se realizaron tablas de frecuencia absoluta y acumulativa para identificar y seleccionar las prácticas con mayor implementación a incluir en el modelo.

Los primeros estudios de adopción ASAC se enfocaron en análisis independientes por práctica ignorando de esta manera la interrelación que puede surgir cuando se difunden múltiples prácticas (Aryal et al., 2018; Deressa et al., 2009; Teklewold et al., 2013). Debido a que las ocho prácticas fueron difundidas simultáneamente a los agricultores del TeSAC, la decisión de adoptar una o las ocho prácticas pueden estar interrelacionadas. Para identificar *a priori* esta interdependencia en la decisión de adopción se realizó pruebas de independencia entre las variables de adopción de las cuatro prácticas que superaron el 25% de implementación.

Seguidamente, para identificar los factores que influyen en la adopción e intensidad de adopción se utilizó un enfoque econométrico que incluye dos pasos. El primer paso, consistió en utilizar un modelo probit multivariante para capturar la interdependencia en la decisión de adopción múltiple al mismo tiempo, permite la correlación libre de los términos de error no observados. El segundo paso, consistió en utilizar un modelo probit ordenado para identificar los factores que influyen en la intensidad de adopción. Además, se calcularon los efectos marginales de cada variable en cada nivel de intensidad.

El enfoque de los TeSAC consiste en la promoción de portafolios de prácticas ASAC para que los agricultores seleccionen las prácticas de acuerdo con sus intereses particulares (Aggarwal et al., 2018). Debido a que la decisión de adopción es una respuesta que por naturaleza es discreta requiere de modelos de elección binaria para su evaluación (Aryal et al., 2018). Los estudios de adopción de prácticas ASAC que se han realizado se divide en dos marcos analíticos que son el análisis de adopción individual (Arslan et al., 2014; Oladele et al., 2019) y análisis de adopción

múltiple (Amadu et al., 2020; Aryal et al., 2018; Deressa et al., 2009; Hasan et al., 2018; Kpadonou et al., 2017; Mailumo et al., 2021; Makate et al., 2019; Mittal y Mehar, 2015; Rahut et al., 2021; Teklewold et al., 2013; Wollni et al., 2010).

Sin embargo, los métodos de análisis múltiples están cobrando mayor relevancia debido a la promoción simultánea de un portafolio de prácticas que pueden o no estar relacionadas (Aggarwal et al., 2018). Dependiendo de los beneficios o barreras asociadas a la implementación de cada práctica, la adopción puede ser interdependiente, ya sea de forma complementaria (correlación positiva) o sustituta (correlación negativa) (Aryal et al., 2018; Deressa et al., 2009; Kpadonou et al., 2017; Senyolo et al., 2018; Teklewold et al., 2013). En este caso, utilizar modelos de adopción individuales por práctica puede resultar en conclusiones sesgadas debido a que se pueden ignorar posibles correlaciones entre las diferentes ecuaciones de adopción (Dorfman, 1996).

En este sentido, el modelo probit multivariante es útil para determinar la posible complementariedad o sustitución entre las prácticas ASAC, al mismo tiempo que considera la correlación entre los términos de error no observados (Greene, 2003; Vargas Barrenechea, 2003). La decisión de un agricultor en adoptar una práctica en particular está relacionada a si los beneficios percibidos de la adopción son mayores que sin ésta (Senyolo et al., 2018; Wollni et al., 2010). En este sentido, el modelo está representado por dos sistemas de ecuaciones.

Considerando un  $i$ -enésimo hogar ( $i=1, 2, 3, \dots, N$ ) frente a la decisión de adopción de la  $j$ -enésima práctica ASAC (dónde  $j$  indica la elección de huertos orgánicos y diversificados (HO), variedad mejorada de frijol "Honduras Nutritivo" (FM), cosecha de agua de lluvia de techo (CL) y manejo de sombra de café (SC). En donde  $U_0$  y  $U_1$  representan los beneficios obtenidos por un agricultor con la adopción y sin ésta. Un agricultor decide adoptar  $j$ -enésima práctica en su finca  $p$  si los beneficios netos ( $B_{ipj}^*$ ) son mayores con la adopción que sin ésta, es decir  $B_{ipj}^* = U_j^* - U_0 > 0$ . En este caso, los beneficios netos de la adopción es un variable latente, que está determinada por las características del hogar, características de la finca, el acceso a la información, los riesgos climáticos ( $X_{ip}$ ), y los términos del error ( $\varepsilon_{ip}$ ) como se describe a continuación en la ecuación 1 (Cappellari y Jenkins, 2003; Vargas Barrenechea, 2003):

$$B_{ipj}^* = X_{ip}'\beta_j + \varepsilon_{ip} \quad (j = HO, FM, CL, SC) \quad [1]$$

En la ecuación 1 se puede presentar en términos de una función. En este caso, las preferencias no observadas en la ecuación 1 se traducen en una ecuación de respuesta binaria para la respuesta de la elección de la práctica ASAC de la siguiente manera en la ecuación 2:

$$B_{ipj} = \begin{cases} 1 & \text{si } B_{ipj}^* > 0 \\ 0 & \text{lo contrario} \end{cases} \quad (j = HO, FM, CL, SC) \quad [2]$$

En el modelo probit multivariante con la posibilidad de adoptar múltiples prácticas, los términos de error siguen una distribución normal multivariante con media cero condicional, varianza normalizada a la unidad y una matriz simétrica de varianza-covarianza. Si las correlaciones fuera de los elementos de la diagonal en la matriz de covarianza adquieren valores que no son ceros,



entonces se justifica la aplicación de este modelo en comparación de la utilización de modelos de adopción individual por cada práctica ASAC (Cappellari y Jenkins, 2003; Vargas Barrenechea, 2003).

La intensidad de adopción es generalmente medida como la proporción del área en donde se aplica una determinada innovación con respecto al área potencial donde se puede aplicar. Sin embargo, cuando estas se promueven en paquetes tecnológicos o en portafolios, la intensidad es medida por la cantidad de prácticas que un hogar adopta (Aryal et al., 2018; Wollni et al., 2010). Esto debido a que cuando se es transferido un grupo de prácticas, los agricultores tienen la decisión de adoptar el conjunto o solamente una parte.

Es así como para modelar la intensidad de adopción la variable dependiente se convierte en una variable categórica ordinal que toma valores entre 0 y 4. Donde el valor 0 indica la no adopción y a medida que los valores aumentan, la intensidad se incrementa. En casos donde se tienen datos de conteos usualmente se utilizan modelos de regresión Poisson bajo el supuesto subyacente que cada evento tiene la misma probabilidad de ocurrir (Greene, 2003). Sin embargo, en este caso la probabilidad de adoptar la primera práctica difiere de la segunda, tercera y cuarta (Wollni et al., 2010).

Esto debido a los beneficios percibidos de la primera adopción y a que las características de las prácticas pueden influir en la decisión de intensificar (Senyolo et al., 2018; Yigezu et al., 2018). Por ejemplo, un requerimiento inicial alto en tiempo y capital pueden convertirse en una limitante para su implementación. Por ende, los factores que determinan su adopción puede diferir una de otra, lo cual se traduce en probabilidades diferenciadas para cada práctica (Kpadonou et al., 2017).

En este caso, para desarrollar el modelo se debe de partir de la definición de una variable latente, no observable, que representa la probabilidad de que un hogar intensifique la adopción. Esto se puede entender como una tendencia del hogar hacia la intensificación como consecuencia de los efectos de las características propias del agricultor, del hogar, las fuentes de información y la percepción del clima. Si bien, dicha probabilidad es una variable no observable, el que el agricultor no haya adoptado (0), adoptado una, dos, tres y hasta cuatro prácticas si es observable (Daykin y Moffatt, 2002; Greene, 2003).

Es así como se define la variable observable  $int_i$  como el nivel de intensificación de un hogar  $i$  que es una variable categórica ordinal que indica los niveles de adopción de 0 ( $C_i = 0$ ), una ( $C_i = 1$ ), dos ( $C_i = 2$ ), tres ( $C_i = 3$ ) y cuatro ( $C_i = 4$ ) prácticas ASAC. En este caso nosotros asumimos que el agricultor decide adoptar un número de prácticas basado en la maximización de una función de utilidad subyacente, ecuación 3 (Daykin y Moffatt, 2002; Greene, 2003).

$$U_i = V_i(\beta^t x_i) + u_i \quad \text{por } i = 1, \dots, n, \quad [3]$$

Donde  $U_i$  es la media de la utilidad de la intensificación del agricultor  $i$ ,  $V_i$  es la proporción observada de la función de utilidad del agricultor, se expresa como una función de un vector de variables exógenas del hogar y la finca  $x_i$ , y un vector de los parámetros a estimar  $\beta$ , y la proporción no observable de los términos de error  $u_i$ . En este modelo se asumió que los errores tienen una distribución normal con media cero y varianza única. El agricultor puede elegir adoptar una práctica adicional si la utilidad ganada de esa adopción es mayor que la utilidad de la no adopción.

El nivel de utilidad individual de cada agricultor  $U_i$  no es observable, pero nosotros podemos observar en la ecuación 4 que (Daykin y Moffatt, 2002; Greene, 2003):

$$\begin{aligned} C_i &= 0 \text{ if } U_i \leq \alpha_1, \\ C_i &= 1 \text{ if } \alpha_1 < U_i \leq \alpha_2, \\ C_i &= 2 \text{ if } \alpha_2 < U_i \leq \alpha_3, \quad [4] \\ C_i &= 3 \text{ if } \alpha_3 < U_i \leq \alpha_4, \\ C_i &= 4 \text{ if } U_i > \alpha_4, \end{aligned}$$

Donde  $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3 < \alpha_4$  son parámetros de umbrales desconocidos que serán estimados con  $\beta$ . Es así como las probabilidades de cada resultado se pueden expresar como:

$$\begin{aligned} \Pr(C = 0|x) &= \Pr(U \leq \alpha_1|x) = \Pr(\beta^t x + u \leq \alpha_1|x) = \Phi(\alpha_1 - \beta^t x), \\ \Pr(C = 1|x) &= \Phi(\alpha_2 - \beta^t x) - \Phi(\alpha_1 - \beta^t x), \\ \Pr(C = 2|x) &= \Phi(\alpha_3 - \beta^t x) - \Phi(\alpha_2 - \beta^t x), \\ \Pr(C = 3|x) &= \Phi(\alpha_4 - \beta^t x) - \Phi(\alpha_3 - \beta^t x), \\ \Pr(C = 4|x) &= 1 - \Phi(\alpha_4 - \beta^t x) \quad [5] \end{aligned}$$

Donde  $\Phi(\cdot)$  es la función de probabilidad acumulada normal estándar y para la estimación de los vectores de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  se utilizó la función de máxima verosimilitud (Daykin y Moffatt, 2002; Greene, 2003).

