

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL COMO ALTERNATIVAS A
LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ZONAS DE LADERA DE LA CUENCA
DEL TALGUA, CATACAMAS, OLANCHO**

POR:

CARLOS ENRIQUE RAUDALES MOLINA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

Diciembre 2023

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL COMO ALTERNATIVAS A LA
VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ZONAS DE LADERA DE LA
CUENCA DEL TALGUA, CATACAMAS OLANCHO**

POR:

CARLOS ENRIQUE RAUDALES MOLINA

Ph.D. JOSÉ TRINIDAD REYES SANDOVAL

Asesor Principal.

**INFORME FINAL DE TESIS DE GRADO PRESENTADO A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS
NATURALES**

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE 2023

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los suscritos miembros del Comité Evaluador del Informe Final de Trabajo de investigación certificamos que:

El estudiante **CARLOS ENRIQUE RAUDALES MOLINA** del IV Año de Ingeniería en Gestión Integral de los Recursos Naturales presentó su informe intitulado:

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL COMO ALTERNATIVAS A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN ZONAS DE LADERA DE LA CUENCA DEL TALGUA, CATACAMAS OLANCHO

El cual, a criterio de los evaluadores _____ el presente trabajo de investigación como requisito previo para optar al título de Ingeniero en Gestión Integral de los Recursos Naturales.

Dado en la ciudad de Catacamas, Departamento de Olancho, al día veinticinco del mes de noviembre del dos mil veinte tres.

PhD. José Trinidad Reyes Sandoval
Asesor Principal

M.Sc Emilio Javier Fuentes
Asesor Auxiliar

M.Sc. Gerardo Humberto Mencía Meza.
Asesor Auxiliar

M.Sc. Carlos Roberto Irías
Asesor Auxiliar

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO:

Agradezco infinitamente a Dios todo poderoso por darme la oportunidad de llegar hasta donde he llegado, por brindarme fortaleza en mis momentos más difíciles, y por siempre darme esa inteligencia, paciencia, fortaleza, destreza, y habilidad en todo momento durante mi carrera universitaria.

A MIS PADRES:

RAMÓN ENRIQUE RAUDALES ANDRADE Y SANDRA ELIZABETH MOLINA CORRALES. Por ser ellos quienes me apoyaron incondicionalmente en todos los aspectos de mi vida y nunca me dejaron de la mano.

A MIS HERMANOS:

LAURA GABRIELA, RAMÓN ENRIQUE, SANDRA DANIELA, ALEJANDRA MARIA RAUDALES MOLINA. Por brindarme su apoyo en todo momento y llenándome de valor y fuerza cada día para afrontar este desafío.

AGRADECIMIENTOS

AL CREADOR DE LOS CIELOS Y LA TIERRA.

Por iluminarme en cada momento de mi vida ya que todo lo que sucede es gracias a su voluntad y misericordia.

A MIS PADRES:

Por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Al PhD. José Trinidad Reyes Sandoval por ser mi asesor principal de tesis y mostrar toda su disposición y amabilidad para atender cada una de las dudas y aportes a mi formación como profesional, de la misma manera al **M.Sc. Carlos Roberto Irías Zelaya, M.Sc. Emilio Javier Fuentes** y al **M.Sc. Gerardo Humberto Mencía Meza**. Por su apoyo y orientación durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A mis amistades y compañeros de la universidad **Eunice Ordoñez, Delmer Ardón, Lisandro Ponce, Gercin Maradiaga, Osman Nolasco, Olga González, Julio Mendoza, Melvin Rodríguez, Romelio Pérez, Alejandro Pérez, Saul Alvarado, Cristian Guzmán**. Por todo lo vivido a lo largos de nuestra trayectoria estudiantil, por el apoyo, por las experiencias de felicidad y tristeza.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
CONTENIDO.....	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	3
II. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo general	5
2.2 Objetivos específicos.....	5
III. HIPÓTESIS	6
Hipótesis nula (Ho)	6
Hipótesis Alternativa (Ha).....	6
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	7
4.1 Variabilidad climática y cambio climático.....	7
4.1.1 Impacto del aumento de la temperatura	9
4.1.3 Impacto de eventos climáticos extremos.....	10
4.2 Causas y consecuencias del cambio climático	11
4.2.1 Consecuencias del cambio climático.....	13
4.3 El cultivo de frijol e importancia.....	15
4.4. Morfología, taxonomía y fenología del cultivo de frijol	18
4.5 Variedades de frijol y adaptación al cambio climático	21

4.6. Condiciones edáficas y clima, y épocas de siembra.....	22
4.6.1 Épocas de siembra	23
4.6.2 Siembras de primera o primavera.....	24
4.6.3 Siembra de postrera o segunda.....	24
4.7 Prácticas agrícolas sostenibles y estrategias de adaptación.....	24
4.7.1 Estrategias y medidas de adaptación	28
4.7.2 Estrategias de adaptación al cambio climático.....	30
V. MATERIALES Y MÉTODO	33
5.2.1 Etapa de campo	34
5.2.2 Etapa de Oficina	35
5.3 Método.....	36
5.3.1 Sitio de estudio	36
5.3.2 Sitio de estudio	37
5.3.4 Sitio de estudio	39
5.4.1 Días a floración	46
5.4.2 Altura de la planta	46
5.4.3 Numero de Vainas por planta.....	46
5.4.4 Numero de Granos por Vaina.....	46
5.4.5 Peso de los 100 granos	46
5.4.6 Largo del grano	46
5.4.7 Ancho del grano	47
5.4.8 Diámetro de la planta	47
5.4.9 Rendimiento	47
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
6.1 Días a floración	48

6.2 Floración por comunidad.....	49
6.3 Altura de la planta	49
6.4 Diámetro de la planta	50
6.5 Numero de vainas por planta.....	51
6.6 Numero de granos por vaina.	52
6.7 Peso de los 100 granos	53
6.8 Largo de los granos	54
6.9 Ancho de los granos	55
6.10 Rendimiento.	56
6.12 Variedad con mejor capacidad de adaptación.	58
VII CONCLUSIONES	59
VIII RECOMENDACIONES	60
IX BIBLIOGRAFÍA.....	61
X ANEXOS	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica del estudio en las comunidades de Talgua en el municipio de Catacamas Olancho.	34
Figura 2. Ubicación bloques en la parcela de Pinabetal en Talgua Catacamas Olancho....	37
Figura 3. Ubicación bloques en la parcela de Buena Vista en Talgua Catacamas Olancho.	38
Figura 4. Ubicación bloques en la parcela de Flor del café parte alta en Talgua Catacamas Olancho.	39
Figura 5. Ubicación bloques en la parcela de Flor del café parte baja en Talgua Catacamas Olancho.	39
Figura 6. Dios a floración por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)	48
Figura 7. Floración promedio por parcela. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)	49
Figura 8. Altura promedio de planta por variedades. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)	50
Figura 9. Diámetro de tallo de plantas de variedades de frijol. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).....	51
Figura 10. Promedio de numero de vainas por planta por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).....	52
Figura 11. Promedio de numero de granos por vaina por cada variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).....	53
Figura 12. Peso de 100 granos en gramos por cada variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).....	54
Figura 13. Largo de los granos por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)	55
Figura 14. Ancho de los granos por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)	56

Figura 15. Rendimiento de variedades en Kg/ha. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)	57
Figura 16. Rendimiento en Kg/h por bloques por comunidad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).....	58

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variedades a evaluadas	44
--	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable Floración de las variedades	66
Anexo 2 Análisis de varianza para la variable altura de las plantas	66
Anexo 3 Análisis de varianza para la variable diámetro de las plantas.	66
Anexo 4 Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta.....	67
Anexo 5 Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina por variedad. .	67
Anexo 6 Análisis de varianza para la variable largo de los granos.....	67
Anexo 7 Análisis de varianza para la variable ancho de los granos.	68
Anexo 8 Análisis de varianza para la variable peso de los 100 granos.	68
Anexo 9 Análisis de varianza para la variable rendimiento por variedad.	68

RESUMEN

Este trabajo de investigación se ejecutó en la región de Talgua Catacamas Olancho. Con el objetivo de evaluar el comportamiento y resistencia de seis variedades frijol incluyendo el testigo en las condiciones edafoclimáticas de la zona en las diferentes comunidades la de la cuenca del talgua como ser Pinabetal, Buena Vista y Flor del café. De las cuales todas las variedades eran mejoradas, las variedades evaluadas fueron, Vaina blanca (Testigo), Amadeus 77, Honduras Nutritivo, Paraisito Mejorado, Tolupán Rojo y Rojo Chortí. Se utilizó un diseño unifactorial en bloques completos al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. A los datos obtenidos se les efectuó el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey (0.05%). Para la Variable Floración se encontró diferencia estadística y la variedad Vaina Blanca y Honduras Nutritivo resultaron ser las más precoces, para la variable altura de la planta no se encontró diferencia estadística significativa de las variedades con un promedio de 48-53 cm por planta, para la variable diámetro de la planta no se encontró diferencia estadística significativa entre las variedades con un promedio de 0.48-0.58mm por planta, para la variable vainas por planta no se encontraron diferencias estadísticas con un promedio de 6-8 vainas por planta, para la variable granos por vaina sí hay diferencia estadística donde la variedad Paraisito Mejorado mostro el mejor resultado con 5.40 granos por vaina, seguida de Amadeus con 5.32 granos por vaina, seguido para la variable de largo del grano se encontró que si hay diferencia estadística donde las variedades Vaina Blanca mostro mejor resultado con 1.22 mm seguido de Honduras Nutritivo con 1.20 mm, en la variable ancho del grano no se encontró diferencia estadística con un promedio 0.6-0.67 mm. Para las variables del peso de los 100 granos y el rendimiento mostrándose la variedad Vaina Blanca con un peso de los 100 granos de 32.01g y un rendimiento de 2,064.25 Kg/h como la mejor. Siendo la variedad con respuestas positivas a las condiciones edafoclimáticas de la cuenca a las que fueron sometidas estas variedades.

Palabras Claves: Comportamiento, resistencia, rendimiento, edafoclimática Vaina Blanca.

I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática y el cambio climático ejercen impactos significativos en la agricultura, el bienestar humano y la economía de Honduras. Constituyendo el 12.9% del Producto Interno Bruto (PIB) y el 35.6% del valor total de las exportaciones del país, el sector agropecuario desempeña un papel vital en la economía hondureña (Derlagen et al. 2019). Sin embargo, se enfrenta a desafíos cada vez mayores debido a la variabilidad climática y al impacto humano en el clima, que afectan la producción de cultivos, los precios, la disponibilidad de alimentos y, en última instancia, la seguridad alimentaria y nutricional de la población (Jacobs y Quack 2018).

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa fundamental en la dieta diaria de los hondureños, considerada como la principal fuente de proteínas y calorías de bajo costo. Además de su importancia alimentaria, el cultivo del frijol genera ingresos significativos para los productores. Sin embargo, se ha observado una disminución en la producción de frijol, atribuible a variaciones en las temperaturas y las precipitaciones que han provocado poco desarrollo foliar, rendimientos bajos y un tamaño inadecuado del grano. Este fenómeno resalta la vulnerabilidad de la producción de frijol ante la variabilidad climática y subraya la necesidad de identificar variedades que se adapten a estas condiciones cambiantes.

Por ende, el propósito fundamental de este trabajo de investigación es evaluar la adaptación de variedades de frijol a la variabilidad climática en suelos de ladera, los cuales son los más utilizados para actividades agrícolas principalmente de subsistencia en la zona. Esta evaluación busca contribuir a la calidad alimentaria y mejorar la resiliencia y el rendimiento de los cultivos, considerando la importancia del frijol en la dieta y la economía local.

En la cuenca del río Talgua, Catacamas, Olancho, se ha optado por una variedad local de frijol para la siembra. No obstante, la evaluación de otras variedades que se adapten a la variabilidad climática es crucial para mejorar los rendimientos y, en última instancia, la

calidad alimentaria. Este trabajo tiene como objetivo identificar variedades de frijol que se adapten a las condiciones edafoclimáticas de la región y presenten buen rendimiento, así como características comerciales deseables para su comercialización.

Este estudio asume una importancia crítica en el contexto hondureño, en vista de los desafíos que enfrenta el sector agropecuario debido a la variabilidad climática. La identificación de variedades de frijol adaptadas a estas condiciones constituye un paso fundamental para fortalecer la seguridad alimentaria, mejorar los ingresos de los productores y mitigar los impactos adversos del cambio y la variabilidad climática en la producción agrícola.

Además, esta investigación representa una oportunidad para fomentar la resiliencia y sostenibilidad de la agricultura en la región, al proponer alternativas que enfrenten de manera efectiva los desafíos que plantea la variabilidad climática. Al evaluar estas variedades de frijol y su adaptación a las condiciones cambiantes, se espera no solo mejorar el rendimiento de la producción, sino también ofrecer a los agricultores y a la población en general opciones alimentarias más robustas y nutritivas.

En última instancia, este trabajo busca no solo identificar variedades de frijol adaptadas a la variabilidad climática, sino también comprender su potencial para brindar soluciones sostenibles y efectivas a los desafíos actuales y futuros que enfrenta la agricultura en la región. Además, la presente investigación busca contribuir al conocimiento y la práctica agrícola con el objetivo de mejorar la seguridad alimentaria y la resiliencia de las comunidades locales frente a los desafíos del cambio climático.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el desempeño de diferentes variedades de frijol como estrategia de adaptación ante la variabilidad climática en las laderas de la cuenca del Talgua, Catacamas.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Identificar las variedades de frijol que manifiestan una mayor adaptación a las condiciones edafoclimáticas específicas de la cuenca del Talgua, Catacamas.
- ❖ Evaluar los componentes del rendimiento de diferentes variedades de frijol en respuesta a las condiciones climáticas prevalecientes en la cuenca del Talgua, Catacamas.

III. HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0)

No existe diferencia significativa en la producción y rendimiento entre las variedades de frijol bajo las condiciones climáticas específicas de la cuenca del Talgua, Catacamas.

Hipótesis Alternativa (H_a)

Se espera que al menos una de las variedades de frijol muestre una diferencia significativa en la producción y rendimiento en respuesta a las condiciones climáticas presentes en la cuenca del Talgua.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Variabilidad climática y cambio climático

La variabilidad del clima consiste en desviaciones de los valores promedio de los parámetros climáticos, ocurriendo en períodos de distinta duración, e incluyendo eventos climáticos extremos, tales como: sequías, huracanes, tormentas tropicales, el evento El Niño-Oscilación Sur (ENOS), entre otros. Los eventos climáticos extremos más frecuentes en Honduras son: sequías, olas de calor, huracanes, tormentas tropicales e inundaciones. En los últimos 60 años se han observado alrededor de 10 eventos ENOS, extendiéndose entre 12 y 36 meses (SERANA & ENCC 2013).

La variación de las condiciones atmosféricas en períodos de uno o varios meses, años, lustros o períodos más extensos (hasta dos décadas) está explicada por la variabilidad climática. El clima varía de forma natural y estas variaciones se presentan de manera cíclica debido a factores como la rotación y traslación de la Tierra, las manchas solares (regiones del sol con alta actividad magnética) o la actividad volcánica (SURA 2020).

Durante eventos de El Niño sequías que dañan cosechas, provocan muertes del ganado vacuno, daños a los ecosistemas del bosque seco, déficit de agua (sobre todo en el corredor seco), daños por ingresos no recibidos, disminución del rendimiento en los cultivos que no están bajo riego, enfermedades respiratorias, daño a la seguridad alimentaria de la población en el corredor seco, incremento de los incendios forestales y es un impulsor de la pobreza. Durante eventos de la niña se incrementan significativamente las precipitaciones en todo el país, a través de ondas tropicales y huracanes, creando daños y pérdidas de cosechas, inundaciones, deslizamientos de masas de tierra, enfermedades diarreicas transmitidas por vectores, contaminación de fuentes de agua, arrastre de sedimentos y el aumento de la movilidad de contaminantes químicos en los suelos (Nicaragua 2017).

Otros fenómenos de la variabilidad climática inciden de manera muy significativa en todo el planeta generando condiciones lluviosas en algunas regiones y sequías en otras de acuerdo con la estación del año. Los efectos de la variabilidad climática, como sequías prolongadas, afectan los medios de vida de los hogares agrícolas más vulnerables de las áreas rurales de Honduras, amenazando la seguridad alimentaria del país. La escasez de irrigación es una de las principales limitaciones para enfrentar la variabilidad climática por parte de los pequeños productores. Por ello, las agencias de desarrollo han trabajado en medidas de adaptación al cambio climático como la instalación de sistemas de riego por goteo en contextos de pobreza extrema (Popenoe 2022).

La producción de maíz, frijol y arroz es vital para la seguridad alimentaria y nutricional de la población centroamericana. La mayor parte de su producción, especialmente la de maíz y frijol, está en manos de pequeños productores, la mayoría de los cuales viven en condiciones de pobreza con acceso limitado a servicios sociales y económicos. No obstante, salvaguardan un importante acervo de agrobiodiversidad y conservan prácticas de producción relativamente sostenibles y adecuadas a las condiciones locales.

Utilizando el método de funciones de producción, se estimó el efecto de la temperatura y la precipitación sobre los rendimientos de granos básicos en 95 unidades geográficas subnacionales en la década de 2000. Con esta misma función, se estiman los impactos potenciales del cambio climático durante el presente siglo, utilizando dos escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), denominados B2 (trayectoria de alza de emisiones menor) y A2 (emisiones crecientes e inacción global).

Con el escenario A2 para fines del siglo, las reducciones regionales de rendimientos estimados serían: 35%, 43% y 50% para el maíz, frijol y arroz, respectivamente, en comparación con 17%, 19% y 30% con el escenario B2; por lo cual es importante seguir insistiendo en un esfuerzo global para reducir las emisiones. Al mismo tiempo, los resultados sugieren que habrá condiciones diferentes y medidas apropiadas de adaptación dependiendo del departamento e inclusive dentro de cada uno, requiriendo acciones enfocadas a nivel local. Por lo tanto, es urgente impulsar estrategias adaptativas incluyentes y sustentables para el sector de granos básicos que combinen la reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad

con las de adaptación al cambio climático y la transición a economías más sostenibles y bajas en carbono (CEPAL 2013).

