

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA



EVALUACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA
SOSTENIBLE ADAPTADA AL CLIMA (ASAC), EN TRES VARIEDADES
DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN LAS COMUNIDADES DE LA
PRENSA Y TITUQUE DEL MUNICIPIO DE OLOPA, CHIQUIMULA

VINICIO ARNOLDO GUERRA MARTÍNEZ

CHIQUMULA, GUATEMALA, FEBRERO 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA

EVALUACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA
SOSTENIBLE ADAPTADA AL CLIMA (ASAC), EN TRES VARIEDADES
DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN LAS COMUNIDADES DE LA
PRENSA Y TITUQUE DEL MUNICIPIO DE OLOPA, CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

VINICIO ARNOLDO GUERRA MARTÍNEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, FEBRERO 2024

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMÍA**



**RECTOR
M.A. WALTER RAMIRO MAZARIEGOS BIOLIS**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
Representante de Profesores:	Mtro. Helmuth César Catalán Juárez
Representante de Profesores:	Mtro. José Emerio Guevara Auxume
Representante de Graduados:	Ing. Agr. Henry Estuardo Velásquez Guzmán
Representante de Estudiantes:	A.T. Zoila Lucrecia Argueta Ramos
Secretaria:	Lcda. Yessica Azucena Oliva Monroy

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Mtro. Carlos Leonel Cerna Ramírez
Coordinador de Carrera:	Mtro. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Secretario:	Mtro. Edgar Antonio García Zeceña
Vocal:	Mtro. Ricardo Otoniel Suchini Paiz

TERNA EVALUADORA

Mtro. Edgar Antonio García Zeceña
Ing. Agr. José Ángel Urzúa Duarte
Ing. Agr. Melvin Gabriel Heredia Osorio

Chiquimula, Enero de 2024

Señores:

Miembros Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Universidad de San Carlos de Guatemala

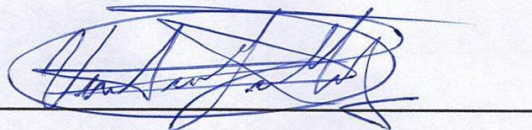
Respetables señores:

En cumplimiento con lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente, presento a consideración de ustedes, el trabajo de graduación titulado “ **EVALUACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE ADAPTADA AL CLIMA (ASAC), EN TRES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN LAS COMUNIDADES DE LA PRENSA Y TITUQUE DEL MUNICIPIO DE OLOPA, CHIQUIMULA** ” .

Como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Agrónomo, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Vinicio Arnoldo Guerra Martínez

200240168

REF-SDVM-02-2024
Chiquimula, febrero de 2024

Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Osorio:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación - PTG- de la Carrera de Ing. Agr. en Sistemas de Producción, para asesorar al estudiante, Vinicio Arnoldo Guerra Martínez carné: 200240168, en el trabajo de investigación denominado: **"EVALUACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE ADAPTADA AL CLIMA (ASAC), EN TRES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN LAS COMUNIDADES DE LA PRENSA Y TITUQUE DEL MUNICIPIO DE OLOPA, CHIQUIMULA"**., tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"



MSc. Servio Darío Villela Morataya
Asesor PTG

cc. Archivo

D-TG-A-064/2024

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **VINICIO ARNOLDO GUERRA MARTÍNEZ** titulado **"EVALUACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE AGRICULTURA SOSTENIBLE ADAPTADA AL CLIMA (ASAC), EN TRES VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.), EN LAS COMUNIDADES DE LA PRENSA Y TITUQUE DEL MUNICIPIO DE OLOPA, CHIQUIMULA"**, trabajo que cuenta con el aval de su Asesor, de la carrera de Agronomía. Por tanto, la Dirección del CUNORI, con base en las facultades que le otorgan las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria, **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a dos de febrero de dos mil veinticuatro.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Lic. Zoot. Merlin Wilfrido Osorio López

DIRECTOR
CUNORI - USAC



ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por ser fuente de sabiduría, por sus bendiciones que día a día recibo de Él, por su misericordia, amor y fuerza para alcanzar mis metas.

A mis padres

Porque nos han enseñado a ser personas trabajadoras, legales y de buen corazón. Mynor Arnoldo Guerra Ortiz, por hacerme una persona de bien y de principios, apoyándome siempre en toda mi formación. Ana Corina Martínez Pasos de Guerra, por ser mi mayor inspiración en este proceso y en toda mi formación; este título es tuyo, te amo madre.

A mi esposa e hijos

Por ser el motor y el motivo para seguir siempre adelante, brindarme siempre todo su apoyo; los amo, Lanni Portillo, Derick Guerra Portillo y Santiago Guerra Portillo.

A mis hermanos

Mynor Geovanelly Guerra Martínez, por darme esa mano y esos consejos que tanto necesitaba para lograr esta meta y ser un ejemplo de superación para toda nuestra familia. Ana Corina Guerra Martínez, por darme ánimos para seguir siempre adelante y darme el ejemplo que con esfuerzo todo se puede alcanzar. Los quiero mucho hermanos.

AGRADECIMIENTOS

A CUNORI -USAC-

Por ser el centro de enseñanza, formador de profesionales que diligentemente sirven al país en las diversas áreas de conocimiento.

A la carrera de Agronomía

Por haberme brindado el conocimiento para mi formación académica.

A mi asesor

Ing. Agr. Servio Darío Villela Morataya, por haberme apoyado en esta Investigación.

A los docentes de Agronomía

Por haberme apoyado a seguir adelante en este proceso.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO CONCEPTUAL	4
2.1 Antecedentes	4
2.2 Justificación	7
2.3 Planteamiento del problema	8
3. MARCO TEÓRICO	10
3.1 Generalidades del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	10
3.1.1 Origen	10
3.1.2 Taxonomía	11
3.1.3 Morfología	11
3.1.4 Valor nutricional	12
3.2 Fenología del cultivo o periodo vegetativo	13
3.2.1 Fase vegetativa	13
3.2.2 Fase reproductiva	13
3.2.3 Etapas de desarrollo del frijol	14
3.3 Requerimientos edafoclimáticos	15
3.3.1 Clima	15
3.3.2 Suelo y pH	15
3.3.3 Temperatura	16
3.4 Plagas	16
3.5 Enfermedades	18
3.5.1 Enfermedades causadas por hongos	18
3.5.2 Enfermedades causadas por bacterias	20
3.5.3 Enfermedades causadas por virus	21
3.6 Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC)	21
3.6.1 Características de la ASAC	22
3.7 Prácticas ASAC en el campo	24

3.7.1	Barreras muertas	ÍNDICE	24
3.7.2	Labranza de conservación		24
3.7.3	Reservorios de agua		25
3.7.4	Riego por goteo		25
3.7.5	Rotación de cultivos		25
3.7.6	Sistemas agroforestales:		26
3.7.7	Variedades tolerantes a plagas y enfermedades		26
3.7.8	Variedades tolerantes al calor o estrés hídrico		26
3.7.9	Zanjas en contorno		27
3.7.10	Fertilizante orgánico Lombricompost		27
3.8	Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA)		28
4.	MARCO REFERENCIAL		30
4.1	Ubicación y descripción del área experimental		30
4.2	Características agronómicas de los cultivares		32
4.2.1	ICTA Ligero		32
4.2.2	Vaina morada		32
4.2.3	ICTA Chorti		32
4.3	Clima y zona de vida		32
4.4	Recursos naturales		33
4.4.1	Suelos		33
4.4.2	Agua		34
5.	MARCO METODOLÓGICO		36
5.1	Objetivos		36
5.1.1	Objetivo general		36
5.1.2	Objetivos específicos		36
5.2	Hipótesis		36
5.3	Localidad y época de siembra		36
5.3.1	Selección del área		37

5.4	Prueba de hipótesis	ÍNDICE	37
5.5	Estadístico de prueba		37
5.5.1	Parcelas pareadas		37
5.6	Área experimental		38
5.7	Variables respuesta		39
5.7.1	Rendimiento de grano		39
5.8	Análisis de la información		39
5.9	Manejo del experimento		39
5.9.1	Preparación del terreno		39
5.9.2	Tratamiento de semilla		39
5.8.1	Siembra		40
5.8.2	Fertilización		40
5.8.3	Control de malezas		40
5.8.4	Control de plagas		40
5.8.5	Control de enfermedades		41
5.8.6	Cosecha		41
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN		42
6.1	Rendimiento		42
6.2	Análisis financiero		45
7.	CONCLUSIONES		48
8.	RECOMENDACIONES		49
9.	REFERENCIAS		50
10.	APÉNDICE		54

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Taxonomía del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)	11
2. Valor nutricional del frijol negro en 100g	13
3. Fase vegetativa y fase reproductiva del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L)	14
4. Rangos de temperatura para el desarrollo del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	16
5. Contenido nutricional del lombricompost	28
6. Localidades de los productores y tecnología utilizadas en las parcela evaluadas	30
7. Listado de localidades, variedades, tecnologías y rendimientos en kg/ha obtenidos en las parcelas evaluadas, Aldea la Prensa y Caserio Tishmuntique Aldea Tituque, Municipio de Olopa, Chiquimula	42
8. Rendimiento en kg/ha de las variedades de Frijol Vaina Morada, Icta Ligero, Icta chortí, evaluadas en las dos localidades	43
9. Resultados de la Prueba T para muestras independientes, para rendimiento en kg/ha de las dos tecnologías evaluadas	44
10. Resultados de la Prueba T para muestras independientes, para rendimiento en kg/ha de tres variedades de frijol	44
11. Costo de producción parcela de frijol tecnología ASAC	45
12. Costo de producción parcela de frijol tecnología tradicional	46
13. Beneficio neto de los tratamientos evaluados con tecnología ASAC y tradicional, municipio de Olopa Chiquimula. 2023	46
14. Beneficio costo de los tratamientos evaluados con tecnología ASAC y tecnología tradicional en el Municipio de Olopa Chiquimula. 2023	47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Etapas de desarrollo del cultivo de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	15
2. Agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC)	23
3. Mapa de ubicación de parcelas	31
4. Área experimental de parcelas de 300 m ²	38
5. Rendimiento de tres variedades de frijol bajo dos tecnologías de manejo	45

1. INTRODUCCIÓN

En la región de Centroamérica, persiste el desafío de cómo proporcionar información climática de manera efectiva a los agricultores. La información proveniente de los servicios meteorológicos nacionales y otras organizaciones puede generar cambios significativos en el conocimiento, las prácticas y la actitud de los agricultores, llevándolos hacia una toma de decisiones más informada.

Los pequeños agricultores desempeñan un papel crucial en la seguridad alimentaria, ya que la agricultura de secano a pequeña escala constituye la principal fuente de alimento e ingresos para dos tercios de la población. Decisiones importantes relacionadas con la vida doméstica y la producción agrícola y ganadera dependen en gran medida de factores climáticos, como la cantidad de lluvia, la duración y fecha de inicio de la estación lluviosa, así como la ocurrencia de períodos de sequía. Estos aspectos climáticos varían considerablemente de un año a otro.

En Guatemala, el cultivo de frijol adquiere una importancia significativa, especialmente en las zonas rurales, siendo una de las principales actividades económicas en varias regiones del país. El frijol representa una de las principales fuentes de proteína en la alimentación diaria de la población guatemalteca, representando el 22% del total consumido, con un promedio de ingesta diaria per cápita de 58 gramos al día. (Rivas Morales, 2004).

La producción de frijol en el departamento Chiquimula es reconocida a nivel nacional por su calidad, gracias a sus características de cocción y sabor; sin embargo, los productores se enfrentan a una serie de situaciones complejas como la reducción del rendimiento, a causa del deterioro de los suelos, plagas, enfermedades, variedades locales de bajo potencial de rendimiento, aplicaciones inadecuadas de macronutrientes, obligando a los productores a utilizar altas dosis de fertilizantes provocando incremento en los costos de producción (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2007).

La mayoría de agricultores utiliza variedades criollas susceptibles a plagas y enfermedades existentes en la zona donde se cultiva frijol; esto repercute en el rendimiento como promedio nacional de frijol, muy por debajo de los rendimientos reportados cuando se usan variedades mejoradas cuyo promedio tiende a aumentar considerablemente.

