

**La agricultura sostenible adaptada al clima:
Estudio de caso en Santa Rita, Honduras y Olopa,
Guatemala.**

**Mireya Marina Vergara
Juan Antonio Barrientos Perez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2020**

ZAMORANO
CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE AGRONEGOCIOS

La agricultura sostenible adaptada al clima: Estudio de caso en Santa Rita, Honduras y Olopa, Guatemala.

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Mireya Marina Vergara
Juan Antonio Barrientos Perez**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2020

La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima: Estudio de caso en Santa Rita, Honduras y Olopa, Guatemala.

Presentado por:

Mireya Marina Vergara
Juan Antonio Barrientos Perez

Aprobado

Arie Sanders

[Arie Sanders \(Nov 20, 2020 09:26 CST\)](#)

Arie Sanders, Ph.D.
Asesor principal



Nadine Andrieu, Ph.D.
Asesora



Raul Soto, D.Sc.
Director
Departamento de Administración de
Agronegocios



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

La agricultura sostenible adaptada al clima: Estudio de caso en Santa Rita, Honduras, y Olopa, Guatemala.

**Mireya Marina Vergara
Juan Antonio Barrientos Perez**

Resumen. El estudio de las áreas rurales en las zonas de Santa Rita, y Olopa con sus respectivos ecosistemas serán evaluadas con relación a como se ha desarrollado el grado de conservación de los recursos comunitarios, de manera hacer intervenciones que contribuyan a mejorar las unidades productivas con una producción sostenible, que disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero y que mejoren las capacidades de adaptación de las comunidades. Se implementará tecnologías de monitoreo de la productividad sostenible adaptación al cambio climático y su mitigación, utilizando una herramienta clave para la recolección de información en las comunidades, el “Geo-Farmer”. Se realizó una simulación con un escenario de un productor de granos básicos y un escenario con un productor con granos básicos y café, utilizando las prácticas de agricultura sostenible adaptada al clima. Los escenarios han sido elegidos por la relevancia de su sistema productivo en las áreas de investigación. La intervención de las prácticas de ASAC en ambos municipios se concentran en cuatro prácticas, la instalación de un reservorio, cosecha de agua, huerto familiar y la introducción de gallinas. A través de la información recolectada se construyó un sistema productivo representativo para cada uno de los dos municipios, en el escenario base de Honduras y Guatemala el índice de la productividad es baja, la adaptación es baja, y el tercer índice, la emisión de gas de efecto invernadero tienen un índice alto, ya que los hogares no cuentan con animales y su uso de fertilizantes en el sistema productivo es bajo.

Palabras clave: ASAC, adaptación, pequeños productores, sistemas productivos.

Abstract. The study of rural areas of Santa Rita, and Olopa are evaluated based on their respective ecosystems in relation to how the degree of conservation of community resources have developed. To ensure that intelligent interventions can contribute into improving the productive units, the use of technologies that are adaptable to climate change will be implemented to create a sustainable production that is friendly to the environment and safe for consumers. Utilizing the interventions of the climate smart agriculture practices, there will be two scenario simulation, one with a producer of basic grains, and another who produces basic grains and coffee, using a key tool for collecting information in the communities, called the Geo-Farmer, which will record data from the simulations. The scenarios have been chosen due to the relevance of their production system in the research areas. The intervention of the ASAC practices in both municipalities are concentrated in four practices, the installation of a reservoir, water harvesting, a family garden, and the introduction of chickens. Through the information collected, in both, Honduras and Guatemala, it was determined that the productivity index is low, adaptation is low, and the third index, greenhouse gas emissions present a high rate, since the households in both countries do not have animals and their use of fertilizers in the production system is low.

Key words: Adaptation, CSA, production systems, smallholders.

INDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1.....INTRODUCCIÓN.....	1
2.....METODOLOGIA	4
3..... RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	9
4..... CONCLUSIONES.....	19
5.....RECOMENDACIONES.....	20
6..... LITERATURA CITADA	21

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Indicadores de la calculadora ASAC.....	4
2. Descripción de los hogares entrevistados.....	12
3. Entrada de la calculadora por escenario y municipio.....	13
4. Resultados de la calculadora por escenario y municipio.....	14

Figuras	
1. Mapa, zona de estudio.....	7
2. Índice ASAC, escenario Santa Rita (Honduras).....	15
3. Índice ASAC, escenario Olopa (Guatemala).....	15

1. INTRODUCCIÓN

Los pequeños productores generan una gran parte de la producción agrícola en Honduras y Guatemala. Desempeñan por tanto un papel importante tanto en el suministro local de alimentos (por ejemplo, granos básicos, hortalizas y frutas) como en la generación de divisas a través de la producción de cultivos de exportación (por ejemplo, café y hortalizas de alto valor). Durante los últimos años, los proyectos de desarrollo agrícola se han enfocado entre otros aspectos en la diversificación de la pequeña producción a través de la promoción de cultivos de alto valor y la apertura de nuevos mercados nacionales e internacionales. Adicionalmente, en las zonas más afectadas por el cambio climático, incluyendo parte del Corredor Seco Centroamericano, se han introducido sistemas de riego por goteo y obras de almacenamiento de agua. Como resultado de estos proyectos, se evidencian logros importantes en la creación de sistemas productivos más adaptados y resiliente al cambio climático. Sin embargo, aún existen muchos desafíos para aumentar la producción y los ingresos de los pequeños productores y reducir su impacto en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Durante los últimos años las agencias internacionales de desarrollo agrícola como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) han estado promoviendo el desarrollo del concepto de la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC). ASAC es un enfoque que se centra en el agricultor y busca formas de mejorar su productividad y sus ingresos de manera sostenible. También es un enfoque que ayuda a los agricultores a adaptarse a un clima cambiante y contribuye a la mitigación de las emisiones de GEI (Lipper et al., 2015). Si bien el enfoque de ASAC ha sido criticado por ser tan amplio que casi cualquier práctica agrícola puede calificarse como climáticamente inteligente (Neufeldt et al., 2013), también es considerado como una posible respuesta para la pequeña producción agrícola ante el cambio climático (Bonilla-Findji y Acosta, 2019).

La producción agrícola sigue siendo clave para muchos de los países en vías de desarrollo. Sin embargo, el cambio climático afecta cada vez más la producción de los cultivos, aumentando el riesgo asociado a la agricultura (Scherr et al., 2012). En el caso de los países centroamericanos, los rendimientos de los cultivos ya han experimentado impactos negativos (CEPAL, 2015), lo que subraya la necesidad de tomar medidas de adaptación. Las prácticas de ASAC pueden beneficiar directamente a los pequeños agricultores al aumentar su productividad a través de una mejor eficiencia de sus insumos, y por ende aumentar su seguridad alimentaria.

Según la Guía ASAC elaborada por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR por sus siglas en inglés), la parte innovativa de este enfoque es que explícitamente toma en cuenta el riesgo relacionado al cambio climático (CGIAR, 2017). Estos riesgos climáticos demandan un cambio en las tecnologías y métodos de manejo de los sistemas agrícolas para reducir sus pérdidas. Las prácticas de ASAC implican que hay un mayor énfasis en la gestión de riesgo climático, la transición adaptativa a nuevos sistemas productivos y la reducción de las emisiones de GEI.

Los medios de vida de los agricultores dependen de su producción agrícola, y su conciencia de la situación del cambio climático está creciendo. Sin embargo, a veces el impacto del cambio

climático tarda algunos años en afectar los rendimientos o en hacerse visible. Según Scherr (1999), si los sistemas productivos de los agricultores se ven afectados por varios problemas, por ejemplo, la degradación de suelos es de esperar que busquen nuevas tecnologías para resolver dichos problemas. Las elecciones de una determinada tecnología dependen de muchos diferentes factores, incluyendo aspectos demográficos, educativos y culturales de los agricultores, así como los beneficios percibidos y la disponibilidad de la tecnología.