El cambio climático tiene varios efectos en la producción de frijol, en ese sentido, de acuerdo con un informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), se estima que, para fines de siglo, la producción de frijol en Centroamérica podría sufrir una reducción de hasta un 43% debido al cambio climático.

La producción de frijol es vital para la seguridad alimentaria y nutricional de la población centroamericana. La mayoría de la producción de frijol está en manos de pequeños productores, quienes son muy vulnerables a los impactos del cambio climático debido a su limitado acceso a servicios sociales y económicos (CEPAL 2013).

4.1.1 Impacto del aumento de la temperatura

El aumento de la temperatura puede afectar el crecimiento y desarrollo del frijol, incluyendo la disminución del rendimiento y la calidad del grano. Con temperaturas altas, el cultivo necesita más insumos como nutrientes, agua y radiación solar para mantener su nivel de metabolismo. Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura, el desarrollo del frijol se acelera más que el crecimiento, lo que puede resultar en una reducción del rendimiento de hasta un 4% por cada 1°C de aumento en la temperatura media. Además, la temperatura afecta la tasa de desarrollo de la planta y la producción de hojas, tallos y otros componentes. El manejo preciso del cultivo, incluyendo un suministro óptimo de agua y nutrientes, puede ayudar a compensar los efectos negativos de las altas temperaturas (FAO 2015).

4.1.2 Impacto de la variabilidad de las precipitaciones

Según la FAO, la variabilidad de las precipitaciones es un factor clave para el rendimiento de los cultivos. La falta de agua puede reducir el rendimiento del frijol y afectar negativamente la calidad del grano. Además, la variabilidad de las precipitaciones puede llevar a una distribución desigual del agua en el suelo, lo que puede afectar la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

Es importante tener en cuenta que la disponibilidad de agua para el cultivo de frijol puede variar según la región y las condiciones climáticas locales. Por ejemplo, en regiones con estaciones secas prolongadas, la falta de agua puede ser un desafío significativo para el cultivo de frijol.

4.1.3 Impacto de eventos climáticos extremos

Los eventos climáticos extremos, como sequías, inundaciones y tormentas, pueden tener un impacto significativo en la producción de frijol y la seguridad alimentaria en la región. Estos fenómenos pueden causar daños en los cultivos y afectar la disponibilidad de alimentos. Las sequías pueden provocar una disminución en la disponibilidad de agua para el riego y el crecimiento de las plantas de frijol. La falta de agua puede afectar el desarrollo de las plantas, reducir la producción de flores y vainas, y disminuir el rendimiento del cultivo. Según la FAO, las sequías pueden tener un impacto negativo en la seguridad alimentaria y la nutrición, especialmente en las comunidades rurales que dependen de la agricultura para su sustento.

Por otro lado, las inundaciones y excesos de agua pueden dañar los cultivos de frijol al afectar el suelo y las raíces de las plantas. El exceso de agua puede provocar la asfixia de las raíces y la propagación de enfermedades en las plantas como la proliferación de hongos. Además, las inundaciones pueden destruir los cultivos y causar pérdidas económicas significativas (ONU 2020)

4.1.4 Impacto en la seguridad alimentaria.

La disminución de la producción de frijol debido al cambio climático puede tener un impacto significativo en la seguridad alimentaria en la región, especialmente para las comunidades más vulnerables. Los cambios en la distribución de las lluvias y los impactos del cambio climático pueden poner en peligro la producción de cultivos como el frijol, que es una fuente importante de alimento en las zonas rurales de la región de Mesoamérica.

El cambio climático puede provocar una reducción en los rendimientos de los cultivos de frijol. Según un informe de la CEPAL, se estima que, para fines de siglo, las reducciones regionales de rendimientos podrían ser de hasta un 50% para el frijol en comparación con las

condiciones actuales. Esto puede tener un impacto significativo en la disponibilidad de alimentos y la seguridad alimentaria de las comunidades que dependen del frijol como fuente de alimento.

Además, las comunidades más vulnerables, que a menudo dependen de la agricultura de subsistencia y tienen acceso limitado a servicios sociales y económicos, pueden ser especialmente afectadas por los impactos del cambio climático en la producción de frijol. Estas comunidades pueden enfrentar mayores dificultades para asegurar su alimentación y enfrentar la inseguridad alimentaria como resultado de la disminución de la producción de frijol (CEPAL 2014).

Es importante tomar medidas para abordar los impactos del cambio climático en la producción de frijol y garantizar la seguridad alimentaria en la región. Esto incluye la implementación de estrategias de adaptación al cambio climático, como el desarrollo de variedades de frijol más resistentes al estrés climático, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles y la mejora de la gestión del agua y los recursos naturales.

En la región donde se realizó la investigación, los productores y pobladores han observado cambios en los patrones climáticos que ellos vinculan a un aumento de enfermedades debido a las lluvias intensas, así como a una disminución en la producción ocasionada por las sequías, también conocida como canícula. Este factor es crucial para la producción y ha causado importantes pérdidas para los agricultores, lo que a su vez ha motivado la migración de la población local. Hace siete años, los agricultores en esta área solían cosechar hasta 25 cargas de frijoles por manzana, pero actualmente no producen más de 16 cargas en el mismo terreno. El uso excesivo de agroquímicos y la falta de rotación de cultivos se consideran factores que han contribuido a esta situación, dado que el cultivo de frijol predomina en la zona y la economía local depende en gran medida de estas producciones.

4.2 Causas y consecuencias del cambio climático

La atmósfera terrestre está compuesta por diferentes gases que tienen como función mantener una temperatura apropiada para la vida. A este fenómeno natural se le llama efecto invernadero, es necesario que exista equilibrio en la emisión de gases de efecto invernadero

para conservar su justa proporción. Sin embargo, las actividades humanas han aumentado la producción de estos gases provocando el llamado calentamiento global, la causa principal del cambio climático. Sin embargo, el ser humano es el responsable del cambio climático y sus emisiones de gases de efecto invernadero que calientan el planeta.

El gas más conocido es el CO₂ causante del 63% del calentamiento global. La deforestación, la industria maderera, la agricultura, la minería y la ganadería son las principales actividades económicas dedicadas a la tala de árboles. La deforestación tiene un impacto significativo en el cambio climático al contribuir a las emisiones de gases de efecto invernadero. La tala y quema de árboles libera dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, lo que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global.

Además, la deforestación puede afectar el clima local y regional al reducir la cantidad de agua disponible y alterar los patrones de lluvia. Esto puede tener graves consecuencias para la agricultura, la seguridad alimentaria y la biodiversidad. En resumen, la deforestación es una causa importante del cambio climático, y su prevención y gestión son cruciales para mitigar sus efectos en el planeta y proteger el medio ambiente para las generaciones futuras (Griscom, B. W. 2018).

Según el IPCC, "la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la deforestación y la degradación forestal es esencial para lograr los objetivos del Acuerdo de París" y que "la conservación y restauración de los bosques son medidas clave para la mitigación y adaptación al cambio climático". Por lo tanto, es importante abordar la deforestación como una parte integral de los esfuerzos para combatir el cambio climático y proteger el medio ambiente (IPCC 2019).

El aumento desproporcionado de gases de efecto invernadero provocado por el uso de fertilizantes, la actividad química para el tratamiento de aguas residuales, la quema de combustibles fósiles, el transporte, la calefacción y el urbanismo. Este aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera es una de las principales causas del cambio climático y está directamente relacionado con las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura intensiva.

Según el informe más reciente del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera han aumentado un 47% desde la era preindustrial, principalmente debido a la quema de combustibles fósiles. Además, las emisiones de metano y óxido nitroso también han aumentado significativamente debido a la agricultura y la ganadería intensiva (IPCC 2021).

El crecimiento acelerado de la población influye en la producción de gases que exacerban el efecto invernadero (Aqua s. f.). De manera que la población humana en constante aumento y el crecimiento económico continuo están incrementando la demanda de energía y recursos naturales, lo que a su vez ha aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero y ha llevado a la degradación ambiental y al cambio climático (IPCC 2018).

El crecimiento de la población es un factor crítico que está impulsando el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad. La expansión de las áreas urbanas y agrícolas, el aumento de la demanda de alimentos y energía, y el aumento de la producción de residuos son solo algunas de las formas en que el crecimiento de la población está exacerbando estos problemas ambientales (et al 2015).

4.2.1 Consecuencias del cambio climático

El cambio climático está afectando la producción de cultivos en todo el mundo debido a un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como sequías, inundaciones y tormentas, así como cambios en los patrones de precipitación y temperatura (Lobell 2020).

Según el Programa Mundial de Alimentos (2019), el cambio climático en Honduras ha causado una disminución en la producción de granos básicos, como maíz y frijoles, que son fundamentales para la alimentación del país. Además, los eventos climáticos extremos, como las sequías e inundaciones, han afectado negativamente a la agricultura y la seguridad alimentaria en todo el país.

La acidificación y contaminación del agua debido a la concentración de dióxido de carbono, y la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados puede provocar la acidificación del

suelo y del agua subterránea, ya que el nitrato se puede lixiviar fácilmente a través del suelo y alcanzar las capas freáticas, lo que aumenta la acidez del agua (Water 2021).

Los devastadores fenómenos meteorológicos como los huracanes, ciclones, lluvias, sequías extremas o inundaciones, son eventos meteorológicos extremos que se están volviendo más frecuentes y más intensos debido al cambio climático causado por las actividades humanas.

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, ya que es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones de mundo, incluyendo cambios en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes.

Se espera que los rendimientos de los granos básicos, como arroz, maíz y trigo, disminuyan significativamente a nivel mundial para el año 2050, con diferencias entre países en vías de desarrollo y los países desarrollados. Los precios mundiales de los alimentos incrementarán a consecuencia de la disminución de la producción global que se espera debido a los efectos del cambio climático. Estas reducciones impactarán negativamente a la seguridad alimentaria a nivel mundial, por lo que se espera que al 2050 el consumo per cápita de cereales disminuya en 7.1% en países en vías de desarrollo (Viguera et al. 2017).

El 18% de la tierra cultivable del país se utiliza para la producción de granos básicos, los cuales conforman el 35% de la dieta diaria del hondureño. En el caso del maíz y el frijol conforman más del 60% de la dieta alimenticia de las familias del sector rural especialmente aquellas con mayores índices de pobreza. Además, los granos básicos están vinculados a las cadenas agro-industriales de ganado, aves de corral, cerdos y otras que complementan la canasta básica.

El sector agrícola es de gran importancia social y económica en Honduras; es uno de los principales motores de la economía, generando empleo e ingresos para una gran cantidad de personas, especialmente en las zonas rurales. La agricultura es la base de la economía rural y proporciona medios de vida a más del 60% de la población rural del país. Además, la

producción agrícola es esencial para la seguridad alimentaria del país, ya que muchos de los alimentos básicos son producidos localmente (SAG 2020).

En el 2012 para el primer ciclo de siembra, en los departamentos de Choluteca, Valle y la parte del Sur de El Paraíso y Francisco Morazán, el fenómeno de El Niño afectó el desarrollo y la producción de los cultivos. Los efectos de la sequía son impactantes en estas zonas, debido a que afectaron las etapas críticas de los cultivos, es decir, en la floración y llenado inicial del grano. Aunado a lo anterior, las altas temperaturas en el ambiente contribuyeron al aumento del estrés en el cultivo lo cual provocó grandes pérdidas (Ferraris 2009).

Hoy en día la variabilidad climática o la alteración de los patrones del clima es un tema de suma importancia para el mundo entero ya que debido a eso hay muchas pérdidas tanto en la agricultura como en la ganadería debido a sequías y altas temperaturas. Es algo que preocupa a los productores y es ahí donde hay que buscar diferentes alternativas como ser, el uso de semillas resistentes a la sequía, plagas, entre otros factores para poder trabajar y producir con las alteraciones del clima.

En la región de estudio, las posibles causas y consecuencias del cambio climático incluyen la agricultura extensiva, donde los agricultores, al notar una disminución en la productividad de sus suelos, optan por la tala y quema para cultivar en áreas nuevas, sin brindar un cuidado adecuado al suelo para permitir su recuperación. Además, la ganadería se ha expandido en algunas comunidades, y se ha registrado una gran deforestación en las zonas altas de la región, colindantes con la zona de río Tinto. Esta deforestación se llevó a cabo mediante tala, limpieza y quema para establecer pastizales, lo que ha tenido y seguirá teniendo un impacto en la variación de los patrones climáticos si no se buscan alternativas para una gestión agrícola más sostenible.

4.3 El cultivo de frijol e importancia.

El frijol es uno de los principales cultivos de subsistencia en Honduras y su importancia radica en su alto valor nutricional, fácil acceso y bajo costo. Además, el cultivo de frijol es una fuente importante de ingresos para los agricultores de pequeña escala (SAG 2020).

Según la FAO (2020), el frijol es una de las principales fuentes de proteína en la dieta de millones de personas en América Latina y el Caribe; además, el cultivo de frijol es una fuente importante de ingresos y empleo para los agricultores y sus familias.

El aporte económico del frijol a Honduras es significativo. Según datos del Banco Central de Honduras, en el año 2020 las exportaciones de frijol representaron el 4.4% del valor total de las exportaciones agrícolas del país (BCN 2020). Además, según la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras, el cultivo de frijol genera empleo e ingresos para más de 100000 familias en el país (SAG 2021).

Por consiguiente, el cultivo de frijol es importante desde un punto de vista económico porque es un cultivo de subsistencia para muchos agricultores en América Latina y el Caribe. Además, el frijol es una fuente importante de divisas para algunos países de la región debido a su exportación (BID 2021).

En la región el cultivo de frijol es importante desde un punto de vista alimenticio porque es una fuente rica en proteínas, carbohidratos complejos, fibra y vitaminas y minerales esenciales. Además, el frijol puede ser una alternativa saludable a las proteínas animales y es adecuado para una variedad de dietas, incluyendo vegetarianas y veganas (IFPRI 2021).

La producción de frijol en Honduras se concentra en las regiones del Corredor Seco, la zona norte y la zona occidental del país, donde las condiciones climáticas son favorables para su cultivo. Estas zonas también enfrentan desafíos como la falta de acceso a semillas mejoradas y la vulnerabilidad al cambio climático, por lo que es necesario fortalecer la investigación y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles (SAG 2022).

El cultivo del frijol se lleva a cabo en suelos de ladera debido a la topografía del territorio nacional. En 16 de los 18 departamentos de Honduras, las zonas rurales se dedican a la producción de frijol, y en la mayoría de estas áreas rurales, el cultivo se realiza de manera empírica utilizando herramientas como la barreta, lo que a veces resulta en una producción no tan alta. Esta práctica conlleva a una degradación acelerada del suelo y una pérdida importante de nutrientes (Escoto 2015).

El daño causado por las plagas es uno de los principales factores que afectan la producción del frijol. Estas atacan todos los órganos y etapas de crecimiento, producción y almacén. Las principales plagas son la diabrotica (*Diabrotica spp.*), la gallina ciega (*Phillophaga spp.*), el lorito verde (*Empoasca spp.*), la babosa (*Sarasinula plebeia*), mosca blanca (*Bemisia tabaco*) y áfidos (*Aphis*).

Las enfermedades afectan de manera importante la producción del cultivo de frijol en Honduras, reduciendo en gran parte su rendimiento. Dentro de las enfermedades más dañinas en Honduras se encuentran las causadas por los virus del mosaico común (VMCF) y mosaico dorado amarillo (VMDAF) del frijol, la mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeri*) y la mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*), que individualmente pueden causar pérdidas en rendimiento desde 40 hasta el 100% (Rosas 2003).

El cultivo de frijol tiene gran importancia en el contexto local y regional por varias razones:

Seguridad alimentaria: El frijol es un alimento básico en muchas comunidades locales y regionales. Su cultivo y consumo contribuyen a garantizar la seguridad alimentaria al proporcionar una fuente de proteínas, carbohidratos y otros nutrientes esenciales.

Sustento económico: El cultivo de frijol proporciona una fuente de ingresos para los agricultores locales. La venta de frijoles en los mercados locales y regionales puede generar ingresos y contribuir al desarrollo económico de las comunidades agrícolas.

Adaptabilidad a las condiciones locales: El frijol es un cultivo adaptable que puede crecer en una amplia gama de condiciones climáticas y tipos de suelo. Esto lo convierte en una opción viable para los agricultores en diferentes regiones, incluso en aquellas con recursos limitados.

Conservación de la biodiversidad: El cultivo de frijol contribuye a la conservación de la biodiversidad agrícola. Existen numerosas variedades de frijol, algunas son autóctonas y adaptadas a las condiciones locales. El cultivo y la preservación de estas variedades contribuyen a mantener la diversidad genética y la resiliencia de los sistemas agrícolas.

Cultura y tradición: El frijol tiene una larga historia de cultivo en muchas comunidades locales y regionales. Su producción y consumo están arraigados en la cultura y tradiciones de estas comunidades, y es un alimento básico en la dieta local (FONTAGRO 2020).

4.4. Morfología, taxonomía y fenología del cultivo de frijol

El género *Phaseolus* se clasifica dentro de la familia *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoidae*, tribu *Phaseolae* y subtribu *Phaseolinae* su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. Es una planta herbácea autógama de ciclo anual que se cultiva en zonas tropicales y regiones templadas. Esta característica permite agruparla en las denominadas especies termófilas, dado que no soporta bajas temperatura (López y Fe 1995).