La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) representa la ambición de mejorar la integración de la capacidad de respuesta al cambio climático con la planificación de desarrollo agropecuario. ASAC se define como “la agricultura que de forma sostenible incrementa la productividad, mejora la resiliencia (adaptación), reduce/remueve GEI (mitigación), y permite el logro de la seguridad alimentaria y los objetivos de desarrollo nacionales” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO-MAGA], 2016). ASAC incluye técnicas tradicionales como coberturas del suelo, cultivos intercalados, agricultura de conservación y manejo de pasturas y del estiércol, así como prácticas, programas y políticas innovadoras, tales como variedades mejoradas, seguros contra riesgos y mejores predicciones climáticas. Una amplia adopción de ASAC puede crear paisajes sostenibles y servir de impulso hacia sistemas productivos sostenibles y adaptados al clima, pero lograr esto requiere la integración de ASAC a diferentes niveles desde la finca hasta la planificación nacional y regional (Ortega Fernández et al., 2018).

Se tuvo el objetivo de buscar alternativas de producción y con apoyo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Asociación Regional Campesina Chorti (ASORECH) y el Centro Universitario de Oriente (Cunori-USAC) por medio de la evaluación de una tecnología de Agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC) en tres variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), en dos comunidades La Prensa y Tishmuntique del municipio de Olopa, departamento de Chiquimula, Guatemala.

Respecto a la evaluación de las metodologías de manejo (ASAC y tradicional) de las variedades de frijol negro (Vaina morada, ICTA Ligero e ICTA Chortí), sembradas en postrera (segundo ciclo) por subparcela, donde se evaluaron el rendimiento de grano y la rentabilidad de la producción de las 18 parcelas de 100m², el peso de la cosecha de cada parcela en kg/Ha. De acuerdo a la tecnología empleada así también la

variedad evaluada pudiendo observar que las parcelas con tecnología ASAC y el cultivar vaina morada son las que tienen mejor rendimiento, mayor beneficio financiero en relación a los otros cultivares en las dos localidades en el municipio de Olopa, Chiquimula, donde se realizó la investigación.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes

El enfoque de los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC) está fundamentado en los principios de la investigación participativa para generar evidencia sobre la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC). La investigación realizada en los TeSAC está, por defecto, basada en las especificidades del contexto y en sus características habilitadoras para la implementación y el escalamiento de la ASAC.

Con el fin de hacer frente a las amenazas que el cambio climático para los medios de vida rurales, la República de Guatemala, junto con el resto de la región Centroamericana, se ha embarcado en el diseño de medidas y políticas de adaptación y mitigación para reducir las emisiones y adaptar los sistemas de producción alimentaria para disminuir su vulnerabilidad y aumentar su resiliencia, a nivel nacional y regional. Entre ellas, se han promovido políticas y programas de agricultura sostenible adaptada al clima, que buscan mejorar la producción y seguridad alimentaria de los sistemas productivos, al mismo tiempo que mejorar la adaptación y contribuir a la mitigación de gases invernaderos.

En este marco, las unidades de cambio climático y género del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de la República de Guatemala junto con el programa de investigación del CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS) han venido trabajando conjuntamente durante los últimos años para proveer al sector agrícola nacional con herramientas con enfoque de género que permitan mejorar su capacidad de adaptación a los desafíos que la variabilidad al cambio climático están trayendo al sector.

El Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS), ha promovido en Olopa (Guatemala) y Santa Rita (Honduras), municipios localizados en el Corredor Seco, el enfoque de los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC), desde el año 2016. En los TeSAC, mediante el uso de información agroclimática, transmitida a través de la metodología de "Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura - PICSA", se han priorizado e

implementado prácticas agropecuarias enfocadas en tres pilares fundamentales, los cuales son: mejorar la adaptación de los cultivos al clima, aumentar la productividad y la seguridad alimentaria de las familias y comunidades y aumentar la mitigación al cambio climático (Dorward et al., 2017).

El proyecto INNOVA - AF, financiado por IFAD, se inició el sub-proyecto en Guatemala "Capitalización de prácticas y experiencias innovadoras de adaptación de la agricultura familiar al cambio climático", el cual fue liderado por IICA y ejecutado por ASORECH con el acompañamiento de CCAFS, Ayuda en Acción y el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA). Dicho sub proyecto, se implementó en su mayoría en comunidades pertenecientes al TeSAC de Olopa y uno de sus componentes más importantes fue la implementación de sistemas integrales de producción agropecuaria sostenible, basados en prácticas de adaptación, mitigación y productividad (Dorward et al., 2017).

Con base en lo anterior, algunas prácticas agropecuarias implementadas en Guatemala, en el TeSAC de Olopa (en las comunidades de El Guayabo, Nochán, Tuticopote abajo, Valle Nuevo y Amatillo), en las otras comunidades participantes del proyecto INNOVA – AF (Tansha, municipio de Jocotán y Quequesque, Roblarcito, municipio de San Juan Ermita) y en Honduras en el TeSAC Santa Rita (en las comunidades de Tierra Fría, La Casita, Aldea nueva, Queseras y Villanueva). También dichas prácticas son el resultado de un esfuerzo entre las comunidades, las instituciones de cooperación e investigación y los socios implementadores tanto en Guatemala (la Asociación Regional Campesina Ch'orti' - ASORECH), como en Honduras la Comisión de Acción Social Menonita CASM (Dorward et al., 2017).

Es en este ámbito, donde MAGA y CCAFS han unido esfuerzos para la realización de guías prácticas que puedan guiar a actores de nivel nacional o subnacional, así como en el diseño, implementación y monitoreo de intervenciones que busquen promover una agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC) (Bonilla-Findji et al., 2018).

Por consiguiente, la importancia de conseguir cultivares con alto potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades y otros caracteres (precocidad, arquitectura etc.) sigue siendo relevante para el país. Lograr cultivares mejor adaptados para las diferentes zonas facilitaría su adopción masiva permitiendo mayor productividad, un ciclo fenológico más corto, reducción de costos de producción y un mayor ingreso para los agricultores (Araya et al., 1992).

Las líneas avanzadas de frijol negro se han venido trabajando a través de los años buscando obtener mediante mejoras genéticas, selección de individuos, variedades y tecnologías que puedan brindarle al agricultor respuestas que se presentan en los campos de producción (Araya et al., 1992).

2.2. Justificación

Guatemala, ubicada en el corazón de Centroamérica, enfrenta desafíos climáticos significativos, especialmente en siete de sus veintidós departamentos situados en el vulnerable Corredor Seco. Esta región, según FAO-MAGA (2016); se caracteriza por lluvias irregulares y una alta susceptibilidad a la variabilidad climática y al cambio climático. Los pronósticos muestran una alta probabilidad de disminución de lluvias y aumento progresivo de la temperatura en el futuro.

En el Corredor Seco, los agricultores dependen en gran medida del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), esencial para la seguridad alimentaria. Sin embargo, los impactos negativos del clima amenazan las cosechas, afectando directamente a las familias. La gestión eficaz del riesgo agro-climático se vuelve crucial, involucrando prácticas agronómicas efectivas y decisiones informadas por datos climáticos.

El frijol, principal fuente de proteína vegetal en Guatemala (22%), es un pilar de la dieta rural produciéndose también en el norte y sur-oriental del país, las variedades actuales son susceptibles a enfermedades y sequías, lo que representa una amenaza seria para los agricultores, especialmente en municipios como Olopa.

Para abordar estos desafíos, la implementación de la Tecnología Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) en la producción de frijol se vuelve crucial. Esta tecnología puede mejorar significativamente el rendimiento, la producción y los ingresos de los agricultores, al tiempo que optimiza el uso del agua y beneficia la calidad de las parcelas agrícolas. La ASAC ofrece una alternativa más eficiente frente a las limitaciones de las técnicas tradicionales, brindando un enfoque integral para enfrentar los desafíos climáticos y fortalecer la resiliencia de las comunidades agrícolas en Guatemala.

2.3. Planteamiento del problema

En nuestro país, se hace evidente la falta de una alimentación y nutrición adecuada de la población. Los esfuerzos prioritarios de los guatemaltecos deben de ir encaminados a lograr un mejor nivel tecnológico, que aplicado a la agricultura, permita obtener mayores rendimientos con la utilización de recursos disponibles.

En el mundo entero, condiciones cambiantes del clima, la superpoblación, la disminución de las áreas para la producción agrícola, y la disponibilidad de insumos productivos, han hecho que los rendimientos de los cultivos se vean afectados. En el caso particular del cultivo del frijol en Guatemala, se ha reducido el rendimiento promedio por área de 0.8 a 0.7 toneladas métricas por hectárea por lo que es necesaria la investigación, posiblemente la implementación de tecnologías tanto de cultivo como del manejo Post-cosecha no han sido mejoradas o no han sido atendidas adecuadamente por los productores. Unido a esto, generalmente en Guatemala esta actividad de siembra de frijol está desarrollada en zonas marginales y con productores de escasos recursos (Villatoro Mérida et al., 2011).

Uno de los principales inconvenientes del cultivo del frijol, es el manejo de los paquetes tecnológicos y condiciones de manejo, que requieren las variedades mejoradas, ya que los productores en su mayoría no pueden cumplir, en la mayoría de casos, por no disponer del recurso económico para adquirir los insumos necesarios y en otras ocasiones debido a la idiosincrasia que posee el agricultor que no desea modificar su forma de trabajo.

Se puede observar que los productores actualmente ya no poseen semillas de una sola variedad por lo que tienden a sembrar mezcla de variedades de las cuales la mayoría tienden a ser de baja productividad y no es rentable la producción de cultivo de frijol.

Como resultado a este proceso de evaluación de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC), en tres variedades de frijol negro, se pueda brindar al agricultor que

cultiva en zonas del área rural, la información necesaria del comportamiento de estas variedades de frijol y cuando se cultiva bajo condiciones de tecnología tradicional.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

3.1.1. Origen

Según Vavilov (1951, citado por Rivas Morales, 2004). el origen del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en investigaciones arqueológicas refirieron restos en diversos sitios de Estados Unidos, México y Perú. Según Linnaeus (1753, citado por Rivas Morales, 2004), la consideró como de origen asiático, señalando a la India como el posible centro de diversificación, posteriormente De Candolle (1886 citado por Rivas Morales, 2004), basándose en los escritos griegos sobre el cultivo de la leguminosa “*Phaseolus*”, consideró que *Phaseolus vulgaris* L. procedía de Asia Occidental. Más tarde, Vavilov, de acuerdo con Bucasov (1931, citado por Rivas Morales, 2004), después de haber estudiado numerosas variedades de frijol recolectadas en México, Guatemala, Colombia, Perú, Chile y Bolivia, dedujo que el área México-Guatemala era el centro de mayor diversificación de la especie *Phaseolus vulgaris* L.

En el país, dentro de los granos básicos, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto por la superficie sembrada como por la cantidad que consume la población (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas [ICTA], 2014).

El frijol se cultiva a nivel nacional variando, desde luego, el área de siembra, los rendimientos y las tecnologías de manejo de una región a otra. ¿Dónde se produce el frijol? En el país están delimitadas cuatro regiones que sobresalen como productoras de frijol las cuales por orden de importancia son: Región Oriental, Región Altiplano, Región Norte y la Región del Sur (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2007).

La producción nacional se encuentra distribuida de la siguiente forma: Petén 27%, Jutiapa 13 %, Chiquimula 10 %, Santa Rosa 7 %, Jalapa 6 %, Quiché 5 %, Alta Verapaz 5 %, Huehuetenango 4 %, Guatemala 4 %, Chimaltenango 4 % y los demás departamentos de la República suman el 15% restante. El 69.3 % de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 7 departamentos: Petén 17 %, Jutiapa 13.5

%, Quiché 9.9 %, Chiquimula 8.4 %, Huehuetenango 8.1 %, Jalapa 6.4 % y Santa Rosa 6.0 % (FAO-MAGA, 2016).

3.1.2. Taxonomía

Tabla 1: Taxonomía del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Reino	Plantae
División	Traqueofita
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Género	Phaseolus
Especie	Phaseolus vulgaris, L.

Fuente: ICTA, 2014.