Los parámetros estimados del modelo probit ordinal permite identificar que variables son determinantes para la intensificación. Sin embargo, sus valores no tienen una interpretación directa. Por ello es conveniente analizar los efectos marginales promedios de las variables explicativas, los cuales indican el impacto de cada una sobre la probabilidad de que un agricultor intensifique la adopción. Para las variables continuas, el impacto esta dado por el incremento de un punto porcentual en cada variable sobre la probabilidad de que un agricultor no adopte ( $C=0$ ), adopte una ( $C_i = 1$ ), dos ( $C_i = 2$ ), tres ( $C_i = 3$ ) y cuatro ( $C_i = 4$ ) prácticas ASAC. Para el caso de las variables explicativas binarias, los efectos marginales se calculan como diferencias en las probabilidades de intensificar la adopción. Finalmente, para todas las variables la dirección de los efectos marginales depende del signo de los parámetros estimados del modelo probit ordenado (Greene, 2003; Guillermo Peón y Castañeda Valencia, 2020).

### 3.4 Variables

En el TeSAC se promovieron un total de ocho prácticas las cuales fueron implementadas por los agricultores. Sin embargo, para el análisis de adopción como de intensidad únicamente se consideraron las prácticas con un porcentaje de implementación mayor al 25%. Estas prácticas fueron los huertos orgánicos-diversificados, la variedad mejorada de frijol, cosecha de agua lluvia y manejo de sombra para café. Para cada práctica, la adopción fue medida como su implementación en el hogar tomando como principal respuesta la del jefe de hogar. A partir de

esta respuesta se construyó una variable binaria para cada práctica asignando un valor de 1 cuando el agricultor reportó haber implementada la práctica y un valor de 0 cuando no la implementó. Estas variables fueron utilizadas como las variables dependientes para el modelo probit multivariante. La intensidad de adopción fue medida por el número de prácticas ASAC que adoptó un hogar. Por lo tanto, se creó una variable categórica ordinal con valores que varían entre 0 y 4. Esta variable fue utilizada como la variable dependiente en el modelo probit ordenado.

Las variables independientes que fueron incluidas en los modelos se seleccionaron con base en la literatura sobre la adopción de tecnologías (Knowler y Bradshaw, 2007). Las variables que se consideran con más influencia se agrupan en características del hogar, las características de la finca, el capital social y económico, fuentes de información y percepción sobre los riesgos climáticos (Aryal et al., 2018).

Entre las características del hogar se consideraron variables como tamaño y acceso a crédito agrícola. Así como variables que describen al jefe del hogar como su edad, género y nivel de educación (Aryal et al., 2018; Deressa et al., 2009; Kpadonou et al., 2017; Tsige et al., 2020). Entre las variables que describen a la finca se consideraron el tamaño de la finca y el estatus de la tenencia de la tierra. Estas variables son importantes al momento de implementar prácticas que estén dirigidas al suelo como prácticas de conservación, debido a la intensidad de manejo que requieren ciertas prácticas (Knowler y Bradshaw, 2007; Murray et al., 2016).

Para evaluar el acceso a la información, se consideró si el agricultor participó o se benefició de las actividades realizadas por el programa CCAFS, dado que el programa se enfoca directamente en la promoción de las prácticas ASAC, la participación es un factor que influye directamente a la promoción (Amadu et al., 2020). El acceso a información y asistencia técnica son factores determinantes de la adopción de tecnología (Meher et al., 2016; Mittal y Meher, 2015). Asimismo, la percepción de los agricultores sobre la probabilidad de que un evento climático genere impacto es su producción, puede influir en la decisión de cómo actuar sobre el (Grothmann y Patt, 2005). En este estudio la percepción de los efectos del clima fue incluida como la respuesta del agricultor sobre si experimentó reducción en la productividad por efectos del clima.

Los factores que influyen en la decisión de adopción de tecnologías pueden ser muchos. Sin embargo, es necesario controlar el número de variables independientes al momento de utilizar el modelo probit multivariante. La utilización de este modelo puede estar condicionado por el tamaño de muestra, problemas de multicolinealidad y heterocedasticidad en las variables independientes. El tamaño de la muestra puede convertirse en un problema para la estimación cuando se utilizan muchas variables explicativas. Esto debido a que los estimadores son predichos basados en la teoría asintótica el cual requiere tamaños de muestras grandes (Greene, 2003). Para identificar cuantas variables explicativas se podían agregar al modelo según el tamaño de muestra, se utilizó el siguiente criterio  $1.5k(k + 1)$ , que representa el número de datos necesarios para calcular el modelo con  $k$  variables (Jöreskog y Sörbom, 1993).

La multicolinealidad se presenta cuando dos variables explicativas que presentan un alto grado de relación lineal se incluyen en el modelo, esto puede conducir a resultados incorrectos (Greene, 2003). Para identificar esta relación entre las variables independientes se utilizó el factor de inflación de la varianza (VIF, por sus siglas en inglés) y el valor de tolerancia (tol). Se utilizó como criterio para seleccionar las variables a incluir en el modelo las que tuvieron valores VIF menores a 5 y tol mayores a 0.2 (Kim, 2019). Para el caso de la heterocedasticidad se utilizó la prueba White

Breusch-Paga/Cook-Weisberg en donde se buscó valores mayores de  $p\text{-valor} > 0.05$  para no rechazar la hipótesis nula (Greene, 2003).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Estadísticas descriptivas

En general el tamaño de la muestra constó de 141 hogares, de los cuales fueron depurados los hogares con información faltante en algunas de las variables, por lo tanto, el total de hogares incluidos fue de 116. En la figura 2 se puede observar la distribución de la muestra en las 10 comunidades que se incluyeron en el monitoreo del 2020.

Las comunidades con el mayor porcentaje de hogares incluidos en la muestra son La Arada (22%), Tierra Fría (19%) y Queseras (16%). Por el contrario, las comunidades con menor porcentaje son Rastrojitos (1%), La Hermosura (3%) y Vado Ancho (5%). Los resultados de las estadísticas descriptivas para las variables medidas se describen en el cuadro 2. Los jefes de hogar a nivel del TeSAC está dominada por los hombres, ya que solo el 20% de los hogares está liderado por las mujeres. La edad de los agricultores varía entre 20 y 72 años con un promedio de 42 años. El 71% de ellos accedió a educación formal lo que incluye el nivel primario en adelante, el restante 29% no tuvo acceso a ningún medio de educación. En relación con las características del hogar, el tamaño promedio es de 5.18 miembros con un mínimo de 1 y un máximo de 11 personas; y solo el 39% de ellos indicaron que tiene acceso a fuentes de crédito agrícola.

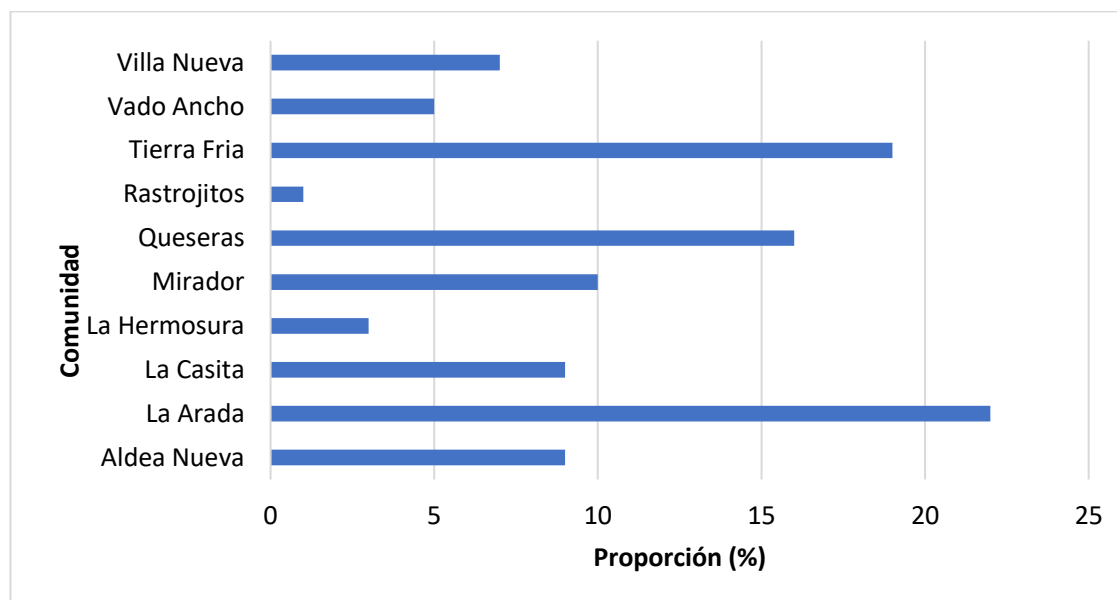


Figura 2. Distribución de la muestra en las comunidades que conforman el TeSAC del Municipio de Santa Rita, Departamento de Copán, Honduras, que fueron incluidos en el monitoreo del 2020

Entre las características de la finca, el tamaño promedio es de 1.55 ha, sin embargo, hay mucha variabilidad entre los hogares, ya que el rango varió entre 0.02 ha a 17.5 ha. Además, la proporción de hogares con fincas pequeñas es mayor en comparación con los hogares con fincas grandes. Con relación al estatus de la tenencia de la tierra, solo el 38% de los hogares reportaron ser propietarios de las tierras donde desarrollan sus actividades productivas y el restante tienen otro tipo de tenencia. Por el lado del acceso a fuentes de información y conocimiento técnico, el 81% de los hogares reportaron participar en las actividades promovidas por el programa CCAFS, la cual su objetivo principal es difundir y promover la implementación de las estrategias ASAC. Finalmente, entre los factores que fueron considerados como habilitadores o motivadores para la adopción de las prácticas ASAC fue la percepción sobre los impactos del clima en la productividad de la finca, en donde se identificó que el 58% de los agricultores percibieron una reducción en su productividad por eventos climáticos.

Cuadro 3. Descripción de estadísticas descriptivas y comparativas para el grupo control y los beneficiarios del programa CCAFS incluidos en el monitoreo del TeSAC Santa Rita, Copán, Honduras.