Se distingue por ser altamente poliforme, ya que, de acuerdo con la parte agroecológica, donde se desarrolla, es posible distinguir variaciones fenológicas entre la misma especie de una región a otra (Romero 1993). El ciclo vegetativo de las variedades de frijol que se siembran es de 85 (variedades precoces) a 100 días (Variedades trepadoras). Dicho lapso se encuentra determinado sobre todo por el genotipo del tipo de variedad, hábito de crecimiento, clima, suelo, radiación solar y fotoperiodo (Ortiz 1998). Las etapas fenológicas son:

VO Germinación: Se toma como iniciación de esta etapa el día que la semilla tiene humedad suficiente para el comienzo de este proceso; es decir, el día del primer riego, o de la primera lluvia si se siembra en un suelo seco.

V1 Emergencia: Se inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen a nivel del suelo.

V2 Hojas primarias: Comienza cuando las hojas primarias (unifoliadas y compuestas) están desplegadas.

V3 Primeras hojas trifoliadas: Se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y las láminas de los folíolos se ubican en un plano.

V4 Tercera hoja trifoliada: Cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada.

R5 Prefloración: Inicia cuando aparece el primer botón o racimo.

R6 Floración: cuando la planta presenta la primera flor abierta.

R7 Formación de las vainas: Cuando la planta presenta la primera vaina con corola de la flor colgada o desprendida.

R8 Llenado de la vaina: Se inicia cuando la primera vaina empieza a llenar. Es el inicio del crecimiento activo de la semilla. Las vainas presentan abultados que corresponden a las semillas en crecimiento.

R9 Maduración: Se caracteriza por el inicio de coloración y secado en las primeras vainas, continúa el amarillamiento, la caída de hojas y todas las partes de la planta se secan; las vainas al secarse pierden su pigmentación. El contenido de agua en las semillas baja hasta alcanzar 15%, momento en el cual las semillas adquieren su color típico. Termina el ciclo biológico y el cultivo se encuentra listo para su cosecha (SADER 2019).

La morfología del cultivo de frijol se refiere a la estructura y características físicas de la planta de frijol. El frijol es una planta anual que pertenece a la familia de las leguminosas. Tiene un sistema de raíces fibrosas y ramificadas que le permite absorber nutrientes y agua del suelo. El tallo es erecto y puede alcanzar alturas variables dependiendo de la variedad. Las hojas son compuestas, con folíolos ovalados o en forma de riñón.

La raíz inicia su desarrollo al momento de la germinación. La primera estructura que sale de la semilla es la radícula la cual formará el sistema radicular, al emerger la radícula esta se dirige hacia abajo, posteriormente a los pocos días se desarrollan de 3 a 7 raíces secundarias o basales en la porción basal formándose un sistema con una raíz principal y varias raíces secundarias, las cuales también crecen tanto en forma horizontal y hacia abajo con un gran desarrollo dándole la apariencia de un sistema radicular profuso o fascicular, la raíz principal tiene una tasa de crecimiento muy activa logrando penetrar hasta los 150 cm, sin embargo la mayoría de las raíces de absorción se encuentran a una profundidad de 30 a 40 cm.

Otra característica fascinante de la planta de frijol es su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico del género *Rhizobium* en sus raíces, que en el caso de frijol existen

varias especies de *Rhizobium* las cuales han evolucionado con los diferentes tipos de frijol en todas las áreas del mundo.

El tallo de la planta de frijol se desarrolla a través del crecimiento del epicotilo en el proceso germinativo, el cual se inicia con el crecimiento del hipocótilo acarreado consigo a los cotiledones los que al alcanzar la superficie del suelo se expanden y se tornan de color verde ayudando a la planta en estas primeras fases, iniciándose posteriormente el crecimiento del epicotilo en la parte superior de los cotiledones que dará origen al tallo principal el cual lleva en su porción terminal el meristemo apical que formará las estructuras de la planta como: hojas, nudos, entrenudos, yemas axilares, ramas, flores en racimos, etc.

Dependiendo del hábito del crecimiento del tallo este se clasifica en un crecimiento *determinado* cuando su porción apical termina en una inflorescencia y de hábito *indeterminado*, en la cual la porción apical permanece en forma vegetativa. La altura del tallo varía desde unos 20 cm centímetros entre los tipos arbustivos determinados hasta más de 100 cm en los tipos indeterminados. El tallo puede ser erecto, semi erecto, semi rastrero, rastrero y trepador. El ciclo de la planta depende del tipo de crecimiento del tallo, siendo de ciclo corto en los tipos erectos determinados y de ciclo largo en los indeterminados pudiendo ser desde 70 a 140 días hasta más de 220 días respectivamente.

Hojas: La planta de frijol se presentan diferentes tipos de hoja, al emerger la plántula, los cotiledones se tornan de color verde presentándose de esta manera las hojas cotiledonarias, siendo este el primer nudo (nudo cotiledonar), posteriormente aparecen las primeras hojas verdaderas en el segundo nudo del tallo principal, las que son simples y conocidas como hojas unifoliadas, en los nudos subsecuentes aparecerán las hojas trifoliadas, que son las que formaran el dosel de la planta de frijol junto con las ramas y tallo. Las hojas verdaderas trifoliadas, poseen tres folíolos dos de los cuales son asimétricos y acuminados y se localizan en forma lateral, el folíolo central es simétrico y acuminado (Miramonte, 2014).

Presenta la flor característica de la sub familia *Papilionoideae*, la cual tiene una simetría bilateral con un pedicelo glabro o sub glabro con pelos uncinulados y en su base una pequeña bráctea no persistente unilateral, llamada bráctea pedicular, el cáliz es gamosépalo formado por cinco sépalos dentados con dos sépalos en la porción superior y tres en la parte inferior,

la corola está formada por cinco pétalos los cuales tienen la característica de tener formas muy específicas, con dos pétalos soldados por su base y tres libres.

El fruto característico de las leguminosas es una vaina que puede ser: dehiscente, semi dehiscente o indehiscente, la mayoría de las variedades comerciales tienen vainas indehiscentes. Las vainas pueden ser glabras o sub glabras, con pelos cortos y en ocasiones cerosa, con dos valvas y dos suturas, una dorsal (placental) y otra ventral, su forma puede ser plana o cilíndrica de 4 a 20 cm de longitud constreñida o no, que puede ser recta o ligeramente encorvada de color verde, amarilla o blanca y en ocasiones con estrías dependiendo de la variedad, con 3 a 7 semillas por vaina (Miramontes, 2014).

Durante el estudio en la zona, se observaron diferencias significativas en la morfología de las distintas variedades de plantas de frijol. Estas diferencias incluyeron el tamaño de la planta, la precocidad en la floración (con algunas variedades más tempranas que otras), así como la cantidad de vainas y granos por planta. A pesar de estas variaciones, todas las variedades mostraron el mismo tipo y color de flor, y pertenecían al tipo de planta "arbolito", aunque con variaciones en tamaño.

4.5 Variedades de frijol y adaptación al cambio climático

Tolupán Rojo: Grano color crema, tipo arbolito, tolerante a mancha angular y VMDAF, buen rendimiento, amplia adaptación, valor comercial de grano. Liberada por DICTA Zamorano. Tolupán Rojo, es una variedad resistente al virus de mosaico dorado amarillo del frijol, posee excelente adaptación a condiciones de altas temperaturas que predominan en zonas bajas tropicales y una buena tolerancia la sequía. Es una variedad apta para alturas entre 450 a 1,500 m s. n. m. (Villeda 2020).

Amadeus: Grano color rojo claro, tipo arbolito, resistente a VMDAF, buen rendimiento, amplia adaptación, valor comercial de grano. Liberada por DICTA Zamorano. Amadeus-77, es una variedad resistente al virus del mosaico dorado amarillo del frijol, posee excelente adaptación a condiciones de altas temperaturas que predominan en zonas bajas tropicales y una buena tolerancia a la sequía. Posee un hábito de crecimiento arbustivo indeterminado, es

una línea de madurez intermedia que alcanza la floración a los 36 días y la madurez fisiológica a los 69 días (Zamorano 2002).

Chortí: Grano color rojo brillante, tipo arbolito, resistente a VMDAF buen rendimiento amplia adaptación, valor comercial de grano. Liberada por DICTA Zamorano, Rojo Chortí, es una variedad resistente a altas temperaturas y al virus del mosaico dorado, se adapta a valles, antillanos y laderas (DICTA 2019).

Honduras Nutritivo: Grano color rojo claro brillante, tipo arbolito resistente a VMDAF, buen rendimiento, amplia adaptación, valor comercial del grano. Liberada por DICTA Zamorano, Honduras nutritivo es un frijol biofortificado contiene más hierro que el frijol normal esta variedad de frijol es utilizada en valles y altiplanos con un buen rendimiento en producción.

Paraisito Mejorado: Grano color rojo claro brillante, planta tipo arbolito resistente a VMDAF, amplia adaptación y excelente valor comercial del grano. Liberada por DICTA Zamorano, Paraisito Mejorado es una variedad utilizada en valles, altiplanos y laderas, se adapta a las diferentes temperaturas con un excelente rendimiento (DICTA 2019).

Cada una de estas variedades fue evaluada bajo las condiciones edafoclimáticas en las laderas de las diferentes comunidades de la cuenca de Talgua, Catacamas, Olancho. Se logró identificar cuáles variedades presentaron resultados favorables en ciertas comunidades, donde factores como la altitud, el tipo de suelo, la humedad relativa, la precipitación y las horas de luz tuvieron un impacto significativo en los resultados.

4.6. Condiciones edáficas y clima, y épocas de siembra

La aptitud agroclimática permite identificar el potencial de diversos productos agropecuarios al considerar las etapas fenológicas y los requisitos climáticos y edafológicos de las especies agrícolas. En el caso del cultivo de frijol, las temperaturas óptimas para su desarrollo suelen oscilar entre 10 y 27 °C. Este cultivo es altamente susceptible a condiciones extremas y es recomendable sembrarlo en suelos de textura ligera y bien drenada (SADER 2019).

El análisis del suelo es importante para determinar su fertilidad y los nutrientes disponibles para el cultivo de frijol, el pH del suelo es un factor crucial, ya que la mayoría de los cultivos

crecen mejor en un rango de pH específico. Para el frijol, se recomienda un pH del suelo entre 6.2 y 6.8. La presencia de nutrientes como magnesio, calcio, potasio y fosfato en el suelo es esencial para satisfacer las necesidades del cultivo de frijol, así como la preparación adecuada del suelo, incluyendo la eliminación de malezas y la mejora de la estructura del suelo, es importante para el crecimiento saludable de las plantas de frijol.

El frijol es un cultivo adaptable que puede crecer en una amplia gama de condiciones climáticas. Sin embargo, algunas variedades de frijol pueden tener preferencias específicas en términos de temperatura y precipitación, la temperatura óptima para el crecimiento del frijol varía según la variedad, pero generalmente se encuentra entre los 20°C y 30°C. El frijol requiere una cantidad adecuada de precipitación para su crecimiento. La cantidad exacta puede variar según la variedad y la etapa de crecimiento de las plantas, la disponibilidad de agua y la capacidad de drenaje del suelo también son factores importantes a considerar para el cultivo de frijol (INIFAP 2021).

4.6.1 Épocas de siembra

En el cultivo de frijol, se realizan tres épocas de siembra: la siembra de primera, postrera y la siembra tardía. La época de postrera es cuando la siembra y producción son más predominantes, ya que se considera que las lluvias en ese periodo son más suaves y propicias para el cultivo del frijol. Sin embargo, con la variabilidad en los patrones climáticos, es decir, el cambio climático, esta dinámica ha cambiado, lo que ha ocasionado pérdidas en este cultivo. Algunas de estas pérdidas se deben al exceso de lluvia, mientras que otras se deben a la escasez de este vital líquido.

La época de siembra más adecuada para frijol es aquella en que además de ofrecer las condiciones climáticas para un buen desarrollo del cultivo, permite que la cosecha coincida con el período de baja o ninguna precipitación, para evitar daños en el grano por exceso de lluvia. En forma general en el país se tienen tres épocas de siembra:

4.6.2 Siembras de primera o primavera

Con estas siembras se da inicio al año agrícola, la cual varía entre zonas, pero la mayoría de productores siembran en el período comprendido entre el 15 de mayo y el 15 de junio, de tal manera que la etapa de madurez de la planta coincide con la época seca de julio-agosto (canícula o veranillo). Estas siembras representan el 20-30% de la siembra y por lo general el grano tiene un mejor precio en el mercado.

4.6.3 Siembra de postrera o segunda

Estas siembras representan entre el 70-80% del área total sembrada por año agrícola en el país y se realizan en los meses de septiembre y octubre. En este período se siembra de acuerdo con las características climatológicas de las diferentes regiones del país.

Esta siembra se realiza en el Norte y Litoral Atlántico y se hace entre los meses de diciembre y enero. En estas zonas predomina la siembra de cero labranzas. El clima de estas regiones es cálido y húmedo, razón por la cual el productor siembra en esta época, siembra de postrera tardía. Aprovechando las temperaturas medias (19-25°C) y las lluvias que ocasionan los vientos provenientes del norte. Estas siembras se localizan en los valles y laderas de los municipios de Olanchito y Morazán en Yoro; Savá en Colón; Cuyamel en Cortés; Jutiapa y Tela, en Atlántida (Escoto 2004).

4.7 Prácticas agrícolas sostenibles y estrategias de adaptación

Es requerida en los sistemas de producción orgánica de cultivos porque es una herramienta de gran utilidad en la prevención de enfermedades del suelo, plagas de insectos, problemas de malezas, y para establecer suelos sanos. Las plantas exudan un espectro de fotosintatos en el suelo que son únicos para cada especie de planta, y estos exudados de la raíz influyen la biodiversidad microbiana del suelo, el cual, a su vez, apoya la función del suelo y la salud de la planta. Las rotaciones de cultivos deben ser apropiadas para el sistema de producción, equipo, trabajo, y demanda de mercado para los cultivos de la granja (Dufour 2015).

Rotación de cultivos: La rotación de cultivos es una práctica sostenible que contribuye a disminuir la erosión del suelo, mejorar su salud, y reducir la presencia de plagas y

enfermedades en el cultivo de frijol. Un estudio realizado por la Universidad Nacional de Agricultura de Honduras descubrió que la rotación de cultivos con plantas de cobertura redujo la erosión del suelo y mejoró la calidad del cultivo de frijol (Flores, 2019).

Uso de abonos orgánicos: La aplicación de abonos orgánicos, como el compost y el estiércol, es una práctica sostenible que contribuye a mejorar la fertilidad del suelo y a disminuir la dependencia de fertilizantes químicos. Un estudio llevado a cabo por la Universidad Nacional Autónoma de México demostró que la utilización de compost no solo mejoró la calidad del cultivo de frijol, sino que también redujo el empleo de fertilizantes químicos (Morales, 2015).

Siembra en laderas: La siembra en laderas es una práctica sostenible que contribuye a la reducción de la erosión del suelo y a la conservación de la humedad. Una investigación realizada por la Universidad de Purdue demostró que la siembra en laderas no solo disminuyó la erosión del suelo, sino que también mejoró la calidad del cultivo de frijol (Zhou 2014).

Cultivos de cobertura: Los cultivos de cobertura, como el maíz y el frijol, son prácticas comunes en la agricultura sostenible. Estos cultivos protegen el suelo de la erosión, mejoran la estructura del suelo y aumentan la materia orgánica.

Prácticas agroecológicas: Las prácticas agroecológicas, como la combinación de diferentes cultivos en un mismo espacio (asociaciones de plantas) y la integración de la agricultura y la ganadería, promueven la biodiversidad y la resiliencia del ecosistema agrícola. Estas prácticas protegen el cultivo de frijol y fomentan la sostenibilidad a largo plazo, según estudios sobre desarrollo sostenible en la Amazonía.

En la región donde se llevó a cabo el ensayo, debido a la diversidad de suelos, altitudes y otros factores, es necesario capacitar a los pequeños productores locales en prácticas sostenibles. Muchos de ellos carecen de conocimientos sobre estas alternativas y sus beneficios tanto para el suelo como para la producción de cultivos. Desde la perspectiva de la investigación, resulta fundamental implementar prácticas como la rotación de cultivos, la adopción de un Sistema Agroforestal (SAF) o un Sistema Silvopastoril (SSP) para un mejor aprovechamiento del terreno, una mayor diversificación de cultivos y beneficios significativos para la producción y la salud del suelo.

Manejo integrado de plagas: El manejo integrado de plagas es una práctica sostenible que utiliza una combinación de métodos para controlar las plagas y enfermedades del cultivo de frijol, sin el uso excesivo de pesticidas químicos. Un estudio de la Universidad de Cornell encontró que el uso de técnicas de manejo integrado de plagas redujo la presencia de plagas en el cultivo de frijol y mejoró la calidad del cultivo (Thomas 2018).

El manejo integrado de plagas (MIP) se basa en cuatro principios fundamentales: las plantas sanas crecen en suelos sanos, el conocimiento y conservación de los enemigos naturales, la observación continua del cultivo y la conversión del productor en un experto. Estos principios son la base para poder entender, aplicar y desarrollar alternativas de manejo de plagas, teniendo en cuenta la información y la disponibilidad de recursos del agro-ecosistema.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una estrategia que tiene como objetivo controlar las plagas, enfermedades y malezas que afectan la agricultura, con un enfoque sustentable. Está compuesto por un conjunto de herramientas y prácticas culturales, biológicas y químicas socialmente aceptadas, minimizando el impacto económico y ambiental. El MIP incluye el uso responsable de productos agroquímicos y productos biotecnológicos (PROAIN 2020).

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) tiene como objetivo principal minimizar el impacto de las plagas en los cultivos. Algunas herramientas de prevención incluyen el uso de variedades adaptadas localmente, la rotación de cultivos, prácticas culturales y de riego que controlen las plagas, la creación de hábitats adecuados para insectos benéficos, la reducción del crecimiento de malezas y enfermedades mediante un manejo adecuado de los residuos postcosecha, así como el uso de semillas tratadas, semillas mejoradas o el tratamiento cuando sea necesario, entre otros enfoques.

