

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Evaluación de 3 variedades de frijol; 2 del tipo *Phaseolus vulgaris* L. y una del espécimen *Phaseolus coccineus* L

Por:

Luis Fernando Hernández Vázquez

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de 3 variedades de frijol; 2 del tipo *Phaseolus vulgaris* L. y una del espécimen *Phaseolus coccineus* L.

Por:

Luis Fernando Hernández Vázquez

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado por:


M C. Rafael Ávila Cisneros
Presidente


Dr. Anselmo González Torres
Vocal


M C. Armando Nahle Martínez
Vocal


M C. Sheila Mayela Ávila Berumen
Vocal suplente


M C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de 3 variedades de frijol; 2 del tipo *Phaseolus vulgaris* L. y una del espécimen *Phaseolus coccineus* L.

Por:

Luis Fernando Hernández Vázquez

TESIS

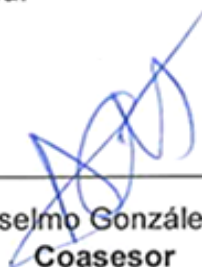
Presentado como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobado por el Comité de Asesoría:



M.C. Rafael Ávila Cisneros
Asesor Principal



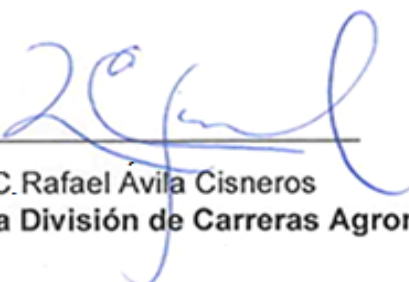
Dr. Anselmo González Torres
Coasesor



M.C. Armando Nahle Martínez
Coasesor



M.C. Sheila Mayela Ávila Berumen
Coasesor



M.C. Rafael Ávila Cisneros
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Unidad Laguna



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

AGRADECIMIENTOS

A Dios, le agradezco por brindarme salud y por permitirme superar momentos difíciles a lo largo de este camino, tanto para mí como para mi familia.

A mis padres, José Luis Hernández Vázquez y Olga Vázquez Jiménez, por darme la oportunidad de estudiar y, sobre todo, por ofrecerme su apoyo incondicional en todo momento y la inmensa confianza de creer en mí.

A mi hermana, Nelcy Esmeralda Hernández Vázquez, por darme el ejemplo de ser una persona excepcional y motivarme a seguir estudiando.

A mis sobrinos, Francisco José Hernández Vázquez, Alexa Guadalupe Alfaro Hernández y José Omar Alfaro Hernández, por ser mis pilares fundamentales para poder culminar la carrera.

Al M.C. Rafael Ávila Cisneros, por aceptarme como tesista; gracias por su paciencia, sus conocimientos y su apoyo, los cuales fueron fundamentales para terminar este proyecto.

A mis profesores, que conocí en el transcurso de la carrera: gracias por compartirme sus conocimientos académicos y brindarme las herramientas necesarias para formarme como profesional.

A las personas, a todas aquellas que sin ser familia me tendieron su mano, siempre les estaré agradecido.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, mi alma mater, por permitirme ocupar un lugar en esta maravillosa institución que fue uno de mis sueños. Un honor ser parte de esta gran universidad del Agro, la cual ha sido también mi segunda casa. Orgulloso de ser un “Buitre” de la Narro.

DEDICATORIAS

A Dios, por darme los Dones necesarios para poder culminar esta etapa tan importante en mi vida, por iluminar mi camino y no dejarme solo cuando más te necesitaba.

A mis padres, José Luis Hernández Vázquez y Olga Vázquez Jiménez. Gracias por sus consejos en todo momento, por su esfuerzo y su sacrificio; por fin pudimos lograr esta etapa importante de mi carrera. Este logro no solo es mío, también es suyo.

A mi hermana, Nelcy Esmeralda Hernández Vázquez quien es mi compañera de vida gracias por darme ánimos, este logro también es tuyo.

A mis sobrinos, Francisco José Hernández Vázquez, Alexa Guadalupe Alfaro Hernández y José Omar Alfaro Hernández: les dedico este logro que para mí es muy importante.

A mí, me dedico este logro, ya que significó dejar mi hogar y a mis seres queridos para cumplir mi sueño de ser Ingeniero Agrónomo; es el resultado del enorme esfuerzo, dedicación y sacrificios que realicé a lo largo de la carrera.

RESUMEN

La investigación que a continuación se presenta se realizó en el Centro de Investigaciones Básica y Aplicada (CIBA) ubicada en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, el 29 de julio del año 2025. Este estudio tuvo como objetivo principal evaluar el comportamiento de las variedades de frijol Pinto Saltillo, Pinto Villa y Ayocote morado rojizo bajo condiciones del periodo otoño – invierno. La hipótesis a comprobar se planteaba la no diferencia estadística entre los tratamientos comprobados en su producción de grano seco y variables fenológicas. Para el desarrollo de la investigación, se estableció un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones en una superficie de 81 m², dividido en 9 cuadrantes cada uno de 9 m²; cabe destacar que se implementó acolchado plástico en un surco de cada cuadrante. Las variables fenológicas evaluadas fueron altura de planta (cm), número de flores y área foliar (m²). Asimismo, se utilizó la prueba t de Student con un nivel de significancia del 5% para la comparación de muestras pequeñas en la producción de grano seco (gr), enfocado en las variedades Pinto Villa y Pinto Saltillo.

Los resultados finales demostraron la ausencia de diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las variables analizadas mediante el ANOVA del diseño bloques completamente al azar. De igual manera, la prueba t de Student no reportó variaciones significativas para la producción de grano seco; por lo que las variedades se comportaron similar. Por lo anterior, aceptamos la hipótesis 1, ya que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos comparados.

Palabras clave: Frijol, Variedades, Ayocote, Variables fenológicas

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	<i>i</i>
DEDICATORIAS	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
ÍNDICE GENERAL	<i>iv</i>
ÍNDICE DE TABLAS	<i>vi</i>
ÍNDICE DE GRÁFICAS	<i>vi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>vi</i>
I. INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
Objetivo general	<i>2</i>
Objetivos específicos	<i>2</i>
Hipótesis 1	<i>2</i>
Hipótesis nula	<i>2</i>
II. REVISIÓN DE LITERATURA	<i>3</i>
Efectos del acolchado en el cultivo de frijol	<i>3</i>
Importancia del frijol	<i>4</i>
Etapa fenológica del frijol	<i>5</i>
Taxonomía del frijol ayocote y común	<i>7</i>

Fertilización en el frijol	8
Contenido nutricional del frijol	10
Cultivo de frijol en el mundo y en México.....	11
Consumo per cápita de frijol en el mundo y en México	12
Plagas y enfermedades del frijol.....	13
Control de plagas y enfermedades.....	15
Características del frijol Pinto Saltillo	15
Características del frijol Pinto Villa	17
Características del frijol Ayocote	18
Obstáculos para el cultivo de frijol en zonas áridas y semiáridas.....	20
Parámetros óptimos para el cultivo del frijol.....	21
Relacionado con el análisis estadístico	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
Altura de planta.....	26
Conteo de flores	27
Área foliar.....	28
Producción de grano seco.....	29
V. CONCLUSIÓN	31
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Análisis de varianza para la variable altura de planta del 13 de septiembre del 2025</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Análisis de varianza para la variable conteo de flores del 13 de septiembre del 2025.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3. Análisis de varianza para la variable área foliar con fecha 29 de septiembre del 2025.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4. Cálculo de la prueba t utilizando como experimento el Pinto Villa.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5. Cálculo de la prueba t utilizando como testigo el Pinto Saltillo.</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6. Resultados de Tc y To (5%).....</i>	<i>30</i>

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1. Comparación de medias aritméticas de los tratamientos en la altura de planta de fecha 13 de septiembre del 2025.</i>	<i>27</i>
<i>Gráfica 2. Comparación de medias del conteo floral de las tres variedades de frijol del 13 de septiembre del 2025.....</i>	<i>28</i>
<i>Gráfica 3. Comparación de medias aritméticas en la variable área foliar del 29 de septiembre del 2025.</i>	<i>29</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol.</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Distribución del diseño experimental.....</i>	<i>25</i>

I. INTRODUCCIÓN

El frijol desempeña un papel esencial en la rotación de cultivos debido a su capacidad de fijación biológica de nitrógeno atmosférico. Este proceso es posible gracias a la relación simbiótica que se establece entre la planta y diversos microorganismos del suelo (Angeles Núñez & Cruz Acosta, 2015). Además de su valor ecológico, en México, la producción de frijol se basa principalmente en semillas nativas o criollas y, en menor medida, en variedades mejoradas, las cuales ofrecen beneficios en rendimiento y calidad. En ambos tipos, particularmente en los nativos sembrados tradicionalmente para autoconsumo, es frecuente que el cultivo se utilice para producir grano seco, así como para obtener vainas tiernas o ejotes (Sangerman Jarquín et al., 2010).