Variable	General		Tipo de hogar		
	Media	D.E.	Adicional	CCAFS	p-valor
<b>Variables dependientes</b>					
Huerto orgánico-diversificado (1= implementó) <sup>a</sup>	0.48	0.5	0.17	0.55	0.001***
Variación de frijol mejorada (1= implementó) <sup>a</sup>	0.28	0.45	0.13	0.31	0.078*
Cosecha de agua lluvia (1= implementó) <sup>a</sup>	0.32	0.47	0.09	0.37	0.007**
Manejo de sombra de café (1= implementó) <sup>a</sup>	0.34	0.47	0.35	0.33	0.895
Intensidad de adopción (# prácticas) <sup>b</sup>	1.43	1.33	0.40	1.56	0.009**
<b>Variables independientes</b>					
<b>Características del hogar</b>					
Edad (años)	42.47	13.67	37.95	43.46	0.047**
Género (1= Mujer)	0.20	0.40	0.22	0.19	0.782
Tamaño del hogar (Miembros)	5.18	1.96	4.43	5.29	0.037**
Educación (1= Formal)	0.71	0.45	0.74	0.71	0.759
Crédito (1= Sí)	0.38	0.49	0.30	0.41	0.332
<b>Características de la finca</b>					
Área de la finca (ha)	1.53	2.24	2.31	1.39	0.798
Tenencia de la tierra (1= Propia)	0.39	0.49	0.35	0.38	0.748
<b>Información y conocimiento técnico</b>					
Participación en el programa CCAFS (1= Sí)	0.81	0.39			
<b>Impactos del clima</b>					
Impactos del clima en la productividad (1= Sí)	0.59	0.49	0.52	0.59	0.530

Significancia: \*p<0.1, \*\*p<0.05 y \*\*\*p<0.01.

<sup>a</sup>Representa las variables dependientes utilizadas en el modelo probit multivariante.

<sup>b</sup>Representa la variable dependiente utilizada con el modelo probit ordinal.

Los resultados de la prueba de comparación para los dos grupos de agricultores incluidos en el análisis se describen en el cuadro 3. Se encontraron diferencias estadísticas significativas para las

variables independientes de edad y tamaño del hogar. En promedio, los agricultores del grupo adicional son alrededor de seis años más jóvenes que los agricultores que participan en las actividades del programa CCAFS. En el caso de tamaño del hogar, los hogares del grupo adicional difieren con un miembro menos. Para el resto de las variables independiente no se encontraron diferencias significativas y por lo tanto se puede asegurar que hay homogeneidad en los dos grupos analizados.

Para el caso de las variables dependientes, se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos para las prácticas de huerto orgánicos-diversificado (99%), la variedad mejorada de frijol (90%), la cosecha de agua de lluvia y para la intensidad de adopción (95%). Para la práctica de manejo de sombra de café no se encontraron diferencias significativas que indiquen que la participación en el programa CCAFS influyó en la implementación de este tipo de prácticas ya que los dos grupos son estadísticamente iguales.

La adopción fue medida como la implementación de las prácticas ASAC en las fincas u hogares. En general, el 68% de los hogares adoptaron al menos una de los ocho practicas promovidas en el TeSAC. En la figura 3 se puede observar la descripción de la frecuencia individual de adopción, en donde se identifica que los huertos orgánicos y diversificados (48%), el manejo de sombra de café con (34%), la cosecha de agua de lluvia (32%) y la variedad mejorada de frijol (28%) fueron las prácticas con mayor adopción, superando cada una el 25%. Por el contrario, las de menor adopción son los reservorios de agua para riego (9%) y el reservorio de agua para riego y la producción de tilapia (6%).

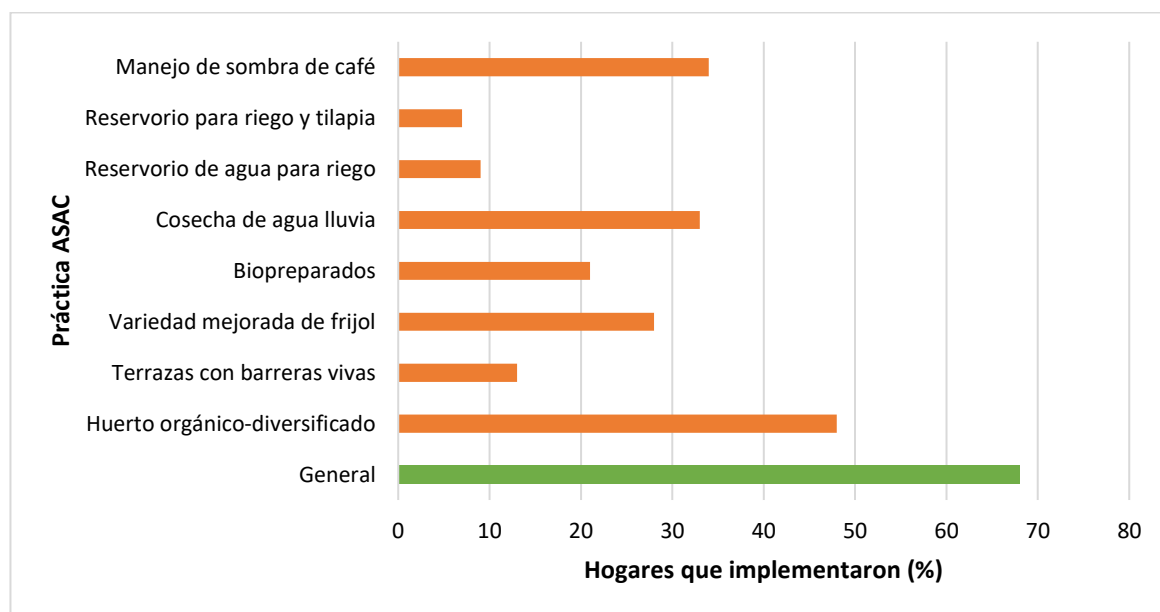


Figura 3. Frecuencia de adopción en porcentaje de agricultores que implementaron cada una de las ocho prácticas promovidas en el TeSAC de Santa Rita.

La intensidad de adopción de las prácticas ASAC fue medida como la cantidad de prácticas que implementó un hogar. En general, los resultados indican un rango de adopción simultanea entre una y ocho, con un promedio de tres por hogar. Sin embargo, para realizar el modelo de adopción

e intensidad de adopción solo se consideraron las cuatro prácticas que superaron el 25% de adopción individual. En el cuadro 4 se describen los resultados obtenidos sobre la frecuencia absoluta y acumulada de la adopción simultánea de estas cuatro prácticas. Los niveles de intensidad adopción que presentan los mayores porcentajes son las categorías de 0 (no adopción), 1 y 2 que representan el 34%, 23% y 19% respectivamente.

Cuadro 4. Intensidad de adopción de las prácticas ASAC en el TeSAC de Santa Rita, Copan, Honduras.

No. Prácticas	Frecuencia absoluta (%)	Frecuencia acumulada (%)
0	34	33
1	23	57
2	19	76
3	15	91
4	9	100

#### 4.2 Factores determinantes de la adopción múltiple de las prácticas ASAC

Los resultados de las estimaciones del modelo probit multivariante para las cuatro prácticas con mayor adopción en el TeSAC se describen en los cuadros 5 y 6. El modelo probit multivariante calcula los coeficientes de correlación de todos los pares de combinaciones de prácticas utilizando los residuales del modelo. Los resultados muestran que la hipótesis sobre la probabilidad de correlación entre los términos de error cuando se utiliza un modelo de decisión múltiple es cierta. Asimismo, los resultados de la prueba de razón de verosimilitud ( $\chi^2(6) = 68.5065$ ;  $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0000$ ) fue significativa por lo que se rechazan la hipótesis nula ( $H_0$ : las covarianzas de los términos de error a través de las ecuaciones están correlacionadas). En el cuadro 5, se puede observar que los coeficientes de la correlación por pares resultaron positiva y estadísticamente significativos. Esto demuestra que existe una interdependencia en la decisión de adopción de las prácticas y por lo tanto se justifica el uso de este modelo.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación por pares entre las prácticas adoptadas en el TeSAC de Santa Rita, Copán, Honduras.

Prácticas ASAC	Coficiente	DV	p-valor
HO × FM	0.779	0.106	0.00***
HO × CL	0.745	0.097	0.00***
HO × SC	0.326	0.165	0.05**
FM × CL	0.831	0.085	0.00***
FM × SC	0.383	0.166	0.02**
CL × SC	0.337	0.162	0.04**

Prueba de razón de verosimilitud de  $\rho_{21} = \rho_{31} = \rho_{41} = \rho_{32} = \rho_{42} = \rho_{43} = 0$ :  $\chi^2(6) = 68.5065$   $\text{Prob} > \chi^2 = 0.0000$ . HO: huertos orgánicos y diversificados; FM: variedad mejorada de frijol Honduras Nutritivo; CL: cosecha de agua de lluvia de techo y SC: manejo de la sombra del café. Significancia: \* $p \leq 0.1$ , \*\* $p \leq 0.05$  y \*\*\* $p \leq 0.01$ .



Los resultados de la prueba Walt ( $Wald\ chi^2(36) = 61.67$ ;  $Prob > chi^2 = 0.0049$ ) para la hipótesis nula del modelo ( $H_0$ : todos los coeficientes de la regresión en cada ecuación son igual a ceros) fue estadísticamente significativa, por lo que se rechaza. En el cuadro 6 se muestran las utilizadas en el modelo y su nivel de significancia para la adopción de cada práctica ASAC. Se puede observar que las variables y la dirección del efecto pueden ser iguales o diferentes entre las prácticas.

Para la práctica de los huertos orgánicos y diversificados las variables que resultaron positivas y estadísticamente significativas son el tamaño de la finca, la participación en las actividades del programa CCAFS y la percepción de los impactos del clima. Para la práctica de la variedad mejorada de frijol las variables que influye positivamente son la participación en el programa CCAFS y la percepción de los impactos del clima. Por el contrario, las variables del género del jefe de hogar, el tamaño del hogar y de la finca influyen de forma negativa. En el caso de la práctica de cosecha de agua de lluvia de techo, la única variable que influye positivamente en su adopción es la participación en el programa CCAFS. Finalmente, los factores que influyen positivamente en la adopción de la práctica de manejo de sombra de café son el nivel de educación del jefe del hogar, el acceso a crédito agrícola y la tenencia de la tierra. Por el contrario, los factores que influyen negativamente son el género del jefe de hogar y el tamaño del hogar.

Cuadro 6. Coeficientes de estimación de los factores que influyen en la adopción múltiple de las prácticas ASAC en el TeSAC de Santa Rita: Modelo de regresión probit multivariante.