Aunque la ASAC es una estrategia prometedora para aumentar la producción agrícola, un problema es que los agricultores no adoptan las prácticas promocionadas por las organizaciones que apoyan esta estrategia (Osorio-García et al., 2020). La disposición de los agricultores a invertir en prácticas de ASAC está estrechamente relacionada con la rentabilidad económica de su sistema de producción, los costos de oportunidad y su contexto institucional y socioeconómico. Lógicamente, también el tipo de práctica influye en su adopción. En el caso de las prácticas de ASAC se refiere principalmente a la introducción de terrazas, cosechas de agua, sistemas de riego y variedades mejoradas. La introducción de prácticas de ASAC requiere cambios profundos en la gestión de los sistemas productivos, incluyendo en la mano de obra y/o financiación.

Como se ha destacado en varios estudios de la pequeña producción en un contexto de cambio climático, la limitada capacidad de inversión, la incompatibilidad de las prácticas con los objetivos de producción, la inseguridad de los derechos de propiedad y la falta de acceso al financiamiento, son algunos ejemplos de las limitaciones para la adopción de prácticas ASAC (Kassie et al., 2013). Los beneficios de la introducción de una nueva práctica varían entre los diferentes sistemas productivos; por consiguiente, también los costos del cambio introducido pueden diferir considerablemente entre las prácticas y entre productores. La adopción de una cierta práctica de ASAC no siempre es rentable para todos los agricultores, por lo que les resulta racional enfrentar el problema de cambio climático con medidas menos costosas que también a veces resultan ser menos efectivas. Sin embargo, el hecho de que el cambio climático causa problemas que pueden ser irrevocables y pueden causar pérdidas de productividad, hace que sea importante comprender más a fondo los factores y estrategias que incentivan la adopción de prácticas de ASAC a nivel de los sistemas productivos.

Desde 2014, el Programa de Investigación en Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS por sus siglas en inglés) del CGIAR en el marco del proyecto Generando evidencia sobre la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima con perspectiva de género para informar políticas en Centroamérica, financiado por el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC), ha estado trabajando en la implementación de prácticas de ASAC mediante un enfoque territorial en Guatemala, Honduras y Nicaragua. El objetivo general del proyecto ha sido: “Apoyar el escalamiento de una agricultura sostenible y adaptada al clima que mejore los medios de vida y disminuya la vulnerabilidad de los hogares rurales” (Bonilla-Findji y Acosta, 2019).

El proyecto se basa en la investigación aplicada para entender cómo las iniciativas orientadas a la pequeña producción han favorecido o limitado la adaptación de las prácticas de ASAC. A pesar de que el programa ha registrado cierto éxito en la adopción de las prácticas de ASAC, el número de productores que participan en estas actividades sigue siendo algo limitado. Una de las razones principales para la limitada adopción de las prácticas de ASAC, es según (Osorio-García et al., 2020), “la falta de evidencia disponible para los profesionales involucrados en temas de desarrollo

sobre cómo incorporar de manera práctica las innovaciones de ASAC en los sistemas agrícolas”. Es por esta razón que CIAT ha desarrollado una estrategia de investigación para generar evidencia sobre la efectividad de las prácticas de ASAC en diferentes sistemas productivos en el Corredor Seco Centroamericano. El resultado de esta tesis forma parte de esta investigación.

El objetivo principal de la tesis es analizar el estado actual de los tres índices de ASAC - productividad, adaptación y mitigación- de la pequeña producción agrícola en los municipios de Santa Rita, departamento de Copán en Honduras, y Olopa, departamento de Chiquimula en Guatemala). El índice ASAC es evaluado a través del uso de la calculadora ASAC desarrollada por CIAT.

La tesis consta de 6 secciones. En la sección 2 se discute el marco conceptual para entender mejor la adopción de nuevas tecnologías por parte de los pequeños productores. La sección 3 presenta la metodología aplicada, se explica la construcción de la calculadora ASAC y el proceso de la recolección de los datos. La sección 4 presenta los resultados obtenidos y la discusión sobre la efectividad de las prácticas de ASAC en los sistemas productivos. En la sección 5 se presentan las conclusiones seguida por las recomendaciones en la sección 6.

2. METODOLOGIA

Calculadora de ASAC

Con la adopción de las nuevas prácticas, los sistemas agrícolas productivos tienden a ser más adaptados al cambio climático. Es decir, son sistemas productivos con una mayor capacidad adaptativa, registran una mejora en la seguridad alimentaria y productiva, y tienen una reducción en la emisión de los GEI.

A través del uso de una hoja de Excel, denominado como Calculadora ASAC, CIAT desarrolló un instrumento que permite estimar el efecto de las prácticas introducidas en cuanto al nivel de ASAC, o como se expresa en inglés “the climate smartness of the farm” (Osorio-García et al., 2020). Esta hoja calcula un indicador separado para cada uno de los tres pilares de ASAC: adaptación, mitigación y producción sostenible. Estos indicadores reflejan el cambio porcentual logrado a través de la(s) práctica(s) introducida(s). Cabe destacar que la calculadora ASAC toma en cuenta los diferentes aspectos de la finca para capturar mejor las sinergias y tensiones que existen entre las prácticas y otras actividades productivas. En el siguiente cuadro se presentan los tres ejes ASAC y sus respectivos indicadores.

Cuadro 1: Indicadores de la calculadora ASAC.

Eje ASAC	Indicador	Cálculo
Productividad	Proporción calórica de la finca (%)	Oferta calórica/Demanda calórica x 100
	Proporción de forraje de la finca (%)	Oferta de forraje/Demanda de forraje x 100
	Relación costo-beneficio (%)	Beneficio/Costo x 100
Adaptación	Índice de biodiversidad (%)	Número de cultivos
	Balance de agua (%)	Oferta de agua/Demanda de agua x 100
	Balance de nutrientes (%)	Oferta / Demanda de nutrientes x 100
Mitigación	Emisión/Secuestro de CO ₂	Herramienta CoolFarm Tool

Fuente: Osorio-García et al. (2020)

El eje productividad consta de tres indicadores. Con el primer indicador se estima la cobertura de las necesidades calóricas del hogar en la finca. A través de una estimación de la producción de cultivos y animales es posible aproximar la cantidad de calorías producidas durante un cierto periodo. Esta cantidad se compara con el consumo mínimo necesario por parte de los miembros del hogar. La estimación del consumo mínimo de calorías es basada en el promedio recomendado por el Programa Mundial de Alimentos y está relacionada a la edad y género de las personas. En el calculador se estima un promedio de 1,900 calorías por día por cada miembro del hogar.

El segundo indicador de la productividad mide la cobertura del forraje animal producido dentro la finca. En ambos países se observan sistemas productivos basados en cultivos combinados con ganadería. A medida que el número de animales aumenta en la finca existe el riesgo de

sobrepastoreo, resultando en la degradación de las tierras. Además, el sobrepastoreo también incrementa la emisión de GEI. El suministro de forraje durante el verano (el periodo seco) es el factor que más limita la productividad del ganado en las zonas semiáridas. Contar con suficiente pasto por animal reduce el riesgo de pérdidas económicas y aumenta la seguridad alimentaria.

La sostenibilidad no solamente se busca en la parte agroecológica de la finca. También la parte económica es de gran importancia para que las prácticas de ASAC introducidas sean atractivas para el hogar. A través del tercer indicador de la productividad se estiman los ingresos y egresos de las actividades agrícolas. Cabe destacar que el indicador está basado en todas las actividades agropecuarias, y no es necesariamente un análisis parcial de la(s) práctica(s) de ASAC introducidas. Un mayor índice refleja que las actividades agropecuarias son económicamente más sostenibles y contribuyen a una mayor estabilidad económica del hogar. Cabe destacar que la mayoría de los hogares de los pequeños productores en Honduras y Guatemala realizan trabajos agrícolas y no agrícolas fuera de su propia finca. Además, en ambos países, las remesas para muchos de los hogares rurales son esenciales para sobrellevar la baja productividad agrícola, la pobreza y la falta de oportunidades laborales en las economías locales.