3.1.3. Morfología

Es una planta dicotiledónea anual, perteneciente a la familia de las leguminosa, muy apreciada por el alto valor nutritivo de su semilla (Córdova, 1978).

a. Raíz: El tallo se continúa en el suelo por un órgano de color pardo que se va Adelgazando hacia su extremo libre, es la raíz principal que se ramifica en gran cantidad de raíces laterales que a su vez están ramificadas. En las raíces se encuentran pequeños abultamientos o nódulos que albergan grandes cantidades de bacterias que tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico (Córdova, 1978).

b. Tallo: En esta parte se aprecia un eje cilíndrico: el tallo principal que llega alcanzar hasta 0.5 metros de altura, de él parten tallos secundarios o ramas. Puede presentar color verde o rosado tirando a violeta, es herbáceo y débilmente lignificado en su parte inferior. En la extremidad de cada tallo o rama se observa una yema terminal (Córdova, 1978).

c. Hojas: Trifoliadas, verdes vellosas y alternas. las primeras dos son simples, acorazonadas y opuestas, la nervadura es reticulada (AGRI nova science, (2009).

d. Flores: Se presentan situadas en racimos y salen de las axilas de las hojas. Cada pedúnculo tiene de 2 a 4 flores, aunque a veces llegan hasta 8, son hermafroditas, pentámeras, tienen corola amariposada y son pequeñas de color blanco o azulado purpúreo. Esta corola irregular está formada por 5 pétalos, el más grande de los pétalos se llama estandarte, las laterales alas y los dos inferiores que están soldados por su extremo quilla, el ovario es supero (AGRI nova science, (2009).

e. Fruto: Es una legumbre que cuando madura se abre y pueden verse las semillas que hay en su interior las cuales presentan 2 cotiledones (AGRI nova science, (2009).

3.1.4. Valor nutricional

La importancia nutricional del grano de frijol está en el aporte proteínico. La utilización biológica de la proteína depende de varios factores tales como cantidad, calidad y digestibilidad. Existen dos tipos de proteínas que los alimentos aportan, proteína de alto valor biológico que nos la aportan alimentos de origen animal como: carnes, huevos y lácteos, y proteína de bajo valor biológico que lo aporta alimentos de origen vegetal como: legumbres, cereales y frutos secos. El aporte nutricional del frijol, se incrementa por el aporte de aminoácidos esenciales 9 al organismo, mezclándolo con otros cereales, en especial el maíz, de manera que el frijol es de gran importancia como aportador de proteína tanto en cantidad como en calidad al formar parte de una mezcla vegetal. En cuanto a micronutrientes el grano de frijol aporta hierro, tiamina, calcio, ácido fólico, zinc, entre otros (Menchú et al., 2012).

Tabla 2: Valor nutricional del frijol negro en 100g

Nutriente	Valor nutricional
% agua	10.4
K cal	343
Proteína g	22.7
Grasas g	1.6
Carbohidratos g	61.6
Fibra total g	18.37
Calcio mg	134
Fósforo mg	415
Hierro mg	7.1
B1 mg	0.47
B2 mg	0.15
B3 mg	2
Vitamina C mg	1
Potasio mg	1464
Sodio mg	8
Zinc mg	2.55
B6 mg	0.53
Ácido Fólico ug	463
Fracción comestible	1

Fuente: ICTA, 2014.

3.2. Fenología del cultivo o periodo vegetativo

La planta de frijol común presenta las siguientes fases de desarrollo:

3.2.1. Fase vegetativa

Se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales. En esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción (ICTA, 2014).

3.2.2. Fase reproductiva

Se inicia con la aparición de los primeros botones florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha. A pesar de que esta fase es

eminentemente reproductiva, durante ella las variedades de hábito de crecimiento indeterminado (tipo II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas (ICTA, 2014).

A lo largo de las fases, vegetativa y reproductiva, se han identificado 10 etapas de desarrollo bien definidas, las cuales conforman una escala conocida con el nombre de etapas de desarrollo del cultivo de frijol común. Cada una de estas se designa con un código formado por una letra y un número; por ejemplo, la letra Vi o Ri es la inicial de la fase (vegetativa o reproductiva) a la cual pertenece la etapa, mientras que el número (0 - 9) indica la posición de la etapa en la escala.

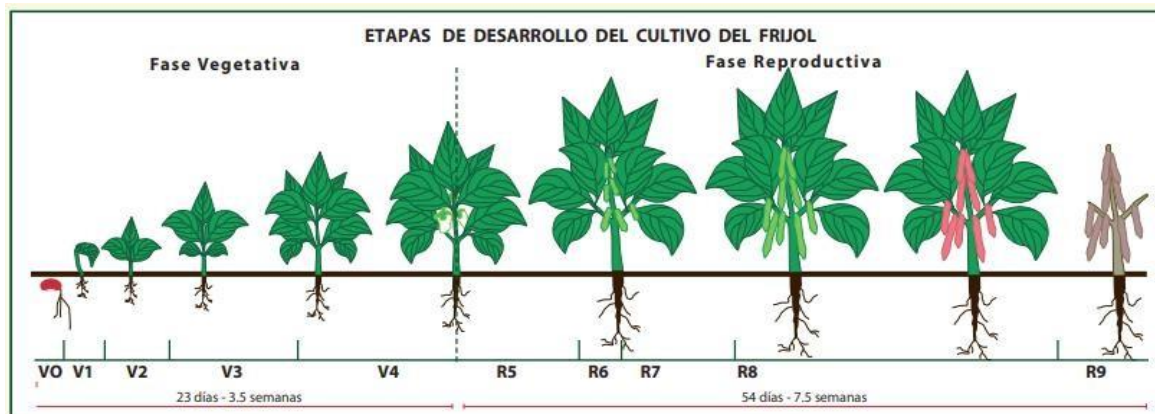
3.2.3. Etapas de desarrollo del frijol

Las etapas de desarrollo del cultivo son diez, cinco de desarrollo vegetativo y cinco de desarrollo reproductivo, siendo que el número de días para las variedades mejoradas actuales oscilan entre 62 a 77 días a madures después de la siembra (ICTA, 2014).

Tabla 3: Fase vegetativa y Fase reproductiva del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Fase	Etapas	Código	DDS
Vegetativa	Germinación	V0	0-5
	Emergencia	V1	5-7
	Hojas primarias	V2	7-11
	Primera hoja trifoliada	V3	11-16
	Tercera hoja trifoliada	V4	16-23
Reproductiva	Prefloración	R5	23-32
	Floración	R6	32-36
	Formación de vainas	R7	36-44
	Llenado de vainas	R8	44-62
	Maduración	R9	62-77

Fuente: (ICTA, 2014).



Fuente : (ICTA, 2014).

Figura 1: Etapas de Desarrollo del Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

3.3. Requerimientos edafoclimáticos

3.3.1. Clima

La planta de frijol es anual, se cultiva desde el trópico hasta las zonas templadas, aunque es una especie termófila, tiene poca tolerancia a las heladas; dando los mejores rendimientos en climas cálidos, es cultivado para la producción de semillas, las cuales contienen un alto contenido proteico y mineral, su fruto puede ser aprovechado en vaina entera inmadura (ejote) y sus semillas pueden ser consumidas tanto inmaduras como secas (Debouck e Hidalgo, 1984).

3.3.2. Suelo y pH

El cultivo de frijol requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, la poca aireación y acumulación de agua (Villatoro Mérida et al., 2011).

El pH óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de éste, presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso (Villatoro Mérida et al., 2011).

3.3.3 Temperatura

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedio de 15 a 27 °C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1,200 msnm, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades. Cuando la temperatura oscila entre 12-15 °C la vegetación es poco vigorosa y por debajo de 15 °C la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”. Por encima de los 30 °C también aparecen deformaciones en las vainas y se produce el aborto de flores (FFLUGSA, s.f.).

Tabla 4. Rangos de temperatura para el desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Temperatura óptima del suelo	15-20 °C
Temperatura ambiente óptima de germinación	20-30 °C
Temperatura mínima de germinación	10 °C
Temperatura óptima durante el día	21-28 °C
Temperatura óptima durante la noche	16-18 °C
Temperatura máxima biológica	35-37 °C
Temperatura mínima biológica	10-14 °C
Temperatura mínima letal	0-2 °C
Temperatura óptima de polinización	15-25 °C

Fuente: FFLUGSA, s.f.

3.4. Plagas

El frijol es un cultivo que es afectado por diversas plagas desde el inicio de su crecimiento. Estas plagas reducen su rendimiento al eliminar partes de hoja, raíces o flores y semillas si no se controlan oportunamente (Rivas Morales, 2004).

Dentro de las plagas más comunes que atacan al cultivo del frijol se encuentran:

a. Gallina ciega (*Phyllophaga* sp.)

Los adultos son escarabajos, ronrones o cucarrones típicos; depositan sus huevos, de color blanco perlado, a tres o más centímetros de profundidad en el suelo (Araya, 2010).

Las larvas o gusanos son robustas, en forma de “C” y miden de tres a tres y medio Centímetros. Son blandas, de color blanco y cabeza color café, sin ojos aparentes tienen mandíbulas fuertes, además las pupas se encuentran en el suelo en celdas construidas a 15-20 cm de profundidad y también permanecen inactivas durante el verano. Su ciclo de vida puede ser de uno a dos años, dependiendo de la especie (Araya, 2010).

b. Babosa o chimilca (*Sarasinulaplebeia*)

Los adultos son grises o marrones además tienen cuerpo alargado y no tienen patas, son blandos y húmedos. Al moverse dejan una secreción viscosa y pegajosa que se pone brillante al secarse. Los huevos son colocados en masas en lugares húmedos como troncos, piedras, suelo o bajo la basura (Escoto, 2004).

Las babosas jóvenes tienen el mismo aspecto que los adultos, aunque son de menor tamaño. Se reproducen con mucha facilidad. Son hermafroditas y muy prolíficas. Su ciclo de vida depende de la humedad del lugar donde habitan. Durante las épocas secas se mantienen inactivas, produciéndose una explosión reproductiva al iniciar las lluvias (postrera en el frijol) (Escoto, 2004).

c. Falso medidor (*Trichoplusia ni*)

En su fase adulta son palomillas de color café, de tórax abultado. Los huevos son redondeados y de color verde. Las hembras los colocan de forma individual en el haz de las hojas así también las larvas son de color verde con rayas laterales de color amarillo pálido con sus patas torácicas siempre son blancas y poseen tres pares de falsas patas en su parte trasera (Escoto, 2004).

Caminan recogiendo su cuerpo como si estuvieran midiendo la superficie. Las larvas empupan en un capullo tejido en el envés de las hojas. Su ciclo biológico dura entre 25 a 30 días (Escoto, 2004).

d. Crisomelidos (*Cerotomaspp.*, *Diabroticaspp*)

Los adultos son escarabajos pequeños (0.5 cm), de forma ovalada. Presentan una diversidad de colores y diferentes tipos de manchas en las alas. Tienen patas delgadas y antenas segmentadas, los huevos son colocados en el suelo en masas de 12 a 14 huevos siendo amarillentos y puntiagudos así también Las larvas son muy pequeñas, de color blanquecino, con la cabeza y la cola de color pardo-oscuro teniendo patas pequeñas cerca de la cabeza y viven en el suelo (Escoto, 2004).

Las pupas se encuentran en el suelo, son blandas y están encerradas en una celda. Su ciclo biológico dura de 30 a 35 días (Escoto, 2004).

e. Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Los adultos son muy pequeños, miden aproximadamente un milímetro, tienen dos pares de alas se los encuentra en la cara inferior de las hojas y cuando se mueve el follaje, vuelan rápidamente así también la hembra adulta pone hasta 160 huevos sobre la superficie inferior de las hojas los huevos son ovalados y diminutos y Las ninfas son de color amarillo pálido, de forma alada y aplanada no tienen patas ni alas y parecen escamas. Las ninfas completamente desarrolladas miden menos de un milímetro además el insecto completa hasta 15 generaciones durante cada cultivo (Escoto, 2004).

3.5. Enfermedades

3.5.1. Enfermedades causadas por hongos

a. Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum* Sacc et Magn)

Puede causar pérdidas totales en condiciones favorables. Es la principal causante del rechazo de lotes de semilla. Los síntomas se presentan en tallos, pecíolos, hojas, vainas y semillas. En plantas jóvenes, los tallos presentan manchas pequeñas (1 mm), alargadas, ligeramente hundidas, que crecen a lo largo y pueden quebrarlo. Debajo de las hojas, las venas principales se ven quemadas y presentan un color rojizo oscuro.

El síntoma más claro es en las vainas, donde se observan manchas redondas, hundidas, con borde rojizo. En ataques tempranos la vaina se tuerce y no produce granos (Araya, 2010).

b. Roya del frijol (*Uromyces appendiculatus var typica*)

Las pérdidas en rendimiento están alrededor del 25%. En las hojas se observan puntos amarillentos que, después de cuatro días de su aparición, presentan en el centro un punto de color oscuro, que se abre y libera un polvo rojizo o color ladrillo. Estos puntos se distribuyen por toda la hoja; en algunos casos presentan borde amarillo. Cuando la planta se acerca a la madurez, los puntos rojizos se vuelven negros. Ataques muy severos pueden causar amarillamiento y caída de hojas (Araya, 2010).

c. Mancha angular en frijol (*Phaeoisariopsis griseola* Sacc).