En México, el frijol se produce y consume en todo el país. La gran diversidad de culturas, tradiciones y platillos mexicanos hace que se demanden distintos tipos de grano. Por ejemplo, en el norte del país, existe una marcada preferencia por granos claros, como el pinto (variedades Villa, Saltillo, Mestizo, Centauro, entre otros) y el azufrado (Higuera, Noroeste, entre otros) (Cruz Cruz et al., 2021). Para incentivar esta producción nacional y proteger el ingreso de los agricultores frente a las sequías, el gobierno de México elevó el precio de garantía del frijol de 17.34 a 21.00 pesos por kilogramo, buscando alcanzar la autosuficiencia alimentaria y reducir la dependencia de las importaciones (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023b).

A pesar de su importancia, el sector rural enfrenta retos significativos para asegurar el abasto familiar. En la Comarca Lagunera, si bien se conocen las variedades comerciales, existe una falta de información técnica sobre materiales

alternativos; específicamente, se desconoce el comportamiento del frijol Ayocote bajo las condiciones climáticas de esta región. Por lo tanto, es necesario evaluar el desempeño diferenciado de variedades establecidas frente a nuevas introducciones, analizando su desarrollo en etapas fenológicas durante los ciclos de otoño e invierno para determinar su viabilidad productiva en la zona.

Objetivo general

Evaluar el comportamiento de las variedades de frijol pinto Saltillo, pinto Villa y frijol Ayocote morado rojizo bajo condiciones climáticas de otoño e invierno.

Objetivos específicos

Evaluar las variedades de frijol Pinto Saltillo, Pinto Villa y la variedad Ayocote para determinar su comportamiento diferenciado en desarrollo de etapas fenológicas.

Determinar diferencias entre las labores culturales permitidas y tradicionales del frijol pinto Villa, Saltillo y Ayocote contra las permitidas al tener surcos con sistema de acolchado.

Hipótesis 1

No hay diferencia estadística entre los tratamientos comparados de frijol Pinto Saltillo, Pinto Villa y frijol Ayocote en su producción de grano seco y variables fenológicas.

Hipótesis nula

Hay diferencia estadística entre los tratamientos comparados de frijol Pinto Saltillo, Pinto Villa y frijol Ayocote en su producción de grano seco y variables fenológicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Efectos del acolchado en el cultivo de frijol

El acolchado plástico representa una tecnología esencial en la agricultura moderna para mejorar las condiciones de desarrollo de los cultivos, además de incrementar la eficiencia en el uso de recursos. Este sistema intensifica la producción mediante coberturas avanzadas que superan el desempeño de los métodos tradicionales, obteniendo aumentos notables tanto en rendimiento como en calidad de cosecha. Entre sus principales beneficios técnicos resalta la modificación térmica del suelo: a cinco centímetros de profundidad, eleva la temperatura a 3 °C con plástico oscuro, mientras que con cubierta transparente alcanza los 6 °C; esto estimula un sistema radicular vigoroso y una cosecha temprana. Las películas plásticas también funcionan como barrera que inhibe totalmente la incidencia de malezas, protegiendo al suelo contra la erosión y compactación, lo cual favorece la aireación junto con la actividad microbiológica. Por último, esta práctica optimiza el manejo hídrico y nutricional al reducir la evaporación, evitando igualmente la pérdida de fertilizantes por lixiviación durante las lluvias. Esto genera sistemas productivos más rentables y resilientes frente a la escasez de insumos (Hernández Sánchez, 2014).

Suárez Medina (2019) sostiene que el uso de acolchados plásticos en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) genera efectos positivos significativos en el rendimiento de grano y la acumulación de biomasa en comparación con el suelo desnudo. Durante el ciclo biológico, se identificaron variaciones importantes en la reflectancia de las coberturas, registrándose los valores más altos durante las etapas iniciales y finales del desarrollo. En términos promedio, el acolchado de color

blanco presentó una reflectancia superior a los demás tratamientos, seguido por el plástico plata, el cual superó tanto al color negro como al suelo descubierto. A pesar de que el acolchado negro mostró la menor reflectancia, este favoreció un incremento en el rendimiento de hasta un 29% respecto al testigo y tendió a prolongar el ciclo del cultivo, retrasando la llegada a la madurez fisiológica. Finalmente, el autor concluye que, aunque estos materiales optimizan la productividad, no influyen de manera significativa en componentes específicos como el número de vainas o el total de semillas por unidad.

Otuaro et al. (2024) reportan que la implementación de acolchado de polietileno es una técnica de gestión agrícola determinante para mejorar la eficiencia en el uso del agua y la productividad de los cultivos. Según su investigación, el uso de películas plásticas logra conservar la humedad residual del suelo con una eficiencia significativamente superior a los métodos tradicionales, favoreciendo la expresión de los parámetros agronómicos. Esta barrera física minimiza la pérdida por evapotranspiración y evita que las vainas entren en contacto directo con el sustrato, lo cual proviene la pudrición y garantiza la inocuidad del producto cosechado. Los autores destacan que el color del material influye directamente en estos resultados: si bien el polietileno blanco registra la mayor capacidad de retención de agua, el estudio concluye que el polietileno transparente se posiciona como el material más eficaz para las condiciones específicas del área evaluada. En definitiva, estos hallazgos consolidan al acolchado sintético como un insumo clave para la sostenibilidad y la gestión hídrica eficiente.

Importancia del frijol

El frijol es uno de los alimentos más antiguos conocidos por el ser humano y la cual fue de las primeras plantas domesticadas para su consumo. Es fundamental en la dieta de los mexicanos, ya que aporta una gran cantidad de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Además de su valor nutricional, su cultivo es una actividad económica y una fuente de sustento vital para muchas familias del país (López Soto & Ruiz Fierro, 2024).

Pertenece a las leguminosas del género *Phaseolus*, un grupo de gran importancia tanto en lo económico como en lo cultural. En México se reconocen cerca del alrededor de 70 variedades, lo que refleja su amplia variedad (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023a).

En México, el frijol es el segundo cultivo más importante después del maíz. Se cultiva en 1,590,876 hectáreas aproximadamente, de las cuales el 85% depende de las lluvias y se produce a través de diferentes métodos de cultivo (Moctezuma López, 2022).

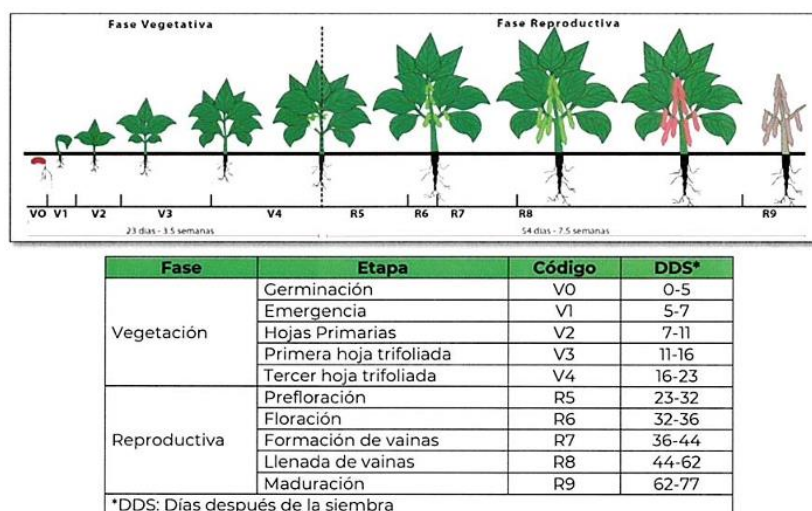
Etapas fenológicas del frijol

El ciclo biológico del cultivo se divide en fases vegetativas (V) y reproductivas (R), las cuales determinan el desarrollo fisiológico de la planta. La fase V0 (Germinación) se establece a partir del momento en que la semilla alcanza la humedad crítica necesaria para activar su metabolismo, ya sea mediante riego o precipitación. Posteriormente, la V1 (Emergencia) ocurre cuando los cotiledones rompen la superficie del suelo. El desarrollo foliar continúa con la etapa V2 (Hojas primarias), definida por el despliegue de las hojas unifoliadas, seguida por la V3 y V4, que marcan la apertura total de la primera y tercera hoja trifoliada,

respectivamente. La transición al estado reproductivo inicia en R5 (Prefloración) con la aparición de los primeros botones florales, llegando a la etapa R6 (Floración) cuando se abren las primeras flores de la planta. Durante la fase de fructificación, la etapa R7 se identifica por la formación de vainas tras la caída de la corola, dando paso a R8 (Llenado de vaina), donde se observa un crecimiento activo del grano y el abultamiento del fruto. Finalmente, la R9 (Maduración) se caracteriza por la pérdida de humedad en la semilla (hasta un 15%), el cambio de coloración en las vainas y la defoliación natural de la planta, indicando que el cultivo ha alcanzado la madurez fisiológica para su cosecha (Servicio de Informe Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2019).