Variable	HO	FM	CA	SC
Intercepto	-0.513	-0.830	-0.691	-0.369
Edad (años)	-0.014	0.011	-0.001	-0.009
Género del jefe de hogar (1=Mujer)	-0.232	-0.966***	-0.229	-1.130***
Educación del jefe de hogar (1=Formal)	-0.097	-0.088	-0.178	0.622*
Tamaño del hogar (Miembros)	-0.085	-0.170**	-0.062	-0.135*
Acceso a crédito (1=Sí)	-0.012	0.250	-0.104	0.727***
Área de la finca (ha)	0.121*	-0.191*	-0.057	0.008
Tenencia de la tierra (1=propia)	-0.314	0.210	0.266	0.485*
Participante programa CCAFS (1=Sí)	1.535***	0.672*	0.946***	0.179
Impacto del clima en la producción (1=Sí)	0.497*	0.562**	-0.115	0.079

Logaritmo de probabilidad = -223.63;  $Wald\ chi^2(36) = 61.67$ ;  $Prob > chi^2 = 0.0049$ .

HO: huertos orgánicos-diversificados; FM: variedad mejorada de frijol Honduras Nutritivo; CL: cosecha de agua de lluvia de techo y SC: manejo de la sombra del café. Significancia: \* $p \leq 0.1$ , \*\* $p \leq 0.05$  y \*\*\* $p \leq 0.01$ .

### 4.3 Factores que explican la intensidad de adopción

En el TeSAC de Santa Rita los agricultores estuvieron expuestos simultáneamente a múltiples prácticas ASAC, por lo cual es importante identificar cuáles son los factores que explican que un hogar adopte una o más prácticas. Para ello se realizó un modelo probit ordenado utilizando como variable respuesta la cantidad de prácticas adoptadas en cada hogar. Los resultados de la prueba de  $\chi^2$  del modelo fue altamente significativa ( $LR\ \chi^2(9) = 25.860$ ,  $p - \chi^2 = 0.002$ ) por lo cual se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ : todos los valores de los coeficientes son iguales a cero). En el cuadro 7 se muestran los resultados de la estimación de los coeficientes para el modelo probit ordenado.

A nivel general, las variables del género del jefe de hogar, el tamaño del hogar y la participación en el programa CCAFS resultaron ser estadísticamente significativas al 95% y 99% como determinantes para que un hogar intensifique la adopción.

Cuadro 7. Descripción de los parámetros estimados para la intensidad de adopción: modelo probit ordenado.

<b>Variable</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Dev. Est.</b>	<b>p-valor</b>
Edad (años)	-0.003	0.008	0.727
Género del jefe de hogar (1=Mujer)	-0.670	0.280	0.017**
Educación del jefe de hogar (1=Formal)	0.024	0.245	0.923
Tamaño del hogar (Miembros)	-0.131	0.056	0.020**
Acceso a crédito (1=Sí)	0.251	0.223	0.260
Área de la finca (ha)	0.006	0.053	0.911
Tenencia de la tierra (1=Propia)	0.168	0.228	0.462
Participante programa CCAFS (1=Sí)	0.949	0.303	0.002***
Impacto del clima en la producción (1=Sí)	0.247	0.219	0.258
N			116
Logaritmo de probabilidad			-164.075
LR chi <sup>2</sup> (9)			25.860
Probabilidad > chi <sup>2</sup>			0.002***
Pseudo R2			0.073

Significancia: \*p<0.1, \*\*p<0.05 y \*\*\*p<0.01

En el cuadro 8 se describen los efectos marginales para cada variable independiente para cada salida. Con respecto al impacto que tiene la variable género sobre la intensidad de adopción se encontró que ser mujer incrementa la probabilidad en 21.1 puntos porcentuales para la categoría de no adopción. A medida que la intensidad aumenta la probabilidad disminuye en 4 puntos para adoptar dos prácticas, en 8 puntos para tres prácticas y en 11 puntos para cuatro prácticas, esto con respecto a que si es hombre.

Para el tamaño de hogar, los resultados indican que el incremento de un miembro en el hogar aumentará la probabilidad en 4 puntos porcentuales que un hogar no adopte prácticas. Por el contrario, la probabilidad disminuirá en 1, 2 y 2 puntos porcentuales para las categorías de dos y tres y cuatro prácticas respectivamente. Finalmente, la participación del hogar en las actividades de programa CCAFS aumentará la probabilidad en 6, 12 y 15 puntos porcentuales para las categorías de adopción de dos, tres y cuatro prácticas respectivamente. Pero, disminuirá en 30 puntos porcentuales para la categoría de no adopción.

Cuadro 8. Descripción de los parámetros estimados de los efectos marginales promedios de cada variable independiente para cada nivel de intensidad de adopción: modelo probit ordenado.

Variable	Pr(Y=0 X)	Pr(Y=1 X)	Pr(Y=2 X)	Pr(Y=3 X)	Pr(Y=4 X)
Edad (años)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Género del jefe de hogar (Mujer)	0.21**	0.02	-0.04**	-0.08**	-0.11**
Educación del jefe de hogar (Formal)	-0.01	-0.00	0.00	0.00	0.00
Tamaño del hogar (Miembros)	0.04**	0.00	-0.01**	-0.02**	-0.02**
Acceso a crédito (Sí)	-0.08	-0.01	0.02	0.03	0.04
Área de la finca (ha)	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tenencia de la tierra (propia)	-0.05	-0.00	0.01	0.02	0.03
Participante programa CCAFS (Sí)	-0.30***	-0.03	0.06**	0.12***	0.15***
Impacto del clima en la producción (Sí)	-0.08	-0.01	0.02	0.03	0.04

Significancia: \*p≤0.1, \*\*p≤0.05 y \*\*\*p≤0.01.

## 5 DISCUSIÓN

### 5.1 Determinantes de la adopción múltiple de prácticas ASAC

Los resultados obtenidos muestran la relevancia de utilizar métodos multivariados para medir la decisión de adopción cuando los agricultores han sido expuestos simultáneamente a un conjunto de prácticas. Nuestros resultados concuerdan con los obtenidos por Aryal et al. (2018), Deressa et al. (2009), Kpadonou et al. (2017), Mailumo et al. (2021), Teklewold et al. (2013) y Teklewold et al. (2019) quienes identificaron interdependencia en la decisión de adopción. Es decir que la probabilidad de adoptar una determinada práctica está condicionada por la adopción de prácticas previas. Por ende, la evaluación independiente no sería conveniente ya que esta no consideraría esta interdependencia en la decisión de adopción múltiple.

Los signos positivos de los coeficientes y el nivel de significancia de la correlación por pares indican que los agricultores adoptan más de una práctica en términos de complementariedad. Esta se puede dar cuando la adopción de una práctica favorece el desempeño de otra, por ejemplo, el uso de prácticas dirigidas a mejorar en los nutrientes del suelo y la retención de humedad con variedades resistentes a estrés hídrico o enfermedades (Makate et al., 2019). Entre las combinaciones de mayor preferencia seleccionadas por los agricultores, los resultados indican una relación entre los huertos, la variedad mejorada y la cosecha de agua de lluvia es alta (99%). Esta relación se puede explicar a qué responde a las necesidades percibidas de los agricultores en el estudio de línea base, sobre incrementar la producción de los cultivos a través de la diversificación, mejorar rendimientos de los cultivos e implementar infraestructura de riego (Mercado, Padilla, et al., 2015). Es así como el efecto combinado de las prácticas incrementa los beneficios generales, no solo en producción sino también como mayores ingresos (Abegunde et al., 2020; Khonje et al., 2018; Makate et al., 2019)

La práctica de manejo de sombra de café fue la segunda con mayor adopción, sin embargo, su relación con las tres anteriores es menor (95% de significancia). El café es un cultivo característico en la zona, ocupa el 27% de la cobertura y uso del suelo y representa una de las principales actividades económicas del municipio (Mercado, Padilla, et al., 2015). Esta característica del cultivo puede explicar que la elección de las tres prácticas anteriores se da de forma complementaria, pero como segunda opción ya que no contribuye en el desempeño del café. Además, dada la relevancia del cultivo en la zona se han desarrollado proyectos para transformar a sistemas sostenibles de producción de café (Mercado, Padilla, et al., 2015). Por lo tanto, la alta adopción de la práctica no se puede relacionar directamente con el proceso de promoción realizado en el TeSAC.

A nivel de finca, los agricultores implementan diferentes estrategias de adaptación para hacer frente a los eventos climáticos. En nuestro caso, el uso de la variedad mejorada de frijol y la implementación de huertos diversificados, ambos contribuyen en mejorar la disponibilidad de alimentos en cantidad y diversidad. Sin embargo, la combinación de estas prácticas no siempre será complementaria. Por ejemplo Aryal et al. (2018), identificaron una relación de sustitución entre adoptar variedades mejoradas y la diversificación de cultivos. Esto se debe a que la elección

de estrategias que un agricultor implementa, están influenciada por su percepción del riesgo, el nivel de conciencia sobre los efectos y su capacidad de respuesta para actuar sobre él (Adger et al., 2009; Brüssow et al., 2017; Grothmann y Patt, 2005). Por lo tanto, las respuestas pueden variar entre pequeñas adecuaciones a las actividades agrícolas, acciones culturales y religiosas, hasta el uso de redes locales de apoyo (Harmer y Rahman, 2014).

A pesar de que la decisión de adopción es interdependiente entre las prácticas, los factores que influyen en la adopción difieren entre ellas. Para el caso de la práctica de huertos orgánico-diversificado, el tamaño de la finca, la participación del programa CCAFS y la percepción de los efectos del clima influyen de forma positiva en la adopción. Los hogares con mayor tamaño de finca tendrán mayor probabilidad de implementar la práctica. Esto se puede explicar debido a que agricultores con fincas grandes tienen mayor probabilidad de experimentar con nuevos cultivos (Wekesa et al., 2018). En la zona del TeSAC, la diversificación de los cultivos es baja debido a que culturalmente se producen granos básicos para el consumo y el café y cacao como productos para la venta (Mercado, Merlo Hernández y Suchini, 2015). Por lo tanto, la disposición a diversificar puede estar condicionado a tener terreno adicional para experimentar.

La participación en el programa CCAFS para esta práctica es positiva y altamente significativa (99%) esto indica que es una práctica que está relacionada al aprendizaje e incentivos que se obtiene de su participación. Esto debido a que la práctica responde a oportunidades de producción identificadas por los agricultores en la línea base (Mercado, Padilla, et al., 2015). Además, la participación facilita el proceso de aprendizaje y experimentación de prácticas que culturalmente no han sido muy utilizadas en la zona (Mercado, Merlo Hernández y Suchini, 2015). Es así como la exposición a espacios de creación de conciencia, provisión de conocimientos y habilidades a mejorar su capacidad de comprensión para elegir y adaptar las prácticas a su contexto (Jellason et al., 2021; Senyolo et al., 2018). Además, su participación les permite obtener insumos externos lo cual facilita la adopción (Amadu et al., 2020). Asimismo, la vinculación del programa CCAFS con instituciones locales genera un ambiente de confianza entre los agricultores lo cual contribuye a la transferencia de conocimiento y a la adopción (Makate, 2019).