La segunda etapa consiste en monitorear el lote verificando los resultados de las prácticas de prevención utilizadas, detectando la presencia de plagas y los niveles de daño causados. Un monitoreo adecuado y oportunamente realizado es fundamental para la toma de decisiones relacionadas con el método de control que se aplicará.

Por último, y en base a los resultados obtenidos durante el monitoreo del lote, se definirá la medida más adecuada para el control eficiente de las plagas. Se debe considerar el estadio de

desarrollo del cultivo y de la plaga, así como los factores económicos, ambientales y sociales. Las medidas de control pueden ser físicas, culturales, biológicas o químicas. En caso de utilizar productos agroquímicos, hacerlo de forma responsable y segura, siguiendo las indicaciones de la etiqueta correspondiente (PROAIN 2020).

Entre las prácticas MIP utilizadas en el cultivo de frijol, están la aplicación de chile-alcohol (crisomélidos), el uso de aceite-jabón (insectos chupadores), trampas amarillas (mosca blanca y minadores), uso de chupones (chinchas), foliar de madreño (picudo de la vaina), cebos (babosas), latas de chicha (babosas), ceniza, cal u hojas de plantas insecticidas (gorgojos del grano).

Un gran número de enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos patógenos afectan al cultivo de frijol. El virus del mosaico común del frijol, el virus del mosaico dorado amarillo del frijol, la bacteriosis común del frijol, la antracnosis del frijol, la mancha angular del frijol, la mustia hilachosa del frijol, la roya del frijol, donde el control de cada una de estas se basa en semillas más resistentes, rotación de cultivos, distancia de algún otro tipo de cultivo u hospedero (Rosas 2003).

Debido a que el frijol es un cultivo muy sensible a los excesos de humedad y que el riego es un factor que depende directamente de las variaciones temporales del clima determinadas por la fecha de siembra, para lograr una mayor precisión es recomendable manejar el riego en forma integral, es decir, considerar todos los factores que determinan las demandas de agua del cultivo como los son: fenología, suelo, clima y manejo del cultivo (Panorama, 2018).

Por más de 40 años, la FAO ha brindado asistencia técnica y cooperación a Honduras implementando programas y proyectos que fortalecen las capacidades para la gestión integral de recursos naturales, medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático, gestión de riesgos y resiliencia de los medios de vida, mejorando el estado nutricional de familias e impulsado el desarrollo rural territorial. La FAO en la región de América Latina y el Caribe trabaja enfocado en tres iniciativas regionales: Sistemas alimentarios sostenibles a fin de proporcionar dietas saludables para todos, de la mano para lograr sociedades rurales prósperas e inclusivas y la agricultura sostenible y resiliente.

En el marco de estas acciones, la FAO en Honduras tiene el Marco de Programación por País (MPP) donde se establecen tres áreas como guía para la asociación de la FAO con el Gobierno de Honduras y el apoyo de la Organización al mismo, aunando las mejores prácticas internacionales innovadoras, las normas mundiales y la experiencia nacional y regional durante 4 años, de 2019 a 2022. En Honduras la FAO se enfoca en las áreas de nutricional, desarrollo y uso sostenible de los recursos naturales, adaptación y mitigación al cambio climático y gestión de riesgos.

4.7.1 Estrategias y medidas de adaptación

Se han adoptado buenas prácticas de manejo de suelos y de sistemas de cosecha de agua y riego suplementario para minimizar el riesgo de pérdidas de cultivos provocado por sequías cortas, severas e inesperadas, implementación de prácticas de manejo integrado de la fertilidad del suelo, orientadas a conservar o restaurar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. También se incluyen las tecnologías y prácticas basadas en la naturaleza o biosíntesis, adopción de tecnologías para la captación de agua lluvia para alimentar pequeños sistemas de riego por goteo a campo abierto e hidroponía, cambio hacia variedades híbridas no convencionales de maíz, más resistentes a zonas de humedad limitada, o a líneas de maíz tolerantes a factores bióticos y abióticos

Asimismo, la adopción de sistemas de producción en socios, relevos y rotaciones para mejorar su resiliencia mediante el uso de variedades resistentes y tolerantes a humedad limitada y a altas temperaturas, aplicación de las mejores prácticas de manejo agronómico de la agricultura de conservación tales como la eliminación de la quema de residuos para conservar la fertilidad del suelo, el manejo de coberturas, etc.

Del mismo modo la adopción de biofertilizantes, como hongos micorrízicos arbusculares para mejorar la calidad del suelo; uso de ambientes protegidos para hortalizas; generación u obtención de materiales genéticos de cultivos adaptados a altas temperaturas y limitaciones de humedad; control de erosión y reducción de escorrentía con prácticas y obras de conservación de suelos; permacultura y conservación de ecosistemas y biodiversidad (Álvarez et al., 2016).

Las familias que habitan en diferentes zonas rurales del territorio hondureño son las más vulnerables, porque están propensas a desastres naturales, causados por exceso de lluvia o sequías intensas, debido a la inestabilidad climática. Para hacerle frente al problema recurrente que enfrentan las familias que habitan en la zona del corredor seco, se hace necesario desarrollar e implementar estrategias que fomenten medios de vida resilientes a los fenómenos naturales extremos.

El cambio climático es más que un calentamiento global; se experimentan cambios en la atmósfera, la superficie terrestre, el océano y los mantos de hielo. El cambio climático causado por el hombre ha incrementado la posibilidad de que se produzcan múltiples fenómenos meteorológicos extremos al mismo tiempo o con poca diferencia temporal entre ellos. Los anteriores se denominan eventos compuestos que pueden tener un impacto mayor en la naturaleza y las personas que si ocurrieran individualmente (IPCC 2021).

En la región donde se llevó a cabo este ensayo, la mayoría de los productores no emplean prácticas agrícolas sostenibles que puedan adaptarse a las variaciones en los patrones del clima. Una de las prácticas más comunes es la rotación de cultivos, que consiste en alternar el cultivo de maíz y frijol en una temporada o anualmente. Sin embargo, existen otras prácticas que podrían implementarse para mejorar la adaptación de los cultivos a las condiciones climáticas ambientales.

Agroforestería: Esta práctica combina árboles y cultivos o ganado en la misma área, aprovechando los beneficios interactivos. Los árboles proporcionan sombra, mejoran la calidad del suelo, reducen la erosión y pueden actuar como cortavientos, lo que ayuda a proteger los cultivos de las condiciones climáticas adversas.

Agricultura de conservación: Esta práctica se basa en la reducción de la labranza del suelo y la cobertura permanente del suelo con cultivos o residuos vegetales. La agricultura de conservación ayuda a mejorar la estructura del suelo, reducir la erosión y conservar la humedad, lo que beneficia el crecimiento y desarrollo de los cultivos en condiciones climáticas cambiantes.

Prácticas agroecológicas: Los agricultores han observado fenómenos y adaptado sus sistemas agrícolas para adaptarse mejor a las necesidades cambiantes. Estas prácticas incluyen la diversificación de cultivos, el uso de abonos orgánicos, la rotación de cultivos y la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas.

Mejoramiento genético de cultivos: Se desarrollan variedades de cultivos más resistentes al estrés climático, como sequías o altas temperaturas. Estas variedades mejoradas pueden ayudar a los agricultores a adaptarse mejor a las condiciones climáticas cambiantes y obtener mejores rendimientos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2008).

4.7.2 Estrategias de adaptación al cambio climático.

El cambio climático representa un desafío importante para la agricultura, ya que puede afectar la producción de alimentos y la seguridad alimentaria por consiguiente existen algunas estrategias de adaptación que se deben implementar.

La agricultura de conservación es una estrategia clave para adaptarse al cambio climático, ya que permite reducir la erosión del suelo, mejorar la retención de agua y aumentar la eficiencia en el uso de insumos (FAO 2018). Del mismo modo la diversificación de cultivos y la adopción de prácticas agrícolas sostenibles son esenciales para adaptarse al cambio climático, ya que permiten reducir la vulnerabilidad de los sistemas agrícolas (IPCC 2019).

La implementación de sistemas agroforestales puede ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático, ya que permiten aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas y mejorar la diversidad biológica (ONU 2018). Por otra parte, la gestión integrada de los recursos hídricos es una estrategia clave para adaptarse al cambio climático en la agricultura, ya que permite garantizar el suministro de agua para la producción de alimentos y minimizar el impacto de sequías e inundaciones (FAO 2019).

Facilitar la adaptación de los agricultores al cambio climático, mejorando la resiliencia de los cultivos y pasturas ante el estrés térmico e hídrico, y previniendo o reduciendo la incidencia de plagas y enfermedades provocadas por el cambio climático. También, evitar la erosión, pérdida de productividad y eventual desertización de los suelos, considerando los efectos del

cambio climático. Se debe preservar y mejorar la calidad nutricional y contribuir con la seguridad alimentaria de la población, bajo condiciones de cambio climático, y conservar a largo plazo la función, estructura y composición de los ecosistemas para mejorar su capacidad de adaptación ante el cambio climático.

Por otro lado, es importante prevenir la pérdida de bosques latifoliados y de coníferas debido a la incidencia de incendios y plagas forestales bajo condiciones de cambio climático. Asimismo, implementar un adecuado manejo forestal para la protección y la producción ante la alteración de la riqueza, funcionalidad y relaciones simbióticas como efecto del cambio climático (SERNA & ENCC 2013).

El propósito de la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático para el Sector Agroalimentario de Honduras (ENACCSA) es que la nación hondureña esté constituida por una sociedad, una economía y un territorio cuyos niveles de vulnerabilidad climática sean bajos, a fin de no exacerbar los impactos negativos derivados del cambio climático se plantea el fortalecimiento del marco actual de políticas públicas, incorporando estrategias y medidas apropiadas y oportunas, encaminadas a reducir la vulnerabilidad socioambiental y económica, y a mejorar la capacidad de adaptación, particularmente de las poblaciones, sectores y territorios más expuestos a las amenazas climáticas.

En cuanto a la estructura de la estrategia, ésta se sustenta en cuatro ejes estratégicos: El primer Eje estratégico obedece a la necesidad de fortalecer el papel de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en el marco de la Adaptación al Cambio Climático y la gestión de Riesgos Agroclimáticos. Asimismo, su papel en materia de desarrollo agrícola de manera sostenible. En este eje se propone el funcionamiento de la Unidad de Ambiente, Cambio Climático y Gestión de Riesgos de la SAG (FAO 2015).

Evaluación de riesgos y vulnerabilidades: La evaluación de riesgos y vulnerabilidades es el primer paso para desarrollar una estrategia nacional de adaptación al cambio climático. Como indica el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), "Las evaluaciones de riesgos son esenciales para comprender la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales al cambio climático". Es importante identificar las áreas geográficas y

sectores más vulnerables al cambio climático y evaluar los impactos en la salud, los recursos naturales, la agricultura, la infraestructura y la economía.

Desarrollo de capacidades y conocimientos: El desarrollo de capacidades y conocimientos es un eje clave para implementar medidas de adaptación efectivas. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), "Es esencial contar con capacidades y conocimientos para abordar el cambio climático". Es importante capacitar a los profesionales y comunidades locales en técnicas de adaptación y en la gestión de riesgos climáticos.

Fortalecimiento de la gobernanza y la cooperación: El fortalecimiento de la gobernanza y la cooperación es un eje estratégico importante para la implementación de una estrategia nacional de adaptación al cambio climático. De acuerdo el IPCC, "La cooperación internacional es esencial para la adaptación exitosa al cambio climático". Es importante promover la cooperación y la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno, los sectores económicos y las comunidades locales para desarrollar políticas y estrategias de adaptación coherentes y efectivas.

Fortalecimiento de la infraestructura resiliente: La infraestructura es vulnerable a los impactos del cambio climático, por lo que es necesario fortalecerla y adaptarla a las nuevas condiciones climáticas. Como dice el economista y experto en cambio climático Nicholas Stern, "La inversión en infraestructura resiliente es esencial para asegurar la adaptación al cambio climático. Esto significa invertir en la construcción de infraestructura resistente a eventos climáticos extremos y en el fortalecimiento de las infraestructuras existentes.

Hoy en día la tecnología y sus avances ha permitido trabajar en la parte agrícola en el mejoramiento de semillas resistentes a la variabilidad del clima, y así poder poner a prueba diferentes variedades de frijol en diferentes partes de la región para una mejor producción.

V. MATERIALES Y MÉTODO

5.1. Descripción del lugar de trabajo

La cuenca del río Talgua es una importante región geográfica ubicada en el departamento de Olancho, Honduras. La cuenca del Talgua es un área de gran importancia ecológica debido a su diversidad biológica y a su papel en la regulación del clima regional. La zona cuenta con bosques tropicales húmedos, ríos y arroyos que albergan una gran variedad de especies de flora y fauna, además, tiene una importancia socioeconómica significativa para la región por las actividades agrícolas y ganaderas (FUNDER 2017).

La cuenca de Talgua es de gran importancia para la región, ya que sus ríos y arroyos proporcionan agua para la agricultura, la ganadería y el consumo humano. Además, la zona es rica en recursos naturales como madera, piedra caliza y arcilla, lo que ha impulsado la actividad económica en la zona. Sin embargo, esta cuenca también enfrenta una serie de desafíos como la deforestación, la erosión del suelo y la contaminación del agua debido a la actividad humana. Por tanto, es fundamental implementar medidas de conservación y gestión sostenible de los recursos naturales en la zona (Carranza, López, y Chávez 2013).

El presente estudio se llevó a cabo en las comunidades de Pinabetal, Buena Vista 1 y Flor del Café en la parte alta-media de la microcuenca del Talgua, la cual forma parte de la cuenca del río Patuca en Honduras que drena en el Mar Caribe (Figura 1); se ubica geográficamente en el municipio de Catacamas, entre los 14°58' - 14°53' Latitud Norte y 85°49' - 85°57' Longitud Oeste; y abarca una superficie de 79.16 km².

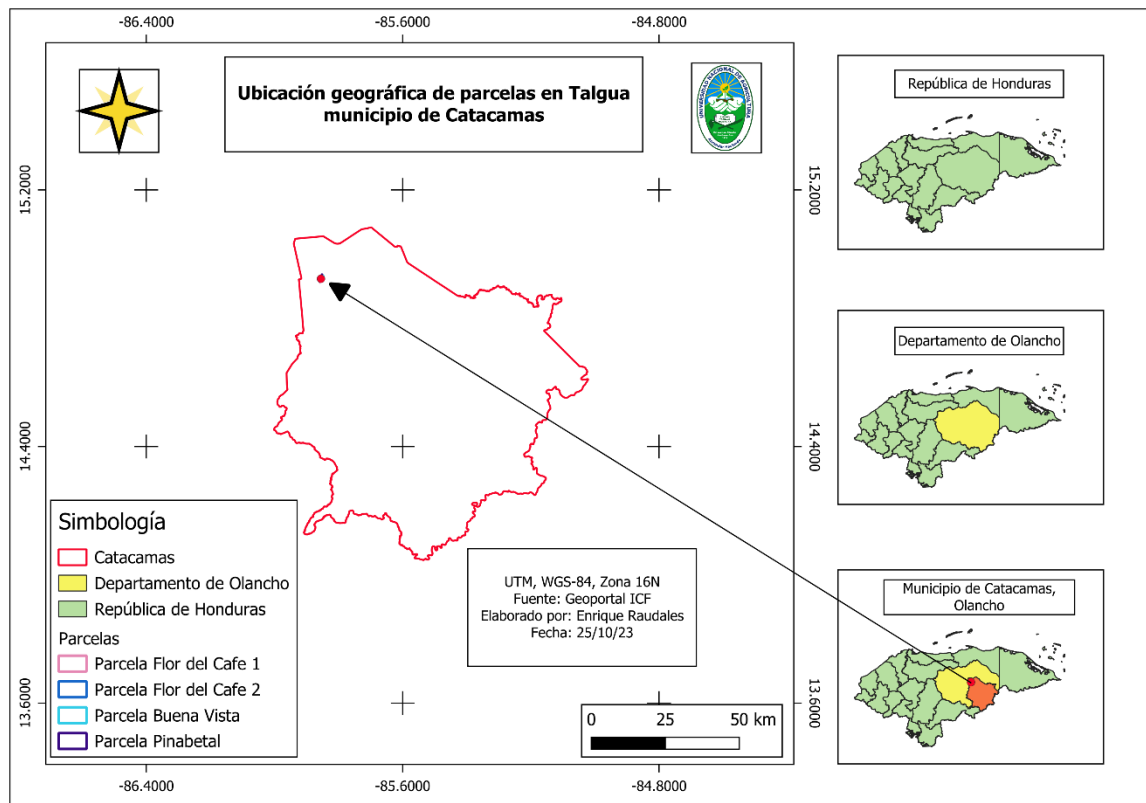


Figura 1 Ubicación geográfica del estudio en las comunidades de la cuenca del Talgua en el municipio de Catacamas Olancho.

5.2. Materiales y equipo

5.2.1 Etapa de campo

Para la instalación y desarrollo del ensayo se utilizó la semilla de seis variedades de frijol: Amadeus, Honduras Nutritivo, Paraisito Mejorado, Tolupán Rojo, Chortí y la variedad local. Se utilizó, cinta métrica, machete, estacas, bomba de mochila y su respectivo equipo de aplicación, insecticidas, fungicidas, foliares, fertilizantes, azadón, metro lápices, libreta, rotafolio, cámara digital, teléfono celular.

5.2.2 Etapa de Oficina

En la etapa de oficina se trabajó en tabulación de datos y desarrollo de la información se hizo uso de equipo necesario como: computadora, mapa del sitio de estudio, programas estadísticos R e Infostat, GPS, balanza digital, entre otros.

Para la tabulación de los datos de este ensayo se realizó en un programa muy conocido y utilizado como lo es Excel. Es parte de la suite de Microsoft Office y se utiliza ampliamente para realizar tareas relacionadas con el análisis, la organización y la manipulación de datos numéricos y alfanuméricos, proporciona una interfaz de hoja de cálculo en la que los datos se organizan en filas y columnas. Cada celda de la hoja de cálculo puede contener datos, fórmulas, funciones y formatos personalizados.