Como se puede observar en la Figura 1, el desarrollo del frijol se encuentra estructurado en escalas que van desde la germinación (V0) hasta la madurez de cosecha (R9). Esta división ayuda a entender mejor el análisis del rendimiento y los componentes del cultivo evaluados en la presente investigación.

Figura 1. Etapas de desarrollo de la planta de frijol.



Nota. El diagrama muestra las fases vegetativas (V) y reproductivas (R) asociadas a los días después de la siembra (DDS). Fuente: SENASICA (2021).

Taxonomía del frijol ayocote y común

La clasificación biológica del ayocote permite ubicarlo dentro del reino vegetal como una planta con flor (*Magnoliophyta*), perteneciente a las dicotiledóneas (*Magnoliopsida*). Los especímenes presentan una variación gradual en características como el tamaño y la coloración de la flor, así como las dimensiones y vellosidad de las brácteas y bractéolas. Según la jerarquía taxonómica detallada por Vázquez Mendoza (2021), su organización se presenta de la siguiente manera:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus coccineus* L.

Y de acuerdo con Espinoza Bello & Castillo Moreno (2024), la taxonomía del frijol común es la siguiente:

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Subfamilia: *Faboideae*

Tribu: *Phaseolae*

Género: *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L.

Fertilización en el frijol

La nutrición del frijol es esencial para obtener rendimientos óptimos. Aunque lo ideal es realizar un análisis de suelo previo, como recomendación general para una fertilización adecuada se sugieren las fórmulas 12-24-12 y 18-46-00. Estas composiciones de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) son apropiadas durante las etapas iniciales del cultivo, pues favorecen el desarrollo radicular y el crecimiento vegetativo (Zúñiga, 2012).

El cultivo de frijol manifiesta una respuesta agronómica favorable ante la suplementación de nitrógeno y fósforo. Se recomienda el uso de fuentes con balances equilibrados, como la fórmula 20-20-0, ajustando la dosis según la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Para maximizar la eficiencia de absorción, la aplicación debe realizarse al momento de la siembra o durante los primeros ocho días posteriores. Es fundamental colocar el fertilizante en banda lateral o a profundidad respecto a la semilla, evitando el contacto directo; esta técnica previene la fitotoxicidad y asegura que el sistema radicular aproveche los nutrientes de manera óptima (Villatoro Mérida et al., 2022).

Ramírez Olivera et al. (2010) mencionan que la optimización de la producción del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) depende de la implementación de estrategias de fertilización que integren fuentes minerales, orgánicas y biológicas. En su investigación, sostienen que este enfoque genera un impacto directo y positivo en el crecimiento de las plantas, la nodulación natural y los componentes finales del rendimiento. Los autores demuestran que los tratamientos que combinan fertilizantes químicos con abonos orgánicos, como el humus de lombriz sólido o

líquido, resultan ser los más productivos y rentables. Asimismo, señalan que el uso de biofertilizantes permite alcanzar altos rendimientos de forma sostenible, garantizando una solución eficaz ante la carencia de insumos sintéticos tradicionales. En sus conclusiones, resaltan que la unión entre productos químicos, orgánicos y biológicos es fundamental para maximizar la eficiencia biológica del cultivo, logrando ahorros económicos significativos y una rentabilidad productiva que conserva los recursos naturales del suelo.

Mejía (2016) evaluó un esquema de nutrición integral en el cultivo de frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) variedad Amadeus-77, combinando fuentes minerales (12-24-12, urea y KCl), orgánicas (4 t/ha⁻¹ de lombricompost) y biológicas (micorrizas peletizadas). En sus hallazgos, destaca que la sinergia entre el fertilizante y el compost generó una diferencia significativa en el desarrollo vegetativo inicial a los 35 días después de la siembra, aunque este efecto se diluyó hacia los 65 días, donde no se observaron variaciones respecto al control. Por otro lado, la integración de los tres componentes (mineral, micorriza y compost) resultó ser la estrategia más eficaz para incrementar el número de granos por legumbre. No obstante, el autor señala que, a pesar de estas mejoras en los componentes individuales, el rendimiento total de grano no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

De acuerdo con la investigación de castillo Ferrer et al. (2022), la implementación de estrategias de nutrición foliar en el cultivo de frijol es una alternativa eficaz para potenciar la productividad de forma sostenible. Al emplear productos como el lixiviado microbiano y el Bayfolan Forte, se logra un estímulo directo en el crecimiento vegetal, superando los resultados de fertilizantes

convencionales aplicados al suelo debido a su rápida asimilación metabólica. Los autores destacan que el uso de estos potenciadores incrementa significativamente el número de vainas por planta y la cantidad de granos obtenidos por cada legumbre. Particularmente, el tratamiento basado en lixiviado microbiano demostró una eficacia superior bajo condiciones de secano, elevando el rendimiento de la variedad “La Cuba 154” hasta las 1.44 t/ha⁻¹, lo que representa una mejora del 42.36% en comparación con los cultivos que no recibieron tratamiento.

Contenido nutricional del frijol

La ingesta de frijol constituye una fuente significativa de micronutrientes esenciales, destacando minerales como el hierro, calcio, zinc, fósforo, potasio y magnesio, además de vitaminas del complejo B. Estos componentes desempeñan un papel crucial en la salud pública; por ejemplo, el contenido de hierro favorece la prevención de la anemia ferropénica, mientras que el aporte de ácido fólico (B9) resulta clave en la prevención de malformaciones del desarrollo del sistema nervioso central y el cerebro del feto (Polanco Lugo et al., 2024).

El frijol negro representa la variedad de mayor demanda y consumo en México, consolidándose como un alimento funcional de alto valor nutricional debido a su aporte de 8.86 g de proteína por cada 100 g de porción. Esta leguminosa ofrece un perfil de aminoácidos equiparable a las proteínas de origen animal, pero con la ventaja competitiva de carecer de colesterol y poseer una baja densidad de grasas saturadas. Además de su valor energético, su composición química destaca por una alta concentración de fibra soluble e insoluble y una densidad mineral que incluye elementos como magnesio, potasio, hierro y molibdeno. Así mismo destacan

antioxidantes como el ácido fítico que ha demostrado reducir el riesgo de contraer cáncer, principalmente de colon y de seno, otorgando al grano propiedades preventivas adicionales (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, 2020).

Cultivo de frijol en el mundo y en México

El frijol se cultiva a nivel mundial en 129 países. Durante el 2020, se generaron 29.02 millones de toneladas en una extensión de 36.6 millones de hectáreas, lo que arroja una productividad media de 0.79 toneladas por hectárea (Bucardo et al., 2023).

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) lidera la producción de leguminosas con 28 millones de hectáreas distribuidas en diversos continentes. México destaca junto a potencias como Brasil, India, Myanmar y China, quienes en conjunto dominan el 55% de la oferta mundial. Cabe resaltar que la producción mexicana contribuye en promedio con un 7% del total de las cosechas a nivel global (Cid Gallegos et al., 2023).