El eje de adaptación está construido por tres indicadores. El indicador de biodiversidad es un cálculo basado en el número de diferentes cultivos en la finca. En la producción de cultivos, la diversidad genética ha sido durante mucho tiempo un elemento esencial para reducir los efectos de las enfermedades de los cultivos y los estreses abióticos, como la sequía. Si bien es difícil predecir los efectos precisos que el cambio climático tendrá en la distribución y la gravedad de las enfermedades y las condiciones climáticas desfavorables, es probable que la disponibilidad de una mayor diversidad genética aumente la resiliencia de los sistemas de producción de cultivos frente a los nuevos desafíos climáticos y de enfermedades (FAO, 2015).

Los balances de agua y nutrientes son los dos otros indicadores del eje de adaptación. El uso eficiente del agua en el Corredor Seco es crucial para la sostenibilidad de la finca. Tradicionalmente el sistema de riego en la zona ha sido por gravedad, un método relativamente ineficiente debido a las pérdidas de agua en los canales conductores y en los surcos. Durante los últimos años se observa una mayor eficiencia en el uso de agua mediante los sistemas de riego por aspersión y por goteo. Con el balance de nutrientes se refiere a la cantidad de fertilizantes aplicada y la demanda teórica de los cultivos. En este caso específico se refiere al uso de nitrógeno. El nitrógeno bajo la forma de óxido nitroso (N_2O) es el tercer GEI más importante después del dióxido de carbono y el metano. En términos generales, la reducción de las emisiones de nitrógeno en la agricultura resulta ser difícil debido al crecimiento de la demanda de alimentos y los productos basados en la biomasa, incluida la energía. A nivel de los sistemas productivos hay varias formas para reducir el uso de nitrógeno, entre otros a través del uso de legumbres en la rotación de cultivos, el uso de la labranza mínima y el uso de fertilizantes orgánicos producidos en la misma finca.

El último eje, la mitigación, estima a través de un indicador la emisión y secuestro de carbono. Para el cálculo de este indicador se utilizó el “Cool Farm Tool” (CFT). CFT permite mostrar cómo el manejo de la finca resulta en el secuestro de carbono o en la reducción de las emisiones de GEI. Las emisiones se determinan utilizando modelos empíricos y factores de emisión que tienen en cuenta las diferencias entre los sistemas de producción, las regiones y los climas (Kayatz et al., 2019). A través de la calculadora ASAC se convierte la información de entrada (los datos recolectados en el campo) en los tres índices ASAC. Esta conversión de datos está basada en una

serie de parámetros y cálculos intermedios. El origen de los parámetros viene tanto de fuente bibliográfica como de datos primarios del campo en que se aplica el instrumento. La calculadora distingue un total de seis grupos de parámetros: a) la compensación del hogar; b) manejo del agua; c) cultivos/pastos; d) huerta; e) animales; y f) manejo de fertilidad de suelos. Los datos de entrada son estandarizados para la realización de los cálculos de los tres índices ASAC.

Levantamiento de Datos

Para el levantamiento de los datos se utilizó el programa “GeoFarmer”. Este programa ha sido diseñado para capturar información geoespacial e información sobre la implementación de prácticas agrícolas por parte de los productores (Eitzinger et al., 2019). Para este trabajo se utilizaron tabletas electrónicas con el programa instalado. Durante una sesión de tres días en la ciudad de Chiquimula en Guatemala, se capacitó a los enumeradores (incluyendo los estudiantes de Zamorano) en el uso del programa. El objetivo de la capacitación fue familiarizar a los enumeradores con las funcionalidades básicas del sistema. La capacitación se centró en: a) el registro de los agricultores, b) la recopilación de encuestas cara a cara con los agricultores; y c) la recopilación de puntos de campo utilizando las funcionalidades del mapa.

A través de la encuesta “GeoFarmer” se recolectaron datos en cinco diferentes secciones. La primera sección (1A) estuvo enfocada en algunos indicadores demográficos y las actividades económicas a las que se dedicaban los miembros del hogar. La sección 1B estuvo dirigida a la información relacionada con el sistema productivo. Para cada uno de los cultivos sembrados se solicitó información sobre el área sembrada, el uso de insumos y mano de obra y una estimación de los gastos y ventas brutas. Las secciones 2 y 3 estuvieron orientadas al tema climático. La sección 2 se enfocó en la frecuencia de los eventos climáticos que tuvieron algún tipo de repercusión en la producción agrícola y el conocimiento de posibles estrategias de adaptación. Además, se solicitó información sobre la necesidad de introducir algunos cambios en el sistema productivo actual. La sección 3 consistió en documentar el acceso y uso de los diversos servicios de información climática. Incluyó temas como pronósticos estacionales, capacitación y capacidad de reacción en respuesta a información.

En la sección 4 se recopiló información sobre la seguridad alimentaria de hogar. Esta sección fue principalmente para las mujeres, debido a que en general en el área rural la mujer asume la responsabilidad en aspectos caseros. Se discutieron temas como cuáles han sido las principales fuentes de alimento y si han sufrido variaciones en la dieta del hogar a raíz del cambio climático. En la última sección de la encuesta se levantó la información sobre las prácticas de ASAC. En esta sección se midió el nivel de conocimiento e implementación de las prácticas de ASAC. También se determinó el efecto de las prácticas en la producción, ingresos, la carga de trabajo, el acceso a recursos y la participación en la toma de decisiones, así como qué tan vulnerable es la finca ante el cambio climático.

En total se entrevistaron 83 productores, 43 en Honduras y 40 en Guatemala, durante el periodo del 24 a 31 de mayo de 2020. Todas las personas entrevistadas han sido beneficiarias del proyecto de CIAT. La selección del grupo de productores fue basada en la presencia de una o más prácticas de ASAC en la finca.

Zona de Estudio

Los estudios se realizaron en dos municipios en dos diferentes países. Sin embargo, su potencial agrícola, que varía según factores agroecológicos como el clima, la topografía y calidad de suelos (Jansen et al., 2006), son relativamente similares. Los municipios se encuentran en la zona de bosque tropical seco con una precipitación aproximadamente de 1,337 mm/año en Santa Rita y 1,172 mm/año en Olopa, con periodos caniculares y lluvias intensas influenciadas respectivamente por los fenómenos de El Niño y La Niña. La temperatura en Santa Rita oscila entre 19 y 31 °C, mientras en Olopa la temperatura es más baja y oscila entre 22 y 26 °C. Una diferencia grande entre ambas zonas es la parte geográfica. Mientras el municipio de Santa Rita se encuentra en una altura de 675 msnm, Olopa se encuentra en promedio a 1,500 msnm.

La actividad económica que predomina en ambos municipios es la producción agrícola a pequeña escala. Los cultivos principales son granos básicos (maíz y frijol), café y algo de ganadería. Los granos básicos son para asegurar la alimentación de los hogares, mientras la producción del café es para generar los ingresos necesarios para cubrir los gastos del hogar. Durante la última década el café ha registrado grandes pérdidas en la producción causada por la roya (*Hemileia vastatrix*), un hongo que infecta las hojas del cafetal. Además, el precio del café ha sido afectado por la sobreproducción a nivel mundial, causando una pérdida doble para los cafetaleros. Para muchos de los productores, el tamaño de la explotación no es suficiente para cubrir todas las necesidades del hogar y por ende buscan trabajo fuera de su finca. Según Ruben y Van den Berg (2001), en promedio más del 50% de los ingresos de los pequeños productores son generados fuera de la finca o mediante las remesas enviadas por sus familiares en los EEUU.



Figura 1: Mapa, zona de estudio

La gran amenaza en ambos municipios es el cambio climático. Según los modelos del Banco Interamericano de Desarrollo, tanto la producción de maíz y frijol como café se encuentra amenazada (Prager et al., 2020). Sin embargo, según los mismos autores, ambos países podrían reducir el impacto del cambio climático en los sistemas productivos a través de la adopción de prácticas de agricultura inteligente que aumenten la producción mientras reducen las emisiones de GEI que adapten los sistemas productivos a los cambios en las condiciones de producción. Estas prácticas incluyen la mínima labranza, el uso de fertilizantes orgánicos, y la rotación de cultivos. Además, se recomienda un mejor manejo de los recursos hídricos e incrementar los servicios de extensión agrícola.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contexto del estudio

Históricamente, la agricultura ha sido un sector elemental de la economía de Honduras y Guatemala. El sector por sí solo contribuye a la generación de empleo de un 33.5% de la población en Honduras y el 9.0% en Guatemala. Además, es una fuente importante para el ingreso de divisas en ambos países. La participación del sector agrícola en el año 2019 al Producto Interno Bruto (PIB) fue de 10.7% en Honduras y 9.4% en Guatemala (Banco Mundial, 2020).