Puede causar pérdidas entre 40 y 80% en rendimiento. Los síntomas son más frecuentes en hojas y vainas, aunque también aparecen en tallos. En las hojas se

Observan pequeñas manchas de color gris o café, de forma cuadrada o triangular, con borde amarillento. Estas manchas crecen y se unen. Por debajo de la mancha en la hoja se observan pequeños bastoncitos grises. En plantas adultas ocurre amarillamiento y caída de las hojas inferiores. En las vainas se observan manchas café o rojizas circulares con un borde más oscuro (Araya, 2010).

d. Mancha ascochita (*Ascochyta spp.*)

También se le conoce como mancha foliar, se manifiesta en las hojas como manchas redondas de tamaño mediano a grande, con el centro crema o café claro, y rodeadas de un borde más oscuro de color café o rojizo que muestra varios anillos también el centro de la lesión puede presentar unos pequeños puntos blanquecinos, grises o negros. La infección se presenta en las primeras hojas trifoliadas, cuando las plantas son pequeñas. También puede presentarse cuando las plantas son adultas y la incidencia es alta, se provoca una defoliación severa y afecta la productividad del frijol (Araya, 2010).

e. Pudriciones de la Raíz

En la mayoría de las ocasiones, la pudrición de la raíz se da por una mezcla de patógenos que atacan todos al mismo tiempo, al atacar, estos patógenos ejercen una acción de sinergismo, de tal forma que los daños se multiplican e incrementan. Los hongos más comunes son: *Fusarium*, *Rhizoctonia*, y *Phytium*, los síntomas más visibles de estas enfermedades en las plantas de frijol se expresan como amarillamientos, marchitamientos, enanismo y aún una germinación y emergencia pobre. Muchas veces estos síntomas son también atribuidos a factores edáficos y ambientales (Araya, 2010).

Las pudriciones de la raíz se presentan desde las primeras semanas de crecimiento de la planta y se encuentran localizadas en el campo formando parches de diferentes tamaños. En estas áreas se observan plantas pequeñas y débiles con hojas menos desarrolladas y amarillas, algunas veces el amarillamiento se observa también en plantas adultas. Puede observarse marchitamiento total de la planta o solamente de algunas hojas (Araya, 2010).

3.5.2. Enfermedades causadas por bacterias

a. Bacteriosis o tizón común

Otra de las enfermedades que ataca al frijol en regiones frías del altiplano es la Bacteriosis causada por *Pseudomonas y ringapato var Phaseolicola*. Los síntomas causados por esta enfermedad aparecen como manchas acuosas de forma redonda e irregular, las partes de la hoja afectada se notan flácidas y están rodeadas por un círculo estrecho de tejido, color amarillo limón, el cual se vuelve después café y necrótico dando un aspecto como si la hoja estuviera quemada (Araya, 2010).

3.5.3. Enfermedades causadas por virus

a. Virus mosaico dorado

Importante enfermedad viral que se presenta con mucha frecuencia en el cultivo del frijol. Ocasiona grandes daños económicos y su transmisión se produce por medio de numerosos vectores muy distribuidos y difíciles de controlar (Araya, 2010).

Las plantas jóvenes muestran los síntomas en las primeras hojas trifoliadas, con las venas que se tornan de color amarillo claro. Generalmente este proceso comienza en la mitad de la hoja cerca de la punta. A los 3 o 5 días esta clorosis en las venas se extiende hasta cubrir gran parte de la hoja, contrastando con las zonas internervales que son verde oscuras (Araya, 2010).

Esta clorosis luego se extiende en forma de mosaico dorado que les da un color llamativo a las plantas. Después que las primeras hojas desarrollan los síntomas, los folíolos jóvenes detienen su crecimiento y se rizan hacia abajo, poniéndose tiesos y coriáceos y a veces necróticos (Araya, 2010).

Si la infección es temprana, la formación de granos es muy pobre o nula y las vainas se deforman. De manera general las plantas no crecen, las hojas muestran colores anormales, las flores pueden abortar y los frutos se deforman (Araya, 2010).

3.6. Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC)

La Agricultura Sostenible Adaptada al Clima - ASAC (Climate-Smart Agriculture o CSA), es una metodología integradora para hacer frente a la seguridad alimentaria y el cambio climático, que busca concretamente tres objetivos (Dorward et al., 2017):

- Incrementar de manera sostenible la productividad agrícola, para apoyar los aumentos equitativos en los ingresos agrícolas, la seguridad alimentaria y el desarrollo.
- Adaptar y fortalecer la resiliencia de los sistemas de seguridad alimentaria al cambio climático a múltiples niveles.

- Reducir las emisiones de GEI de la agricultura (incluyendo cultivos, ganadería y pesca).

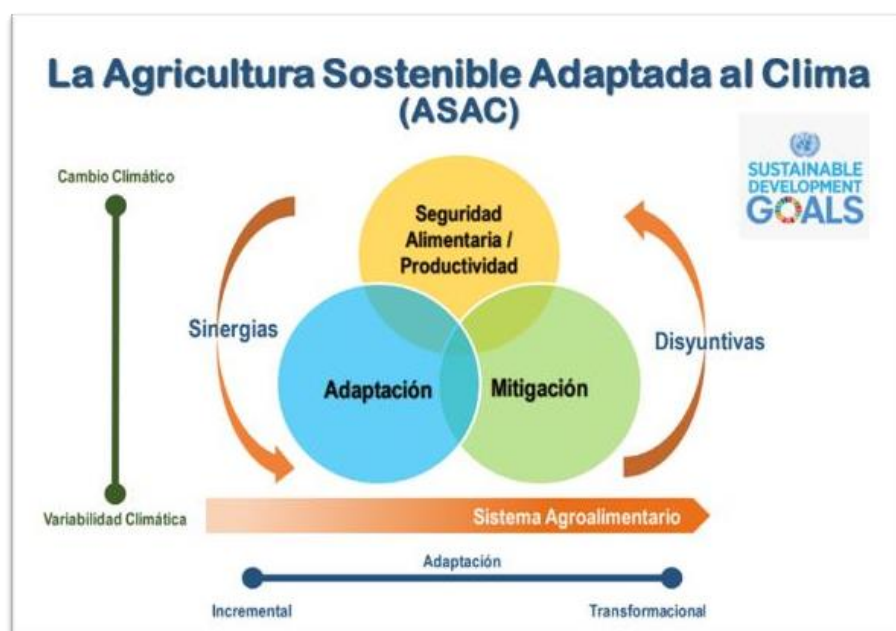
3.6.1. Características de la ASAC

De acuerdo con el Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) y la FAO, las características principales de la ASAC son las siguientes:

- **La ASAC ayuda a mantener los servicios ecosistémicos:** Los ecosistemas proporcionan a los agricultores servicios fundamentales, entre ellos aire puro, agua, alimentos y materiales. Por tanto, es indispensable que las intervenciones de ASAC no contribuyan a su degradación (Dorward et al., R 2017).
- **La ASAC cuenta con múltiples puntos de entrada en diferentes niveles:** La ASAC no debería percibirse solo como un conjunto de prácticas y tecnologías, pues cuenta con múltiples puntos de entrada, que van desde el desarrollo de tecnologías y prácticas, hasta la elaboración de escenarios y modelos de cambio climático, tecnologías de la información, esquemas de seguros, cadenas de valor y el fortalecimiento de entornos políticos e institucionales favorables. Así, la ASAC va más allá de la aplicación de una única tecnología a nivel de finca y contempla la integración de múltiples intervenciones a nivel de sistema agroalimentario, paisaje, cadena de valor o de políticas (Dorward et al., 2017).
- **La ASAC varía según el contexto:** Aquello que se considera sostenible y adaptado al clima en un lugar, puede no serlo en otro; y ninguna intervención es sostenible y adaptada al clima siempre ni en todas partes. Dichas intervenciones deben tomar en cuenta cómo interactúan los diversos elementos a nivel de paisaje, dentro o entre ecosistemas, como parte de distintas disposiciones institucionales y realidades políticas diferentes (Dorward et al., 2017).

- La ASAC fomenta la participación de las mujeres y los grupos marginados:**
 Para alcanzar los objetivos de SAN, mejorar la capacidad de adaptación y aumentar la resiliencia, las iniciativas ASAC deben incluir a los grupos más pobres y desfavorecidos, que frecuentemente viven en tierras marginales: las más vulnerables a fenómenos climáticos como sequías e inundaciones y, por consiguiente, son ellos los más propensos a ser afectados por el cambio climático. La perspectiva de género es otro aspecto importante de la ASAC. La ASAC busca incorporar a todos los actores, tanto locales como regionales y nacionales, en la toma de decisiones. Solo de esa forma es posible determinar cuáles son las intervenciones más adecuadas y formar las alianzas y asociaciones necesarias para el desarrollo sostenible (Dorward et al., 2017).

La necesidad de consolidar políticas y acciones estratégicas que vinculen el sector agropecuario y el cambio climático, con el fin de encontrar alternativas en campo, que permitan reducir el impacto negativo de la variabilidad climática, a través de la conservación del capital natural, el fortalecimiento de los medios de vida y el logro de la seguridad alimentaria de los miles de productores de granos básicos del Corredor Seco



Fuente: Dorward et al. (2017).

Figura 2: Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC)

3.7. Prácticas ASAC en el campo

Las prácticas ASAC aquí presentadas corresponden a la lista priorizada participativamente con los actores del sector agropecuario de Guatemala y representan puntos de entrada para orientar la toma de decisiones basadas en múltiples criterios, promoviendo la inversión en tecnologías viables para los agricultores del Corredor Seco (Dorward et al., 2017).

3.7.1. Barreras muertas

Son estructuras de piedra o material inerte (rastrojo) disponible en la finca, que se apila en hileras no mayores a 60 cm de alto y que reposan en una base aplanada. En zonas de ladera se disponen en curvas de nivel perpendicular a la pendiente. La tecnología se puede utilizar en todas las altitudes y zonas climáticas, especialmente en suelos con pendiente pronunciada y buen drenaje. Es posible complementar con el uso del aparato “A” (piezas de madera en forma de letra A) para trazar las curvas de nivel. A mayor pendiente menor distancia entre barreras: Pendiente suave (hasta 15%): 10-20 m; moderada (15-30%): 6-10 m; fuerte (30-50%): 4-6 m (Dorward et al., 2017).

3.7.2. Labranza de conservación

Entre los diferentes tipos de labranza, esta se enfoca en no realizar laboreo o arado del suelo (labranza cero) realizando la siembra manual directamente en el suelo usando chuzo o espeque (vara de madera que sirve como instrumento para hacer el agujero donde irán la semillas) y en mantener sobre el suelo el rastrojo o residuos de cosecha de cultivos anteriores picado y distribuido uniformemente en el suelo a manera de cobertura o mulch. Se puede utilizar en todas las altitudes y zonas climáticas. En suelos compactados es posible sembrar cultivos de cobertura con raíces fuertes y pivotantes para mejorar la estructura del suelo. En suelos muy arcillosos y secos, la siembra directa puede ser difícil, por lo que se espera la temporada de lluvias para hacer la siembra (Dorward et al., 2017).

3.7.3. Reservorios de agua

Consiste en la excavación y aislamiento del suelo para la captación y reserva de agua lluvia en puntos donde puede aprovecharse la escorrentía superficial. Las dimensiones y capacidad del reservorio varía de acuerdo a la capacidad de mano de obra, uso de herramientas manuales o maquinaria, área disponible y características del terreno. Para facilitar el riego aprovechando la gravedad, y en algunos casos evitar el uso de motobombas, los pozos se construyen en laderas de entre 10 y 30% de pendiente, en lugares firmes, en lo posible por debajo de las fuentes de agua y encima de las parcelas a regar (Dorward et al., 2017).

3.7.4. Riego por goteo

Es un sistema de riego de baja presión que transporta y suministra agua de forma localizadas por medio de mangueras plásticas dispuestas a nivel del suelo que poseen emisores o goteros distribuidos a una distancia definida según el cultivo a regar. Cuenta con un sistema de válvulas y filtros para controlar el taponamiento de los goteros debido a las impurezas del agua. Suministra una cantidad uniforme de agua manteniendo la zona radical húmeda o a capacidad de campo. Las fuentes de presión para el agua pueden provenir de un reservorio o estanque ubicado sobre el nivel del terreno a ser regado (gravedad), usando una motobomba o a través de la red de acueducto pública (Dorward et al., 2017).