El frijol se posiciona como uno de los cultivos fundamentales de la producción agrícola anual en el territorio mexicano, destacando tanto por su amplia extensión territorial como por su significativo volumen de cosecha. Durante el año agrícola que abarcó de octubre de 2021 a septiembre de 2022, esta leguminosa registró una superficie sembrada de 1,909,374 hectáreas a nivel nacional, consolidándose como una de las especies anuales con mayor superficie destinada a su cultivo. En términos de rendimiento y productividad, los resultados del Censo Agropecuario

2022 reportaron que la producción total de este grano alcanzo las 967,403 toneladas (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023).

La producción anual de frijol en México, estimada en 1.1 millones de toneladas, refleja la relevancia de este cultivo en el ámbito rural. Su éxito productivo radica en la capacidad de siembra bajo diversos escenarios agroclimáticos, cumpliendo un rol esencial en el sustento de las familias campesinas y el abastecimiento del mercado nacional (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2021).

Consumo per cápita de frijol en el mundo y en México

La demanda global de frijol se sitúa en 25 millones de toneladas. En los últimos cinco años, el consumo por persona se ha mantenido estable, con un registro promedio de 2.46 kilogramos anuales (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura [FIRA], 2022).

México posee una vasta diversidad de variedades de frijol. El consumo por habitante se sitúa en 10.2 kg, aunque su cadena productiva enfrenta retos considerables debido a que gran parte del cultivo se establece en zonas de temporal con una tecnificación limitada (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural & Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, 2020). Durante el periodo de 2021 a 2024, se registró un descenso en el consumo per cápita de frijol, al reducirse de 9 kg a 7.7 kg (Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México [ICAMEX], 2025).

Plagas y enfermedades del frijol

Los insectos plaga representan una limitante significativa en el rendimiento y la calidad del cultivo de frijol, por lo que su control resulta esencial para obtener una producción óptima. El perjuicio que ocasionan se clasifica en dos categorías: daño directo, derivado de la alimentación del insecto sobre la planta, y daño indirecto, asociado principalmente a la transmisión de agentes fitopatógenos virales (INIFAP, 2023).

El minador (*Liriomiza* ssp.) es una plaga polífaga que puede restringir severamente el cultivo del frijol al generar daños considerables durante las etapas iniciales de desarrollo, lo que disminuye la capacidad fotosintética de la planta. El perjuicio se origina cuando las hembras perforan la superficie foliar para depositar sus huevos; posteriormente, las larvas se alimentan del tejido externo de la hoja formando galerías o minas. Inicialmente estos insectos son blancos translúcidos y con el tiempo adquieren una coloración café. En infestaciones severas pueden provocar defoliación parcial o total (De Oro Aguado et al., 2021).

Los trips son insectos diminutos, con una longitud que varía de 0.5 a 2.5 mm. En su estado adulto presentan un cuerpo alargado, tonalidad grisácea y apariencia plumosa. Se ubican mayormente en el envés de las hojas, sitio donde los huevos y ninfas no pueden observarse a simple vista. En el cultivo de frijol, su impacto radica en la extracción de savia, afectando especialmente flores y follaje superior, lo que genera marchitez y malformaciones. Adicionalmente, raspan hojas y vainas además de actuar como vectores de virus, comprometiendo significativamente el rendimiento. Las infestaciones se intensifican en época seca y con temperaturas de

25 a 35 grados centígrados, manifestándose desde fases tempranas del cultivo hasta el inicio de la madurez fisiológica. Por último, se recomienda aplicar un repelente orgánico, ya sea extracto de ajo o pimienta, para incentivar la salida de la plaga de sus refugios y optimizar la eficiencia del insecticida (Escoto, 2023). Por su parte, De Oro Aguado et al. (2021) menciona que los trips que afectan el cultivo de frijol incluyen a las especies *Thrips palmi karny* y *Frankliniella occidentalis* (Pergande), siendo *T. palmi* la más común. En su fase adulta presenta tamaño reducido y tonalidad pálida.

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) transmite virus como el del mosaico dorado y el mosaico dorado-amarillo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), capaces de reducir el rendimiento. Sus hospedajes habituales incluyen especies de Cruciferae, Cucurbitaceae, Solanaceae y Leguminosae. Si bien el frijol no es su hospedante de preferencia, puede colonizarlo cuando no dispone de otros cultivos, generando daños severos tanto por su alimentación directa como por la transmisión de virus. Uno de los síntomas que ocasiona en este cultivo es el albinismo de vainas y tejidos jóvenes (DGSV-CNRF, 2020).

Entre las enfermedades de mayor relevancia en el cultivo de frijol destaca el moho blanco o salivazo, ocasionado por *Sclerotinia sclerotiorum*; la pudrición carbonosa causada por *Macrophomina phaseolina*; la marchitez y pudrición seca de la raíz, provocada por el complejo *Fusarium oxysporum* y *F. solani*; y la pudrición de raíz y cuello, por *Rhizoctonia solani*. En cuanto a virosis, sobresalen el virus del mosaico amarillo común y el mosaico amarillo, ambos transmitidos por semilla y áfidos, así como el virus del mosaico dorado, cuyo vector principal es la mosquita blanca (Representación Agricultura Sinaloa, 2013).

Control de plagas y enfermedades

Para controlar las plagas en el frijol, se recomienda el uso de Imidacloprid o Pyriproxyfen para combatir la mosca blanca, asegurando también la protección inicial mediante el tratamiento de la semilla. En el caso del minador de la hoja, los activos más eficientes son Abamectina o Metomilo, mientras que para el control de los trips se utiliza principalmente Spinosad o Imidacloprid, especialmente en temporadas de poca lluvia. Es fundamental alternar estos productos para evitar que los insectos se vuelvan resistentes y aplicarlos solo cuando se observe una presencia importante de la plaga en el campo (De Oro Aguado et al., 2021).

Para las enfermedades se sugiere la implementación de una estrategia de manejo integrado que incluye: el empleo de semilla certificada, la reducción de la densidad poblacional de plantas y el aseguramiento de suelos con drenaje óptimo. En cuanto al control químico, se recomienda la aplicación de fungicidas a base de Benomilo, Carbendazim, Fluazinam Promyl. Al momento de detectar los primeros síntomas de la enfermedad. Complementariamente, se aconseja establecer rotaciones de cultivo por periodos de tres años, práctica que permite reducir significativamente la carga de esclerocios en el suelo (Representación Agricultura Sinaloa, 2013).

Características del frijol Pinto Saltillo

En el año 2001, el INIFAP liberó la variedad mejorada Pinto Saltillo, obtenida mediante la selección de materiales genéticos adaptados a condiciones de temporal. Esta variedad se caracteriza por resistencia al oscurecimiento acelerado del grano, su tolerancia a enfermedades y su alto rendimiento, además de presentar

buena calidad comercial. Su adaptación ha sido favorable en varios estados del Altiplano Semiárido de México, y aunque está recomendada principalmente para temporal, también responde favorablemente al sistema de riego con rendimientos sobresalientes (Ávila Marioni et al., 2011).

La variedad Pinto Saltillo se clasifica dentro del hábito de crecimiento indeterminado postrado (tipo III), caracterizándose por desarrollar un dosel con una altura de 38 a 44 cm y guías que alcanzan los 84 cm de longitud. En cuanto a su fenología, el inicio de la floración se registra entre los 38 y 60 días posteriores a la siembra, alcanzando la madurez fisiológica en un rango de 87 a 115 días. El ciclo de desarrollo varía según las condiciones del cultivo, siendo más prologando bajo riego y en ambientes con días largos y cálidos. Asimismo, posee un grano tamaño mediano, con un peso promedio de 31 a 34 gramos por cada 100 semillas. Además, entre los atributos que confieren ventaja competitiva a Pinto Saltillo se encuentran la resistencia a déficit hídrico intermitente, la estabilidad del color del grano postcosecha, la disminución en el tiempo de cocción y el incremento en la productividad y rentabilidad del cultivo (Hernández Álvarez et al., 2023).

Las características de grano crema con pintas café claro y la disminución del tiempo de cocción confieren a Pinto Saltillo una alta aceptación en el mercado tanto para el productor como el consumidor. Su zona de recomendación abarca el Altiplano de México, cubriendo los estados de Durango, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Estado de México, Nayarit, Sonora y Sinaloa (INIFAP, 2025).