Para el caso de la variedad mejorada de frijol, cinco factores son determinantes para su adopción. La participación en el programa CCAFS y la percepción de los impactos del clima en la producción, influyen de forma positiva. Esto significa que a medida que el agricultor perciba pérdidas en su producción por efectos del clima, estará más motivado a experimentar con variedades nuevas que se adapten a las condiciones del clima y que aumenten la producción. Esto se justifica ya que el TeSAC se ubica en la zona del corredor seco que es caracterizado por lluvias esporádicas y poco o nulo uso de estructuras de riego (Mercado, Padilla, et al., 2015). En condiciones similares de bajas lluvias y alta temperatura, Jellason et al. (2021), posterior a un proceso de aprendizaje participativo sobre la adopción de prácticas ASAC, encontraron que la implementación de variedades mejoradas fueron las que resultaron con mayor adopción. Esto indica que la adopción de esta práctica es utilizada como un mecanismo para adaptarse a las condiciones cambiantes del clima.

Por el contrario, los factores que influyen de forma negativa en la adopción son el tamaño del hogar, el tamaño de la finca de producción y el género del jefe de hogar. Para las dos variables de tamaño indica que, a mayor tamaño hay una menor probabilidad de adopción de la variedad mejorada. Nuestros resultados difieren de los reportados por Aryal et al. (2018), en donde se encontró una relación positiva con respecto al tamaño de la finca, pero negativa con el tamaño

del hogar. De la misma forma, si el hogar es liderado por una mujer la probabilidad de adopción se reduce. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gebre et al. (2019) y Anang et al. (2020), en donde también encontraron menor adopción de variedades mejoradas por hogares liderados por mujeres y mayor cuando el jefe de hogar es un hombre.

La baja adopción de variedades mejoradas por las mujeres puede indicar mayor preferencia por las variedades criollas o nativas. Esta preferencia puede estar asociada a que las variedades mejoradas requieren de mayores requerimientos en insumos y trabajo lo cual representa una limitante para las mujeres dado su limitado acceso a recursos de producción (Quisumbing et al., 2014) y por el aumento en la carga de trabajo agrícola (Njuguna et al., 2016). Además, las mujeres suelen conservar variedades que no son tan productivas o resistentes pero que tienen beneficios ocultos y que son valorados por ellas (Njuki et al., 2016). Esto también se pudo observar en el estudio de Gebre et al. (2019), donde se identificó que la intensidad de adopción de variedades mejoradas disminuyó cuando se consideró la opinión de la mujer en la decisión de adoptar. Lo cual indica que, al considerar la opinión de la mujer, la adopción de variedades mejoradas será en términos de complementariedad y no en términos de sustitución como sucede en el caso de los hombres.

Para el caso de práctica de cosecha de agua de lluvia de techo, la única variable que explica su adopción es la participación en el programa CCAFS. Esto indica que la implementación de la práctica está condicionada a la participación en el programa. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Amadu et al. (2020), en donde indica que la adopción de prácticas que tienen una demanda alta en recursos de capital, serán implementadas solo si se recibe algún tipo de apoyo externo. En este caso, las características de la práctica es lo que limita la adopción debido a su alto requerimiento de inversión inicial (Senyolo et al., 2018).

Para el caso del manejo de sombra de café, las variables que influyen positivamente en la adopción son el nivel de educación del jefe de hogar, el acceso a crédito y la tenencia de la tierra. Por el contrario, si el hogar es liderado por una mujer y el tamaño del hogar es mayor, hay menor probabilidad de adoptar la práctica. Esto indica que los hogares tienen mayor probabilidad de adoptar la práctica si el jefe de hogar ha tenido acceso a educación formal, es dueño de la tierra y tiene acceso a fuentes de crédito agrícola. El café es un cultivo que requiere de un alto uso de recursos de capital y trabajo para incrementar su productividad. Por ende, el acceso a crédito es fundamental para mejorar sus prácticas de manejo y acceso a insumos (Gomez, 2016).

Sin embargo, el acceso a crédito suele estar condicionado a la garantía en el pago que los agricultores puedan ofrecer. Los agricultores pueden garantizar el pago del crédito a través de la acumulación de activos como la tenencia de la tierra y al aseguramiento de las cosechas. Estas características del cultivo son también condicionantes a que los hogares liderados por mujeres tengan menos probabilidades de adopción. Estudios realizados en zonas cafetaleras cercanas a donde se encuentra el TeSAC, han identificado que las mujeres tienen limitado acceso a recursos de producción y manejo sobre los ingresos del hogar (Dietz et al., 2018). Esta tendencia también fue observada en el estudio realizado por Hammond et al. (2017) en donde se encontraron una relación inversa entre la adopción de cultivos orientados al mercado y el índice de equidad de género. Por lo tanto, se puede decir que la adopción está condicionada por género, ya que los factores que influyen positivamente en la adopción representan una barrera para las mujeres, debido a su limitado acceso en la zona.

## 5.2 Determinantes de la intensidad de adopción

La intensidad de adopción de prácticas ASAC en el TeSAC de Santa Rita está caracterizado por el género del jefe de hogar, el tamaño del hogar y la participación en el programa CCAFS. El efecto del género indica que los hogares liderados por mujeres tienen menor probabilidad de adoptar varias prácticas simultáneamente en comparación a los dirigidos por hombres. Estos datos concuerdan con los reportados por Kpadonou et al. (2017), en donde se identificó que los hogares dirigidos por hombres tienen a incrementar el número de prácticas. La baja capacidad de intensificación de adopción por las mujeres se debe a su limitado acceso a tierra, crédito y participación en espacios de aprendizajes (Hammond et al., 2017).

Para el caso del tamaño del hogar indica que a mayor tamaño del hogar la probabilidad de intensificar se reduce. Esto indica a que los agricultores elegirán invertir en servicios básicos en lugar que invertir en mejorar sus actividades agrícolas. Este efecto negativo también fue reportado por Aryal et al. (2018) y Kpadonou et al. (2017). Por el contrario, si el hogar participa en las actividades del programa CCAFS estará más orientado a implementar más de una práctica en su hogar o finca. Esto debido a que la exposición a espacios de aprendizaje contribuye no solo en la intensificación, sino también en mejorar la capacidad de elegir prácticas más efectivas por parte de los agricultores (Deressa et al., 2009; Nyberg et al., 2021).

La magnitud y la dirección de la influencia de estas variables fueron evaluadas a través de los efectos marginales promedios de cada variable en cada categoría de intensificación. Los valores y los signos varían a través de los diferentes niveles de intensidad de adopción. Por ejemplo, el efecto de la variable género es positivo en los dos primeros niveles de adopción 0 y 1, pero se vuelve negativo a partir del tercer nivel de intensidad. La probabilidad de no adopción es mayor en 21 porcentuales si el jefe de hogar es mujer. Sin embargo, cuando la intensidad aumenta, la probabilidad de adoptar dos, tres y cuatro prácticas se reduce en 4, 8 y 11 puntos respectivamente. Estos datos están en línea con la literatura sobre las limitaciones de género en el acceso a recursos y oportunidades de producción incluida la tierra y el trabajo (Quisumbing et al., 2014). Además, esta baja adopción puede estar influenciada por el conocimiento requerido para implementarlas. Por ejemplo, Nyberg et al. (2021) encontraron que las mujeres que adoptaron menos prácticas se sintieron más limitadas en conocimiento en comparación con los hombres.

Esta misma tendencia se observa con la variable del tamaño del hogar, pero las magnitudes de los cambios marginales no difieren de 1 punto porcentual entre los niveles de intensidad de adopción. Por el contrario, para la variable de participación en las actividades del CCAFS, se observa un efecto negativo en los dos primeros niveles y luego se vuelve positivo. Es decir, participar en este tipo de proyecto por un lado reduce la probabilidad en 30 puntos de no adoptar y por el otro incrementa la probabilidad de adoptar dos, tres, cuatro prácticas en 6, 12 y 15 puntos porcentuales más respectivamente en comparación con los agricultores que no participan.

Si bien, hay tres variables determinantes para la intensificación, al obtener los efectos marginales para cada nivel, se observa que, para la adopción de una práctica, el efecto marginal de las variables independientes no es determinante. Esto quiere decir, por un lado, que el requerimiento de inversión para adoptar la primera práctica está al alcance de cualquier hogar. Por el otro, los beneficios percibidos de adoptar una práctica, cualquiera que sea, no representa un cambio significativo, en comparación con la magnitud de los cambios que se obtienen de adoptar dos, tres

y cuatro prácticas. Esto debido a las potenciales sinergias que se pueden dar entre las tecnológicas utilizadas (Wainaina et al., 2018).

Por tal motivo, con la adopción se pueden obtener mayores beneficios en productividad, ingresos y mejoras en la nutrición (Makate et al., 2019; Teklewold et al., 2019). Sin embargo, el nivel de intensificación estará determinada por la capacidad de inversión inicial y los beneficios estarán condicionados a las condiciones iniciales en donde se desarrollen las prácticas. Por lo tanto, las combinaciones de prácticas presentarán variaciones espaciales y temporales. En este caso, las mujeres presentaran limitaciones para la intensificación debido a sus limitaciones en el acceso a recursos (Makate et al., 2019). Nuestros resultados concuerdan con esta tendencia, ya que al ser mujer el jefe de hogar la probabilidad de incrementar el número de prácticas se reduce en mayor magnitud.



## 6 CONCLUSIONES

Los sistemas agroalimentarios de los pequeños agricultores que se ubican en la región Trifinio son particularmente vulnerables a los efectos del cambio y la variabilidad climática. El implementar acciones que contribuyan a la construcción de la resiliencia de los sistemas productivos y de los productores es parte fundamental para reducir estos impactos. A nivel de finca, la adopción de prácticas ASAC forma parte de las estrategias que los agricultores pueden utilizar para adaptar sus sistemas productivos. El presente estudio tuvo como fin aportar al conocimiento de la adopción ASAC en uno de los tres sitios de referencia de la región Trifinio. Los resultados muestran que más de la mitad de los hogares del TeSAC han adoptado al menos una de las prácticas promovidas.

Sin embargo, a nivel de práctica las tasas de adopción fueron relativamente bajas, siendo las de mayor preferencia las que están relacionadas a los cultivos tradicionales y a la condición climática de la zona. El análisis de adopción múltiple identificó que la decisión de adopción es interdependiente, por lo tanto, la elección de una está condicionada por la adopción de prácticas previas. Esta interdependencia está dada en términos de complementariedad, lo que indican que los agricultores las eligen para garantizar obtener mejores beneficios, en este caso la producción y diversidad de alimentos. Estas cuatro prácticas responden a las recomendaciones expuestas por Hammond et al. (2017), donde sugieren promover la diversidad de cultivos, utilizar variedades mejoradas resistentes a sequía y cultivos dirigidos al mercado.