3.7.5. Rotación de cultivos

Consiste en la siembra de diferentes cultivos, de forma sucesiva en un terreno determinado. En el caso del corredor se puede dar con la siembra de maíz y posterior a este frijol o sorgo. La rotación de cultivos puede hacerse en todo tipo de altitudes y condiciones climáticas, se debe tener en cuenta la adaptación de nuevas especies a la región, cultivos con diferentes profundidades de enraizamiento, efectos alelopáticos, sincronización del calendario de cultivo y actividades, manejo de residuos de cosecha, oferta y demanda del producto para la comercialización, entre otros. En sistemas de rotación entre maíz y leguminosas, en este caso frijol, existen efectos positivos en el

rendimiento por aportes de nitrógeno al suelo. Es posible integrar en las rotaciones períodos de barbecho o descanso (Dorward et al., 2017).

3.7.6. Sistemas agroforestales:

Barreras vivas: Consiste en plantar hileras con especies perennes o que duran más de un año (permanentes); que presentan un follaje denso, resistentes a la fuerza de la escorrentía y a la sequía. Se siembran siguiendo las curvas a nivel con el fin de evitar la erosión. Es posible usar especies gramíneas (vetiver, caña de azúcar), frutales (piña) o leñosas bien conocidas en el corredor seco como Madre cacao (*Gliricidia sepium*) y Palo de pito (*Erythrina berteroana*). Se puede implementar en todas las altitudes y zonas climáticas (teniendo en cuenta la especie a usar) especialmente en suelos con pendiente variable. Es posible complementar con el uso del aparato “A” (piezas de madera en forma de letra A) para trazar las curvas de nivel. A mayor pendiente menor distancia entre barreras: Pendiente suave (hasta 15%): 15-30 m; moderada (15-30%): 10-15 m; fuerte (30-50%): 4-10 m (Dorward et al., 2017).

3.7.7. Variedades tolerantes a plagas y enfermedades

Consiste en el uso de variedades de semilla criollas o mejoradas por métodos convencionales, tolerantes/ resistentes a los daños y pérdidas de rendimiento o del cultivo ocasionadas por insectos plaga o enfermedades (Dorward et al., 2017).

3.7.8. Variedades tolerantes al calor o estrés hídrico

Consiste en el uso de variedades de semilla criollas o mejoradas por métodos convencionales, con tolerancia a condiciones de falta de agua ó sequía y aumento de temperatura especialmente en el período de floración. En este caso se ejemplifica a través de una variedad de maíz de libre polinización (ICTA B-7) con porte bajo, buen potencial de rendimiento y tolerancia al acame de tallo y de raíz por lo que es menos afectada por la incidencia de fuertes vientos, tolerancia a enfermedades foliares y de la mazorca. Ciclo vegetativo de 110 días, 53 días a floración, con grano blanco semi-dentado. Esta variedad se adapta a las condiciones marginales de la zona del Nor-

Oriente y algunas regiones de la Costa Sur-Occidental de Guatemala (Dorward et al., 2017).

3.7.9. Zanjas en contorno

Son zanjas o canales de forma trapezoidal construidas a desnivel en dirección transversal a la pendiente. Estas estructuras son de 0.5 m de ancho, 2 - 3 m de longitud y una profundidad entre 0.5 - 0.75 m. La función de la estructura es principalmente la de la conservación de agua funcionando como acumulador de agua que mejora la infiltración en la zanja. Existe el riesgo que se llenen rápidamente durante lluvias fuertes y se formen cárcavas donde el agua desborda en el lado inferior de la zanja. Si se construyen en suelos superficiales hay que reducir la distancia entre zanjas (Dorward et al., 2017).

3.7.10 Fertilizante orgánico Lombricompost

Es una actividad de mucha importancia ya que se evita el uso de productos inorgánicos en nuestra producción agrícola, siendo una alternativa bastante funcional para el manejo de residuos sólidos vegetales y se obtienen dos abonos orgánicos de un mismo proceso, lixiviado y sólido, disminuyendo considerablemente la necesidad de usar fertilizantes químicos; por lo tanto, ayuda a disminuir los costos de producción (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA, 2014).

El lombricompost tiene alta porosidad, buen drenaje y una alta capacidad de retención de agua. Además, la mayoría de sus nutrientes están en un estado disponible para la planta (ICTA, 2014).

Tabla 5: Contenido nutricional del lombricompost

pH	8.1
C/N	16
N	0.59
P ₂ O ₅	0.42
MgO	0.33
CaO	0.7
Materia Orgánica	17
Fe	6,389
Mn	294
Zn	98.2
Cu	22.4

Fuente: ICTA, 2014.

Cualquier paso adelante en la consolidación de inversiones a favor de la ASAC para cada contexto dentro del Corredor Seco, requiere desde el inicio que las prácticas sean aceptadas y reconocidas por parte de los agricultores y sus formas de organización, respetando la diversidad cultural de la región, para luego sí dar paso a la identificación a nivel de parcela y territorio, de las barreras que dificultan su adopción y las oportunidades para superarlas, desde el punto de vista tanto de quien las implementa como de quien las promueve (Dorward et al., 2017).

3.8. Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA)

El enfoque de los Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA, sus siglas en inglés) busca facilitar que los agricultores tomen decisiones fundamentadas, basándose en información climática y meteorológica precisa y específica por sitio; cultivos pertinentes según su ubicación; alternativas de especies pecuarias y actividades de subsistencia; todo mediante el uso de herramientas participativas (Dorward et al., 2017).

Por tanto, para tomar buenas decisiones es esencial considerar las opciones de producción agrícola y pecuaria y actividades de subsistencia dentro de un contexto climático (Ortega Fernández et al., 2018).

El enfoque PICSA se diseñó teniendo en mente al personal de campo y tiene por objetivo brindar a usted el apoyo necesario para realizar su trabajo de mejor manera, mediante información y recursos mejorados (Ortega Fernández et al., 2018).

El enfoque PICSA combina información climática local e información sobre cultivos, especies pecuarias y medios de subsistencia con Herramientas participativas de planificación que los agricultores pueden utilizar para decidir cuáles son las mejores opciones agropecuarias y de subsistencia para ellos. PICSA utiliza en gran medida información climática proporcionada por los Servicios Meteorológicos Nacionales para facilitar que los agricultores analicen los riesgos y oportunidades (Liper et al., 2017).

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Ubicación y descripción del área experimental

El ensayo se realizó en dos localidades del municipio de Olopa, aldea la Prensa y Caserío Tishmuntique, de aldea Tituque. Las parcelas con que cuentan los productores de dichas localidades son de aproximadamente una tarea, siendo estos seis productores destinados para la producción de las tres variedades de frijol a evaluar en siembra de segunda o también llamada postrera, la cual se puede observar en la tabla 6.

El proceso de selección del sitio para la ubicación de los ensayos se realizó a través del reconocimiento y sondeo de la zona en productores que han participado en prácticas ASAC y productores sin conocimiento de dichas prácticas.

La primera área experimental se encuentra ubicada a 7 km de la cabecera del municipio de Olopa, a una altura de 1,050 msnm. La segunda área experimental se encuentra ubicada a 15 km de la cabecera del municipio de Olopa, a una altura 883 msnm, observándose en la figura 3.

Tabla 6. Localidades de los productores y tecnología utilizada en las parcelas evaluadas

Mapa de Ubicación de Parcelas Municipio de Olopa Chiquimula				
No. Parcela	Comunidad	Coordenadas	Altura msnm	Tecnología
1	Tituque	N 14° 43' 55," W 89° 21' 53,4"	1020	Tradicional
2	Tituque	N 14° 43' 43,3," W89° 21' 53,4"	1058	ASAC Labranza Conservación, Barreras Muertas, Lombricompost
3	Tituque	N 14° 43' 46,7" W 89° 21' 50,6"	1019	Tradicional
4	Prensa	N 14° 43' 34,6," W89° 15' 45,9"	866	ASAC Zanjas al Contorno, Labranza de conservación, Lombricompost
5	Prensa	N 14° 43' 54" W89° 15' 50,4"	833	Tradicional
6	Prensa	N 14° 43' 54" W89° 15' 50,4"	850	ASAC Barreras Muertas, Labranza de conservación, lombricompost

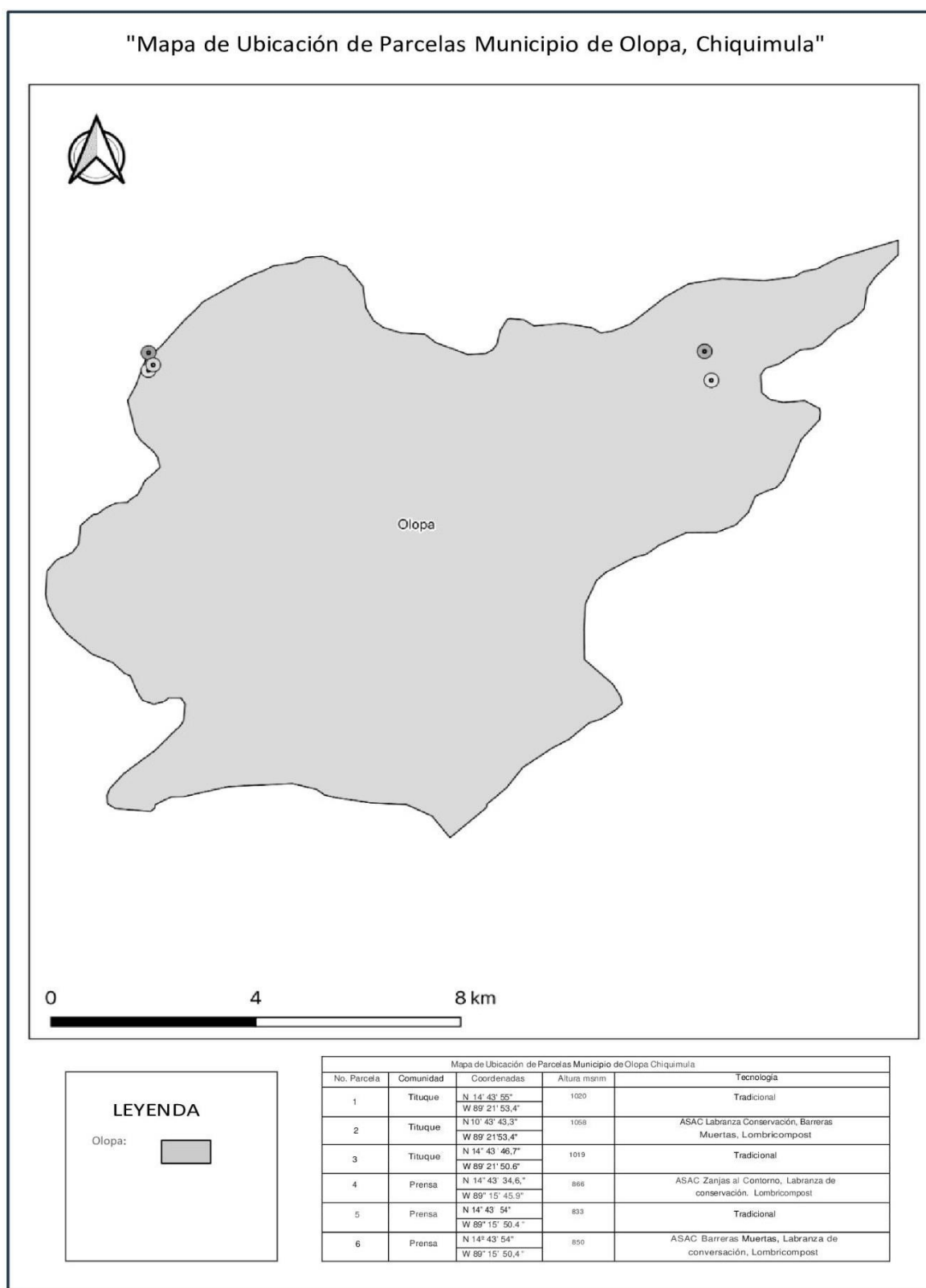


Figura 3: Mapa de ubicación de parcelas donde se realizó los ensayos

4.2. Características agronómicas de los cultivares

4.2.1. ICTA Ligerio

Variedad de hábito de crecimiento determinado, pero la carga mayor se da en la base de la planta, su altura es de 0.60 m y la floración ocurre entre 29 y 30 días después de la siembra, el color de la flor es lila; la vaina madura es de color crema, con seis granos de color negro oscuro, la madurez fisiológica se presenta a los 64 días y puede cosecharse a los 71 días o antes, si el clima está seco. Es resistente a Mosaico Dorado y tolerante a Antracnosis, Bacteriosis y Roya (Beaver y Rosas Sotomayor, 2003).

4.2.2. Vaina morada

La pubescencia del tallo es intermedia, es un frijol de tipo IV trepador indeterminado cuya flor es de color estandarte lila, su cáliz es verde y su color de cuello estandarte es morado. Su Vaina es de color de vaina es morada con el ápice de vaina curvado (Escoto, 2004).

4.2.3. ICTA Chorti

Variedad biofortificada con Hierro y Zinc de hábito de crecimiento indeterminado arbustivo, con guía larga, su altura es de 0.60 m en promedio y la floración ocurre 35 días después de la siembra, el color de la flor es Morado, el color de la vaina es crema muy uniforme, con siete granos color negro opaco y alargados por vaina, la madurez fisiológica está comprendida en 70 días y se puede cosechar a los 78 días después de la siembra posee tolerancia a Roya, Mancha Angular, Virus del Mosaico Dorado y sequia (Beaver y Rosas Sotomayor, 2003).

4.3. Clima y zona de vida

El municipio de Olopa, se encuentra ubicado en la cumbre de una montaña que lleva su nombre, el clima es variable según la estación, de lo templado a lo frío, su temperatura promedio es de 15°C y mantiene un ambiente húmedo; en invierno y primavera prevalecen en la región los vientos del norte y en el verano los vientos del

sur. Es una región de lluvias fuertes en el invierno y en el verano es un lugar muy seco, la precipitación media anual es de 1,300 milímetros (mm) por la altura en que se encuentra, le favorecen los vientos que soplan la región y hacen el clima agradable. La mayor temperatura se registra en el mes de abril con 35°C y la temperatura mínima en el mes de enero de 18°C; el período de lluvias más largo es entre mayo y noviembre (Municipalidad de Olopa s.f.).

Se ubican dentro de las llamadas tierras templadas; el área se considera dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Templado (Bs-T); las características climáticas de la zona indican una precipitación media anual de 900 a 2,000 mm, distribuida en los meses de mayo a octubre, período en el cual precipita el 94% de las lluvias y el 6% ocurre de noviembre – abril (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar, 2018).

El efecto de las sequías prolongadas, durante la época seca, incide en la producción agrícola disminuyendo los rendimientos, provocando pérdidas físicas de los cultivos, disminución hasta casi el desaparecimiento de las fuentes de agua, tanto para su uso agrícola como para consumo doméstico (De La Cruz, 1982).

4.4. Recursos naturales

4.4.1. Suelos

Las series de suelos que se presentan, de acuerdo a la clasificación de Simmons et al. (1959) son:

Ansay (As): son suelos poco profundos, mal drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica o toba cementada y de color claro, a elevaciones medianas. Ocupan pendientes suaves en regiones de húmedas-secas a relativamente secas, en asociación con los suelos Jalapa, los cuales ocupan pendientes más inclinadas. El suelo superficial a una profundidad alrededor de 10 ó 15 cms, es franco arcilloso arenoso o franco arcilloso arenoso fino, de color gris claro o gris cafésaceo. Se utilizan para potreros y la mayoría de las áreas tienen pino y encino. Los potreros pueden mejorarse con drenajes, quitando la maleza, introduciendo pastos nuevos y

controlando el pastoreo. La erosión debe ser cuidadosamente controlada (Simmons et al., 1959).

Jalapa: son suelos poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica cementada de color claro o toba en un clima seco a húmedo-seco y cálido. Ocupan relieves inclinados a altitudes medianas, en el sureste de Guatemala.

Tienen una vegetación natural abierta de pino con cubierta de pastos. El suelo superficial se encuentra a una profundidad alrededor de 10 cms, es franco arenoso fino de color gris a gris oscuro. El uso común de estos suelos es para potreros, es muy erosivo y no se debería de labrar. Gran parte del área, particularmente las partes más inclinadas, deberían mantenerse en bosques de pinos, los que se reforestarían naturalmente si se les protegiera contra incendios y del pastoreo excesivo (Simmons et al., 1959).

Mongoy (Mg): son moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre lava máfica o brecha de tobo en un clima cálido, seco a húmedo-seco. Ocupan declives muy inclinados a altitudes medianas. La vegetación natural consiste en pastos, árboles deciduos y matorrales. El suelo superficial, a una profundidad alrededor de 25 cms, es arcilla café oscura a café muy oscura. Es friable bajo un contenido óptimo de humedad, pero es plástica cuando está húmeda. El contenido de materia orgánica es alto, 7 a 10 por ciento (Simmons et al., 1959).

4.4.2. Agua

La red hídrica se enmarca dentro de las cuencas de los ríos Olopa y Grande o Jocotán, dividida en las sub cuencas Jocotán y Olopa, y microcuencas Cayur, El Jiote y San Juan (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2010).

Para el abastecimiento de agua de la población del municipio, ésta se hace mediante conexiones domiciliarias, llena cántaros y otros sistemas como el acarreo de fuentes superficiales como ríos, nacimientos y pozos. Para poder abastecer de agua a las distintas viviendas, en los centros poblados del municipio, existe un total de 29 acueductos funcionando, de los cuales, el único que cuenta con sistema de cloración,

es el que está ubicado en la cabecera municipal, el cual tiene su sistema de desinfección a base de cloro, el cual es monitoreado semanalmente por el personal de la oficina de saneamiento ambiental, del centro de salud del municipio (Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia, 2010).

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. Objetivos

5.1.1. Objetivo general

Generar información sobre el efecto de una tecnología de agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC), en el rendimiento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos comunidades del Municipio de Olopa, Chiquimula.

5.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la tecnología de manejo que produce mayor rendimiento sobre el cultivo de frijol.
- Determinar el efecto sobre el rendimiento de tres variedades de frijol bajo dos tecnologías de manejo.
- Calcular la relación beneficio costo de las parcelas con las tecnologías de manejo utilizadas.

5.2. Hipótesis

Ha. Al menos una de las variedades de frijol mostrará diferencias significativas en cuanto al rendimiento de kg/Ha.

Ha. Al menos una de las tecnologías evaluadas muestra diferencias significativas en cuanto al rendimiento de kg/Ha.

5.3. Localidad y época de siembra

Para generar evidencia de los cambios asociados a la implementación de prácticas ASAC bajo el enfoque PICSA, se implementaron tres parcelas de 300 m² haciendo un total de 900 m² por localidad, una en Aldea La Prensa y otra en Aldea Tituque; de las cuales, tres parcelas fueron manejadas bajo Tecnología ASAC y tres bajo Tecnología tradicional. Así mismo, cada parcela se dividió en subparcelas de 100m², en donde se

sembraron tres variedades de frijol de Postrera (Segundo Ciclo) por subparcela, siendo Vaina Morada, ICTA Ligero e ICTA Chortí.

5.3.1 Selección del área

Se seleccionó un sitio representativo de una comunidad y fincas de tres agricultores con alto conocimiento en la metodología PICSA e implementación de prácticas ASAC en su finca. Así mismo, se seleccionaron en otra comunidad tres fincas de agricultores que no hayan recibido capacitación de PICSA y/o que no haya implementado ninguna práctica ASAC.

5.4. Prueba de hipótesis

Se analizaron los datos de rendimiento con prueba T para muestras independientes (Balzarini et al., 2008).

5.5. Estadístico de prueba

5.5.1. Parcelas pareadas

El estadístico de prueba que se utilizó evaluar las parcelas pareadas fue la:

Prueba ***t de Student*** para muestras independientes (Balzarini et al., 2008):

$$t = \frac{d}{S_d}$$

Donde:

t = valor de *t de Student*

d = promedio de las diferencias de rendimiento entre cultivar y variedad local

S_d = error estándar de las medias de las diferencias entre rendimiento

5.6. Área experimental

El área experimental está constituida por un área de 900 m² en las localidades de Aldea La Prensa y caserío Tishmuntique de Aldea Tituque, del municipio de Olopa. Para la evaluación de la metodología ASAC se establecieron 3 parcelas grandes de 300 m² cada una, dentro de ellas están las parcelas medianas constituidas por las 3 variedades, teniendo una dimensión de 100 m² por variedad.

El área de las parcelas fue de 100 m², con 10 m de ancho y 10 m de longitud; donde se establecieron 25 surcos a un distanciamiento de 0.30 m. entre plantas y 0.40 m. entre surcos.

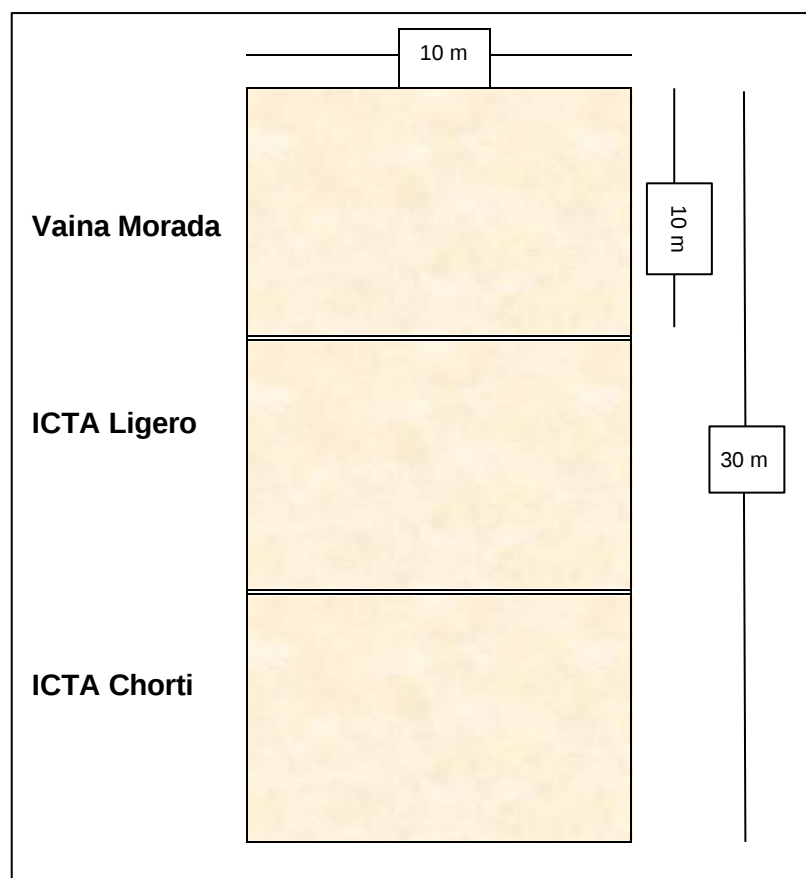


Figura 4: Área experimental de parcelas de 300 m²

5.7. Variables respuesta

En la evaluación de cada tratamiento se analizó la siguiente variable.

5.7.1 Rendimiento de grano

Al momento de iniciar cambios característicos en la coloración de las hojas de la planta de frijol entre los 70 a 75 días después de siembra, esto indica que es momento de arrancar o cosechar, la planta llegó a su madurez fisiológica, cuando el 90 % de las vainas estaban secas y a partir de este momento la semilla empieza a perder humedad, se realizó el aporreo y limpieza 3 a 5 días después del arranque, seguidamente del secado del grano y al alcanzar el 12 % de humedad de grano se realizó el pesado para determinar el rendimiento por parcela neta de grano de frijol evaluada en Kg/Ha, utilizando una balanza manual, permitiendo proyectar los datos de cada evaluación de los tratamientos.

5.8. Análisis de la información

Los resultados de rendimiento de grano en kilogramos por hectárea, fueron sometidos al análisis estadístico por el método de t de Student para muestras independientes (Balzarini et al., 2008). Para determinar existencia de diferencias entre el rendimiento de la tecnología ASAC y tecnología Tradicional en las evaluaciones de las tres variedades de Frijol Vaina Morada, ICTA Ligero, ICTA chortí.

5.9 Manejo del experimento

5.9.1 Preparación del terreno

Se delimito el área de siembra y luego se procedió a la limpieza de las malezas de forma manual, incorporando el rastrojo en el área de siembra a excepción de la parcelas que se sembró de manera tradicional, esta actividad se realizó 10 días antes de la siembra.

5.9.2 Tratamiento de semilla

Para prevenir el daño de la semilla causado por las plagas y hongos existentes en el suelo, se aplicó el tratador de semilla Thiamathoxam (2 cc/kg de semilla) para

proteger la semilla.

5.8.1. Siembra

La distancia de siembra que se utilizó para los ensayos fue de 0.30 m entre planta y 0.40 m entre surcos, colocando 3 granos por postura y tener una densidad de 2500 plantas en 100 m².

5.8.2. Fertilización

En las parcelas donde han recibido capacitación de PICSA y/o que implementan prácticas ASAC también se utilizó fertilizante lombricompost, se realizaron dos aplicaciones al suelo con 8 kilogramos de fertilizante por parcela de 100 m².

- La primera fertilización de lombricompost se realizó a los 15 días después de la germinación, aplicando 4 kg/Ha
- La segunda fertilización de lombricompost se realizó a los 30 días después de la germinación, aplicando 4 kg/Ha.

Las parcelas con manejo de forma tradicional se realizaron fertilizaciones al suelo de 1.81 kg aplicándolo al voleo, utilizando fertilizante 16 -8 -12 en la parcela de 100 m²

- La primera fertilización de 16 -8 -12 a los 15 días después de la germinación.
- La segunda fertilización de 16 -8 -12 a los 30 días después de la germinación.

5.8.3. Control de malezas

El control de las malezas se llevó a cabo de forma manual a los 35 días después de germinado, utilizando la herramienta conocida como machete pando.

5.8.4. Control de plagas

Se realizó una aplicación de Metaldehido 60 GB (0.45 Kg/Ha) aplicándose al primer día después de germinación realizando la segunda aplicación a los 15 días después de germinar para el control de babosas y caracoles. Se utilizaron insecticidas sistémicos y de contacto. La primera aplicación se realizó con Alphacypermethrin+

Teflubenzuron (286cc/ha), controla insectos chupadores y masticadores, la segunda aplicación se realizó con Lambdacihalotrina+Tiametoxam (130cc/ha). Estas aplicaciones se realizaron en la mezcla con las fertilizaciones foliares.

5.8.5. Control de enfermedades

Se realizaron 2 aplicaciones para el control de enfermedades, utilizando Propineb con Fertilizante Foliar Bayfolan forte a los 10 días después de la germinación y a los 20 días después de la germinación se aplicó Boscalid + Piraclostrobina con fertilizante foliar Bayfolan forte.

5.8.6. Cosecha

Se realizó al observar que las plantas finalizaron su madurez fisiológica, entre los 70 a 75 días después de la siembra. Las plantas fueron arrancadas de forma manual, separando la producción de cada parcela neta para cuantificar el rendimiento de cada una.

Las prácticas ASAC empleadas en la evaluación de las variedades de frijol negro ICTA ligero, ICTA chortí y Vaina Morada en las localidades de Tltuque y La prensa del municipio de Olopa mencionar la labranza conservación, barreras muertas, lombricompost, zanjas al contorno ya que han recibido capacitación y experiencia en la implementación de las mismas en sus parcelas productivas.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para generar información respecto a la evaluación de las metodologías de manejo (ASAC y tradicional) de las variedades de frijol negro (Vaina morada, ICTA Ligero e ICTA Chortí), sembradas en postrera (segundo ciclo) por subparcela, en dos aldeas del municipio de Olopa, Chiquimula; donde se evaluaron el rendimiento de grano y la rentabilidad, se procedió de la siguiente manera:

6.1. Rendimiento

En la tabla 7 se puede observar la producción de las 18 parcelas de 100m², el peso de la cosecha de cada parcela en kg/Ha. De acuerdo a la tecnología empleada, así también la variedad evaluada, se pudo observar que las parcelas con tecnología ASAC y vaina morada son las que tienen mejor rendimiento en las dos localidades donde se efectuó la investigación.

Tabla 7: Listado de localidades, variedades, tecnologías y rendimientos en Kg/ha obtenidos en las parcelas evaluadas, Aldea la Prensa y Caserío Tishmuntique Aldea Tituque, Municipio de Olopa, Chiquimula

No.	Localidad	Parcela	Bloque	Variedad	Tecnología	Rendimiento kg/Ha
1	TITUQUE	1	1	ICTA Ligero	Tradicional	345
	TITUQUE	1	2	ICTA Chortí	Tradicional	280
	TITUQUE	1	3	Vaina Morada	Tradicional	364
2	TITUQUE	2	1	ICTA Ligero	ASAC	356
	TITUQUE	2	2	ICTA Chortí	ASAC	273
	TITUQUE	2	3	Vaina Morada	ASAC	371
3	TITUQUE	3	1	ICTA Ligero	Tradicional	182
	TITUQUE	3	2	ICTA Chortí	Tradicional	322
	TITUQUE	3	3	Vaina Morada	Tradicional	326
4	PRENSA	4	1	ICTA Ligero	ASAC	420
	PRENSA	4	2	ICTA Chortí	ASAC	309
	PRENSA	4	3	Vaina Morada	ASAC	460
5	PRENSA	5	1	ICTA Ligero	Tradicional	365
	PRENSA	5	2	ICTA Chortí	Tradicional	315
	PRENSA	5	3	Vaina Morada	Tradicional	382
6	PRENSA	6	1	ICTA Ligero	ASAC	503
	PRENSA	6	2	ICTA Chortí	ASAC	477
	PRENSA	6	3	Vaina Morada	ASAC	788

La investigación contempló como variable respuesta el rendimiento en grano expresado en kg/ha haciendo comparación con dos tecnologías utilizadas en las tres variedades de frijol evaluadas. En las tablas 8 y 9 se muestran los promedios de rendimiento obtenidas por tecnología y por variedad evaluada.

Tabla 8: Rendimiento de la tecnología ASAC y Tecnología Tradicional

Tecnología Agrícola Evaluadas		
Subparcela	Tecnología Tradicional kg/ha	Tecnología ASAC Kg/ha
1	345	356
2	280	273
3	364	371
4	182	420
5	322	309
6	326	460
7	365	503
8	315	477
9	382	788
$\bar{x}$	320.11	439.67

Tabla 9: Rendimiento en kg/ha de las tres variedades de Frijol Vaina Morada, Icta Ligero, Icta chortí, evaluadas en las dos localidades

Variedades de Frijol Evaluadas			
Parcela	ICTA Ligero	ICTA Ch'orti'	Vaina Morada
1	345	280	364
2	356	273	371
3	182	322	326
4	420	309	460
5	365	315	382
6	503	477	788
$\bar{x}$	361.83	329.33	448.5

Posteriormente se realizó el análisis estadístico a través de la Prueba de t de las tecnologías bajo estudio (método ASAC y método tradicional) con un nivel de significancia de 0.05 para la variable rendimiento de grano en kg/ha, donde se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa planteada, ya que se manifiestan diferencias significativas entre ambas tecnologías evaluadas, dado que se obtuvo un valor de t (bilateral) de 0.0334, con medias de rendimiento de 320.11 kg/ha para la Siembra en Tecnología Tradicional y de 439.67 kg/ha para la siembra en Tecnología

ASAC. En la tabla 9 se presentan los datos obtenidos anteriormente descritos en base al análisis estadístico utilizado.

Tabla 10: Resultados de la Prueba T para muestras independientes para rendimiento en kg/ha de las dos tecnologías evaluadas

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	T	Bilateral
TRADICIONAL	ASAC	9	-119.56	320.11	439.67	-2.56	0.0334

Así mismo, se realizó el análisis a través de la Prueba t para los promedios de rendimiento de las variedades de frijol negro evaluadas.

Tabla 11: Resultados de la Prueba t para muestras independientes, para rendimiento en kg/ha de tres variedades de frijol

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	T	Bilateral
LIGERO	CHORTI	6	32.50	361.83	329.33	0.89	0.4135
LIGERO	MORADA	6	-86.67	361.83	448.50	-1.95	0.1089
CHORTI	MORADA	6	-119.17	329.33	448.50	-2.77	0.0393

Los resultados indican únicamente existe diferencia significativa entre el rendimiento de la variedad Vaina Morada e ICTA Chortí. Las medias muestran que, de las tres variedades, la Vaina Morada con media de rendimiento de 448.50 kg/Ha presenta rendimientos superiores a las variedades de ICTA Ligero con rendimiento 361.83 e ICTA Chortí con rendimiento de 329.33 Kg/Ha por lo tanto la variedad Vaina Morada presentó mejor rendimiento en las localidades donde se efectuó la Investigación.

En la figura 5 se muestran los rendimientos de cada una de las variedades de frijol con cada una de las tecnologías evaluadas.

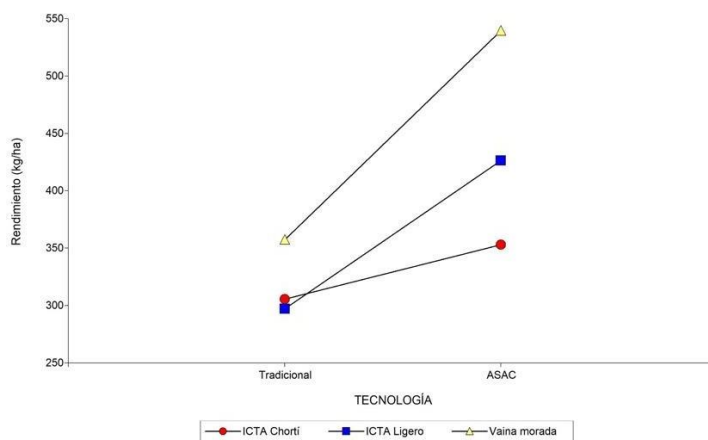


Figura 5: Rendimiento de tres variedades de frijol bajo dos tecnologías de manejo

6.2. Análisis financiero

Para determinar la relación beneficio costo de las tecnologías evaluadas se procedió a determinar los costos de producción en el cultivo de frijol con cada una de ellas.

Tabla 12: Costo de producción parcela de frijol tecnología ASAC

COSTO DE PRODUCCIÓN PARCELA DE FRIJOL TECNOLOGÍA ASAC EN 10,000 M ²						
Actividad	Insumos	Unidad de Medida	Cantidad/Ha	Costo Unitario Q	Costo Q/100 m ²	Costo Q/ Ha
Preparación de Terreno		jornal	6	50	3.00	300
Tratamiento Semilla	Thiamethoxam	cc /kg	120	1.3	2.60	260
Semilla	Semilla Frijol	kg	60	17.50	17.50	1750
Siembra		jornal/tarea	15	50	7.50	750
Fertilización		jornal	6	50	3.00	300
Fertilización al suelo	Lombricompost 1ra.	kg	272.72	1.1	2.99	299.992
	Lombricompost 2da.	kg	272.72	1.1	2.99	299.992
Fertilización foliar	Bayfolán Forte	ml	1650	0.075	1.2375	123.75
Control de Plagas	Metaldehído 60	kg	7	87.5	6.125	612.5
	Thiamethoxam	ml	220	0.85	1.87	187
Aspersión		jornal	3	50	1.50	150
Control de Enfermedades	Propineb	g	2750	0.09	2.475	247.5
Aspersión		jornal	3	50	1.5	150
Cosecha	Tendido	jornal	20	50	10.00	1000
TOTAL					64.3875	6438.75

Tabla 13: Costo de producción parcela de frijol tecnología tradicional

COSTO DE PRODUCCIÓN PARCELA DE FRIJOL TECNOLOGÍA TRADICIONAL EN 10,000 M ²						
Actividad	Insumos	Unidad de Medida	Cantidad/Ha	Costo Unitario	Costo Q/100 m ²	Costo Q/ Ha
Preparación de Terreno		jornal	6	50	3.00	300
Tratamiento Semilla	Thiamethoxam	cc /kg	120	1.3	2.60	260
Semilla	Semilla Frijol	kg	60	17.50	17.50	1750
Siembra		jornal/tarea	15	50	7.50	750
Fertilización		jornal	6	50	3.00	300
Fertilización al suelo	Fertilizante 16- 8- 12 1ra.	kg	181.81	5.72	10.40	1039.95
	fertilizante 16- 8- 12 2da.	kg	181.81	5.72	10.40	1039.95
Fertilización foliar	Bayfolán Forte	ml	1650	0.075	1.24	123.75
Control de Plagas	Metaldehído 60	kg	7	87.5	6.13	612.5
	Thiamethoxam	ml	220	0.85	1.87	187
Aspersión		jornal	3	50	1.50	150
Control de Enfermedades	Propineb	g	2750	0.09	2.48	247.5
Aspersión		jornal	3	50	1.5	150
Cosecha	Tendido	jornal	20	50	10.00	1000
TOTAL					79.1065	7910.65

Posteriormente se procedió a determinar los ingresos obtenidos por la implementación de cada tecnología de manejo.

Tabla 14: Beneficio neto de los tratamientos evaluados con Tecnología ASAC y Tradicional, municipio de Olopa Chiquimula. 2023

No.	Tecnología	Rendimiento kg/Ha	Beneficio Bruto (Q)	Costos de Producción (Q)	Beneficio Neto (Q)
1	ASAC	439,66	7738,016	6480,734	1257,33
2	TRADICIONAL	320,11	5633,936	7960,66	-2326,72

En la tabla 14, se muestran los beneficios brutos y netos en la producción de grano de frijol, haciendo uso del precio de mercado Q 17.60 el Kg (Q800/qq), el rendimiento por tecnología evaluada y los costos que varían. Como se puede observar, la

tecnología con mayor beneficio neto fue la Tecnología ASAC con Q 1,257.33.

Por último, teniendo los costos y beneficios netos de cada tecnología, se procedió a determinar la relación beneficio costo.

Tabla 15: Beneficio Costo de los tratamientos evaluados con Tecnología ASAC y Tecnología Tradicional en el Municipio de Olopa Chiquimula. 2023

Tecnología	Beneficio Bruto (Q)	Costos de Producción (Q)	Relación Beneficio Costo b/c
ASAC	7738,06	6480,734	1,19
TRADICIONAL	5633,936	7960,66	0,71

El beneficio costo de las Evaluaciones de Tecnología ASAC y Tecnología Tradicional en las variedades de frijol negro Vaina Morada, ICTA, Ligero, ICTA Chorti se obtuvo como resultado que la tecnología ASAC presenta un beneficio costo de 1.19, que representa Q 0.19 por cada quetzal invertido y la Tecnología Tradicional presentando un beneficio costo de 0.71 donde se tiene un resultado de pérdida de 0.29 por cada quetzal invertido.

De acuerdo a los resultados presentados en la Tabla 14. Beneficio Costo de los tratamientos evaluados con tecnología ASAC y tecnología tradicional en el Municipio de Olopa Chiquimula. 2023, la tecnología ASAC es la que tiene los resultados de mayor rendimiento promedio.

Debido a las condiciones climáticas, específicamente la mala distribución de la precipitación durante el ciclo del cultivo de frijol, el rendimiento de grano fue bajo en las dos localidades de Aldea la Prensa y Tituque, lo que financieramente se tradujo en resultados negativos. Pero la Tecnología ASAC fue la de mayores rendimientos a diferencia de la tecnología tradicional con los menores rendimientos de producción.

En términos de eficiencia, las parcelas con Tecnología ASAC (Agricultura sostenible adaptada al clima) son de mayor rendimiento y menor costo de producción.

7. CONCLUSIONES

- a. Se rechaza la hipótesis nula, ya que se manifiestan diferencias significativas entre ambos tratamientos evaluados, dado que se obtuvo un valor de T (bilateral) de 0.0334, con medias de rendimiento de 320.11 kg/ha para la Siembra en Tecnología Tradicional y de 439.67 kg/ha para la siembra en Tecnología ASAC; por lo tanto, las parcelas donde han implementado practicas ASAC con la siembra de la variedad Vaina Morada es mejor.
- b. La variedad de Frijol Vaina Morada con la tecnología de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC), es de mejor rendimiento, presentando un promedio de rendimiento de 448.50 kg/ha
- c. La Tecnología ASAC presenta resultados de mayor rendimiento promedio, teniendo una relación beneficio costo de 1.19.
- d. La Adaptación Sostenible al Cambio Climático (ASAC) destaca por su abordaje proactivo de los riesgos climáticos, que se manifiestan de manera más rápida e intensa. Ante estos desafíos urgentes, es imperativo ajustar velozmente las tecnologías y prácticas agrícolas, trascendiendo las limitaciones del pasado. La ASAC surge como respuesta vital para mejorar las vidas de quienes enfrentan inseguridad alimentaria y pobreza, preservando y elevando los logros previos. Esta adaptación no solo resiste, sino que también transforma, señalando un camino hacia un futuro más resiliente y equitativo en el complejo escenario climático actual.
- e. La ASAC es una opción para incrementar la producción y la productividad de los sistemas agroalimentarios de manera sostenible e inclusiva, aumentar la capacidad de adaptación, para fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al clima (cambio climático y variabilidad climática); y contribuir —donde es posible— a la limitación o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y, así, favorecer el alcance de las metas regionales de seguridad alimentaria y nutricional y de reducción de la pobreza.

8. RECOMENDACIONES

- a. Para la producción de frijol negro en el municipio de Olopa, Chiquimula, el cultivar Vaina Morada presentó el mayor rendimiento y mayor beneficio financiero en relación a los otros cultivares.
- b. Debido a la importancia del cultivo de frijol, la variedad de microclimas y tipos de suelo que presenta el municipio de Olopa, es necesario promover investigaciones en líneas avanzadas, para determinar el rendimiento y otras variables de interés para los productores.
- c. La aceptación de los agricultores de la variedad Vaina Morada de acuerdo a los resultados obtenidos en las localidades donde se realizó la investigación, implementando prácticas de Agricultura Sostenible Adaptadas al Clima, labranza de conservación, barreras muertas, zanjas al contorno y lombricompost.



9. REFERENCIAS

- AGRI nova Science. (2009). *El cultivo de la judía, parte 1*
<http://www.infoagro.com/hortalizas/judia.html>.
- Araya, C. M. (2010). *Guía de identificación y manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central*. <http://repiica.iica.int/DOCS/B0891E/B0891E.PDF>
- Araya, R., Rodríguez, R., Molina, J. C., y Ramos, F.T. (1992). *Variedades mejoradas de frijol (P.vulgaris L.) concepto, obtención y manejo*.
[http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_327_U5_Vol. 6.pdf](http://ciatlibrary.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_327_U5_Vol.6.pdf)
- Balzarini, M., González, L. A., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., y Robledo, C. W. (2008). InfoStat, Software estadístico. *Manual del usuario*.
https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_del_usuario
- Beaver, J. S., y Rosas Sotomayor, J. C. (2003). *Investigación colaborativa de frijol en Centroamérica y El Caribe*. 25-30.
<http://phaselieu.cesga.es/Beaver.pdf>
- Bonilla-Findji, O., Álvarez-Toro, P., Martínez-Barón, D., Martínez, J., Ortega, L. A., Aguilar, A., Paz, L., Suchini, J. G., Castellanos, A., Martínez J.D. (2018). *Latin America Climate-Smart Villages AR4D sites: 2017 Inventory*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/100234/CSV%20LAM%202019_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Córdova, H. (1978). *Uso de parámetros de estabilidad para evaluar el comportamiento de variedades*. ICTA.



- Debouck, D. G., Hidalgo, R. (1984). *Morfología de la planta de frijol común (Phaseolus vulgaris L.). Guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Auditutorial sobre el mismo tema.* <https://books.google.com.gt/books?id=AtOLF2NhJogC&lpg=PA6&dq=La%20planta%20de%20frijol%20es%20anual%2C%20se%20cultiva%20desde%20el%20tr%C3%B3pico%20hasta%20las%20zonas%20templadas%2C&pg=PA1#v=onepage&q&f=false>
- De La Cruz, J. (1982). *Clasificación de las zonas de vida a nivel de reconocimiento.* (Guatemala, INAFOR. <https://es.scribd.com/doc/96064621/Clasificacion-de-Zonas-deVida>>
- Dorward P, Clarkson G, y Stern, R. (2017). *Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura: Manual de campo- Una guía detallada sobre el uso de PICSA con Agricultores, paso por paso.* CGIAR Research Program on Climate change, Agriculture and Food Security (CCAFS). https://research.reading.ac.uk/picsa/wpcontent/uploads/sites/76/Manuals-Resources/PICSA_Manual_Spanish.pdf
- Escoto, N. D. (2004). *El cultivo del frijol Honduras.* <https://dicta.gob.hn/files/2015,-Manual-para-el-cultivo-de-frijol-enHonduras,-G.pdf>
- FFLUGSA, S. A. (s.f.). *El cultivo el frijol y el Ejote.* <http://fflugsatripod.com/frijol.htm> el domingo
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (2014). *Manual para cultivo de frijol negro en la región Oriente de Guatemala.* Manual de producción de frijol ICTA.pdf
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar. (2018). *Ecosistemas de Guatemala. Basado en la Clasificación de las Zonas de Vida.* <http://www.infoiarna.org.gt/wpcontent/uploads/2019/02/Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf>



- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). *Mapeo de las cadenas agroalimentarias de maíz y frijol en Centroamérica*. Managua, NI, Editorial Inpasa. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7656/BVE19039946e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lipper, L., McCarthy, N., Asfaw, S., y Branca, G. (2017). *Climate- Smart Agriculture- Building Resilience to climate Change*. Springer. file:///C:/Users/ville/Downloads/978-3-319-61194-5.pdf
- Menchú, M., Torún, B., y Elías, L. G. (2012). *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP* (2ª. ed.). https://inec.cr/wwwisis/documentos/INCAP/Recomendaciones_Dieteticas_Diarias_del_INCAP.pdf
- Municipalidad de Olopa Chiquimula. (s.f.). *Diagnóstico con enfoque de ambiente y política de uso y manejo de los recursos naturales en el municipio de Olopa, Chiquimula Guatemala*. https://sintet.net/images/biblioteca_digital/estudio_ambiental_olopa.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Ministerio de Agricultura y Ganadería y Alimentación. (2016). *Guía técnica del extensionista rural*. MAGA. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/FAOcountrries/Guatemala/Publicaciones/Guia_del_Extensionista_Rural_versio%CC%81n_web_050717.pdf
- Ortega Fernández, L. A., Paz, L. P., Giraldo Méndez, D. C., y Cadena, M. (2018). *Implementación de Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA) en el TESAC - Cauca*. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/93424/SISTEMATIZACION_PICSA_TeSAC.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. (2010). *Plan de Desarrollo Municipal Olopa 2011-2025*. https://fulviaefrancescovalfre.files.wordpress.com/2012/02/plan_de_desarrollo_olopa_2011-2025_es.pdf

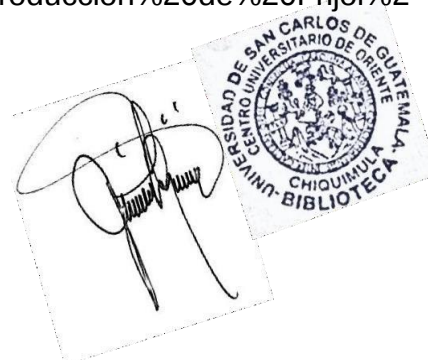


Rivas Morales, J. R. (2004). *Evaluación de 8 líneas avanzadas de Frijol Común (Phaseolus vulgaris L.) en dos localidades del Progreso, Guatemala*. [Tesis de licenciatura, Facultad de Agronomía.

Universidad de San Carlos de Guatemala].
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2096.pdf

Simmons, C., Tarano, J. M., y Pinto, J. H. (1959). *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Editorial del Ministerio de Educación Pública, "José de Pineda Ibarra".

Villatoro Mérida, J. C., Castillo Monterroso, F., Franco Rivera, J. A. (2011). *Producción de Frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. ICTA.
<https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Frijol/Produccion%20de%20Frijol%20Phaseolus%20vulgaris%20L%202011.pdf>



10. APÉNDICE

Apéndice 1: Desarrollo de la investigación



Primera área experimental aldea Tituque, municipio de Olopa, Chiquimula.



Segunda área experimental aldea La Prensa, municipio de Olopa, Chiquimula.



Delimitación y trazo de parcelas aldea Tituque, municipio de Olopa, Chiquimula.



Delimitación y trazo de parcelas aldea La Prensa, municipio de Olopa, Chiquimula.



Siembra de parcelas, aldea La Prensa, municipio de Olopa, Chiquimula.



Siembra de parcelas, caserío Tismuntique de aldea Tituque, municipio de Olopa, Chiquimula.



Fertilización con abono orgánico Lombricompost



Fertilización química al voleo con 16- 8 -12



Insecticidas para control de plagas en parcelas de frijol.



Fumigación para control de plagas y enfermedades de cultivo de frijol



Parcela de cultivo de frijol variedad Icta Chorti.



Aporreo frijol parcelas evaluadas en aldea La Prensa



Aporreo de frijol parcelas evaluadas caserío Tismuntique, aldea Tituque, municipio de Olopa.



Rendimiento de grano parcelas evaluadas aldea La Prensa y caserío Tismuntique, aldea Tituque municipio de Olopa.



Parcelas con prácticas ASAC aldea Tituque, municipio Olopa, Chiquimula.



Parcela tradicional aldea La Prensa, municipio de Olopa, Chiquimula.



Parcela de frijol variedad ICTA Ligero



Parcela de frijol variedad ICTA Chorti



Parcela de frijol variedad Vaina Morada



Visita técnica de parcelas evaluadas aldea La Prensa, municipio de Olopa.



Visita técnica parcela evaluadas en caserío Tismuntique, aldea Tituque.