En el caso de la realización de los mapas de ubicación de las zonas donde fue realizado el estudio también fue mediante un programa especial para estas tareas en este caso el programa de QGIS. Este permite la visualización, análisis y manipulación de datos geoespaciales, puede trabajar con una amplia variedad de formatos de datos vectoriales y ráster, y ofrece numerosas funcionalidades para realizar tareas relacionadas con la cartografía, el análisis espacial y la gestión de datos geográficos.

Para la representación de los datos de este ensayo en cuanto a los programas estadísticos se trabajó con el programa llamado “R”. Este se utiliza ampliamente en la comunidad científica y académica para el análisis estadístico y la generación de gráficos. Es conocido por su flexibilidad y capacidad para manipular y visualizar datos de manera efectiva. El ANOVA es una técnica estadística utilizada para comparar las medias de tres o más grupos independientes. En R, se realiza un ANOVA utilizando la función `anova` o la función `aov`.

Pruebas de comparación de medias

Una vez que se ha realizado un ANOVA y se ha encontrado una diferencia significativa entre los grupos, se pueden realizar pruebas de comparación de medias para determinar qué grupos difieren entre sí. Algunas pruebas comunes incluyen la prueba de Tukey, la prueba de

Dunnett y la prueba de Scheffé. Estas pruebas se pueden realizar en R utilizando funciones específicas, como Tukey HSD para la prueba de Tukey.

5.3 Método

El método utilizado en esta investigación implicó el establecimiento de cuatro bloques en diferentes comunidades: Pinabetal, Buena Vista y Flor del Café, esta última con una bloque en la parte alta y otra en la parte baja, cada una con un tamaño de 220 m². El suelo es colinado, con una pendiente que varía entre 16-30%, y presentó un tipo de suelo franco arenoso según estudios de laboratorio. Cada bloque cuenta con una exposición solar del 100% y se destinan específicamente para la siembra de granos básicos. Cada bloque se dividió en seis parcelas donde se sembraron las mismas variedades de manera aleatoria.

5.3.1 Sitio de estudio 1

La comunidad de Pinabetal es una zona reconocida por sus grandes laderas, sus suelos franco arenosos y franco arcilloso arenosos con un clima tropical se ubican a una altura de 998.92 msnm donde las actividades económicas son la agricultura en su mayoría con el cultivo de granos básicos y en algunas áreas el cultivo de café la agricultura utilizada por estos productores es la labranza cero de manera convencional. Tiene una vegetación de bosque latifoliado de manera predominante la cual ha sido talada en algunas partes lo que ha sido un factor en los problemas climáticos en el aumento de la temperatura y variación en los patrones del clima con veranos más extensos e inviernos más cortos o en otros casos exceso de lluvias por huracanes o vaguadas siendo vulnerables a estas por su tomografía y erosión en el suelo mediante escorrentías y cárcavas.

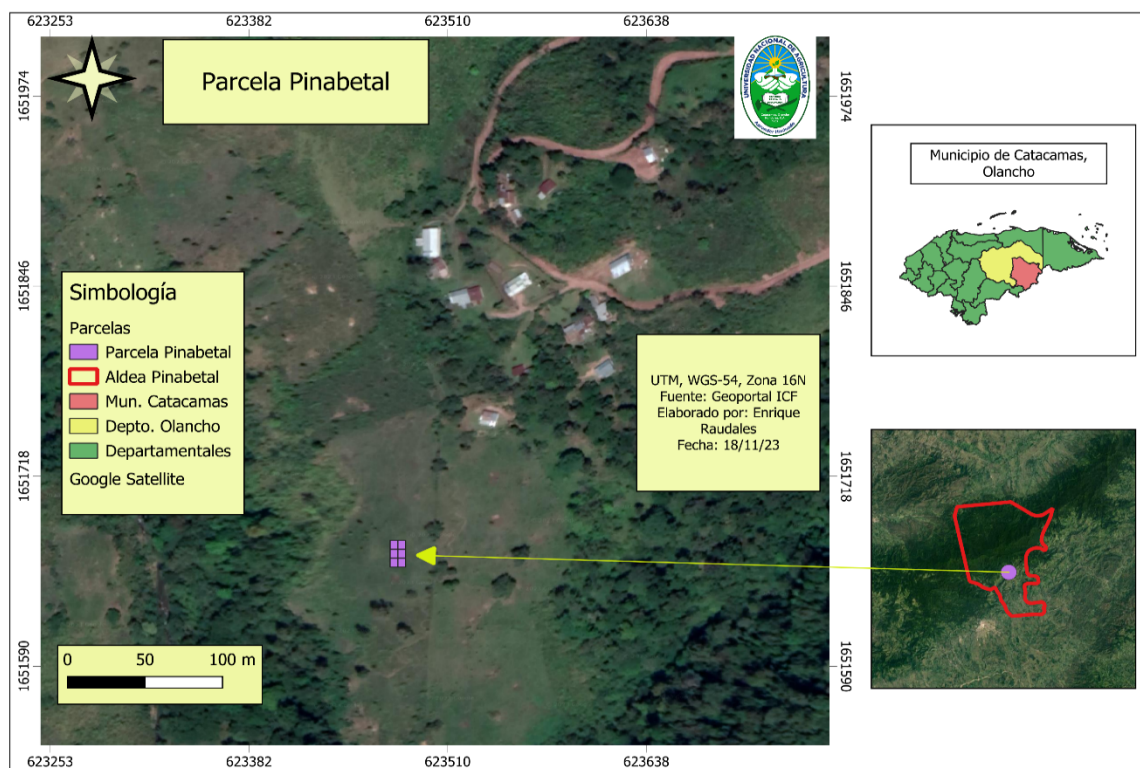


Figura 2. Ubicación bloques en la parcela de Pinabetal en Talgua Catacamas Olancho.

5.3.2 Sitio de estudio 2

La comunidad de Buena Vista 1 se encuentra en una región de clima tropical, a una altitud de 981.18 metros sobre el nivel del mar, con suelos franco arenosos. La mayoría de la población se dedica a la agricultura, principalmente a los cultivos de granos básicos y café, con una pequeña parte dedicada a la ganadería. Las prácticas agrícolas en esta comunidad incluyen la agricultura convencional y la labranza cero. Aunque una pequeña parte se dedica a la ganadería, esta actividad se realiza de manera tradicional y no alcanza una producción óptima. Sería de gran importancia capacitar a la población para mejorar el manejo y el aprovechamiento, así como promover el trabajo en asocio con sistemas agroforestales o la implementación de sistemas silvopastoriles. Esta comunidad se ve afectada por cambios en el clima, lo que aumenta su vulnerabilidad debido a las grandes laderas. Además, se caracteriza por tener un bosque latifoliado predominante.

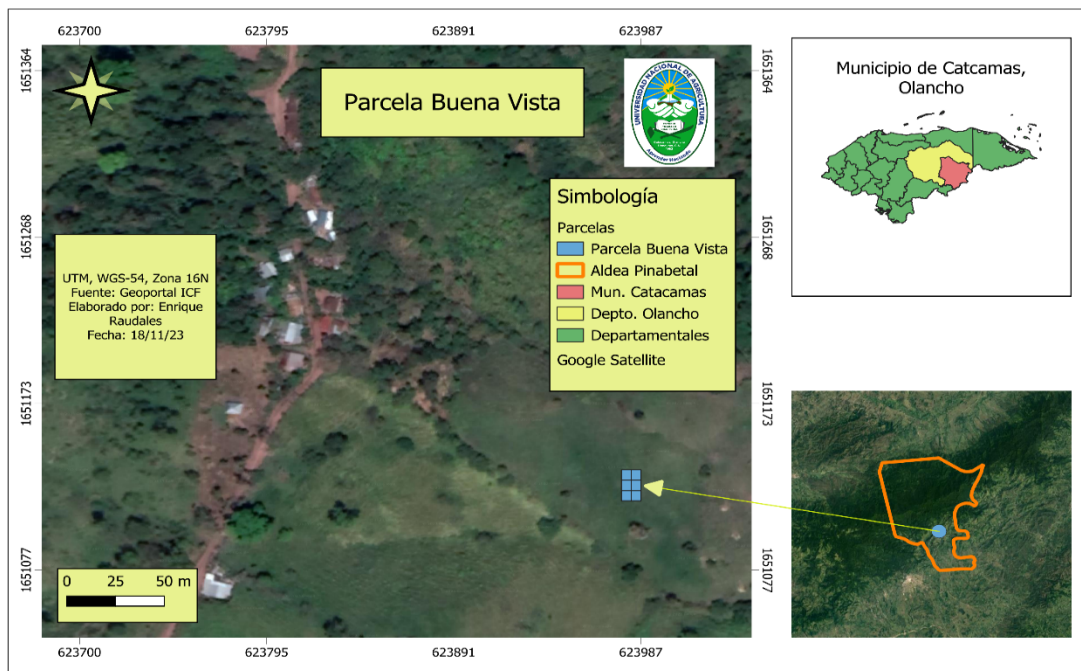


Figura 3. Ubicación bloques en la parcela de Buena Vista en Talgua Catacamas Olancho.

5.3.3 Sitio de estudio 3 y 4

La comunidad de Flor del Café tiene un clima tropical y está situada a una altitud de 820.70 msnm para la parcela número 2 y 783.76 msnm para la parcela número 1. Sus suelos varían entre franco arenosos y franco arcillo arenosos, y la comunidad se dedica principalmente a la agricultura, cultivando granos básicos, café y, en algunas parcelas, implementando el cultivo de cacao en sustitución del café debido a las pérdidas sufridas y las tendencias del mercado. Aquí, se practica la labranza cero y la agricultura convencional, con más de 25 fincas de cacao de diferentes tamaños. La comunidad ha sido afectada por el cambio climático, debido a causas diversas como la deforestación y la agricultura extensiva, lo que la vuelve vulnerable a la erosión del suelo, especialmente en las zonas de pendiente pronunciada y con poca cobertura vegetal. La comunidad de la Flor del Café se caracteriza por tener un bosque latifoliado predominante.

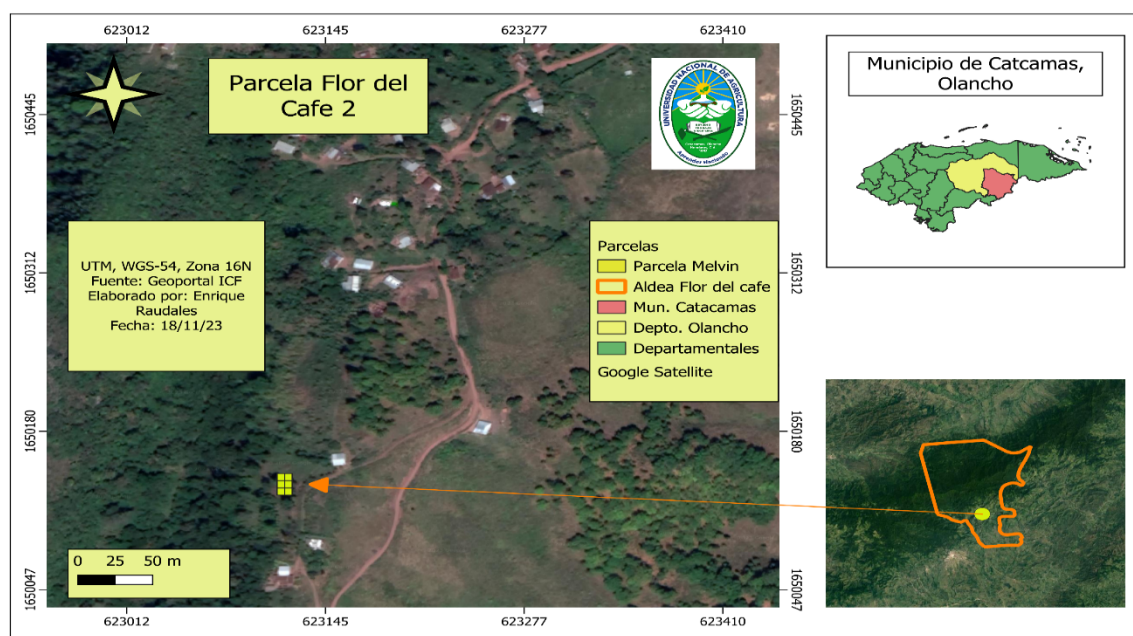


Figura 4. Ubicación bloques en la parcela de Flor del café parte alta en Talgua Catacamas Olancho.

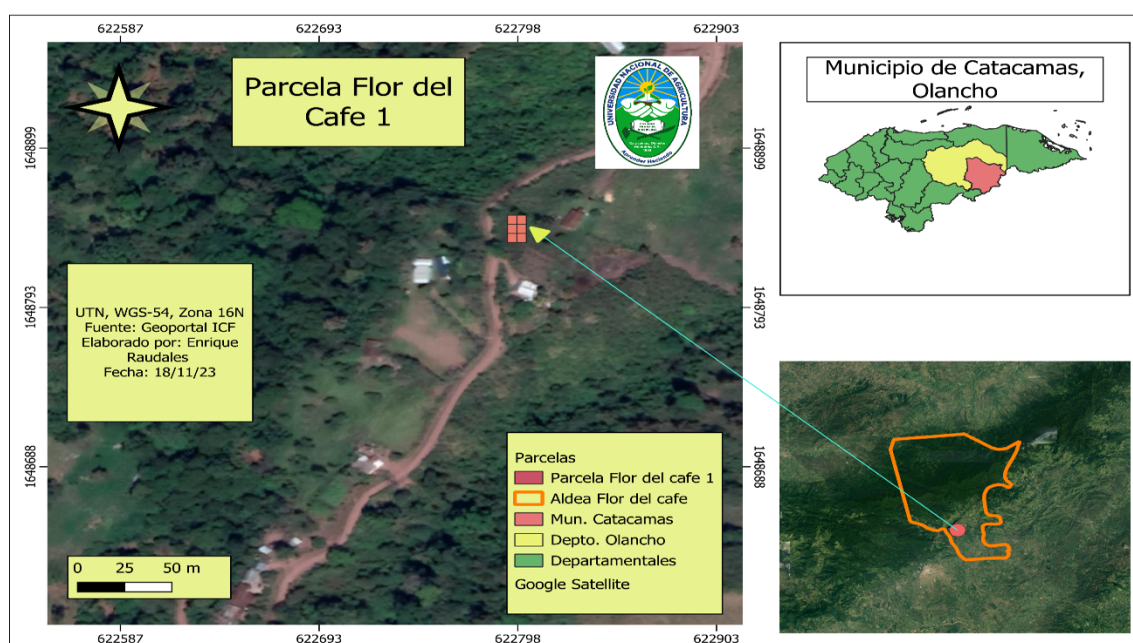


Figura 5. Ubicación bloques en la parcela de Flor del café parte baja en Talgua Catacamas Olancho.

5.3.5. Manejo del experimento

Se seleccionó el terreno considerando el tipo de suelo, la topografía, la variabilidad climática y la escasez de agua, con el propósito de evaluar variedades de frijol que se adapten a la vulnerabilidad en los patrones del clima y así identificar la variedad más adaptada. Se establecieron cuatro parcelas que representaron los bloques ubicados en diferentes comunidades, y en cada una de ellas se sembraron todas las variedades.

La siembra se realizó de forma manual utilizando la técnica conocida como labranza cero depositando dos semillas por postura y dejando una distancia de 0.25 cm entre planta y 0.40 cm entre surco, lo que equivale a 1,875 plantas por bloque donde el tamaño del bloque será equivalente a 30 m² donde cada parcela se dividió en los seis bloques para cada variedad teniendo esta un área total de 220 m² por parcela.

El experimento se llevó a cabo en parcelas de productores, bajo el criterio de manejo tradicional, considerando que esto es fundamental para su costo. El manejo tradicional del frijol en estas comunidades consiste principalmente en la siembra a labranza cero, seguida de la fertilización con fórmulas como 12-24-12 o 18-46-00, según lo que esté al alcance del productor. A los 15 o 16 días de haber germinado, se realiza la primera fumigación contra malezas, específicamente gramíneas y hojas anchas; luego, a los 21 o 22 días, se realiza la segunda fumigación con insecticida y foliar. Antes de la etapa de floración, se aplica nuevamente insecticida foliar y preventivos contra el hiello, y durante la etapa de formación de vainas, se aplica una baja dosis de acaricida, ya que esta zona es propensa a esa plaga, lo que puede impedir la formación de las vainas o secarlas si ya están muy desarrolladas, lo que resulta en una baja producción. Este manejo se aplicó durante la época de invierno, pero puede variar en diferentes épocas de producción.

Los productores de la región trabajan con la labranza cero también conocida como siembra directa o labranza mínima con herramientas manuales más conocidas como barretas o chuzo, se trabaja de esta manera debido a las condiciones del terreno con sus grandes pendientes. Esta práctica tiene algunas ventajas que benefician los suelos en condiciones como evitar o minimizar la alteración del suelo antes de sembrar los cultivos. En lugar de arar y voltear el suelo, como se hace en los métodos tradicionales, la labranza cero se basa en dejar la

cobertura vegetal y los residuos en la superficie del suelo. Este método tiene algunas ventajas como preservar la estructura y la vida del suelo al reducir o eliminar la manipulación mecánica del mismo.

Además de la labranza cero los productores de la región realizan el procerco de limpieza del terreno mediante algunos productos químicos como ser los herbicidas (Bipiridilo) o algunos glifosatos (glyphosate) para agilizar el proceso de limpieza con el equipo de bombas de mochila y en algunos casos las bombas de motor, cuando el terreno está en barbecho la limpia del mismo la hacen con estos químicos procediendo después a la quema.

La siembra se realiza de manera directa dejando de dos a tres semillas por postura sembrando prácticamente todo el espacio de la parcela debido a que no existe ningún tipo transformación en el suelo como ser sucos o levantamiento de camas donde no hay un distanciamiento preciso entre planta y planta, pero se puede estimar un promedio de algunos 25 cm.

La fertilización se lleva a cabo 15 o 16 días después de la germinación del frijol, de manera manual mediante una técnica conocida como fertilización al voleo. Esta técnica no permite calcular la cantidad de fertilizante por planta, y constituye la única fertilización debido a la reducción de costos para los productores. Las fórmulas más utilizadas son 12-24-12 y 18-46-00, dependiendo de la capacidad del productor, ya que se aplican sin considerar las necesidades específicas del suelo.

Después de la fertilización, a los 21 o 22 días posteriores a la germinación, se realiza el proceso de limpieza en el cual se han perdido algunas prácticas tradicionales como la limpieza manual o con herramientas como el azadón o el machete taco. En la región donde se llevó a cabo este ensayo, la limpieza de malezas del frijol, como las gramíneas y algunas de hoja ancha, se lleva a cabo con productos sistémicos que no dañan la planta de frijol al aplicarlos, como Flex y Fusilade, reconocidos comercialmente. La dosis utilizada es una copa por bomba, y se aplica en estos días, ya que la maleza no ha alcanzado un gran tamaño. Sin embargo, al momento de la floración, estos productos pueden afectar la planta, provocando la pérdida o caída de las flores antes de tiempo. Dos o tres días después de la fumigación contra la maleza sigue la fumigación de insecticida más el foliar en este caso se hace con diferentes productos químicos entre los más conocidos y utilizados en la región como

insecticidas son la cipermetrina, Kun Fu, artillero entre otros nombres comerciales y los foliares como el triple 20, ferti frijol, entre otros usando una dosis de una copa de insecticida más dos copas de foliar por bomba.

Cinco o seis días después de aplicar el insecticida y el foliar se aplica lo que es un preventivo fúngico para la prevención de los hongos en este caso comúnmente más conocido como hielito provocado por el exceso de humedad, debido a las lluvias excesivas o vaguadas donde el cultivo no tiene horas luz en este caso en la región utilizan un producto en específico el cual tiene como nombre comercial nativo el cual se aplica en una dosis de una copa por bomba.

Una semana después de aplicar el preventivo fúngico se repite una nueva aplicación de insecticidas y foliares para un mejor follaje de la planta ya lista para entrar a la etapa de floración. Esta aplicación se hace nuevamente con los productos mencionados como ser las cipermetrinas y los foliares utilizando las mismas dosis por bomba.

Finalmente, como última fumigación, se aplica un acaricida con nombre comercial Neometin a la planta durante la etapa de crecimiento de las vainas. En esta región, se enfrentan ataques de ácaros que afectan el desarrollo de las vainas e incluso provocan su sequedad y caída prematura. Este producto se aplica con una dosis baja de media copa por bomba, debido a su alta concentración de ingrediente activo.

5.3.6 Variedades evaluadas

Las variedades de frijol seleccionadas fueron escogidas considerando diversos factores distintivos, como su capacidad de adaptación a la variación de los patrones climáticos, su crecimiento, desarrollo y resistencia a diferentes plagas y enfermedades, entre otros.

La variedad de frijol **Tolupán Rojo** se adapta a diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo en Honduras, esta variedad de frijol ha mostrado resistencia a ciertas enfermedades que afectan a los cultivos de frijol en la región. El Tolupán Rojo ha demostrado tener un buen rendimiento en términos de producción de granos, es una variedad apta para alturas entre 450 a 1,500 msnm, y tiene un valor comercial debido a la calidad de sus granos (DICTA 2020)

La **variedad Amadeus 77** ha contribuido significativamente a mejorar los rendimientos del cultivo de frijol en Honduras. Su grano de color rojo brillante ha demostrado buenos rendimientos promedio, lo que ha llevado a que los agricultores muestren preferencia por su siembra, dada las ventajas y características mejoradas que presenta. La adaptabilidad de la variedad Amadeus a las condiciones de Honduras, su resistencia a enfermedades y su capacidad de crecer en suelos de baja fertilidad la convierten en una opción favorable para los agricultores. Esta variedad fue liberada en Honduras en 2003 y ha demostrado ser una opción exitosa en el cultivo de frijol en el país (Valentinetti Zamorano 2012).

La variedad de frijol "Honduras Nutritivo" es una variedad mejorada con grano rojo pequeño de la raza Mesoamericana. Se distingue por su mayor contenido de hierro, lo que le confiere un mayor valor nutricional. Se ha observado que esta variedad tiene buen rendimiento y adaptación en diversas condiciones de cultivo en Honduras. "Honduras Nutritivo" ha sido parte de lotes de validación y demostración conjuntamente con otras variedades mejoradas, como la Amadeus 77, en diferentes regiones del país. Se ha reconocido por su densidad nutricional y su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en el país (Carlos Rosas et al. 2016)

La **variedad de frijol Chortí** es de crecimiento indeterminado trepador, con producción de vainas a lo largo de toda la planta. Su característica principal es la precocidad, lo cual la hace ideal para el asocio con maíz, además, presenta buena adaptación a diversas condiciones de cultivo. El color del grano de la variedad Chortí es rojo brillante, y el tipo de grano es largo y arriñonado. Las vainas son de color crema, y contienen de 6 a 7 granos. Se ha observado que la variedad Chortí tiene tolerancia a altas temperaturas y al Virus Mosaico Dorado. Además, se ha mencionado que es más nutritiva que otros tipos de frijoles (DICTA 2019).

La variedad **Paraisito Mejorado** es una variedad de frijol rojo que ha sido desarrollada y mejorada en Honduras. Esta variedad ha demostrado tener una amplia adaptación agronómica y un excelente valor comercial, Paraisito Mejorado es una variedad resistente al virus del mosaico dorado amarillo y al mosaico común del frijol, lo que le confiere una mayor resistencia a enfermedades, se ha observado que Paraisito Mejorado tiene una buena adaptación a diferentes condiciones ambientales y de suelo en Honduras, también se destaca

por su precocidad, lo que significa que tiene un ciclo de crecimiento más corto y puede ser cosechada antes en comparación con otras variedades (DICTA 2019).

La variedad local o Tratamiento Testigo más conocida en la región como variedad ingeniero o vaina blanca es una variedad de frijol rojo caracterizado por su precocidad y adaptación a las altas temperaturas y alturas de diferentes terrenos se caracteriza por el tamaño de su grano. También presenta una característica peculiar en el color de su vaina al momento de la maduración es por ello que se le nombra como variedad vaina blanca en su mayoría tiene buenas características y rangos de adaptación a la variación en los patrones del clima y a las diversas plagas y enfermedades a las cuales es sometida en la región, producción y rendimiento en cargas o quintales por hectárea en la región.

En la siguiente tabla se presentan cada una de las variedades evaluadas en este ensayo en las diferentes comunidades y la descripción de sus características.

Tabla 1. Variedades a evaluadas

Tratamientos	Descripción de las Variedades de frijol
T1= Tolupán Rojo	El frijol tolupán rojo es apreciado no solo por su valor nutricional, sino también por su papel cultural en la dieta y tradiciones de los tolupanes. Su cultivo y consumo son parte de la herencia de este grupo indígena y representan una conexión importante con la tierra y su historia.
T2= Amadeus	El frijol Amadeus es una variedad de frijol originaria de México, que es conocido por su gran tamaño y sabor dulce. Es una fuente importante de nutrición y se utiliza en una amplia variedad de platos en América Latina.
T3= Honduras Nutritivo	Es una variedad mejorada de grano rojo pequeño (raza Mesoamericana), con un mayor valor nutricional por su mayor contenido de hierro que las variedades convencionales.
T4= Chortí	Es una variedad de frijol que ha sido cultivada tradicionalmente por los Chortíes, un grupo indígena que habita en Honduras y Guatemala. Esta variedad de frijol es apreciada por su sabor único y sus propiedades nutricionales.

T5= Paraisito mejorado	Es una variedad mejorada de grano rojo pequeño (raza Mesoamericana) El Paraisito Mejorado, son desarrolladas para mejorar la productividad y adaptarse a las condiciones climáticas extremas en Honduras.
T6= Variedad Local	Variedad Local (Tratamiento testigo). Llamada también Vaina Blanca o Variedad El Ingeniero.

Se evaluaron las diferentes variedades por las características de cada una de ellas y la adaptabilidad y rendimiento que puedan tener en la zona, serán obtenidas en la Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria DICTA.

5.3.7 Diseño experimental y análisis estadístico

El ensayo se estableció bajo un Diseño en Bloques Completos al Azar (DBCA), con seis (6) tratamientos y cuatro (4) repeticiones para un total de 24 unidades experimentales donde cada repetición o bloque es cada una de las comunidades.

El modelo lineal que define a un diseño de bloques completos al azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta observada con el tratamiento i en el bloque

M = media general

T_i = efecto del tratamiento i; i=1, 2, t

B_j = efecto del bloque j; j=1, 2, r

E_{ij} = termino de error asociado al tratamiento i en el bloque j

5.4 Variables evaluadas

5.4.1 Días a floración

Se midió tomando en cuenta los días transcurridos desde el momento de la siembra hasta cuando el 60% de las plantas del área útil por variedad presentan el 60% de las flores abiertas.

5.4.2 Altura de la planta

Esta variable se midió en los primeros días de la etapa de floración porque es previo a la etapa final de crecimiento vegetativo. Los datos se tomaron con una cinta métrica midiendo desde la base de la planta hasta la inserción de las hojas más tiernas.

5.4.3 Número de vainas por planta

Se seleccionaron 10 plantas al azar de la parcela útil de cada tratamiento en cada repetición, promediando el número de vainas por planta posterior a la cosecha.

5.4.4 Número de granos por vaina

Se procedió en el momento de la cosecha a través del conteo de granos por vainas, tomando en cuenta las 10 plantas seleccionadas al azar anteriormente de la parcela útil, obteniéndose el promedio de granos por vainas por tratamientos.

5.4.5 Peso de los 100 granos

Se seleccionaron 100 granos al azar los cuales fueron obtenidos de las vainas contadas por las plantas seleccionadas al azar.

5.4.6 Largo del grano

Esta variable se midió con la herramienta del pie de rey para una mayor exactitud tomando en cuenta 20 granos al azar de las 10 plantas seleccionadas de cada tratamiento por cada uno de los bloques.

5.4.7 Ancho del grano

Esta variable se midió de la misma manera que la variable anterior para encontrar el ancho del grano de cada tratamiento por cada uno de los bloques.

5.4.8 Diámetro de la planta

Esta variable se midió con un pie de rey en la etapa de la cosecha para obtener un dato real del diámetro de la planta de cada uno de los tratamientos en los diferentes bloques.

5.4.9 Rendimiento

Para determinar el rendimiento se cosechó toda el área útil de cada uno de los bloques en cada parcela de las diferentes comunidades para cada una de las variedades con sus respectivas repeticiones ajustándolo a Kg/ha mediante la siguiente formula.

$$Kg/ha = \frac{\text{peso de campo} \times 1000m^2}{\text{Área útil}}$$

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Días a floración

La variable "días a floración" mostró diferencias estadísticamente significativas entre las variedades evaluadas, según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 6). La variedad "Vaina Blanca" resultó ser la más precoz, con un promedio de 31.50 días, seguida por "Honduras Nutritivo" y "Amadeus", con 33.5 días de promedio, y las variedades "Paraisito Mejorado", "Tolupán Rojo" y "Chortí" necesitaron entre 35 y 36.8 días para florecer. Se ha afirmado que las condiciones ambientales como la temperatura, luz y humedad, pueden influir en el tiempo de floración de las plantas de frijol, ya que las distintas variedades pueden tener requerimientos diferentes en cuanto a temperatura, lo que influye en el momento de la floración según las condiciones ambientales (Ayala Garay et al., 2021).

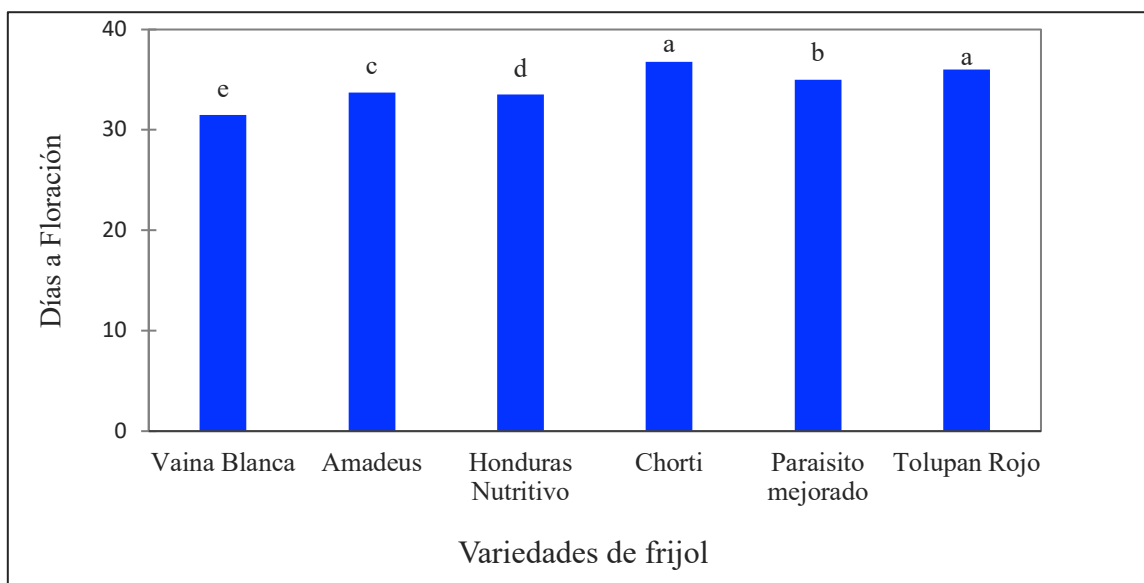


Figura 6. Días a floración por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.2 Floración por comunidad

Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre comunidades para esta variable, según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 7). La parcela de "Flor del Café B" resultó ser la más precoz, con un promedio de 33.8 días, seguida de la parcela "Flor del Café A" con 34 días, la parcela de "Buena Vista" con 34.5 días, y la parcela de "Pinabetal" fue la más tardía, con un promedio de 35.3 días para florecer.

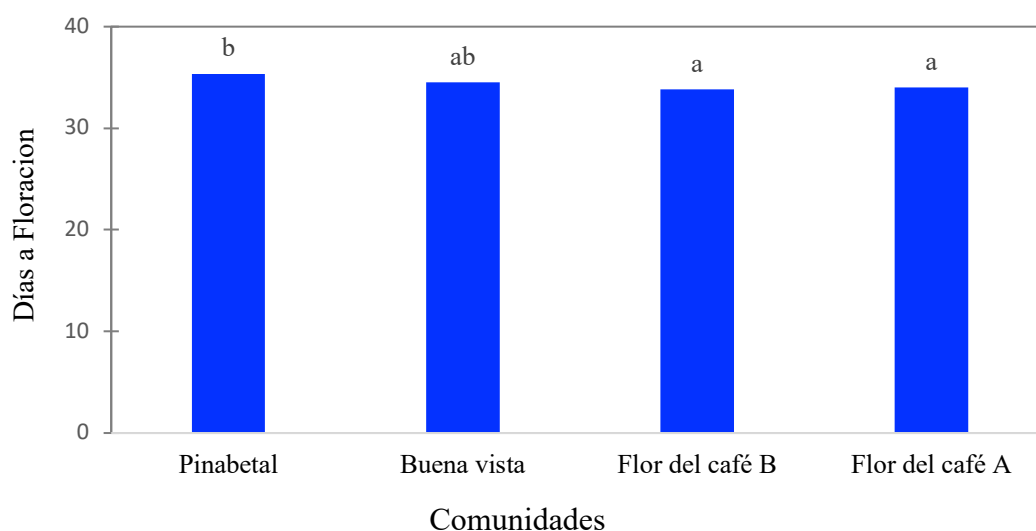


Figura 7. Floración promedio por parcela. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.3 Altura de la planta

En cuanto a la variable de altura, el análisis de varianza ($p > 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 8) no presentaron diferencias estadísticas entre las variables evaluadas. Hasta la etapa de floración, las variedades "Paraisito Mejorado" y "Honduras Nutritivo" se comportaron de manera similar, con una altura promedio de 53.2 cm, siendo las variedades que alcanzaron la mayor altura. Por otro lado, "Vaina Blanca" y "Paraisito Mejorado" se comportaron estadísticamente de manera similar, con una altura promedio de 48.40 cm, quedando estas variedades en una categoría intermedia. Finalmente, "Amadeus" y "Chortí" mostraron un comportamiento estadísticamente similar, con una altura promedio de 41.2 cm, siendo las variedades más bajas en promedio entre las comunidades. De acuerdo con Eulalio (2021), las

plantas de frijol pueden presentar diferencias en la altura que son atribuibles a varios factores, incluyendo la genética de las variedades, las condiciones de crecimiento, el manejo agronómico y el ambiente en el que se cultivan (Emiliano 2021).

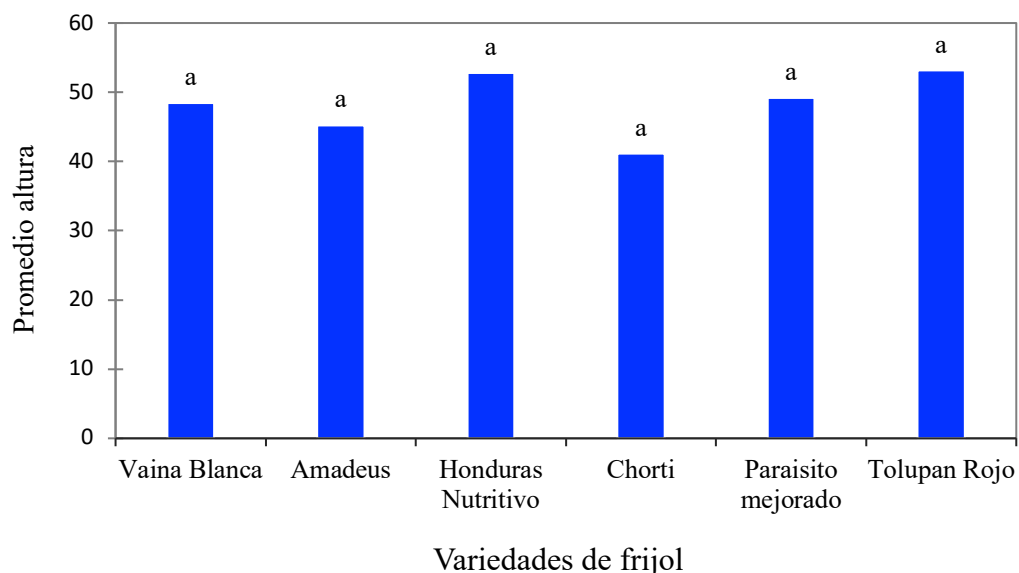


Figura 8. Altura promedio de planta por variedades. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.4 Diámetro del tallo de la planta

Para la variable de diámetro de tallo de plantas de frijol, no se observaron diferencias estadísticamente significativas según el análisis de varianza ($p > 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 9). En este estudio, la variedad "Chortí" y "Paraisito Mejorado" mostraron un diámetro promedio de 0.58 mm y 0.56 mm respectivamente, mientras que las variedades "Amadeus" y "Honduras Nutritivo" tuvieron un promedio de 0.53 mm y 0.51 mm respectivamente. Por su parte, las variedades "Vaina Blanca" y "Tolupán Rojo" presentaron un diámetro de 0.49 mm y 0.48 mm respectivamente.

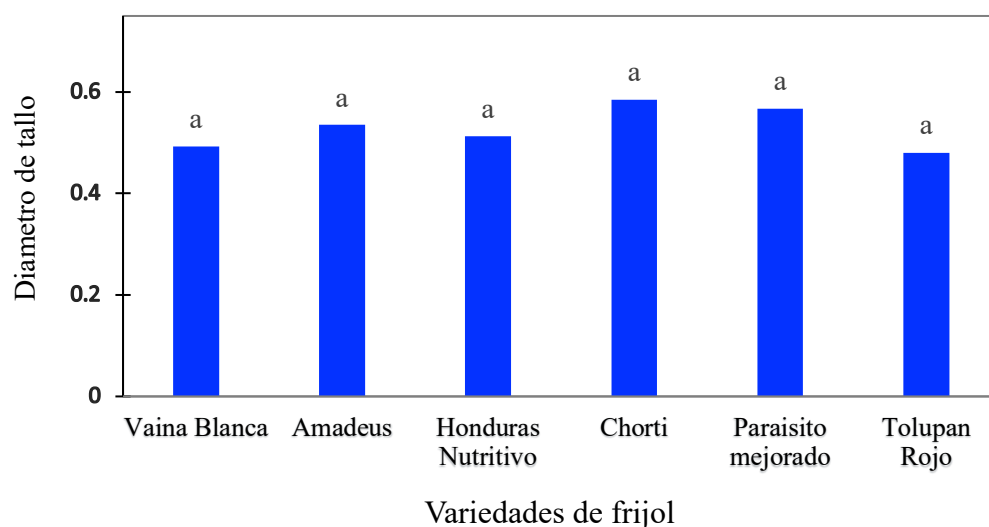


Figura 9. Diámetro de tallo de plantas de variedades de frijol. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.5 Número de vainas por planta

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en el número de vainas por planta entre las variedades de frijol, de acuerdo al análisis de varianza y la prueba de Tukey (Figura 10). Los resultados obtenidos mostraron una similitud en la cantidad de vainas por planta para todas las variedades evaluadas, donde "Honduras Nutritivo" y "Amadeus" promediaron 7.4 y 7.0 vainas por planta respectivamente. Asimismo, en este estudio, las variedades "Paraisito Mejorado" y "Chortí" obtuvieron promedios de 8.6 y 8.1 vainas por planta, mientras que "Tolupán Rojo" y "Vaina Blanca" presentaron promedios de 6.4 y 6.1 vainas por planta respectivamente. Según Eulalio (2021), la cantidad de vainas de las variedades de frijol depende de factores genéticos, condiciones de crecimiento, manejo agronómico y disponibilidad de nutrientes. Estos factores interactúan entre sí y contribuyen a las diferencias observadas en la cantidad de vainas en las variedades de frijol evaluadas.

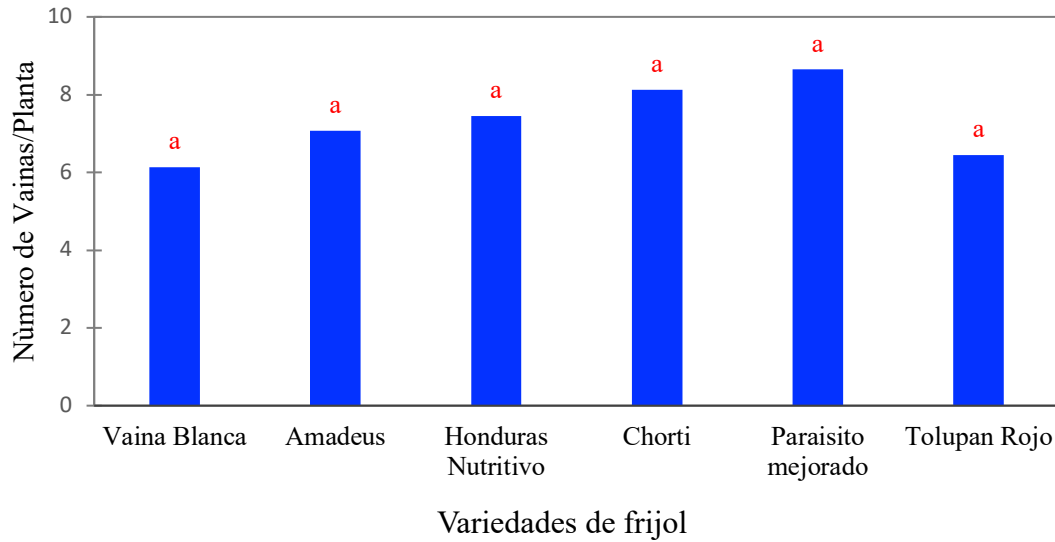


Figura 10. Promedio de numero de vainas por planta por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.6 Número de granos por vaina.

Para la variable "Número de granos por vaina", se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) de acuerdo al análisis de varianza. La prueba de Tukey reveló que la variedad "Paraisito Mejorado" mostró el mejor resultado con 5.4 granos por vaina, seguida de "Amadeus" con 5.32 y "Chortí" con 5.3; "Vaina Blanca" y "Tolupán Rojo" tuvieron un desempeño estadísticamente similar, con 5.12 y 5.07 respectivamente, mientras que "Honduras Nutritivo" mostró el promedio más bajo, con 4.7 granos por vaina (Figura 11).

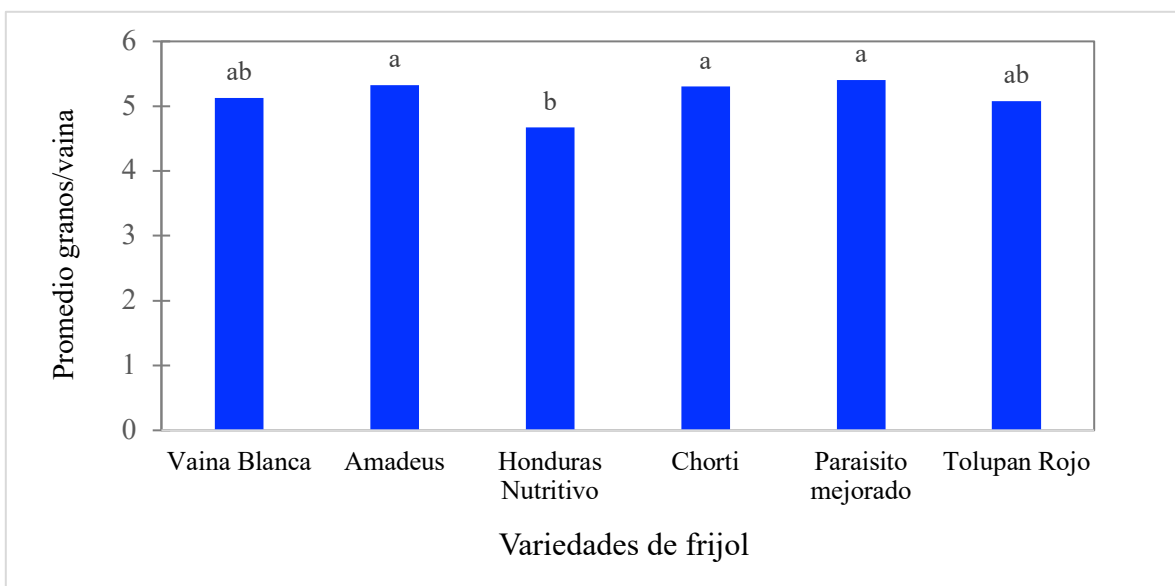


Figura 11. Promedio de número de granos por vaina por cada variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.7 Peso de los 100 granos de frijol

Para la variable "Peso de los 100 granos de frijol", se observaron diferencias estadísticas significativas según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 12). La variedad "Vaina Blanca" mostró el mejor desempeño, con un peso de 32g, siendo estadísticamente superior. En contraste, las variedades "Honduras Nutritivo", "Amadeus" y "Chortí" exhibieron resultados estadísticamente similares, con esta última presentando 26.3g. Por otro lado, "Tolupán Rojo" y "Paraisito Mejorado" mostraron los resultados más bajos, con este último obteniendo 22.8g. Según Guzmán (2019), es importante considerar que el peso de 100 granos es solo una medida de la calidad y el tamaño de los granos de frijol. Al evaluar las variedades de frijol, también es crucial tener en cuenta otros factores como el contenido de nutrientes, la resistencia a enfermedades y plagas, y la adaptabilidad a diferentes condiciones de crecimiento.

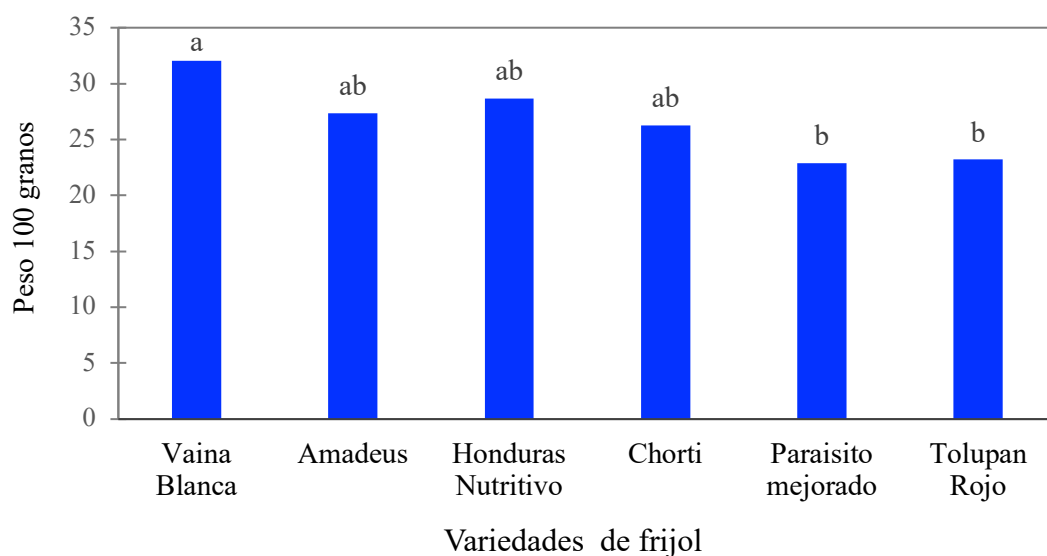


Figura 12. Peso de 100 granos en gramos por cada variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.8 Longitud de los granos

Para la variable "Longitud de los granos de frijol", se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) según el análisis de varianza. La prueba de Tukey demostró que la variedad "Vaina Blanca" obtuvo el mejor resultado con 1.22 mm, seguida de "Honduras Nutritivo" con 1.2 mm.; "Amadeus" y "Chortí" presentaron longitudes similares, con 1.15 mm y 1.1 mm respectivamente, mientras que "Tolupán Rojo" y "Paraisito Mejorado" mostraron los resultados más bajos, con 1.05 mm y 0.9 mm respectivamente (Figura 13).

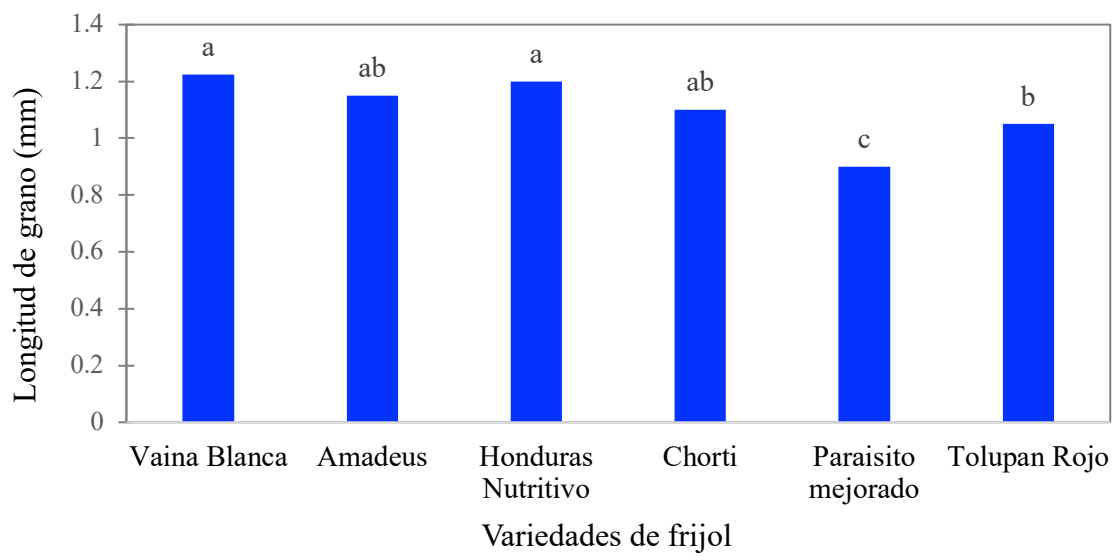


Figura 13. Largo de los granos por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.9 Ancho de los granos

No se observaron diferencias estadísticas significativas para esta variable "Ancho de granos de frijol", según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 14). En este estudio, las variedades "Paraisito Mejorado" con 0.67 mm y "Vaina Blanca" con 0.65 mm demostraron los mejores resultados, mientras que "Amadeus" y "Tolupán Rojo" promediaron 0.62 mm y fueron estadísticamente similares. Por otro lado, "Honduras Nutritivo" y "Chortí" presentaron los resultados más bajos con un ancho promedio de 0.6 mm.

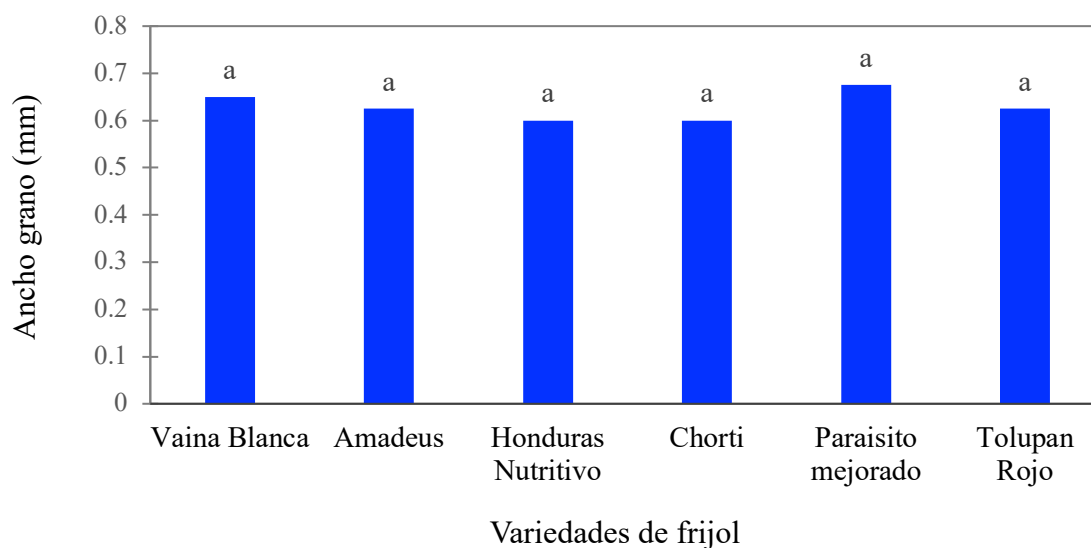


Figura 14. Ancho de los granos por variedad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

6.10 Rendimiento de frijol.

Para la variable de "rendimiento de frijol", no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, según el análisis de varianza ($p>0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 15). La variedad "Vaina Blanca" mostró el rendimiento más alto, con 2,064.3 Kg/ha, en comparación con "Tolupán Rojo", "Paraisito Mejorado", "Honduras Nutritivo" y "Chortí", que presentaron un rendimiento estadísticamente similar, con esta última obteniendo 1,518.5 Kg/ha. Mientras tanto, la variedad "Amadeus" obtuvo el rendimiento más bajo, con 1,473 Kg/ha.