Los huertos orgánicos-diversificados fue la práctica con mayor implementación, esta es relativamente nueva, ya que los agricultores de la zona producen entre dos y tres cultivos principales, donde la producción de hortalizas no es común (Mercado, Padilla, et al., 2015). Por otro lado, la variedad de frijol “Honduras Nutritivo” fue la cuarta con mayor adopción. Este cultivo es de importancia alimenticia para el país y es producido generalmente en las zonas de ladera y marginales, con bajos insumos (Rosas et al., 2003). A pesar de que el análisis no incluyó variables que expliquen las motivaciones para su implementación, la preferencia de uso nos puede indicar que responde a las necesidades de aumentar y diversificar la producción de alimentos para aumentar la disponibilidad en la finca (Aguilar Carrillo y Suchini, 2019).

El cultivo de café es característico en la zona de estudio, esto influyó a que la práctica de sombra de café fuera la segunda con mayor implementación, debido a que la presencia del cultivo en la finca fue la primer condicionante para su uso. Por otro lado, su uso también puede estar influenciado a que forma parte de las prácticas de manejo del cultivo recomendada por las instituciones que trabajan con los productores de café en la zona. Esto debido a que la crisis provocada por la roya condujo a implementar prácticas para construir resiliencia en el cultivo donde se promovió principalmente la variación varietal y el manejo de la sombra (Ward et al., 2017). Para el caso de la práctica de cosecha de agua lluvia, es una práctica que viene a responder a las necesidades de agua para consumo principalmente, debido a que los agricultores indican mala calidad en el agua obtenida de las fuentes naturales a la vez que responde a las necesidades de implementar infraestructuras de riego (Mercado, Padilla, et al., 2015).

Las prácticas con bajas tasas de adopción fueron las destinadas al manejo del suelo, agua/riego y al control de plagas y enfermedades. Esto a pesar de que en la zona los agricultores han manifestado degradación de los suelos y problemas de producción debido a la falta de agua para riego (Mercado, Padilla, et al., 2015). Por lo tanto, se hace necesario identificar cuáles son las causas de la baja elección para que las siguientes intervenciones puedan ajustar este tipo de prácticas. Esto es importante ya que el suelo y el agua son dos recursos fundamentales para la producción, por ende, cualquier práctica sobre manejo de cultivo que se implemente, el desempeño estará influenciado por las condiciones iniciales que se tenga.

El estudio también permitió identificar las características de los hogares que determinan tanto la adopción como la intensidad. Estas varían entre prácticas, pero la dirección del efecto es igual para las variables del género del jefe de hogar y el tamaño del hogar, que influyen de manera negativa. Por el contrario, el nivel de educación, el acceso a crédito, la participación en el programa CCAFS y la percepción del impacto del clima influye de forma positiva. Sin embargo, para las variables del área de la finca y la tenencia de la tierra el efecto es tanto positivo como negativo. Para el caso de la intensidad de adopción, el género del jefe de hogar, el tamaño de hogar y la participación en el programa CCAFS son las variables determinantes. Sin embargo, la dirección y la magnitud del efecto de cada variable varía a través de los cinco niveles de intensidad evaluados.

La difusión simultánea de prácticas en el TeSAC permite que los agricultores puedan implementar diversas estrategias que vayan dirigidas a diferentes componentes del sistema productivo y con ello mejorar el desempeño en conjunto. Tal como lo señala Wainaina et al. (2018), los beneficios serán mayores cuando se integran tecnologías de variedades mejoradas con prácticas de gestión de recursos, por ejemplo, las dirigidas al manejo de fertilidad del suelo. Además, el portafolio de prácticas a ser promovidas debe considerar la opinión de los agricultores para considerar sus preferencias no solo en la implementación sino también en el diseño (Senyolo et al., 2018). Así como ser adecuadas al contexto para reducir la incertidumbre de los agricultores en su decisión de elección (Jellason et al., 2021; Kuhl, 2020).

Un factor que incide en la agencia de los agricultores para actuar es la percepción del riesgo climático. Los resultados mostraron un efecto positivo en la adopción debido a la percepción de los daños que el clima puede ocasionar a sus cultivos. Esto demuestra mayor conciencia por parte de los agricultores para responder a los eventos climáticos. Por lo tanto, es importante seguir generando espacios verticales y horizontales donde los agricultores puedan seguir aprendiendo sobre el cambio y la variabilidad climática y los potenciales efectos en sus sistemas productivos (Mailumo et al., 2021). Este conocimiento les permitirá estar más informados, fortalecer su capacidad para elegir prácticas más efectivas, pero también garantizar su funcionalidad (Kuhl, 2020).

Si bien, la adopción múltiple de las prácticas ASAC contribuyen a la adaptación y a mejorar la productividad. Es necesario tener en cuenta que estos beneficios no suelen ser inmediatos y, por lo tanto, es necesario considerar aspectos de financiamiento para aquellas prácticas con alta inversión inicial y con periodos de retorno largos, tal como la práctica de manejo de sombra de café y las dirigidas al manejo del suelo. Por tal motivo, es necesario considerar en toda intervención ASAC opciones no solo técnicas sino también, aquellas que favorezcan su acceso, aplicación y funcionamiento.

Tal como lo señala Makate (2019), los esfuerzos institucionales y de políticas que reduzcan las limitaciones al acceso a recursos de producción, al conocimiento y a la creación de capacidades con sensibilidad a género deben ser considerados una prioridad para la ASAC. Debido a que cuando la transferencia de tecnología se da de manera aislada, y no como un enfoque holístico, las estrategias de adaptación basadas en la adopción no generan los beneficios esperados, debido a que los agricultores para adoptar primero deben superar las barreras de acceso, la incertidumbre de su decisión y la incertidumbre de la variabilidad climática (Kuhl, 2020).

Por lo que, la adopción no solo debería ser medida de forma puntual en un momento dado, sino debería incluir evaluaciones periódicas para comprender como los agricultores van superando estas limitaciones. Por lo que incluir análisis de datos de panel sería relevante para comprender la adopción no solo como una acción de sustitución, sino como un proceso dinámico que se va ajustando a través del tiempo. A la vez, la inclusión de métricas que permitan evaluar para identificar y medir las sinergias que se pueden dar entre la combinación de las prácticas y cómo éstas contribuyen al logro de los tres pilares de la ASAC.

Finalmente se concluye que la ASAC fue desarrollada como un enfoque que busca la transformación de los sistemas agrícolas a través de ciertas condiciones técnicas, políticas y de inversión. Pero si estas no se desarrollan en armonía, difícilmente los pequeños agricultores con diversas vulnerabilidades logran la transformación y adaptación de sus sistemas productivos. Esto debido a que las tasas de adopción de prácticas ASAC, aunque relevantes para la toma de decisiones, limitan el análisis a una simple sustitución de técnicas, sin considerar todos los procesos y elementos que interfieren en el proceso de cambio tecnológico para lograr la transformación agrícola, tal como la que persigue el enfoque ASAC.

## 7 LITERATURA CITADA

- Abate, G. T., Rashid, S., Borzaga, C. y Getnet, K. (2016). Rural Finance and Agricultural Technology Adoption in Ethiopia: Does the Institutional Design of Lending Organizations Matter? *World Development*, 84, 235–253. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.003>
- Abegunde, V. O., Sibanda, M. y Obi, A. (2020). Determinants of the Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices by Small-Scale Farming Households in King Cetshwayo District Municipality, South Africa. *Sustainability*, 12(1), 195. <https://doi.org/10.3390/su12010195>
- Acosta, M., Bonilla-Findji, O., Howland, F., Twyman, J., Gumucio, T., Martínez-Barón, D. y Le Coq, J. F. (2019). *Paso a paso para la inclusión de género en iniciativas de agricultura sostenible adaptada al clima para Guatemala: Guía inclusión de Género Guatemala* (1ª ed.). Programa de Investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS).
- Adger, W. N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D. R., Naess, L. O., Wolf, J. y Wreford, A. (2009). Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change*, 93(3), 335–354. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9520-z>
- Aggarwal, P. K., Jarvis, A [Andy], Campbell, B., Zougmore, R., Khatri-Chhetri, A., Vermeulen, S., Loboguerrero, A. M., Sebastian, L., Kinyangi, J., Bonilla-Findji, O., Radeny, M., Recha, J., Martinez-Baron, D., Ramirez-Villegas, J., Huyer, S., Thornton, P., Wollenberg, E., Hansen, J., Alvarez-Toro, P., . . . Yen, B. (2018). The climate-smart village approach: Framework of an integrative strategy for scaling up adaptation options in agriculture. *Ecology and Society*, 23(1). <https://doi.org/10.5751/ES-09844-230114>
- Aggarwal, P. K., Zougmore, R. B. y Kinyangi, J. (2013). *Climate-Smart Villages: A community approach to sustainable agricultural development*. Copenhagen, Denmark. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS). <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/33322>
- Aguilar Carrillo, A. y Suchini, J. G [José Gabriel]. (2019). *Construcción y desarrollo de los TeSAC en Centroamérica en los territorios de "El Tuma-La Dalia" en NicaCentral, Nicaragua, y "Olopa" y "Santa Rita" en la región del Trifinio de Guatemala y Honduras*. <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/165797/retrieve>
- Amadu, F. O., McNamara, P. E. y Miller, D. C. (2020). Understanding the adoption of climate-smart agriculture: A farm-level typology with empirical evidence from southern Malawi. *World Development*, 125, Artículo 104692, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104692>
- Anang, B. T., Bäckman, S. y Sipiläinen, T. (2020). Adoption and income effects of agricultural extension in northern Ghana. *Scientific African*, 7, e00219. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00219>
- Arslan, A., McCarthy, N., Lipper, L., Asfaw, S. y Cattaneo, A. (2014). Adoption and intensity of adoption of conservation farming practices in Zambia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 72–86. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.017>