Características del frijol Pinto Villa

El frijol Pinto Villa es una variedad obtenida por el INIFAP en el Campo Experimental Valle de Guadiana del estado de Durango, perteneciente al Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Presenta un hábito de crecimiento indeterminado tipo III, caracterizado por guías cortas no trepadoras y estructuras débiles y semierecta. En la región de Chihuahua, su ciclo fenológico registra el inicio de la floración aproximadamente a los 42 días después de la siembra (dds), alcanzando la madurez fisiológica en un rango de 90 a 104 dds. Asimismo, destaca por su resistencia ante la antracnosis y los tizones bacterianos, mostrando además tolerancia frente a la roya y a patógenos causantes de pudriciones radiculares (Herrera Flores, 2008).

Debido a su notable resistencia a la sequía, el frijol pinto Villa se consolidó como una de las variedades más utilizadas en la región semiárida de México, con una superficie de siembra superior a las 60,000 ha en Chihuahua y de más de 250,000 ha en Zacatecas y Durango (Acosta Gallegos et al., 2007).

El oscurecimiento de la testa es una característica frecuente en casi todos los tipos de frijol de consumo en México, salvo en los negros y azufrados. La importancia de este fenómeno fue tan valorada que la variedad Pinto Saltillo, de oscurecimiento lento, reemplazó al frijol Pinto Villa, de oscurecimiento rápido, a pesar de que ambas toleran la sequía. Este cambio de color se nota sobre todo en las variedades pinto, flor de mayo y flor de junio (Montero López et al., 2024).

Características del frijol Ayocote

El frijol Ayocote, llamado también frijolón, bótíl en Chiapas, tecómare y patol en Chihuahua, o yegua en Jalisco, es una especie originaria de Mesoamérica. Entre sus rasgos distintivos, las diferentes variedades muestran tonalidades oscuras como violeta, morado, gris y café, acompañadas de ligeros diseños moteados y rayados (Matul Ramos et al., 2024).

Morfológicamente, el frijol Ayocote se caracteriza por tener un sistema radicular vigoroso, gran cantidad de nudos florales y pedúnculos alargados. Además, muestra resistencia a diversas enfermedades, incluyendo los virus del mosaico común y mosaico dorado: bacterias como *Pseudomonas syringae*, causante del tizón de hal, y *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, responsable del tizón común, así como la antracnosis. También tolera factores abióticos adversos como las bajas temperaturas y la salinidad (Ruíz Salazar et al., 2019).

Aunque suele cultivarse como una planta anual, en su entorno natural tanto en sus variedades silvestres como domesticas se desarrolla de forma perenne. Esto ocurre en zonas templadas como templadas semiáridas, situadas a altitudes superiores a los 1,800 msnm (Vargas Vázquez et al., 2012).

Diversas investigaciones enfocadas en la conservación han documentado la presencia del frijol Ayocote en zonas de alta elevación, específicamente en terrenos agrícolas conocidos como “tierra templada”, ubicados a 2,262 metros de altitud. Esto demuestra que la altitud es una variable crucial para el desarrollo de sus diferentes variedades. Al respecto, el INIFAP señala que esta leguminosa se distribuye principalmente a lo largo de once estados del país, como lo son: Puebla, Veracruz,

Tlaxcala, Estado de México, Oaxaca, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Chiapas, Hidalgo y San Luis Potosí, logrando establecerse en un intervalo que va desde los 801 hasta los 2,602 msnm (Matul Ramos et al., 2024).

Dentro de las variedades cultivadas del género *Phaseolus* spp., el frijol Ayocote ocupa el segundo lugar en términos de relevancia económica. Su producción en Centroamérica se realiza de manera casi única mediante el sistema de asociación con el maíz (*Zea mays* L.) (Ruíz Salazar et al., 2019).

El frijol Ayocote no figura en las estadísticas oficiales, ya que su producción y superficie cultivada se contabilizan dentro de las cifras del frijol común. Su consumo es mayor en las grandes ciudades del centro de México, donde reside al menos un tercio de población del país, mucho de ellos originarios de los estados productores, principalmente Puebla y Veracruz (Ruíz Salazar et al., 2021).

Si bien el frijol Ayocote muestra resistencia al frío, los productores aún lidian con la escasez de variedades comerciales que soporten heladas severas y ofrezcan rendimientos óptimos. Con el fin de mitigar esta problemática, el INIFAP desarrolló “Blanco Tlaxcala”, la cual se convirtió en la primera variedad mejorada de esta leguminosa en el país (Vargas Vázquez et al., 2014).

En la actualidad, la producción del frijol Ayocote se extiende por regiones de América, Europa, Asia y África. Asimismo, debido al atractivo visual y a las tonalidades intensas de sus flores, las cuales van desde el rojo y el blanco hasta el rosado, esta especie ha adquirido un uso ornamental en territorio estadounidense y en el continente europeo (Vargas Vázquez et al., 2011).

Obstáculos para el cultivo de frijol en zonas áridas y semiáridas

La escasez hídrica es un rasgo distintivo de las regiones áridas y semiáridas. Aunque estas áreas poseen suelos con propiedades físicas y químicas viables, generalmente presentan un perfil poco desarrollado. Debido al déficit de precipitaciones, la intensa evaporación provoca la acumulación de sales en la superficie, un proceso que deriva en la salinización ante la falta de lixiviación y redistribución natural. Derivado de lo anterior, el potencial productivo de estos suelos queda condicionado por la capacidad de retención hídrica, la textura, la profundidad del perfil y los niveles de materia orgánica (Mazuela Águila, 2013).

Un caso particular de esta problemática se presenta en la Comarca Lagunera, que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango, donde el cultivo de frijol es una práctica habitual. Esta región enfrenta una creciente escasez hídrica, atribuida al abatimiento progresivo del acuífero y a la disminución en la captación pluvial de la presa Lázaro Cárdenas, principal fuente de abastecimiento para el Distrito de Riego Local. La combinación de déficit hídrico con la incidencia recurrente de plagas y enfermedades provoca que la producción de frijol sea frecuentemente nula o muy limitada, lo que genera consecuencias sociales y económicas significativas (Pedroza Sandoval et al., 2010).

De manera similar, en las regiones de Durango y Chihuahua, la productividad del cultivo de frijol enfrenta desafíos críticos donde el rendimiento se ve severamente limitado por la irregularidad y escasez de las precipitaciones. Factores determinantes como el estrés hídrico durante las etapas de floración y llenado de grano, la reducida capacidad de retención de humedad en los suelos, la ocurrencia

de heladas, en interacción con deficiencias en el manejo agronómico, explican los rendimientos reducidos documentados en ambos estados (Márquez Berber et al., 2006).

Aunado a la problemática hídrica, la degradación física del suelo representa otro obstáculo importante. La compactación del suelo es una alarma constante para especialistas y agricultores, ya que desencadena la erosión y la pérdida de nutrientes. Al reducir la porosidad y destruir la estructura del suelo, se limita la actividad biológica y el crecimiento de las raíces, impactando negativamente en la producción del frijol (Alonso et al., 2000).

Parámetros óptimos para el cultivo del frijol

El desarrollo óptimo del frijol ocurre dentro de una temperatura de 16 a 25 °C. Bajo estas condiciones ambientales, la especie completa su ciclo biológico en un periodo que oscila entre los 90 y 120 días (Lardizabal et al., 2013).

Este cultivo demanda suelos de textura media con un pH de 6.0 a 7.5. La planta presenta necesidades hídricas de entre 200 y 400 mm para favorecer el desarrollo del cultivo. Sin embargo, la disponibilidad de agua es crítica en fases fenológicas específicas, tales como los 15 días previos a la floración y el periodo comprendido entre los 18 y 22 días posteriores, durante la formación y madurez de las primeras vainas (Espinoza Bello & Castillo Moreno, 2024).

La densidad de población debe ajustarse según el hábito de crecimiento de la planta. Para variedades de hábito indeterminado, se sugiere una distribución de 0.80 m entre hileras y 0.45 m entre plantas. En contraste, para variedades de porte arbustivo o determinado, el distanciamiento se reduce a 0.60 m entre surcos y 0.20

m entre plantas. En ambos casos, se depositan tres semillas por golpe (Campos Cedano & Angulo Villacorta, 2022).