Ambos países ofrecen condiciones agronómicas adecuadas para el cultivo de diversos productos. En la costa norte de Honduras se encuentran los valles fértiles para la producción de bananas, palma africana y piña (departamento de Atlántida), y en las zonas de altas se ubica la producción de café (departamentos de Copán, El Paraíso y La Paz). En Guatemala hay una fuerte producción de vegetales y frutas en los departamentos de Alta Verapaz y Juticalpa, y una producción de café en el altiplano del país (departamentos de Cobán y Antigua). Sin embargo, ambos países tienen en común que una gran parte de su producción agrícola se encuentra afectada por el cambio climático (Thomas et al., 2018). Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), los territorios de Honduras y Guatemala se ha vuelto más calurosos y secos en las últimas décadas (Thomas et al., 2018). Las precipitaciones disminuyeron alrededor de 1 mm por día durante el período 1950-2008, y las temperaturas aumentaron entre 0.7 y 1.0 °C durante el mismo período. Según el mismo informe, Centroamérica es la región tropical más sensible al cambio climático. Los modelos climáticos predicen que, en promedio, la mayor parte de la región estará sometida a una sequía de moderada a grave para finales del siglo XXI (Magrin et al., 2014). La producción agrícola destinada al autoconsumo en ambos países está dominada por el maíz y frijol. Se proyecta que los rendimientos de estos cultivos críticos se reducirán drásticamente si no hay cambios significativos en los sistemas productivos. (Ordaz et al., 2010) estimaron que para 2070 los rendimientos centroamericanos de maíz y frijol podrían disminuir en un 10% y 29%, respectivamente, con disminuciones aún más pronunciadas para 2100, afectando la disponibilidad y el acceso a los alimentos para miles de hogares de pequeños productores.

Estas condiciones han impulsado a CIAT y a sus contrapartes locales Comisión de Acción Social Menonita (CASM) y la Asociación Regional Campesina Ch'orti' (ASORECH) para desarrollar un programa de prácticas de ASAC en los municipios de Santa Rita (Copán, Honduras) y Olopa (Chiquimula, Guatemala) para enfrentar el cambio climático en los sistemas productivos. Para lograr este objetivo, el proyecto ofreció capacitaciones en el tema de prácticas ASAC y ayudó a los productores mediante subsidios para la implementación de dichas prácticas. La ejecución del proyecto se llevó a cabo entre 2018 y 2020.

Las prácticas de ASAC

ASAC pretende enfrentar los problemas del cambio climático y la seguridad alimentaria mediante la transformación del sistema productivo en una producción climáticamente inteligente (FAO, 2013). Sin embargo, ASAC no es específica en su definición sobre cuáles son exactamente las prácticas climáticamente inteligentes. Se pudo evidenciar a través de la literatura que la lista es relativamente larga y una gran parte son basadas en los enfoques de la agricultura de conservación

(p.e. Knowler y Bradshaw, 2007) y la intensificación sostenible de la agricultura (Campbell et al., 2014). En este sentido, cada proyecto o programa puede tener su propia gama de prácticas, y bien enfocarse en unos de los tres objetivos generales de ASAC, o buscar lograr el triple beneficio.

Lybbert and Sumner (2012) discuten un listado genérico de prácticas de ASAC que son consideradas como climáticamente inteligente. Es decir, las prácticas que consisten en producir más alimentos, utilizando menos recursos, en condiciones de producción menos volátiles, y con reducciones netas de las emisiones de GEI procedentes de la producción, la elaboración y la comercialización de alimentos (Lybbert y Sumner, 2012). Entre las prácticas se mencionan variedades y razas adaptadas de cultivos y animales, manejo de agua, estrategias de mercadeo, entre otros. En el caso del proyecto de CIAT, éste se enfoca en las siguientes prácticas de ASAC: a) terrazas con barreras vivas y abono orgánico; b) manejo de sombra de cafetales; c) variedades de frijol rojo biofortificado; d) huertos de hortalizas orgánicos y diversificados; e) biopreparados (insecticidas/fungicidas); f) cosecha de aguas lluvia de los techos; g) reservorio de agua para riego; y h) producción de tilapia en reservorios de agua.

El tipo de cultivo es un tema importante en la gestión de las prácticas de ASAC. Dado que el maíz y los frijoles son los principales cultivos básicos en las zonas rurales de Honduras y Guatemala, casi todos los pequeños agricultores dedican una parte de sus esfuerzos a la producción de estos cultivos. Por tratarse de un cultivo anual plantado en línea, la producción de maíz es relativamente susceptible a la erosión del suelo, especialmente si se planta en ladera. La práctica de terrazas y abono orgánico es pertinente en el caso del maíz para reducir la erosión y/o aumentar la fertilidad del suelo. El impacto del café en la erosión del suelo es menor que el del maíz en condiciones agroecológicas similares. El café es un cultivo perenne con su propia cobertura de hojas que reduce el impacto de las precipitaciones. La promoción de sombra en la producción de café en combinación con árboles forestales nativos y especies arbóreas y vegetales plantadas reduce el crecimiento de las malezas y mantiene la humedad en el suelo.

La biofortificación es un método para aumentar el contenido de nutrientes en los cultivos mediante prácticas de mejoramiento convencional varietal, y para producir mejores alimentos y combatir la deficiencia de micronutrientes en el organismo humano. La población rural en Honduras y Guatemala presentan deficiencias nutricionales en el hierro y el zinc, las cuales puede causar un bajo desarrollo cognitivo, retrasos en el crecimiento, respuestas negativas en el sistema inmune, entre otros (López de Romaña y Cediel, 2017).

Con los huertos de hortalizas orgánicos y diversificados se pretende mejorar la dieta diaria de los hogares productores. Estudios han señalado que los huertos ofrecen un gran potencial para mejorar la seguridad alimentaria (Larson et al., 2019). Los huertos no solamente mejoran el acceso a la alimentación, sino también la diversificación de productos y el acceso a importantes nutrientes que se encuentran en los vegetales y frutas, contribuyendo positivamente a la dieta del hogar. Los biopreparados son productos elaborados a partir de restos de origen vegetal o sustancias de origen mineral o animal que ayudan a disminuir los problemas de plagas y enfermedades o mejorar el desarrollo de los cultivos, ya que, según la función, poseen propiedades nutritivas para las plantas, repelentes y controladoras de insectos, o curativas ante enfermedades. El uso de estos productos tiene como ventaja que se basan en los recursos que generalmente se encuentran en la finca o en la zona, por lo que constituyen una alternativa amigable con el ambiente y de bajo costo.

En cuanto al tema de agua, se trabajó en la promoción de la cosecha de agua de lluvia en techos y en la construcción de reservorio de agua para riego. La cosecha de agua es una manera común para la captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como techos de viviendas y otros edificios. La captación de agua de techos es la que permite obtener el agua de mejor calidad para consumo doméstico. La segunda práctica relacionada con el tema de agua es la construcción de reservorios. El agua capturada es utilizada para los sistemas de micro riego. La gran ventaja de los reservorios es que aumentan la producción y diversificación de los cultivos y permiten sembrar cultivos en periodos de sequía. Vinculada a la construcción de los reservorios se encuentra la producción de tilapia. Los reservorios pueden ser utilizados para producir tilapias a lo largo del año. La tilapia se conoce frecuentemente como el pollo acuático, en reconocimiento de las similitudes con el pollo como animal de fácil mantenimiento en granja (Hoevenaars y Ng'ambi, 2020). Con la introducción de tilapia se mejora la situación alimentaria de los hogares, tanto para satisfacer la necesidad nutricional humana de proteína animal como para mejorar los ingresos y aliviar la pobreza. A pesar de que las intervenciones son adaptadas al contexto y son introducidas con el apoyo de las contrapartes locales, generalmente la adopción de estas prácticas a nivel de los pequeños productores agrícolas suele ser un gran desafío debido a los elevados requisitos de recursos -mano de obra, capital y uso de la tierra- para muchas de las prácticas mencionadas

Descripción de resultados.