- Aryal, J. P., Farnworth, C. R., Khurana, R., Ray, S., Sapkota, T. B. y Rahut, D. B. (2020). Does women's participation in agricultural technology adoption decisions affect the adoption of climate-smart agriculture? Insights from Indo-Gangetic Plains of India. *Review of Development Economics*, 12, 195. <https://doi.org/10.1111/rode.12670>
- Aryal, J. P., Rahut, D. B., Maharjan, S. y Erenstein, O. (2018). Factors affecting the adoption of multiple climate-smart agricultural practices in the Indo-Gangetic Plains of India. *Natural Resources Forum*, 42(3), 141–158. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12152>
- Asenso-Okyere, K. y Davis, K. (2009). *Knowledge and Innovation for Agricultural Development*. <http://re.indiaenvironmentportal.org.in/files/bp011.pdf>
- Bell, P., Namoi, N., Lamanna, C., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E. H., Thierfelder, C. y Rosenstock, T. S. (2018). *A practical guide to climate-smart agriculture technologies in Africa* (CCAFS Working paper núm. 224). Wageningen, the Netherlands. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/92003/CCAFS\\_WP224.pdf](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/92003/CCAFS_WP224.pdf)
- Bonilla-Findji, O., Eitzinger, A. y Andrieu, N. (2020). *Monitoreo del Territorio Sostenible Adaptado al Clima*. Programa del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria CCAFS.
- Bonilla-Findji O, Eitzinger A, Andrieu N, Bejarano G, Ortega A.V, Jarvis A. (2020). *Standard Indicators results - 2020 Integrated CSA monitoring framework: Tracking adoption and perceived impacts of Climate Smart Agricultural options at household level - Implementation 2020*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). <https://geofarmer.org/tesac-santarita/archives/33e785c3-8174-451b-8866-c7177dabdd80>
- Brüssow, K., Faße, A. y Grote, U. (2017). Implications of climate-smart strategy adoption by farm households for food security in Tanzania. *Food Security*, 9(6), 1203–1218. <https://doi.org/10.1007/s12571-017-0694-y>
- Cappellari, L. y Jenkins, S. P. (2003). Multivariate Probit Regression using Simulated Maximum Likelihood. *The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata*, 3(3), 278–294. <https://doi.org/10.1177/1536867X0300300305>
- Chandra, A., McNamara, K. E. y Dargusch, P. (2018). Climate-smart agriculture: perspectives and framings. *Climate Policy*, 18(4), 526–541. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1316968>
- Daykin, A. R. y Moffatt, P. G. (2002). Analyzing Ordered Responses: A Review of the Ordered Probit Model. *Understanding Statistics*, 1(3), 157–166. [https://doi.org/10.1207/S15328031US0103\\_02](https://doi.org/10.1207/S15328031US0103_02)
- Deressa, T. T., Hassan, R. M., Ringler, C., Alemu, T. y 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>
- Dietz, T., Estrella Chong, A., Font Gilabert, P. y Grabs, J. (2018). Women's empowerment in rural Honduras and its determinants: insights from coffee communities in Ocotepeque and Copan. *Development in Practice*, 28(1), 33–50. <https://doi.org/10.1080/09614524.2018.1402862>
- Dorfman, J. H. (1996). Modeling Multiple Adoption Decisions in a Joint Framework. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(3), 547–557. <https://doi.org/10.2307/1243273>

- Doss, C. R. (2006). Analyzing technology adoption using microstudies: limitations, challenges, and opportunities for improvement. *Agricultural Economics*, 34(3), 207–219. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0864.2006.00119.x>
- Feder, G. (1980). Farm Size, Risk Aversion and the Adoption of New Technology under Uncertainty. *Oxford Economic Papers*, 32(2), 263–283. <http://www.jstor.com/stable/2662685>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2010). *"Climate-Smart" Agriculture: Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation*. <http://www.fao.org/3/i1881e/i1881e00.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Climate-Smart Agriculture: Sourcebook*. FAO.
- Gebre, G. G., Isoda, H., Rahut, D. B., Amekawa, Y. y Nomura, H. (2019). Gender differences in the adoption of agricultural technology: The case of improved maize varieties in southern Ethiopia. *Women's Studies International Forum*, 76, Artículo 102264, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2019.102264>
- Glover, D., Sumberg, J., Ton, G., Andersson, J. y Badstue, L. (2019). Rethinking technological change in smallholder agriculture. *Outlook on Agriculture*, 48(3), 169–180. <https://doi.org/10.1177/0030727019864978>
- Gomez, A. (2016). *Honduras Coffee Annual 2016* (núm. HO1603). Washington, D. C. United State Department of Agriculture (USDA); Foreign Agricultural Service. [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Coffee%20Annual\\_Tegucigalpa\\_Honduras\\_4-26-2016.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Coffee%20Annual_Tegucigalpa_Honduras_4-26-2016.pdf)
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis* (5ª ed.). Prentice Hall. <https://cutt.ly/imqOLVg>
- Grothmann, T. y Patt, A. (2005). Adaptive capacity and human cognition: The process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change*, 15, 199–213. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.01.002>
- Guillermo Peón, S. B. y Castañeda Valencia, A. M. (2020). Efectos de los factores macroeconómicos e individuales sobre la movilidad socioeconómica en México: análisis mediante la estimación de un Modelo Probit Ordenado Generalizado. *EconoQuantum*, 18(1), 75–115. <https://doi.org/10.18381/eq.v18i1.7197>
- Hammond, J., Fraval, S., van Etten, J., Suchini, J. G [Jose Gabriel], Mercado, L., Pagella, T., Frelat, R., Lannerstad, M., Douxchamps, S., Teufel, N., Valbuena, D. y van Wijk, M. T. (2017). The Rural Household Multi-Indicator Survey (RHoMIS) for rapid characterisation of households to inform climate smart agriculture interventions: Description and applications in East Africa and Central America. *Agricultural Systems*, 151, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.003>
- Hannah, L., Donatti, C. I., Harvey, C. A., Alfaro, E., Rodriguez, D. A., Bouroncle, C., Castellanos, E., Diaz, F., Fung, E., Hidalgo, H. G., Imbach, P., Läderach, P., Landrum, J. P. y Solano, A. L. (2017). Regional modeling of climate change impacts on smallholder agriculture and ecosystems in Central America. *Climatic Change*, 141(1), 29–45. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1867-y>
- Harmer, N. y Rahman, S. (2014). Climate Change Response at the Farm Level: A Review of Farmers' Awareness and Adaptation Strategies in Developing Countries. *Geography Compass*, 8(11), 808–822. <https://doi.org/10.1111/gec3.12180>

- Hasan, M. K., Desiere, S., D’Haese, M. y Kumar, L. (2018). Impact of climate-smart agriculture adoption on the food security of coastal farmers in Bangladesh. *Food Security*, 10, 1073–1088. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0824-1>
- Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., Amador, J. A. y Bastidas, Á. (2019). Precursors of quasi-decadal dry-spells in the Central America Dry Corridor. *Climate Dynamics*, 53, 1307–1322. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04638-y>
- Howland, F., Andrieu, N. y Bonilla-Findji, O. (2018). *Understanding socioeconomic aspects influencing CSA adoption to inform socially inclusive interventions* (CCAFS Working paper núm. 247). Wageningen, the Netherlands. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- InterAcademy Council. (2004). *Realizing the promise and potencial of African Agriculture*. Amsterdam. InterAcademy Council. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10947/994/agm04\\_iacpanel\\_execsumm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10947/994/agm04_iacpanel_execsumm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jellason, N. P., Conway, J. S. y Baines, R. N. (2021). Understanding impacts and barriers to adoption of climate-smart agriculture (CSA) practices in North-Western Nigerian drylands. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, 27(1), 55–72. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2020.1793787>
- Jöreskog, K. G. y Sörbom, D. (1993). *Lisrel 8: Structural equation modeling with the SIMPLIS command language*. LISREL 8: Structural Equation Modeling with the SIMPLIS Command Language. Lawrence Erlbaum Associates; Chicago. <https://books.google.hn/books?id=f61i3quHcv4C>
- Karlsson, L., Naess, L. O., Nightingale, A. y Thompson, J. (2018). ‘Triple wins’ or ‘triple faults’? Analysing the equity implications of policy discourses on climate-smart agriculture (CSA). *The Journal of Peasant Studies*, 45(1), 150–174. <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1351433>
- Khonje, M. G., Manda, J., Mkandawire, P., Tufa, A. H. y Alene, A. D. (2018). Adoption and welfare impacts of multiple agricultural technologies: evidence from eastern Zambia. *Agricultural Economics*, 49(5), 599–609. <https://doi.org/10.1111/agec.12445>
- Kim, J. H. (2019). Multicollinearity and misleading statistical results. *Korean Journal of Anesthesiology*, 72(6), 558–569. <https://doi.org/10.4097/kja.19087>
- Knowler, D. y Bradshaw, B. (2007). Farmers’ adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), 25–48. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2006.01.003>
- Kpadonou, R. A. B., Owiyo, T., Barbier, B., Denton, F., Rutabingwa, F. y Kiema, A. (2017). Advancing climate-smart-agriculture in developing drylands: Joint analysis of the adoption of multiple on-farm soil and water conservation technologies in West African Sahel. *Land Use Policy*, 61, 196–207. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.050>
- Kuhl, L. (2020). Technology transfer and adoption for smallholder climate change adaptation: opportunities and challenges. *Climate and Development*, 12(4), 353–368. <https://doi.org/10.1080/17565529.2019.1630349>
- Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B. M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., Caron, P., Cattaneo, A., Garrity, D., Henry, K., Hottle, R., Jackson, L., Jarvis, A [Andrew], Kossam, F.,

- Mann, W., McCarthy, N., Meybeck, A., Neufeldt, H., Remington, T., . . . Torquebiau, E. F. (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 4(12), 1068–1072. <https://doi.org/10.1038/nclimate2437>
- Lybbert, T. J. y Sumner, D. A. (2012). Agricultural technologies for climate change in developing countries: Policy options for innovation and technology diffusion. *Food Policy*, 37(1), 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2011.11.001>
- Magrin, G. O., Marengo, J. A., Boulanger, J.-P., Buckerindge, M. S., Castellanos, E., Poveda, G., Scarano, F. R. y Vicuña, S. (2014). Central and South America. En V. R. Barros, C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. G. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levi, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea y L. L. White (Eds.), *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability Working Group II contribution to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1499–1566). Cambridge University Press.
- Maharjan, K. L. y Joshi, N. P. (2013). *Climate Change, Agriculture and Rural Livelihoods in Developing Countries*. Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-54343-5>
- Mailumo, S. S., Onuwa, G. C. y Oyewole, S. (2021). Adoption of Climate Smart Agriculture among food crop farmers in Birnin-Kudu local government area, Jigawa State, Nigeria. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 110(2), 169–176. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2021-02.20>
- Makate, C. (2019). Local institutions and indigenous knowledge in adoption and scaling of climate-smart agricultural innovations among sub-Saharan smallholder farmers. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 12(2), 270–287. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2018-0055>
- Makate, C., Makate, M. y Mango, N. (2018). Farm household typology and adoption of climate-smart agriculture practices in smallholder farming systems of southern Africa. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 10(4), 421–439. <https://doi.org/10.1080/20421338.2018.1471027>
- Makate, C., Makate, M., Mango, N. y 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>
- Martinez Salgado, J. D. y Alvarez, O. (2019). *Memorias TeSAC Santa Rita, Honduras 2019*. Honduras. Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria; Comisión de Acción Social Menonita. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/107251/Informe%20resumen%20TeSAC%20Santa%20Rita%20-%20Honduras%202019.pdf>
- Mehar, M., Mittal, S. y Prasad, N. (2016). Farmers coping strategies for climate shock: Is it differentiated by gender? *Journal of Rural Studies*, 44, 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.01.001>
- Mercado, L., Merlo Hernández, N. y Suchini, J. G [José Gabriel]. (2015). *CCAFS Informe de Línea Base de Hogares-sitio Santa Rita, Copán, Honduras*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).