Relacionado con el análisis estadístico

Con base en el estudio realizado por Ávila et al. (2016) en la UAAAN Unidad Laguna, la prueba t de Student con un alfa de 0.05 de error (es decir, un 95% de confiabilidad) fue el diseño estadístico para dictaminar la viabilidad de un sistema de agricultura de conservación (subsuelo y composta) frente a un manejo tradicional testigo (barbecho y rastreo) en el cultivo de frijol. Los autores utilizaron esta herramienta estadística de comparación de medias con el objetivo de validar si el enfoque de conservación optimizaba la germinación y el rendimiento. No obstante, el análisis matemático demostró la inexistencia de diferencias estadísticas significativas entre ambos tratamientos en las variables de campo, debido a que los valores de T calculados (T_c) no superaron a la T observada (T_o). La relevancia de este diagnóstico estadístico se evidenció al contrastarse con el análisis de utilidad marginal; aunque la prueba t de Student determinó una homogeneidad biológica en las plantas, el plano financiero reveló que el método tradicional supero al experimental por casi \$4,200 por hectárea. Finalmente, el rechazo de la hipótesis no se debió a una falla del modelo de conservación, sino a un facto edáfico histórico: el suelo de la parcela tradicional acumulaba dos años y medio de descanso, condición que sesgó positivamente su productividad final.

Como señalan Ávila et al., (2023), la evaluación estadística formal de un diseño de bloques completos al azar se sostiene en la correcta partición de sus fuentes de variación dentro del Análisis de Varianza (ANOVA). El diseño permite

registrar matemáticamente el impacto de los bloques junto con el de los tratamientos para calcular de forma precisa el coeficiente de variación (CV) y la F calculada. La importancia de este diseño se apoya en que, al reconocer la existencia de un gradiente o variabilidad controlable en las unidades experimentales, se purifica el cuadro medio del error. Esto optimiza la sensibilidad del análisis, permitiendo posteriormente aplicar de manera confiable pruebas de comparación de medias como la prueba Tukey para determinar con exactitud científica el mejor tratamiento en estudio.

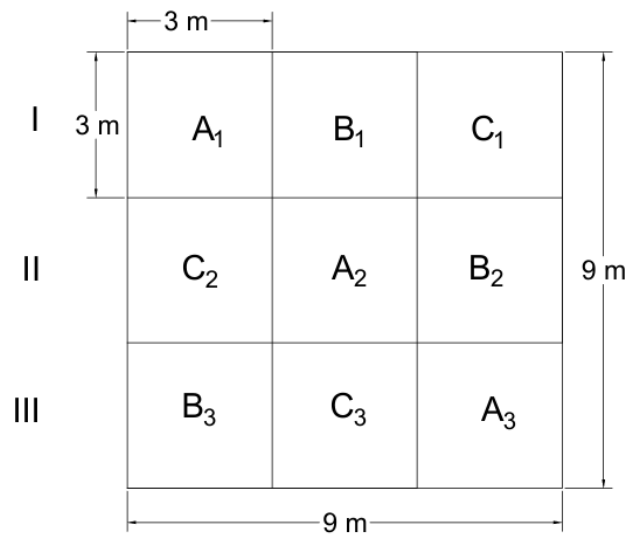
III. MATERIALES Y MÉTODOS

El 29 de julio de 2025 se estableció la investigación en las instalaciones de la unidad experimental de ciencias básicas en una superficie de 81 m², dividiendo esta superficie en 9 cuadrantes cada uno de 9 m²; cabe destacar que se implementó acolchado plástico en un surco de cada cuadrante. Se implementó el diseño de experimentos bloques al azar con tres variedades de frijol (Pinto Saltillo, Pinto Villa y Ayocote morado rojizo) y tres repeticiones cada una. Este método se utilizó para evaluar las variables altura de planta, número de floración y área foliar, mientras que para la producción de grano seco se utilizó la prueba t de Student con un alfa de 5% con la finalidad de analizar el grupo pequeño de muestras. Los cálculos referentes a los análisis de varianza (ANOVA) se realizó con cálculos propios y el apoyo de Microsoft Excel versión 16.

El 29 de agosto de 2025 se aplicó insecticida muralla max contra la mosquita blanca e insectos chupadores a dosis de 6 ml por 10 litros de agua y el 17 de septiembre de 2025 se aplicó el fitofortificante foliar liquido Hortikem Complement con la finalidad de fortalecer la floración y el llenado de ejote, a razón de 7 ml por 14 litros de agua. Finalmente, el día 10 de noviembre de 2025 se cortaron todas las plantas por cuadrante para determinar la producción de grano seco. Cabe destacar que la variedad Ayocote morado rojizo presento germinación, desarrollo vegetativo y floración en los tiempos esperados, pero no logro el amarre de flor para la producción de grano seco. Se aplicaron riegos por inundación cada tres semanas; sin embargo, la variedad Ayocote presentó marchitez y en ocasiones se regó cada 10 días.

En la Figura 2 se muestra la distribución del diseño experimental, indicando las dimensiones de la superficie total y de cada cuadrante de evaluación. Las letras refieren a los tratamientos (A: Pinto Saltillo, B: Pinto Villa, C: Ayocote morado rojizo) y los números romanos (I, II, III) que están al lado izquierdo representan los bloques experimentales.

Figura 2. Distribución del diseño experimental



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

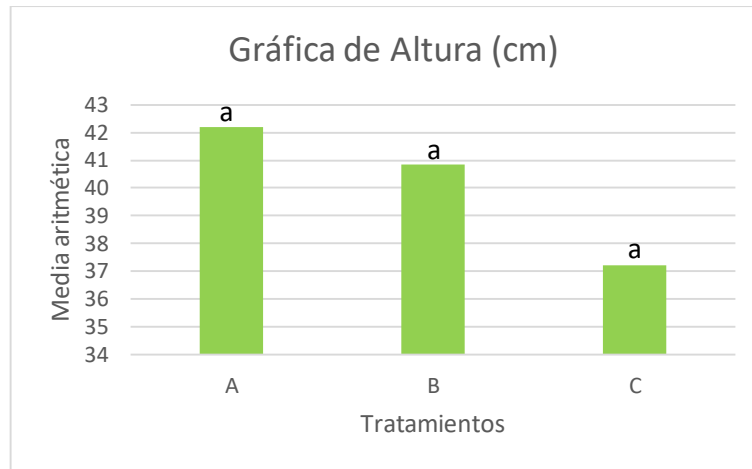
Altura de planta

En la tabla 1 se presenta la interpretación del ANOVA para la variable altura de planta. Se observaron que la F tabulada son mayores que la F calculada, aunque en los valores obtenidos de bloques la Fc se acerca a la Ft no hay diferencia estadística; esto quiere decir, que las variedades de frijol se comportaron igual.

Tabla 1. Análisis de varianza para la variable altura de planta del 13 de septiembre del 2025

ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)					
FV	gl	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Tratamiento	2	40.22	20.11	0.8	6.94
Bloques	2	332.7	166.35	6.63	6.94
Error	4	100.37	25.09		
Total	8	473.29			

En la gráfica 1 las barras en orden de mayor a menor, permite apreciar la altura promedio de la variable mencionada en centímetros. La presencia de la minúscula “a” en todas las partes superiores de la barra, indica la no diferencia estadística entre los tratamientos comparados.



Gráfica 1. Comparación de medias aritméticas de los tratamientos en la altura de planta de fecha 13 de septiembre del 2025.

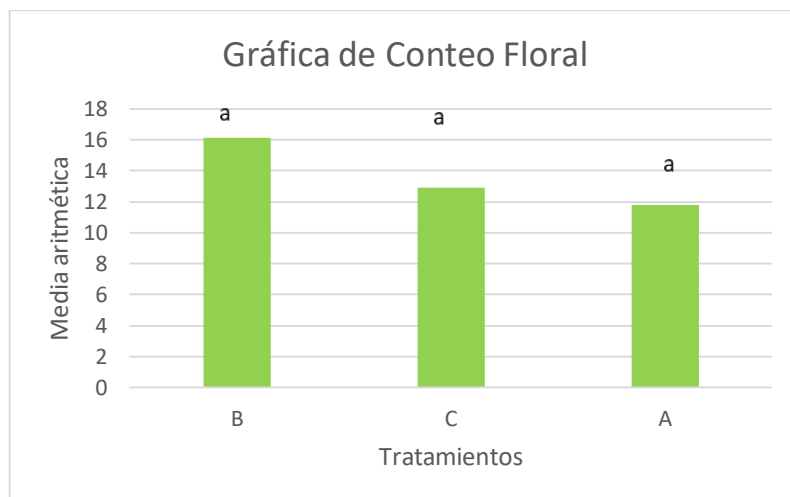
Conteo de flores

En la tabla 2 se observan los valores de la Ft con el 5%, los cuales son mayores que la Fc tanto para los tratamientos como los bloques por lo que no hay diferencia estadística significativa en esta variable.