En el cuadro 2 se presentan algunas características generales de los hogares en la muestra. En Santa Rita los hogares tienden a ser más grandes que los de Olopa. La misma tendencia se observa en el grado de dependencia (personas menores de 15 años que dependen de los ingresos generados por sus parientes de mayor edad). Esta razón es de 0.37 en Santa Rita y de 0.31 en Olopa, lo que significa que en los hogares de Santa Rita el 63% de los miembros del hogar son potencialmente generadores de ingresos y en el caso de Olopa el 69%.

Las fincas tienen en promedio seis hectáreas, un tamaño que permite en teoría una producción agrícola suficientemente grande para mantener un hogar de cinco personas, dependiendo del rendimiento y el tipo de los cultivos. La producción de maíz y frijol forma la base alimenticia de la producción, generalmente sembrado en conjunto (milpa), y está profundamente arraigada en las normas y valores culturales de la población maya. La producción de milpa es más que la producción de maíz y frijoles para los hogares, ya que constituye la base de una red social que puede absorber el impacto en tiempos de crisis.

Ambos sitios son reconocidos por la producción de café, aunque por la elevación media, la calidad del café es de nivel intermedio. La producción de café está impulsada por el deseo de mejorar sus condiciones de vida. Los cultivos de alto valor como el café aprovechan el rendimiento marginal de la mano de obra familiar y pueden dar lugar a mayores beneficios agrícolas. Sin embargo, la desventaja de la producción de café es su estacionalidad. Las inversiones, incluyendo el mantenimiento de la plantación y la mano de obra para la cosecha, son relativamente grandes e imprescindibles en determinados meses, mientras que los ingresos se reciben únicamente al final del ciclo anual. Es relativamente común vender el café por adelantado a un comprador, lo cual limita el poder de negociación del precio por parte de los agricultores. Sin embargo, los beneficios monetarios hacen de la caficultura una actividad atractiva para los pequeños agricultores en la zona.

Las intervenciones ASAC en ambos municipios se concentran en cuatro prácticas: la instalación de un reservorio de agua, la cosecha de agua, los huertos familiares y la introducción de gallinas. El número de reservorios instalados es limitado, lo que se explica principalmente por su alto costo de instalación y mantenimiento, el espacio necesario y el acceso al agua. Más popular ha sido la instalación de los sistemas de cosecha de agua, cuyos costos son bajos y su mantenimiento relativamente fácil.

Menos de la mitad de los hogares mencionaron contar con un huerto familiar. El tipo de cultivos encontrados en estas huertas varían entre hierbas (culantro, menta, hierba buena, mostaza), tomates, rábano y repollo. Las áreas son relativamente pequeñas y generalmente manejadas por las mujeres. Como se mencionó anteriormente, las huertas podrían formar una fuente importante de alimentos nutritivos. Como animales domésticos se detectó que en promedio la mitad de los hogares cuentan con gallinas, una fuente de proteína importante para los hogares cuyos ingresos son limitados.

Cuadro 2. Descripción de los hogares entrevistados.

Variables	Santa Rita (Honduras)	Olopa (Guatemala)
Demografía		
Tamaño del hogar (personas)	5.4	4.8
Razón de dependencia (<15 años / total)	0.37	0.31
Producción		
Tamaño de la finca (hectáreas)	3.8	6.0
Siembra de maíz (1 = sí)	0.92	0.70
Siembra de frijol (1 = sí)	0.72	0.53
Producción de café(1=sí)	0.83	0.85
Prácticas ASAC existentes en la finca		
Reservorio (1=sí)	0.07	0.12
Cosecha de agua (1=sí)	0.26	0.33
Huerta (1=sí)	0.83	0.80
Gallinas (1=sí)	0.70	0.65
N (número de hogares encuestados)	43	40

Estimaciones de la calculadora ASAC

Para la estimación del impacto de los sistemas productivos en ambos municipios se trabajó con dos escenarios por país: un escenario de producción de granos básicos y un escenario de producción de granos básicos y café. Los escenarios han sido elegidos por la relevancia de su sistema productivo en las áreas de investigación, tomando en cuenta los productores que están utilizando uno o más de las prácticas de ASAC, como, la cosecha de agua, reservorio, los huertos y gallinas. Los escenarios son basados en las encuestas realizadas en cada uno de los municipios, pero no representan a un productor individual en particular. Es decir, a través de la información recolectada se construyó un sistema productivo representativo en general para cada uno de los dos municipios.

En promedio, la situación en Olopa es mejor que en Santa Rita. Tanto el tamaño de la finca y los rendimientos de los cultivos presentan mayores índices. Cabe destacar que existen diferencias en

los cálculos intermedios entre las dos localidades. Las diferencias más relevantes se dieron en los precios del café y maíz. Estos precios son mayores en el caso de Guatemala (aproximadamente 12%), mientras los precios para los insumos son similares en ambos países. La diferencia en el precio de los productos influye en el resultado de la rentabilidad del sistema. En el cuadro 3 se presenta las entradas de los diferentes escenarios.

Cuadro 3: Entrada de la calculadora por escenario y municipio.

Variable	Santa Rita (Honduras)		Olopa (Guatemala)	
	Granos Básicos	Granos B. + Café	Granos Básicos	Granos B. + Café
Número de familiares	5.6	5.2	4.6	4.7
Área de maíz (ha.)	0.7	0.5	1.8	1.3
Área de frijol (ha.)	0.5	0.2	0.8	0.6
Área de café (ha.)	0.0	1.1	0	3.8
Producción maíz (Kg)	1,130	980	4,290	3,880
Productividad maíz (Kg/ha)	791	490	7,722	5,044
Producción frijol (Kg)	380	265	930	690
Productividad frijol (Kg/ha)	190	53	744	414
Producción café (Kg)	0	2,712	0	4,295
Productividad (Kg/ha)	0	2,983.2	0	16,321
Reservorio (1=Sí)	0	1	0	1
Cosecha de agua (1= Sí)	1	1	1	1
Huerta (1=Sí)	1	1	1	1
Gallinas (Número)	8.6	10.2	11.8	8.7

En el cuadro 4 se presentan los resultados de los escenarios en ambos municipios. El índice de la productividad en el escenario de granos básicos en ambas zonas es bajo, 15.4% y 48.7% en Santa Rita y Olopa, respectivamente. Mientras con la producción de café la productividad en Santa Rita se quintuplica, en Olopa el efecto es menor. En ambos países, producción calórica en las fincas es insuficiente para cubrir la demanda de los miembros de los hogares. Debido a que no hay animales mayores, como ganado y cerdos, su subíndice es cero. La gran diferencia entre los dos países es la producción de maíz y frijol. En Santa Rita la producción y la productividad de estos cultivos es menor. En el caso de Honduras, la producción de maíz y frijol es totalmente para el autoconsumo, mientras que en Olopa una parte de la producción de maíz y frijol es para la venta. El café es un cultivo comercial y es comercializado en su totalidad. Mientras los ingresos en Olopa son mayores en términos absolutos por la producción de café, la cobertura de los gastos productivo es menor por el alto gasto en fertilizantes.

En ambos países el índice de adaptación es relativamente bajo, especialmente para los escenarios de los granos básicos. Todos los hogares entrevistados mencionaron que el total de cultivos en su finca era entre dos y cuatro, resultando en un índice de diversidad -que mide el número de cultivos en la finca- de 33%. La eficiencia del agua está relacionada con el uso de agua para la producción de café. Tanto en Santa Rita como en Olopa, la producción de café es sin riego, pero se utiliza el recurso en diversas operaciones poscosecha del cultivo. En ambos países la eficiencia en el uso del

agua para el escenario con solamente granos básicos fue un 0%. El tercer subíndice es la eficiencia en el uso de fertilizantes. La oferta total de nitrógeno es medida a través de la demanda de nitrógeno por cultivo. La demanda por todos los escenarios es mayor que la oferta. Por lo tanto, hay una salida neta de nitrógeno de la finca.

El tercer índice mide la emisión de GEI por persona medido mediante el uso de fertilizantes y el número de animales en la finca. Los primeros tres escenarios tienen un índice bajo, es decir su emisión por persona por debajo 100. Esto se debe a que los hogares no cuentan con animales mayores y que su uso de fertilizantes en el sistema productivo es bajo. En el caso del escenario 4 se observa un índice más alto bajo, que se explica por un mayor uso de fertilizantes en la producción de café.

Cuadro 4: Resultados de la calculadora por escenario y municipio.

Variable	Santa Rita (Honduras)		Olopa (Guatemala)	
	Granos Básicos	Granos B. + Café	Granos Básicos	Granos B. + Café
Productividad (Kg/ha)	15.4	87.9	48.7	60.4
Coberturas necesidades de calorías (%)	13.5	7.5	26.6	23.6
Cobertura necesidades fogarearas (%)	0.0	0.0	0.0	0.0
Cobertura de gastos productivos (%)	32.6	272.2	119.5	157.5
Adaptación	31.4	86.4	26.5	51.8
Diversidad (%)	33.0	33.0	33.0	33.0
Eficiencia en el uso de agua (%)	0.0	158.8	0.0	45.9
Eficiencia en el uso de fertilizante (%)	61.3	67.6	46.4	76.5
Mitigación	91.1	86.4	89.8	59.9
Emisiones GEI (<i>kg eq CO₂</i>)	351.9	1,131.2	768.5	3,009

En las siguientes figuras se presentan los resultados por municipio.

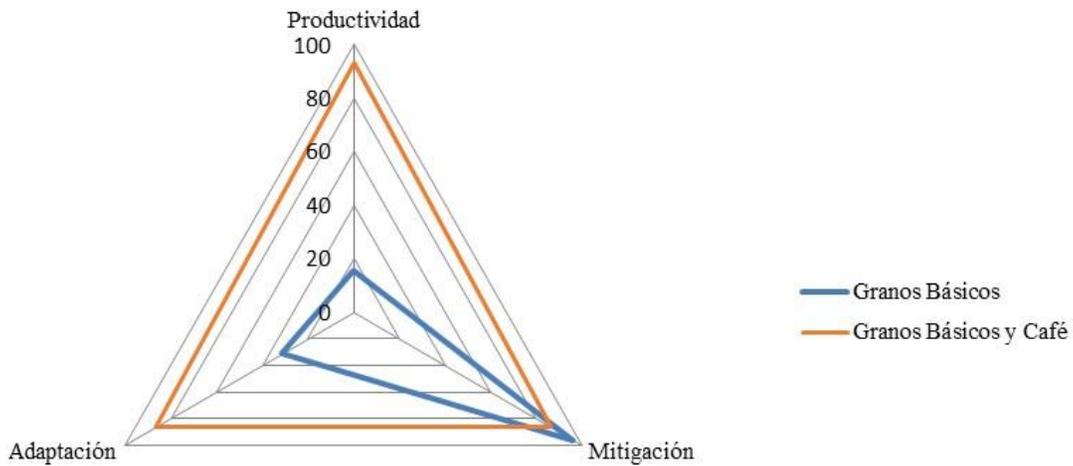


Figura 2: Índice ASAC, escenario Santa Rita (Honduras)

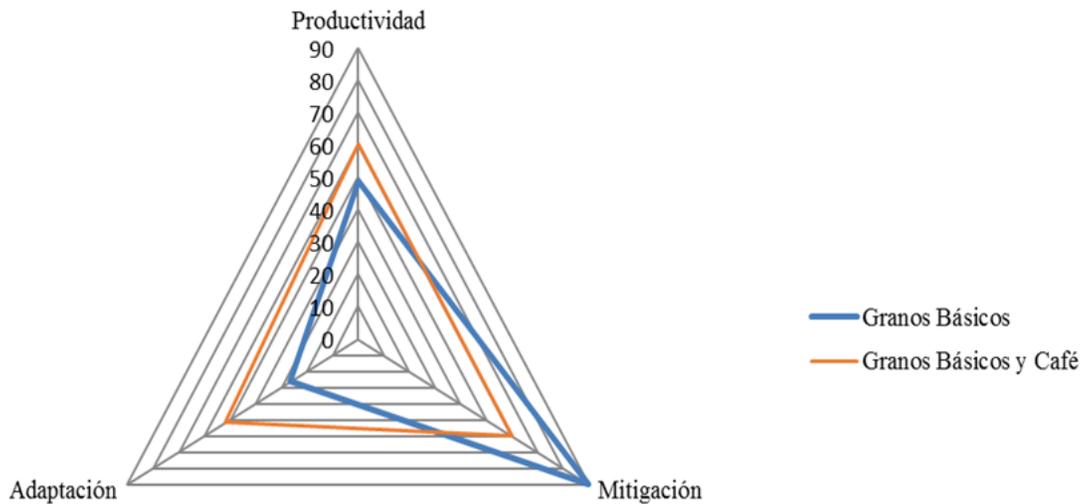


Figura 3: Índice ASAC, escenario Olopa (Guatemala)

Discusión

En esta sección se discuten los tres índices y la significancia de los resultados encontrados en los dos municipios. El enfoque de la calculadora está orientado en la medición de tres índices: productividad, adaptación y mitigación. En conjunto, estos índices aproximan el nivel de inteligencia del sistema productivo ante el cambio climático. Un nivel alto en los tres índices quiere decir que el sistema productivo logró obtener una alta productividad, es resiliente ante el cambio climático y su emisión de GEI es reducida. En este caso el productor ha logrado tener una ganancia triple. Aunque no es claro si las variables incluidas en la construcción son realmente inteligentes para el clima y/o para el agricultor.

El índice de la productividad está basado en la cobertura de las necesidades calóricas del hogar, la cobertura de forrajes para alimentación animal, y la cobertura de gastos productivos. En los 4 escenarios analizados la cobertura calórica ha sido baja, los hogares son consumidores netos en algunos casos de más del 80% de las calorías. A pesar de que el maíz y frijol forman la base de la subsistencia de los productores entrevistados, esta base es insuficiente para cubrir la demanda calórica del hogar. Según la lógica del índice, una mayor cobertura calórica es un resultado deseable para mejorar la seguridad alimenticia del hogar. No hay claridad si los productores comparten la idea de la calculadora que su sistema productivo debe ser autosuficiente en la producción de calorías. Los productores pueden optar dedicar una mayor parte de su área y tiempo en la producción de cultivos comerciales, como es el café, o en trabajo fuera de su finca. Adicionalmente, el cultivo de café y el trabajo fuera de la finca representan una decisión consciente basada en su percepción y estrategia de medios de vida. Los pequeños agricultores entienden que la integración del mercado es fundamental para hacer frente a los cambios externos como el cambio climático y para cumplir los objetivos de sus hogares, aunque esto implique limitar la producción de cultivos de subsistencia (maíz y frijol).

Debido a que ninguno de los productores entrevistados cuenta con animales mayores en su sistema productivo, el índice de suficiencia forrajera no ha sido relevante para este estudio. Aunque para este índice es relevante el tema de temporalidad. Durante la época de lluvia los pastos producen abundantemente, mientras esta situación cambiaría durante la época seca. La pregunta clave es si el productor cuenta con la tecnología de conservación de forraje para cubrir las necesidades de alimentación de los animales.

Cubrir los gastos productivos es el tercer indicador del índice de productividad. A través de una estimación de los ingresos generados a través de la venta de los productos (precio multiplicado por cantidad vendida) y los gastos productivos (insumos y otros gastos monetarios), se construye la razón de beneficio/costo. Como se observó, ninguna de las fincas resulta ser rentables, es decir, los costos de producción son mayores que sus ingresos. Hay dos temas que se deberían tomar en cuenta para interpretar este resultado. En primer lugar, la producción de maíz y frijol es para el consumo del hogar y por eso su venta es mínima. El costo de la producción y la mano de obra se puede considerar como el precio que paga el hogar para el consumo de estos productos. Lógicamente, el costo para los productos de subsistencia es menor que el precio que se debería pagar en el caso que se adquieren los productos en el mercado. En segundo lugar, para calcular los costos productivos se incluyó el costo de la mano de obra familiar. En la literatura de la economía campesina hay una discusión interesante sobre cómo calcular el costo de la mano de obra familiar (Ellis, 1988), aunque generalmente se utiliza el precio sombra (el precio pagado en el mercado laboral). En el caso de que se redujera el valor de la mano de obra a cero, la producción del café sería rentable, debido a

que el costo directo para los insumos es menor al valor de la venta de la producción. Esto significa que el precio pagado por cantidad de café y la producción de café por hora de trabajo son bajos; y que el productor subsidia el precio del café mediante su mano de obra familiar (lo que en inglés se conoce como “price squeeze”).

Debido a que el productor es un tomador de precio (lo que en inglés se conoce como “price taker”), el enfoque para mejorar el índice de la productividad debe estar orientado en el aumento de la producción (Camas Gómez et al., 2018). Sin embargo, los esfuerzos por mejorar la productividad de un cultivo determinado, por ejemplo, café, a través de una producción más intensiva o de mayor escala, puede tener consecuencias negativas para el sistema productivo. Por ejemplo, la reducción de sombra puede afectar la biodiversidad de la plantación y aumenta la demanda por el agua.

El indicador de adaptación combina la agrobiodiversidad con el uso eficiente de agua y de los fertilizantes como respuesta del productor al cambio climático. El índice de biodiversidad es una medición relativamente simple, contando el número de cultivos en la finca, excluyendo la huerta familiar. La mayoría de los productores entrevistados cuentan con cuatro cultivos principales. Adicionalmente al maíz y frijol, integran el cultivo de café con banano. En los resultados se registró el valor mínimo de 33%. Mientras registrar el número de cultivos es un índice valioso, el subíndice tiene algunas falencias. El subíndice no mide la importancia relativa de cada uno de los cultivos. Por ejemplo, en el caso del cultivo de café, su peso en los sistemas cafetaleros es alto. En promedio más del 70% de la propiedad esta cultivada con café. El subíndice tampoco distingue entre los diferentes cultivos. De nuevo, café es un cultivo perenne y producido en un sistema con sombra, por lo que el suelo es menos vulnerable ante la erosión pluvial que con otros cultivos (Blanco Sepúlveda y Aguilar Carrillo, 2015). Mientras la producción de maíz y frijol en ladera puede presentar importantes pérdidas de suelo por prácticas agronómicas inadecuadas, por ejemplo, por la siembra sin cobertura o a favor de la pendiente (Camas Gómez et al., 2018). Como último punto, el subíndice no distingue entre las variedades utilizadas. En el caso de maíz, el valor intrínseco de una semilla criolla reproducida con conocimiento local y adaptada a la realidad agro-cultural de la zona es valorada al mismo nivel como una semilla híbrida o transgénica.

La eficiencia del uso de agua relaciona su disponibilidad con la demanda de los cultivos. Este indicador está basado en una demanda y oferta promedio durante todo el año. Según los resultados obtenidos, los productores registran un índice de 25% promedio con un sistema de cosecha de agua y casi el 100% con la construcción de un reservorio. El tema agua es crucial en ambos municipios. Con la construcción del reservorio, los productores tienen la capacidad para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos durante sus momentos críticos de crecimiento. Por supuesto, el tamaño del reservorio debe ser proporcional al área bajo cultivo.

El tercer subíndice de la adaptación es la eficiencia en el uso de fertilizantes. El subíndice compara la oferta de nitrógeno con la demanda del cultivo por área. El resultado de este subíndice es para todos los sistemas productivos bajo, reflejando una deficiencia de nitrógeno para los cultivos, lo cual afecta su rendimiento. Por ejemplo, en el caso del maíz, la falta de nitrógeno reduce el rendimiento de grano hasta en un 80%. El subíndice se enfoca en la cantidad de nitrógeno aplicada sin tomar en cuenta su origen. Mientras la cantidad de nitrógeno aplicada cubra la demanda, el subíndice presenta una tendencia positiva. Por lo tanto, este subíndice favorece teóricamente la promoción de fertilizantes químicos para resolver el problema de nitrógeno a corto plazo, una estrategia que contradice la idea base de ASAC.

El último índice es la medición de las emisiones de GEI por miembro del hogar. Como se explicó en la sección anterior, la medición está basada en la cantidad de fertilizante utilizado en la producción agrícola de la finca. El uso de fertilizantes es bajo y el número de miembros por hogar es considerable. Por ende, las emisiones resultantes por persona son reducidas. Aunque la emisión a nivel individual es reducida, debido a la gran cantidad de fincas, su impacto a nivel agregado es significativo. Sin embargo, existe una gran diferencia entre lo que es técnicamente factible a través de un proyecto y lo que los productores están dispuestos o son capaces de hacer. Resulta difícil que los agricultores adopten prácticas de mitigación si estas prácticas afectan su productividad o seguridad alimenticia (Wollenberg et al., 2012).

La calculadora ASAC es un instrumento para medir los avances logrados en la promoción de una Agricultura Sostenible Adaptada al Clima. Sin embargo, los sistemas agrícolas son sistemas complejos con muchas interdependencias agroecológicas y sociopolíticas. Como se observó, algunas veces se presentan conflictos entre los tres objetivos, ya que el avance en un índice puede impactar negativamente en el otro. Un importante desafío para la introducción de las prácticas ASAC consiste en reconocer estos “trade-offs” entre los diferentes índices.

4. CONCLUSIONES

- Se encontró que después de la introducción de las prácticas de ASAC a través de un proyecto de desarrollo en sistemas productivos en los municipios de Santa Rita y Olopa, aún no se han logrado que los sistemas productivos sean climáticamente inteligentes.
- Para los sistemas productivos basados en granos básicos resulta difícil lograr un índice alto en la productividad. Esto debido a que los granos básicos son producidos para el autoconsumo, por lo que no hay venta para cubrir los costos productivos.
- La adaptación de los sistemas productivos al cambio climático es baja, pero más favorable para los sistemas con producción de café. El café como cultivo comercial permite una mejor eficiencia en el uso de agua y fertilizantes.
- Al ser sistemas productivos de bajos insumos externos, los índices de mitigación para los granos básicos son bajos. El cultivo de café permite un mayor uso de insumos externos (fertilizantes), afectando negativamente su nivel de mitigación.
- La calculadora para medir la inteligencia de un sistema productivo ante el cambio climático es un instrumento relevante para definir las estrategias de desarrollo agrícola en sistemas productivos vulnerables. Aunque existe el riesgo de que las estrategias sean enfocadas al corto plazo mediante el aumento de la productividad, afectando la inteligencia del sistema a largo plazo.

5. RECOMENDACIONES

- La calculadora debería incluir aspectos del trabajo de la finca, ya que es un ingreso importante para financiar insumos y cubrir las necesidades calóricas del hogar.
- Se debe incluir índices que miden mejorar el efecto de las practicas ASAC en los sistemas productivos, incluyendo un índice que mide el grado de adopción de las prácticas introducidas por parte de los proyectos de desarrollo. el transporte de los cultivos.
- La calculadora beneficiaria realizando dos mediciones (ex ante y ex pos) para medir el impacto de las intervenciones.

6. LITERATURA CITADA

- Banco Mundial. (2020). World Development Indicators. Banco Mundial.
- Blanco Sepúlveda, R., y Aguilar Carrillo, A. (2015). Soil erosion and erosion thresholds in an agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga* spp and *Musa* spp) in Northern Nicaragua. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 210, 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.032>
- Bonilla-Findji, O., y Acosta, M. (2019). Generando evidencia sobre la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima con perspectiva de género para informar políticas en Centroamérica: Presentación. Colombia. CIAT.
- Camas Gómez, R., Turrent Fernández, A., Cortes Flores, J. I., Livera Muñoz, M., González Estrada, A., Villar Sánchez, B., López Martínez, J., Espinoza Paz, N., y Cadena Iñiguez, P. (2018). Erosión del suelo, escurrimiento y pérdida de nitrógeno y fósforo en laderas bajo diferentes sistemas de manejo en Chiapas, México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 3(2), 231–243. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i2.1459>
- Campbell, B. M., Thornton, P., Zougmore, R., van Asten, P., & Lipper, L. (2014). Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.07.002>
- CGIAR. (2017). *Climate Smart Agriculture 101*. <https://csa.guide/csa/about-this-website#main-index>. Recuperado el 15 de octubre de 2020,
- Eitzinger, A., Cock, J., Atzmanstorfer, K., Binder, C. R., Läderach, P., Bonilla-Findji, O., Bartling, M., Mwongera, C., Zurita, L., & Jarvis, A. (2019). Geofarmer: A monitoring and feedback system for agricultural development projects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158, 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.01.049>
- Ellis, F. (1988). *Peasant Economics: Farm Households and Agrarian Development*. Wye Studies in Agricultural and Rural Development. Cambridge University Press,
- FAO. (2013). *FAO, 2013 FAO Climate Smart Agriculture Sourcebook*. FAO.
- Hoevenaars, K., y Ng'ambi, W. (2020). Better management practices manual smallholders farming tilapia pond based systems in Zambia. CGIAR Research Program on Fish Agri-Food Systems.: FISH-2019-07. WorldFish.
- Jansen, H. G.P., Rodriguez, A., Damon, A., Pender, J., Chenier, J., y Schipper, R. (2006). Determinants of Income-Earning Strategies and Adoption of Conservation Practices in Hillside Communities in Rural Honduras. *Agricultural Systems*, 88(1), 92–110. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.06.005>
- Kassie, M., Jaleta, M., Shiferaw, B., Mmbando, F., & Mekuria, M. (2013). Adoption of Interrelated Sustainable Agricultural Practices in Smallholder Systems: Evidence from rural Tanzania. *Technological Forecasting and Social Change*, 80 (3), 525–540. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.08.007>
- Kayatz, B., Baroni, G., Hillier, J., Lüdtke, S., Heathcote, R., Malin, D., van Tonder, C., Kuster, B., Freese, D., Hüttl, R., & Wattenbach, M. (2019). Cool Farm Tool Water: A global on-line

- tool to assess water use in crop production. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1163–1179. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.160>
- Knowler, D., & 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>
- Larson, J. B., Castellanos, P., & Jensen, L. (2019). Gender, household food security, and dietary diversity in western Honduras. *Global Food Security*, 20, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.01.005>
- Lennox, J., Ramírez, D. y Olivares, J. (2015). *Climate Change in Central America: Potential Impacts and Public Policy Options*. México. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39150/7/S1800827_en.pdf
- 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., Kossam, F., Mann, W., McCarthy, N., Meybeck, A., Neufeldt, H., Remington, T., . . . Torquebiau, E. F. (2015). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, 5(4), 386. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2586>
- López de Romaña, D., y Cediél, G. (2017). Situación actual de los micronutrientes en Latinoamérica y el Caribe: Prevalencia de su deficiencia y programas nacionales de entrega de micronutrientes. Reporte Técnico Preparado Para Consulta Regional Organizada Por El Programa Mundial De Alimentos.
- Lybbert, T. J., & 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., Buckeridge, M. S., Castellanos, E., Poveda, G., Scarano, F. R., & Vicuña, S. (2014). Central and South America: In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press,.
- Neufeldt, H., Jahn, M., Campbell, B. M., Beddington, J. R., DeClerck, F., Pinto, A. de, Gullede, J., Hellin, J., Herrero, M., Jarvis, A., LeZaks, D., Meinke, H., Rosenstock, T., Scholes, M., Scholes, R., Vermeulen, S., Wollenberg, E., y Zougmore, R. (2013). Beyond climate-smart agriculture: toward safe operating spaces for global food systems. *Agriculture & Food Security*, 2(1), 20260. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-2-12>
- Ordaz, J. L., Ramirez, D., Mora, J., Acosta, A., & Serna, B. (2010). Honduras: Efectos del Cambio Climatico sobre la Agricultura. Mexico DF.
- Osorio-García, A. M., Paz, L., Howland, F., Ortega, L. A., Acosta-Alba, I., Arenas, L., Chirinda, N., Martinez-Baron, D., Bonilla Findji, O., Loboguerrero, A. M., Chia, E., y Andrieu, N. (2020). Can an innovation platform support a local process of climate-smart agriculture implementation? A case study in Cauca, Colombia. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(3), 378–411. <https://doi.org/10.1080/21683565.2019.1629373>

- Prager, S., Rios, A. R., Schiek, B., Almeida, J., & Gonzalez, C. E. (2020). Vulnerability to Climate Change and Economic Impacts in the Agriculture Sector in Latin America and the Caribbean. Advance online publication. <https://doi.org/10.18235/0002580>
- Ruben, R., & van den Berg, M. (2001). Nonfarm Employment and Poverty Alleviation of Rural Farm Households in Honduras. *World Development*, 29(3), 549–560. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00107-8](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00107-8)
- Scherr, S. J., Shames, S., & Friedman, R. (2012). From climate-smart agriculture to climate-smart landscapes. *Agriculture & Food Security*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-12>
- Thomas, T. S., Loboguerrero, A. M., Rios, A. R., Martínez Barón, D., y Magrin, G. (2018). Climate Change and Agriculture in Central America and the Andean Region (Project Note). Washington DC. IFPRI.
- Wollenberg, E., Higman, S., Seeberg-Elverfeldt, C., Neely, C., Tapio-Biström, M.-L., & Neufeldt, H. (2012). Helping smallholder farmers mitigate climate change (Policy Brief No. 5). CCAFS.

18333_19011- La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima Estudio de caso en Santa Rita Honduras y Olopa Guatemala_

Final Audit Report

2020-11-20

Created:	2020-11-20
By:	Luis Sandoval (lsandoval@zamorano.edu)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAAwWtgo2lt8annPIRNEUAc6Ccils05y1Nq

"18333_19011- La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima Estudio de caso en Santa Rita Honduras y Olopa Guatemala_" History

-  Document created by Luis Sandoval (lsandoval@zamorano.edu)
2020-11-20 - 3:23:05 PM GMT- IP address: 190.99.22.59
-  Document emailed to Arie Sanders (asanders@zamorano.edu) for signature
2020-11-20 - 3:24:32 PM GMT
-  Email viewed by Arie Sanders (asanders@zamorano.edu)
2020-11-20 - 3:25:50 PM GMT- IP address: 200.10.153.23
-  Document e-signed by Arie Sanders (asanders@zamorano.edu)
Signature Date: 2020-11-20 - 3:26:13 PM GMT - Time Source: server- IP address: 200.10.153.23
-  Document emailed to Nadine Andrieu (nadine.andrieu@cirad.fr) for signature
2020-11-20 - 3:26:15 PM GMT
-  Email viewed by Nadine Andrieu (nadine.andrieu@cirad.fr)
2020-11-20 - 3:32:23 PM GMT- IP address: 195.221.169.70
-  Document e-signed by Nadine Andrieu (nadine.andrieu@cirad.fr)
Signature Date: 2020-11-20 - 4:07:23 PM GMT - Time Source: server- IP address: 195.221.169.70
-  Document emailed to Raul Soto (rsoto@zamorano.edu) for signature
2020-11-20 - 4:07:24 PM GMT
-  Email viewed by Raul Soto (rsoto@zamorano.edu)
2020-11-20 - 4:20:45 PM GMT- IP address: 186.32.241.103

 Document e-signed by Raul Soto (rsoto@zamorano.edu)

Signature Date: 2020-11-20 - 4:21:06 PM GMT - Time Source: server- IP address: 186.32.241.103

 Document emailed to Luis Fernando Osorio (ctrejo@zamorano.edu) for signature

2020-11-20 - 4:21:08 PM GMT

 Email viewed by Luis Fernando Osorio (ctrejo@zamorano.edu)

2020-11-20 - 4:24:39 PM GMT- IP address: 181.115.63.130

 Document e-signed by Luis Fernando Osorio (ctrejo@zamorano.edu)

Signature Date: 2020-11-20 - 8:51:41 PM GMT - Time Source: server- IP address: 181.115.63.130

 Agreement completed.

2020-11-20 - 8:51:41 PM GMT