- [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/77768/Honduras%20Santa%20Rita%20HHS%20report\\_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/77768/Honduras%20Santa%20Rita%20HHS%20report_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mercado, L., Padilla, D., Hernández, L. y Merlo Hernández, N. (2015). *Estudio de línea base a nivel de comunidad: Reporte de análisis de la comunidad Tierra Fría, Santa Rita, Copán, Honduras*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/80488/VBS%20Site%20report%20Santa%20Rita%20Honduras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mica, A. (2013). From Diffusion to Translation and Back. Disembedding-Re-embedding and Re-invention in Sociological Studies of Diffusion. *Polish Sociological Review*, 181(1), 3–19. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=7737>
- Mittal, S. y Mehar, M. (2015). Socio-economic Factors Affecting Adoption of Modern Information and Communication Technology by Farmers in India: Analysis Using Multivariate Probit Model. *Journal of Agricultural Education and Extension*, 22(2), 1–14. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.997255>
- Mujeyi, A., Mudhara, M. y Mutenje, M. J. (2020). Adoption determinants of multiple climate smart agricultural technologies in Zimbabwe: Considerations for scaling-up and out. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 12(6), 735–746. <https://doi.org/10.1080/20421338.2019.1694780>
- Murray, U., Gebremedhin, Z., Brychkova, G. y Spillane, C. (2016). Smallholder Farmers and Climate Smart Agriculture: Technology and Labor-productivity Constraints amongst Women Smallholders in Malawi. *Gender, Technology and Development*, 20(2), 117–148. <https://doi.org/10.1177/0971852416640639>
- Neufeldt, H., Jahn, M., Campbell, B. M., Beddington, J. R., DeClerck, F., Pinto, A. de, Gullledge, J., Hellin, J., Herrero, M., Jarvis, A [Andy], LeZaks, D., Meinke, H., Rosenstock, T., Scholes, M., Scholes, R., Sonja Vermeulen, Wollenberg, E. y Zougmore, R. (2013). Beyond Climate-Smart Agriculture: Toward Safe Operating Spaces for Global Food Systems. *Agriculture & Food Security*, 2(12), 1–6. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-12>
- Njuguna, E., Brownhill, L., Kihoro, E., Muhammad, L. y Hickey, G. (2016). Gendered technology adoption and household food security in semi-arid Eastern Kenya. En J. Njuki, J. R. Parkins y A. Kaler (Eds.), *Transforming Gender and Food Security in the Global South* (1ª ed., pp. 260–282). Routledge Taylor & Group.
- Njuki, J., Parkins, J. R. y Kaler, A. (Eds.). (2016). *Transforming Gender and Food Security in the Global South* (1ª ed.). Routledge Taylor & Group.
- Nyberg, Y., Wetterlind, J., Jonsson, M. y Öborn, I. (2021). Factors affecting smallholder adoption of adaptation and coping measures to deal with rainfall variability. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 19(2), 175–198. <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1895574>
- Oladele, O. I., Gitika, M. P., Ngari, F., Shimeles, A., Mamo, G., Aregawi, F., Braimoh, A. K. y Olorunfemi, O. D. (2019). Adoption of agro-weather information sources for climate smart agriculture among farmers in Embu and Ada’a districts of Kenya and Ethiopia. *Information Development*, 35(4), 639–654. <https://doi.org/10.1177/0266666918779639>

- Orellana Peña, J. H. (2019). La socioeconomía del café y las intervenciones desarrollistas en la región occidental de Honduras. *Economía y Administración*, 10(1), 6–23. <https://doi.org/10.5377/eya.v10i1.9045>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). *Historias de éxito de la FAO sobre agricultura climáticamente inteligente*. Roma, Italia. FAO. <http://www.fao.org/3/i3817s/i3817s.pdf>
- Pilarova, T., Bavorova, M. y Kandakov, A. (2018). Do farmer, household and farm characteristics influence the adoption of sustainable practices? The evidence from the Republic of Moldova. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 16(4-5), 367–384. <https://doi.org/10.1080/14735903.2018.1499244>
- Prestele, R. y Verburg, P. H. (2020). The overlooked spatial dimension of climate-smart agriculture. *Global Change Biology*, 26(3), 1045–1054. <https://doi.org/10.1111/gcb.14940>
- Programa del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria CCAFS. (2019). *Santa Rita Climate-Smart Village, Honduras*. <https://ccafs.cgiar.org/santa-rita-climate-smart-village-honduras#.XwSruihKg2w>
- Quisumbing, A. R., Meinzen-Dick, R., Raney, T. L., Croppenstedt, A., Behrman, J. A. y Peterman, A. (2014). Closing the Knowledge Gap on Gender in Agriculture. En A. R. Quisumbing, R. Meinzen-Dick, T. L. Raney, A. Croppenstedt, J. A. Behrman y A. Peterman (Eds.), *Gender in Agriculture: Closing the Knowledge Gap* (pp. 3–30). The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Springer Science +Business Media B.V., Dordrecht.
- Rahut, D. B., Aryal, J. P. y Marennya, P. (2021). Understanding climate-risk coping strategies among farm households: Evidence from five countries in Eastern and Southern Africa. *The Science of the Total Environment*, 769, 145236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145236>
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations* (4<sup>a</sup> ed.). The Free Press. <https://cutt.ly/TmqCwA3>
- Rosas, Carlos, J., Gallardo, Omar, Jiménez y José (2003). Mejoramiento genético del frijol común mediante enfoques participativos en Honduras. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 1–9. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43714101.pdf>
- Senyolo, M. P., Long, T. B., Blok, V. y Omta, O. (2018). How the characteristics of innovations impact their adoption: An exploration of climate-smart agricultural innovations in South Africa. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3825–3840. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.019>
- Taylor, M. (2018). Climate-smart agriculture: what is it good for? *The Journal of Peasant Studies*, 45(1), 89–107. <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1312355>
- Teklewold, H., Gebrehiwot, T. y Bezabih, M. (2019). Climate smart agricultural practices and gender differentiated nutrition outcome: An empirical evidence from Ethiopia. *World Development*, 122, 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.010>
- Teklewold, H., Kassie, M. y Shiferaw, B. (2013). Adoption of Multiple Sustainable Agricultural Practices in Rural Ethiopia. *Journal of Agricultural Economics*, 64(3), 597–623. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12011>
- Torquebiau, E., Rosenzweig, C., Chatrchyan, A. M., Andrieu, N. y Khosla, R. (2018). Identifying Climate-smart agriculture research needs. *Cahiers Agricultures*, 27(2), 26001. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018010>

- Tsige, M., Synnevåg, G. y Aune, J. B. (2020). Gendered constraints for adopting climate-smart agriculture amongst smallholder Ethiopian women farmers. *Scientific African*, 7, Artículo e00250, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00250>
- Uddin, M., Bokelmann, W. y Entsminger, J. (2014). Factors Affecting Farmers' Adaptation Strategies to Environmental Degradation and Climate Change Effects: A Farm Level Study in Bangladesh. *Climate*, 2(4), 223–241. <https://doi.org/10.3390/cli2040223>
- van der Zee Arias, A., van der Zee, J., Meyrat, A., Poveda, C. y Picado, L. (2012). *Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano Tomo I* (Tomo núm. I). Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo\\_i\\_corredor\\_seco.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo_i_corredor_seco.pdf)
- Vargas Barrenechea, M. (2003). *Estimación del Modelo Probit Multivariante: Una Mejora*. MPRA paper. <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/591/>
- Wainaina, P., Tongruksawattana, S. y Qaim, M. (2018). Synergies between Different Types of Agricultural Technologies in the Kenyan Small Farm Sector. *The Journal of Development Studies*, 54(11), 1974–1990. <https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1342818>
- Ward, R., Gonthier, D. y Nicholls, C. (2017). Ecological resilience to coffee rust: Varietal adaptations of coffee farmers in Copán, Honduras. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(9-10), 1–18. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1345033>
- Wekesa, B. M., Ayuya, O. I. y Lagat, J. K. (2018). Effect of climate-smart agricultural practices on household food security in smallholder production systems: Micro-level evidence from Kenya. *Agriculture & Food Security*, 7(1), Artículo 80, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40066-018-0230-0>
- Wollni, M., Lee, D. R. y Thies, J. E. (2010). Conservation agriculture, organic marketing, and collective action in the Honduran hillsides. *Agricultural Economics*, 41(3-4), 373–384. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2010.00445.x>
- Yigezu, Y. A., Mugeru, A., El-Shater, T., Aw-Hassan, A., Piggan, C., Haddad, A., Khalil, Y. y Loss, S. (2018). Enhancing adoption of agricultural technologies requiring high initial investment among smallholders. *Technological Forecasting and Social Change*, 134, 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.006>

## 8 ANEXOS

Anexo 1. Descripción de los resultados de la prueba diagnóstico de multicolinealidad de las variables independientes utilizando el valor del factor de inflación de la varianza y valor de tolerancia.

<b>Variable</b>	<b>VIF</b>	<b>Tol</b>
Edad (años)	1.23	0.81
Género del jefe de hogar (Mujer)	1.06	0.94
Educación del jefe de hogar (Formal)	1.16	0.86
Tamaño del hogar (Miembros)	1.14	0.88
Acceso a crédito (Sí)	1.18	0.85
Área de la finca (ha)	1.31	0.76
Tenencia de la tierra (propia)	1.21	0.83
Participante programa CCAFS (Sí)	1.11	0.90
Impacto del clima en la producción (Sí)	1.09	0.92

Anexo 2. Descripción de los resultados de la prueba diagnóstico White's para evaluar heterocedasticidad para las variables independientes.

<b>Fuente de</b>	<b>Chi2</b>	<b>Df</b>	<b>p-valor</b>
Heteroskedasticity	53.41	48	0.274 <sup>a</sup>
Skewness	10.87	9	0.285
Kurtosis	28.22	1	0.000
Total	92.50	58	0.003

<sup>a</sup>Ho: existe homocedasticidad, H<sub>1</sub>: existe heterocedasticidad.