Tabla 2. Análisis de varianza para la variable conteo de flores del 13 de septiembre del 2025.

ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)					
FV	gl	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Tratamiento	2	30.3998	15.1999	1.92	6.94
Bloques	2	10.8464	5.4232	0.68	6.94
Error	4	31.6114	7.90285		
Total	8	72.8576			

La gráfica 2 las barras están de mayor a menor permitiendo ver que la B es mayor que los demás tratamientos, sin embargo, la presencia de la letra “a” minúscula, indica la no diferencia estadística entre estos tratamientos.



Gráfica 2. Comparación de medias del conteo floral de las tres variedades de frijol del 13 de septiembre del 2025.

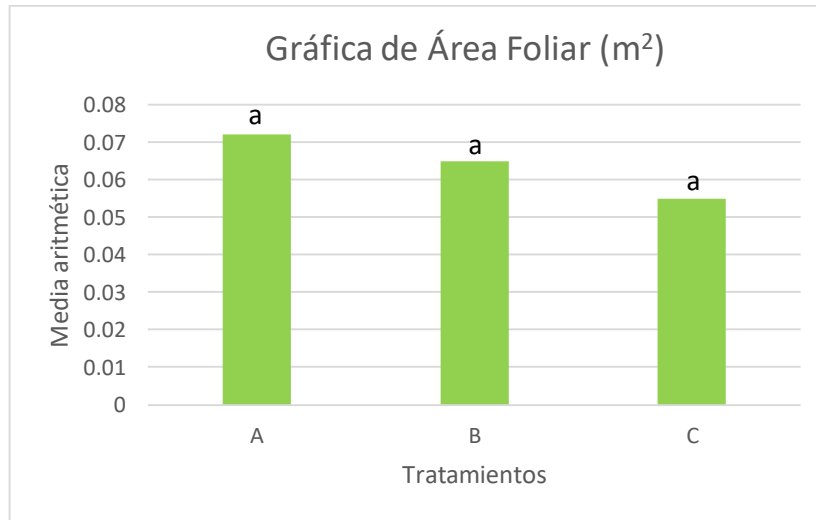
Área foliar

En la tabla 3 se muestra los valores de F calculada donde se puede apreciar que el valor del tratamiento se acerca a la F tabulada. Sin embargo, no hay diferencia estadística significativa para el área foliar en los tratamientos y bloques.

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable área foliar con fecha 29 de septiembre del 2025.

ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)					
FV	gl	SC	CM	Fc	Ft (5%)
Tratamiento	2	0.000443	0.0002215	5.18	6.94
Bloques	2	0.00002	0.00001	2.33	6.94
Error	4	0.000171	0.00004275		
Total	8	0.000634			

La gráfica 3 las barras en orden de mayor a menor, permiten observar las medias aritméticas de la variable área foliar esto en metros cuadrados (m^2). Teniendo en cuenta que no hay diferencia estadística significativa por la presencia de la letra “a” en las barras.



Gráfica 3. Comparación de medias aritméticas en la variable área foliar del 29 de septiembre del 2025.

Producción de grano seco

Con el análisis de la prueba t de Student al 5%, se realizó los cálculos de la producción de grano seco para las variedades Pinto Saltillo y Pinto Villa siendo esta última variedad tomada como el experimento como se observa en la tabla 4 y siendo el testigo la variedad Pinto Saltillo (tabla 5).

Tabla 4. Cálculo de la prueba t utilizando como experimento el Pinto Villa.

EXPERIMENTO			
	P. Villa (X)	x=X-MA	x ²
	881.97	390.33	152357.509
	81.98	-409.66	167821.316
	510.99	19.35	374.4225
SUMA=	1474.94		320553.247
MA=	491.647		
S=	326.881		

Tabla 5. Cálculo de la prueba t utilizando como testigo el Pinto Saltillo.

TESTIGO			
	P. Saltillo (X)	x=X-MA	x ²
	603.38	199.32	39728.4624
	567.17	163.11	26604.8721
	41.64	-362.42	131348.256
SUMA=	1212.19		197681.591
MA=	404.063		
S=	256.698		

Tabla 6. Resultados de Tc y To (5%).

Tc=	0.36
gl=	4
To (5%)=	2.13

$T_c < T_o$; en relación a los valores de T calculada al compararla contra la T observada al 5% nos damos cuenta que el Tc fue menor por lo que decimos que lo relacionado con la variable producción de grano seco en los cuadrantes no hubo diferencia estadística entre la variedad Pinto Saltillo y Variedad Pinto Villa (tabla 6).

V. CONCLUSIÓN

En los resultados nos arroja la ausencia de diferencia estadística tanto para los cuadros ANOVAs que fue para la etapa vegetativa de las tres variedades de frijol utilizadas y para la producción de grano que se utilizó la prueba t de Student debido a que en la etapa reproductiva de la variedad Ayocote no generó ejote y por lo tanto grano seco esto debido a las altas temperaturas que existe en Torreón, Coahuila. Esto se sustenta con la investigación de Anaya et al. (2025) que menciona que el frijol a temperaturas superiores a su óptima durante la floración afecta la esterilización de polen y aborto de botones, flores y vainas. Aunado también a que esta variedad pertenece a temperaturas templadas. Por lo anterior, aceptamos la hipótesis 1, ya que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos comparados.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Acosta Gallegos, J. A., Rosales Serna, R., Ibarra Pérez, F. J., Guzmán Maldonado, S. H., Padilla Ramírez, J. S., Cuéllar Robles, E. I., & Pérez Herrera, P. (2007). *Pinto Durango: Nueva variedad de frijol para el Altiplano de México* (Folleto Técnico Núm. 31). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Alfonso, C. A., Monedero, M., Hernández, S., Somoza, V., & Sánchez, L. (2000). Efecto de la compactación del suelo en la producción de frijol. *Agronomía Mesoamericana*, 11(1), 53-57.

Anaya López, J. L., Chiquito Almanza, E., Acosta Gallegos, J. A., & Tosquy Valle, O. H. (2025). Incremento de temperatura: desafío emergente para la producción de frijol y el control de sus virus y plagas en México. *CienciaUAT*, 20(1). <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v20i1.2012>

Angeles Núñez, J. G., & Cruz Acosta, T. (2015). Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 929-942.

Avila Cisneros, R., Rocha Quiñones, J. L., & Avila Berúmen, S. M. (2023). *Estadística y diseño de experimentos para las ciencias agropecuarias: La bioestadística y el análisis de varianza apoyados por las TICs*. Editorial Académica Española.

Ávila Marioni, M. R., Espinoza Arellano, J. d., González Ramírez, H., Rosales Serna, R., Pajarito Ravelero, A., & Zandate Hernández, R. (2011). Caracterización de los productores, adopción e impacto económico del uso de la variedad de frijol

"Pinto Saltillo" en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 682-692.

Ávila, C., Rocha, V. J., González, T., González, A., & Ogaz, A. (2016). *El análisis estadístico de la prueba t en frijol golpeado por la utilidad marginal ante la presencia de un buen precio de mercado*. Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Bucardo, E. M., Charry, A., & Wiegel, J. (2023). *Perfil del mercado y la cadena del frijol en Alto Wangki Bocay, Nicaragua* (Publicación CIAT No. 555). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Campos Cedano, J. C., & Angulo Villacorta, C. D. (2022). *Manual técnico de buenas prácticas agrícolas para la producción de frijol caupí en áreas de tierra firme*. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA.

Castillo Ferrer, J., Fornaris Sánchez, A. A., & Castro Plutin, M. T. (2022). Influencia de la fertilización foliar en la producción de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Ciencia en su PC*, 1(2), 15-27.

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. (2020, 13 de noviembre). *Frijol negro: un alimento accesible, nutritivo y antioxidante*. <https://www.ciad.mx/frijol-negro-un-alimento-accesible-nutritivo-y-antioxidante/>

Cid Gallegos, M. S., Gómez y Gómez, Y. d., Corzo Ruíz, L. J., Sanchez Chino, X. M., Moguel Concha, D., Borges Martínez, E., & Jiménez Martínez, C. (2023). Potencial nutricional y bioactivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la salud humana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8, 309-318.