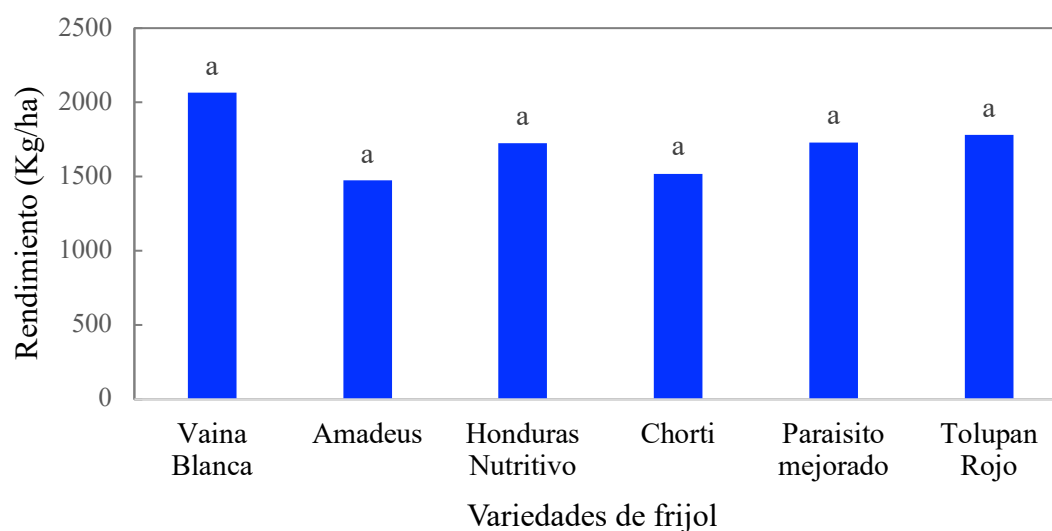


Figura 15. Rendimiento de variedades en Kg/ha. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

6.11 Rendimiento de frijol por Comunidad

Para la variable de rendimiento de frijol por comunidad, se encontró una diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$) y la prueba de Tukey (Figura 16). En la comunidad de "Flor del Café B" se obtuvo el mayor rendimiento, con un promedio de 2,894 Kg/ha, seguido de la comunidad de "Flor del Café A" con un promedio de 2,151 Kg/ha. Por otro lado, en la comunidad de "Buena Vista 1" se obtuvo un rendimiento menor, con un promedio de 1,257 Kg/ha, mientras que en la comunidad de "Pinabetal" se obtuvo el menor rendimiento, con un promedio de 560 Kg/ha.

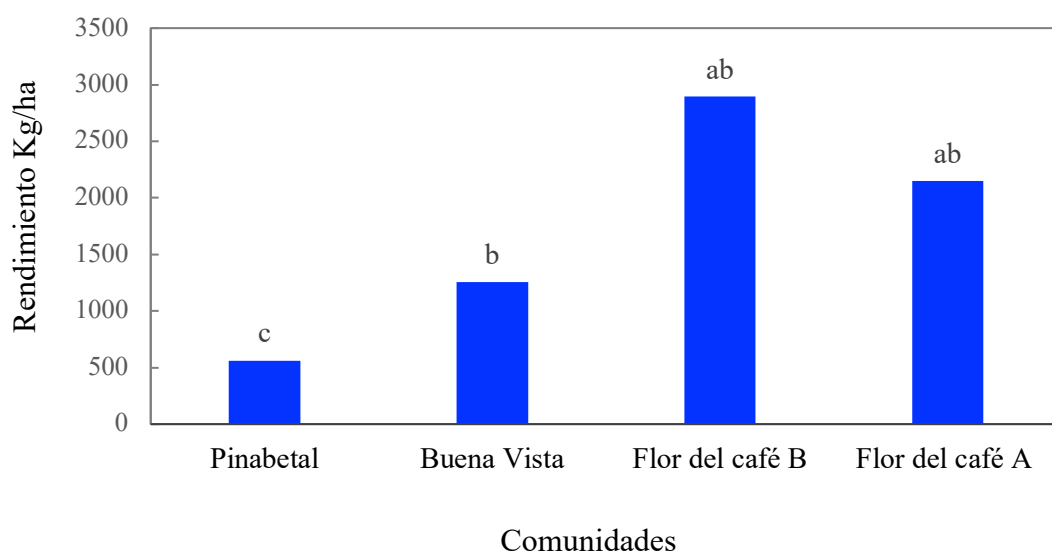


Figura 16. Rendimiento de frijol en Kg/ha por comunidad. Medias con letra en común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$).

6.12 Variedad con mejor capacidad de adaptación.

Entre las variedades de frijol con mayor capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la cuenca del río Talgua, la variedad "Vaina Blanca" destacó con un rendimiento considerablemente alto, seguida por las variedades "Tolupán Rojo", "Paraisito Mejorado" y "Honduras Nutritivo", esta última siendo una de las variedades propuestas para los agricultores en la actualidad debido a sus características mejoradas. A pesar de que en las variables evaluadas otras variedades mostraron un desempeño superior, como en la cantidad de vainas por planta y granos por vaina, donde la variedad "Paraisito Mejorado" superó a todas las demás, y la variedad "Chortí" obtuvo un diámetro mayor que las demás, la variedad "Vaina Blanca" sobresalió en la variable más importante, que es el rendimiento, con un promedio de 2,064.25 Kg/ha, demostrando una gran capacidad de adaptación a las variaciones de los patrones climáticos en las distintas comunidades.

VII CONCLUSIONES

En conclusión, el estudio de adaptación de variedades a las condiciones edafoclimáticas de la cuenca de Talgua Catacamas en Honduras reveló que la variedad local Vaina Blanca, mostró un rendimiento significativamente mayor en comparación con otras variedades. Además, dichas variedades también destacaron en términos de peso de los granos, lo que sugiere una respuesta positiva a las variaciones en los patrones climáticos de la región.

Las diversas variedades de frijol presentaron una notable variación fenológica influenciada por las variables climáticas específicas de la cuenca a las que estaban sometidas. Se observaron diferencias entre las parcelas de diferentes comunidades en altitud, precipitación, humedad, tipo de suelo, entre otros factores. A pesar de que recibieron el mismo tratamiento y productos, la parcela de Pinabetales mostró los resultados menos favorables en la fenología y producción de estas variedades, seguida por la parcela de la comunidad de Buena Vista 1. Por otro lado, las características fenológicas más favorables se observaron en la parcela de la parte alta de la comunidad de Flor del Café, seguida por la parcela de la parte ubicada en la parte baja de la misma comunidad.

VIII RECOMEDACIONES

Se recomienda llevar a cabo este tipo de ensayo en diferentes épocas del año para evaluar su influencia en el rendimiento y la calidad del grano ya que durante la época de postrera, se observa un aumento en las pérdidas del cultivo por el ataque de hongos en el grano y la vaina.

Al establecer este tipo de ensayos con el cultivo de frijol, es recomendable realizar análisis del suelo para identificar deficiencias de nutrientes para complementar estas deficiencias mediante la aplicación de fertilizantes.

Se recomienda evaluar estas variedades de frijol en diferentes localidades y condiciones edafoclimáticas del país para determinar en cuál de ellas expresan su óptimo potencial genético. Esto permitirá obtener una comprensión más completa del potencial de cada variedad, y su adaptación a variaciones climáticas y su rendimiento en diferentes regiones.

Se sugiere realizar este tipo de ensayos bajo prácticas sostenibles y el uso de productos orgánicos. Esto permitirá demostrar a los productores que es posible producir de manera sostenible, con múltiples beneficios y a un menor costo. Además, se podrá evaluar la respuesta de las variedades a los tratamientos orgánicos..

Se recomienda implementar programas de capacitación una vez se obtengan los resultados de la investigación, para informar a los productores sobre las variedades que mejor se adaptan a las condiciones edafoclimáticas de la zona. Esto incluirá información sobre variedades con alto rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, entre otras.

IX BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, ACC; Hernández, GE; Esquivel Esquivel, N; López Blanco, J; López Díaz, F; Montes Rojas, R; Nava Assad, Y; Ruiz Bedolla, K. 2016.

Variabilidad climática y escenarios de cambio climático. Herramientas para los estudios de impactos potenciales y vulnerabilidad actual y futura. Ejemplos para México, Centroamérica y El Caribe. Variabilidad y Cambio Climático.

Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Propuestas para Métodos de Evaluación :144.

Aquae, O. (s. f.). AQUAE FUNDACION. s.l., s.e.

Ayala Garay, AV; Acosta Gallegos, JA; Reyes Muro, L. 2021. El cultivo del Frijol Presente y Futuro Para México. s.l., s.e. 236 p.

BCN. (2020). Frijol de Honduras. s.l., s.e.

BID. (2021). Importancia del cultivo de frijol. s.l., s.e.

Carlos Rosas, J; Agrícola Panamericana, E; Danilo Escoto, Z; Agr, I; Meza, N. (2016). PROPUESTA DE LIBERACIÓN DE LA VARIEDAD DE FRIJOL BIOFORTIFICADO DE GRANO ROJO CLARO BRILLANTE «HONDURAS NUTRITIVO» Presentada ante el: Comité Nacional de Liberación de Variedades e Híbridos Vegetales Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) República de Honduras Presentada por. s.l., s.e.

Carranza, E., López, J., y Chávez, E. (2013). Cuenca Talgua en Honduras. s.l., s.e.

CEPAL. 2013. El cambio climático podría provocar una reducción de hasta 50 % en la producción de granos básicos en Centroamérica.

- _____. 2014. El cambio climático podría provocar una reducción de hasta 50 % en la producción de granos básicos en Centroamérica.
- Derlagen, C; De Salvo, CP; Egas Yerovi, JJ; Pierre, G. 2019. Análisis de políticas agropecuarias en Honduras. Análisis de políticas agropecuarias en Honduras. DOI: <https://doi.org/10.18235/0002274>.
- DICTA. (2019). HONDURAS NUTRITIVO AZABACHE 40 LENCA PRECOZ. s.l., s.e.
- _____. 2020. 2020,-Tolupan-Rojo---Variedad-de-frijol-con-alto-rango-de-adaptación
- DICTA, E. 2019. Investigación DICTA y PIF-EAP AMADEUS 77 Excelente rendimiento y buena adaptación DEORHO Alto rendimiento y amplia adaptación a ambientes diversos Amplia adaptación agronómica Variedades mejoradas de frijol, adaptadas a diversas condiciones agroecológica. .
- Dufour, R. 2015. Hoja de Datos: Rotación de Cultivos en Sistemas Agrícolas Orgánicos. Centro Nacional de Tecnología Apropriada :1-4.
- De Elvira, AR. 2014. Los impactos del cambio climático en España. Revista de Obras Publicas 161(3556):25-28.
- Escoto, N. 2004. El cultivo de frijol: manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria 1:2-10.
- Escoto, ND. 2015. Manual para el cultivo de frijol en Honduras (Manual for bean producción in Honduras). :7, 12-16.
- et al, N. (2015). Crecimiento de la población y cambio climático. s.l., s.e.
- Eulalio, ML. 2021. Eficacia en la producción de variedades de frijol.
- FAO. (2015). Estrategias de adaptación al cambio climático en Honduras. s.l., s.e.
- _____. 2015. Factores Ambientales.
- _____. (2018). La agricultura de conservación como respuesta al cambio climático. s.l., s.e.

- _____. (2019). Gestión integrada de los recursos hídricos para la adaptación al cambio climático en la agricultura. s.l., s.e.
- _____. (2020). Importancia del cultivo de frijol. s.l., s.e.
- Ferraris, GN. 2009. Impacto de la sequía. Aapresid 18(95):26-29.
- Flores, R., et al. (2019). Evaluación del cultivo de frijol bajo diferentes sistemas de manejo de plantas de cobertura en la región sur de Honduras. Universidad Nacional Agraria d. s.l., s.e.
- FONTAGRO. 2020. Alianzas regionales para la disseminación de frijol rico en hierro en países de América Latina.
- FUNDER. (2017). Plan de ordenamiento y gestión ambiental de la cuenca del Río Talgua. s.l., s.e.
- Grissom, B. W., et al. (2018). Natural climate solutions. s.l., s.e.
- Guzmán, BL. 2019. Leguminosas De Grano. Compendio De Las Enfermedades De Las Plantas :529-570. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctvkjb460.13>.
- IFPRI. (2021). Importancia del cultivo de frijol en la región. s.l., s.e.
- IICA. 2015. Agricultura y variabilidad climática. Lo que debemos saber del clima 1.
- INIFAP. 2021. El cultivo de frijol presente y futuro para México.
- IPCC. (2018). Cambio Climático. s.l., s.e.
- _____. (2019). «Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems». s.l., s.e.
- _____. (2019). Informe especial sobre el cambio climático y la tierra. s.l., s.e.
- _____. 2021. Cambio Climático 2021: Un resumen para todo el mundo. Ipcc
- _____. (2021). Climate Change. The Physical Science Basis. s.l., s.e.

- Jacobs, L; Quack, L. 2018. The end of the diesel subsidy: Distributional effects of a CO2-based energy tax reform. *Wirtschaftsdienst* 98(8):578-586. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10273-018-2334-3>.
- Lobell, DB. (2020). Prioritizing climate change adaptation needs for food security in 2030. *Nature Climate Change*, 10(9), 927-937. s.l., s.e.
- López, M; Fe, F. 1995. IJiOL ~ Investigación y.
- MC MIRAMONTE. 2014. El cultivo de frijol.
- Morales, M., et al. (2015). Efecto del compost en la calidad de la semilla y rendimiento del frijol. Universidad Nacional Autónoma de México. s.l., s.e.
- Nicaragua, G. (2017). Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático. s.l., s.e.
- ONU. (2018). Sistemas agroforestales para la adaptación al cambio climático. s.l., s.e.
- _____. 2020. El cambio Climático.
- Ortiz, M 1998. (1998). El frijol en el estado de zacatecas. s.l., s.e.
- PANORAMA. (2018). Guía del manejo de frijol. s.l., s.e.
- Popenoe, W. (2022). Gobernanza hídrica en el Corredor Seco de Honduras: fundamentos de acción colectiva a través de experimentos de campo. s.l., s.e.
- PROAIN. (2020). Manejo integrado de plagas en el cultivo de frijol. s.l., s.e.
- Romero, E 1993. 1993. El frijol y la alimentación. s.l., s.e.
- Rosas, PHDJC. 2003. El cultivo del frijol común en América Tropical. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano :1-62.
- SADER. 2019. Aptitud agroclimática del frijol en México ciclo agrícola primavera verano. 01(55):5-20.
- SAG. (2020). Agricultura en Honduras. s.l., s.e.
- _____. (2021). Frijol de Honduras. s.l., s.e.

_____. (2022). Producción de frijol en Honduras. s.l., s.e.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2008. LA BIODIVERSIDAD Y LA AGRICULTURA. s.l.

SERANA & ENCC. 2013. Estrategia Nacional de Cambio Climático. Informe CICC (Cambio climático): p.8.

SURA. (2020). Variabilidad y cambio climático. s.l., s.e.

Thomas. (2018). Integrated pest management in dry beans. Cornell University. s.l., s.e.

Valentinetti Zamorano, S. (2012). Estudio de la aceptación de la variedad mejorada de frijol común Amadeus 77 en la aldea de San Lorenzo, Danlí, El Paraíso, Honduras. s.l., s.e.

Viguera, B; Martínez-Rodríguez, R; Donatti, C; Harvey, C; Alpízar, F. 2017. Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). Catie :49.

Villeda, DEM. 2020. 2020, -Tolupán-Rojo---Variedad-de-frijol-con-alto-rango-de-adaptacion.pdf. s.l., s.e.

Water, M. (2021). Acidez en el agua. s.l., s.e.

Zamorano. 2002. AMADEUS-77.

Zhou. (2014). Effects of slope aspect and planting density on bean growth, yield, and water use efficiency. Purdue University. s.l., s.e.

X ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable Floración de las variedades

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	0,00	0,000	2,2610e-01	0,8767
Variedad	5	117.33	23.467	2.4839e+31	<2e-16
Residuales	15	0.00	0.000		
Total	23	117.33			

Anexo 2 Análisis de varianza para la variable altura de las plantas

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	217.32	72.440	1.5206	0.2499
Variedad	5	418.70	83.739	1.7578	0.1823
Residuales	15	714.57	47.638		
Total	23	1,350.59			

Anexo 3 Análisis de varianza para la variable diámetro de las plantas.

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	0.045812	0.0152708	5.3755	0.01029 *
Variedad	5	0.034637	0.0069275	2.4385	0.08294
Residuales	15	0.042612	0.0028408		
Total	23	0.123061			

Anexo 4 Análisis de varianza para la variable número de vainas por planta.

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	75.281	25.0937	22.1009	9.27e-06
Variedad	5	18.714	3.7427	3.2964	0.03312
Residuales	15	17.031	1.1354		
Total	23	111.026			

Anexo 5 Análisis de varianza para la variable número de granos por vaina por variedad.

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	0.16333	0.054444	0.9646	0.435067
Variedad	5	1.39000	0.278000	4.9252	0.007253
Residuales	15	0.84667	0.056444		
Total	23	2.4			

Anexo 6 Análisis de varianza para la variable largo de los granos

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	0.00125	0.000417	0.1351	0.9376
Variedad	5	0.28208	0.056417	18.2973	6.584e-06
Residuales	15	0.04625	0.00308		
Total	23	0.32958			

Anexo 7 Análisis de varianza para la variable ancho de los granos.

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	0.014583	0.0048611	4.0698	0.02665 *
Variedad	5	0.017083	0.0034167	2.8605	0.05223
Residuales	15	0.017917	0.0011944		
Total	23	0.049583			

Anexo 8 Análisis de varianza para la variable peso de los 100 granos.

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	132.44	44.148	6.2884	0.005628
Variedad	5	238.29	47.658	6.7883	0.001706
Residuales	15	105.31	7.021		
Total	23	476.04			

Anexo 9 Análisis de varianza para la variable rendimiento por variedad.

	Df	Suma	Sq Media	Valor de Sq F	Pr(>F)
Parcela	3	18737397	6245799	39.4733	2.342e-07
Variedad	5	894916	178983	1.1312	0.3862
Residuales	15	2373427	158228		
Total	23	22005.740			