Cruz Cruz, E., Acosta Gallegos, J., Reyes Muro, L., & Cueto Wong, J. A. (2021). *Variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.) del INIFAP* (Libro Técnico No. 2). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

De Oro Aguado, R. F., Sánchez Doria, T., Rubiano Rodríguez, J. A., & Sierra Baquero, P. V. (2021). *Principales plagas del fríjol (Phaseolus vulgaris L.) en el Cesar, Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404593>

DGSV-CNRF. (2020). *Mosquita blanca Bemisia tabaci (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae)* (Ficha técnica). Sader-Senasica. Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria.

Escoto, D. (2023). *Manejo de trips en el cultivo de frijol*. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (SAG-DICTA).

Espinoza Bello, J. E., & Castillo Moreno, F. M. (2024). *Manual técnico para el manejo agronómico del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris)*. Universidad Nacional Agraria.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2022). *Panorama Agroalimentario Frijol 2022*.

Hernández Álvarez, J. C., Sánchez Toledano, B. I., López Santiago, M. A., Valdivia Alcalá, R., & Palmeros Rojas, O. (2023). Factores determinantes en innovaciones tecnológicas: Variedad de frijol Pinto Saltillo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4), 429-438.

Hernández Sánchez, E. (2014). *Manual acolchados vegetales y películas plásticas*. Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji.

Herrera Flores, T. S. (2008). *Respuestas bioquímico-fisiológicas al estrés hídrico de dos variedades de frijol: resistente Pinto Villa y susceptible Bayo Madero* [Tesis de doctorado, Colegio de Postgraduados]. Repositorio Institucional.

Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México. (2025). *Guía para el cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el Estado de México*. Secretaría del Campo.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). *Resultados definitivos del Censo Agropecuario 2022* (Comunicado de prensa). INEGI.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2021, 22 de marzo). *Simposio Nacional de Frijol para México, hacia la autosuficiencia y sustentabilidad de la producción y el consumo*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/simposio-nacional-de-frijol-para-mexico-hacia-la-autosuficiencia-y-sustentabilidad-de-la-produccion-y-el-consumo>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2023, 4 de diciembre). *Tecnología para el manejo integrado de insectos plaga del frijol*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/tecnologia-para-el-manejo-integrado-de-insectos-plaga-del-frijol>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2025, 15 de julio). *Pinto Saltillo*. INIFAP. https://vun.inifap.gob.mx/PortalWeb/_DetalleProducto?id=01011307

Lardizabal, R., Arias, S., & Segura, R. (2013). *Manual de producción de frijol*. USAID-ACCESO / Fintrac Inc.

López Soto, N., & Ruiz Fierro, A. (2024). Aislamiento y caracterización molecular de microorganismos obtenidos de nódulos de frijol en el norte de Sinaloa, México. *Ra Ximhai*, 20(3), 83-101.

Márquez Berber, S. R., Schwentesius Rindermann, R., Almaguer Vargas, G., Ayala Garay, A. V., & Kalil Gardezi, A. (2006). La globalización y su efecto en la producción agrícola de las zonas áridas y semiáridas de México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 5(2), 107-116.

Matul Ramos, K., Fonseca Hernández, D., Acevez Mares, L. C., Alcázar Valle, E. M., Lugo Cervantes, E., & Mojica, L. (2024). Importancia cultural y nutricional de especies de frijol (*Phaseolus*) endémicas de México. *Enfoques Transdisciplinarios: Ciencia y Sociedad*, 2(2), 93-108.

Mazuela Águila, P. C. (2013). Agricultura en zonas áridas y semiáridas [Editorial]. *Idesia (Chile)*, 31(2), 3-4.

Mejía, K. J. (2016). La fertilización mineral, orgánica y biológica sobre la producción de frijol común en Santa Rosa de Copán. *Revista Ciencia y Tecnología*, 181-194.

Moctezuma López, G. (2022). Contribución a la soberanía alimentaria del frijol por medio del potencial productivo en la región norte centro de México. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 51, 308-315.

Montero López, L. M., Anaya López, J. L., Rodríguez Vera, A. P., Acosta Gallegos, J. A., Chiquito Almanza, E., & Montero Tavera, V. (2024). Fenol oxidasas se relacionan con el oscurecimiento de la semilla de variedades mexicanas de frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 47(4-A), 441-449.

Otuaro, E., Musa, J., Isah, M., Kuti, A., & Salihu, M. (2024). Efecto de diferentes materiales de acolchado en conservación del contenido de humedad residual y rendimiento de las judías marrones (*Phaseolus vulgaris*) en Minna, Nigeria. *Open Access Library Journal*, 11(e11454), 1-18.
<https://doi.org/10.4236/oalib.1111454>

Pedroza Sandoval, A., Samaniego Gaxiola, J. A., & Chávez Rivero, J. A. (2010). Fitosanidad en tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones favorables y desfavorables de humedad edáfica. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 9(1), 53-59.

Polanco Lugo, E., Urdapilleta Carrasco, J., Pacheco López, N., & Ayora Talavera, T. (2024, 17 de octubre). Frijoleros, sanos y salvos: beneficios y posibilidades del consumo de frijol. *Desde el Herbario CICY*, 16, 212-216.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/

Ramírez Olvera, R., Ramos Paz, M. d., & Ricardo Palacio, S. (2010). Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. *Ciencias Holguín*, 16(2), 1-11.

Representación Agricultura Sinaloa. (2013, 4 de diciembre). *Enfermedades que afectan al cultivo de frijol, ciclo agrícola otoño-invierno 2013-2014*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura%7Csinaloa/articulos/enfermedades-que-afectan-al-cultivo-de-frijol-ciclo-agricola-otono-invierno-2013-2014>

Ruíz Salazar, R., Hernández Delgado, S., Vargas Vázquez, M. P., & Mayek Pérez, N. (2021). Estado actual de los recursos genéticos de *Phaseolus coccineus* (Fabaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 56(3), 289-305.

Ruíz Salazar, R., Vargas Vázquez, M. P., Hernández Delgado, S., Muruaga Martínez, J. S., & Mayek Pérez, N. (2019). Detección de marcadores genéticos asociados a la resistencia a patógenos en frijol ayocote de Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1591-1602.

Sangerman Jarquín, D., Acosta Gallegos, J., Shwenstesius de Rinderman, R., Damián Huato, M., & Larqué Saavedra, B. (2010). Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3), 358-375.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, & Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2020). *Programa de abasto de semilla de frijol*.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023a, 16 de agosto). *Frijol: el mejor aliado de la alimentación*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/frijol-el-mejor-aliado-de-la-alimentacion>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023b, 22 de noviembre). *Anuncia Agricultura incremento del precio de garantía del frijol*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/anuncia-agricultura-incremento-del-precio-de-garantia-del-frijol>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). *Aptitud agroclimática del frijol en México ciclo agrícola primavera verano*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

SENASICA. (2021). *Estrategia operativa para el manejo fitosanitario del cultivo de frijol en apoyo a la producción para el bienestar*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Suárez Medina, J. (2019). *Efectos del color del acolchado sobre el desarrollo y producción en tres variedades de frijol (Phaseolus vulgaris L.)* [Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara]. Repositorio Institucional.

Vargas Vázquez, M. P., Muruaga Martínez, J. S., Lépiz Ildefonso, R., & Pérez Guerrero, A. (2012). La colección INIFAP de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) I. Distribución geográfica de sitios de colecta. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(6), 1247-1259.

Vargas Vázquez, M. P., Muruaga Martínez, J. S., Mayek Pérez, N., Pérez Guerrero, A., & Ramírez Sánchez, S. E. (2014). Caracterización de frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(2), 191-200.

Vargas Vázquez, P., Muruaga Martínez, J. S., Martínez Villarreal, S. E., Ruiz Salazar, R., Hernández Delgado, S., & Mayek Pérez, N. (2011). Diversidad morfológica del frijol ayocote del Carso Huasteco de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 767-775.

Vázquez Mendoza, M. (2021). *Análisis de las propiedades fisicoquímicas de tostadas de maíz y frijol ayocote (Phaseolus coccineus)* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero]. Repositorio Institucional.

Villatoro Mérida, J. C., Franco Rivera, J. A., & Castillo Monterroso, F. (2022). *Manual para producción de frijol* (Reedición). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

Zúniga, H. (2012). *Guía práctica para la producción de frijol*. Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) / Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA).