



EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE

TESIS DE LICENCIATURA

Evaluación del rendimiento agronómico y la calidad de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de invernadero

Presentada por

Alexis Chávez Velázquez

Como requisito para la obtención del grado de
Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable

Director de tesis

Dr. Ramiro Maldonado Peralta

Codirector de tesis

Dr. Andrés León Villanueva



Guasave, Sinaloa, México. Febrero de 2026.

	LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA TITULACIÓN INTEGRAL PLAN 2015	Responsable: Jefatura de División de Ciencias
	Referencia a la Norma: ISO 9001:2015 8.1;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.5.1;8.5.2;8.6;8.7.2	Código: ITSG-SIG-AO-PO-19-03
	Referencia a la Norma: ISO 21001:2018 8.1;8.1.1;8.1.2;8.2.1;8.2.2;8.2.3;8.3.3;8.3.4;8.6;8.7;9.1.2	Revisión: 5
		Fecha de Emisión: Julio 2025 Página 1 de 1

Guasave, Sinaloa, Fecha: **3 de febrero de 2026**

ASUNTO: Liberación de proyecto para titulación Integral

ING. LAURA BEATRÍZ INZUNZA RAMÍREZ

COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación Integral:

Nombre del estudiante y/o egresado(a)	Chávez Velázquez Alexis
Carrera:	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
Número de control:	2125010182
Nombre del proyecto:	Evaluación del rendimiento agronómico y la calidad de diferentes variedades de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) bajo condiciones de Invernadero.
Producto:	Tesis

Solo para la Opción de tesis:

Estudiante y/o egresado(a):

CURP	CAVA970106HSLHLL03
-------------	---------------------------

Asesor(a):

Nombre completo	Dr. RAMIRO MALDONADO PERALTA
CVU	337702

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros(as) egresados(as).

ATENTAMENTE

M.C. HÉCTOR RAMIRO MENDÍVIL TRUJILLO

Nombre y firma del (de la) Jefe(a) de División de Ciencias Agronómicas

 Dr. Ramiro Maldonado Peralta	 Dr. Andrés León Villanueva	 Dra. Delfina Salinas Vargas
Nombre y firma del Asesor(a)	Nombre y firma del Revisor(a)	Nombre y firma del Revisor(a)

* solo aplica para el caso de tesis y tesina

C. c. p. Expediente

C. c. p. Departamento de Centro de Recurso para el Aprendizaje e Innovación.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por ser mi mayor apoyo en todo momento. Gracias por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles y por impulsarme a dar lo mejor de mí. Sin su guía y ejemplo, este logro no habría sido posible.

A mi familia, por sus palabras de aliento, por estar siempre dispuestos a escucharme y por brindarme su apoyo incondicional en cada paso de mi formación. Gracias por motivarme a seguir adelante y confiar en mis capacidades.

Al Instituto Tecnológico Superior de Guasave, por abrirme sus puertas y proporcionarme la formación académica, los recursos y el acompañamiento necesarios para el desarrollo de este trabajo de investigación.

De manera especial, al Dr. Ramiro Maldonado Peralta, por su valiosa asesoría, orientación, paciencia y aportaciones académicas, las cuales fueron determinantes para la correcta realización y culminación de esta tesis.

Al Dr. Andrés León Villanueva por su aporte en este trabajo.

A la Dra. Delfina Salinas Vargas por su apoyo en este trabajo.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo moral, colaboración y compañerismo durante el proceso académico, así como por compartir experiencias que contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional.

Finalmente, a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron a la realización de este trabajo, expreso mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

El cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia agrícola y alimentaria, por lo que la evaluación de su comportamiento productivo bajo condiciones controladas resulta fundamental. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento agronómico y las características de calidad de diferentes variedades de frijol cultivadas en invernadero. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA), en el cual se evaluaron doce variedades con dos repeticiones cada una, sembradas directamente en suelo y distribuidas aleatoriamente. Se registraron variables de crecimiento y rendimiento. Los resultados mostraron diferencias marcadas entre variedades, con rendimientos por planta que oscilaron entre 19.15 y 144.15 g. Las variedades Blancos, Crema y Oaxaca presentaron el mayor potencial productivo, mientras que Garrapa registró el menor rendimiento. Se concluye que la selección varietal es un factor determinante para mejorar el rendimiento del frijol bajo condiciones de invernadero.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, rendimiento agronómico, variedades de frijol, invernadero, calidad del cultivo.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3. JUSTIFICACIÓN.....	10
4. HIPÓTESIS	10
5. OBJETIVOS	11
5.1 General	11
5.2 Específicos	11
6. MARCO TEORICO.....	12
6.1 Historia y origen del cultivo	12
6.2 Importancia económica del cultivo	12
6.3 Clasificación taxonómica	13
6.4 Descripción botánica	13
6.4.1 Morfología.....	13
6.5 Etapas de desarrollo de la planta de frijol	16
6.6 Variedades.....	18
6.7 Requerimientos Agroecológicas	18
6.8 Manejo del cultivo.....	19
6.8.1 Preparación del suelo	20
6.8.2 Sistema de siembra.....	21
6.8.3 Fertilización	22
6.8.4 Requerimientos hídricos.....	23
6.8.5 Plagas y Enfermedades	23
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
7.1 Área de estudio.....	24
7.2 Material genético	25
7.2.1 Variedades utilizadas:	25
7.3 Diseño experimental	25
7.4 Métodos de recolección de datos	26
7.5 Variables agronómicas:	26
7.6 Análisis estadístico	26
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
8.1 Altura de planta	27
8.2 Número de vainas	27
8.3 Granos por vaina	28
8.4 Número de granos por planta	29
8.5 Peso de granos.....	30

8.6 Peso de vaina	31
8.7 Rendimiento	32
9. CONCLUSIONES	33
9.1 Recomendaciones	34
10. REFERENCIAS.....	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de frijol (alemán & Calero, 2021).	16
Figura 2. Ubicación de Instituto Tecnológico Superior de Guasave (Google,2025) ..	24
Figura 3. Altura de planta.....	27
Figura 4. Número de vainas	28
Figura 5. Granos por vaina	29
Figura 6. Numero de granos por planta.....	30
Figura 7. Peso de Granos	31
Figura 8. Peso de vaina.....	32
Figura 9. Rendimiento	33

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Frijol.	13
--	----

1. INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial, tanto por su valor nutricional como por su contribución a la seguridad alimentaria, Sin embargo, su producción se ve afectada por factores ambientales, plagas y enfermedades, lo que ha impulsado la búsqueda de estrategias alternativas, como el cultivo en invernadero, para mejorar su rendimiento y calidad (Chacón-Ordóñez *et al.*, 2024).

La productividad del frijol está influenciada tanto por factores genéticos como ambientales, lo que hace indispensable evaluar el rendimiento agronómico y las características de calidad de diferentes variedades para recomendar aquellas con mayor potencial productivo. Estudios recientes han demostrado que las variedades de frijol presentan variaciones significativas en rasgos como altura de planta, número de vainas y rendimiento de grano, lo que permite identificar genotipos superiores bajo diferentes condiciones de cultivo (Welde , 2022).

Entre los materiales de frijol, las variedades nativas de crecimiento indeterminado han ganado especial interés en la investigación agronómica por su adaptabilidad, plasticidad vegetativa y potencial de rendimiento en sistemas de producción sustentables. Las plantas de crecimiento indeterminado continúan su desarrollo vegetativo y reproductivo simultáneamente, lo que puede favorecer la producción de granos en periodos prolongados y bajo diversas condiciones ambientales. Investigaciones recientes han señalado que los genotipos indeterminados, particularmente aquellos nativos adaptados localmente, pueden exhibir mayor resiliencia frente a estrés abiótico, mejor respuesta a prácticas de manejo y una distribución más eficiente de la biomasa hacia grano durante fases críticas de desarrollo, lo cual repercute positivamente en el rendimiento final del cultivo. Asimismo, se ha observado que los genotipos de hábito de crecimiento indeterminado pueden expresar mayor plasticidad fenotípica y adaptabilidad al

ambiente, lo cual puede influir positivamente en la productividad final del cultivo en sistemas protegidos y gestionados eficientemente (Geleta, , Roro, & Terfa , 2024). La productividad del frijol está influenciada tanto por factores genéticos como ambientales, por lo que la evaluación del rendimiento agronómico y las características de calidad de diferentes variedades es fundamental para identificar materiales con mayor potencial productivo. Según estadísticas recientes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el rendimiento promedio de frijol seco en el mundo oscila alrededor de 0.8 toneladas por hectárea, aunque existen variaciones entre países y regiones productoras importantes. En esta misma década, muchos países han registrado rendimientos superiores al promedio global, destacando Estados Unidos y China como productores con mejores niveles de rendimiento (FAO, 2022).

En México, el rendimiento promedio del frijol también se ha mantenido en torno a 0.7–0.8 toneladas por hectárea, con variaciones regionales importantes dependiendo de factores edafoclimáticos y prácticas de manejo agronómico aplicadas por los productores. Este nivel productivo ha sido señalado por análisis de producción agrícola como una referencia para evaluar aumentos de eficiencia y la adopción de mejores materiales genéticos (FAO, 2022).

En este contexto, el cultivo de frijol en ambientes controlados, como los invernaderos, representa una alternativa viable para optimizar la producción agrícola. Dichos sistemas permiten regular variables como temperatura, humedad y riego, reduciendo el impacto de factores externos y proporcionando condiciones más estables para el desarrollo del cultivo (SADER, 2024). Evaluar el comportamiento de diferentes variedades en este tipo de ambientes favorece la identificación de genotipos con mejor adaptación y mayor eficiencia fisiológica y productiva.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el rendimiento por planta de diferentes variedades de frijol cultivadas en condiciones de invernadero, con el fin de identificar aquellas con mayor potencial productivo y adaptabilidad. Los resultados permitirán generar información útil para fortalecer estrategias de

selección varietal y contribuir a una producción de frijol más eficiente y sostenible bajo sistemas protegidos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En México, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria y la economía rural, ya que constituye una de las principales fuentes de proteína vegetal en la dieta de la población (SAGARPA, 2022). Sin embargo, su producción enfrenta desafíos significativos, como bajos rendimientos, variabilidad climática, plagas y enfermedades, así como la adopción limitada de tecnologías de cultivo eficientes (Rosales-Serna *et al.*, 2021). Según datos del SIAP (2023), el rendimiento promedio nacional de frijol se mantiene alrededor de 0.7–1.2 ton/ha, muy por debajo del potencial genético de variedades mejoradas (≥ 2.5 ton/ha), lo que refleja una brecha productiva crítica.

Uno de los principales factores que limitan el rendimiento del frijol en México es la falta de adaptación de variedades a condiciones agroclimáticas específicas, especialmente en regiones con sequías recurrentes o suelos degradados (Acosta-Gallegos *et al.*, 2020). Además, el uso de semillas no certificadas y prácticas agronómicas ineficientes reducen la productividad y calidad del grano (Hernández-Ruiz *et al.*, 2022). Estudios recientes señalan que la adopción de variedades mejoradas, junto con técnicas de manejo sostenible (riego eficiente, fertilización balanceada y control integrado de plagas), podría incrementar los rendimientos hasta en un 40 % (García-Lara *et al.*, 2023).

A pesar de estos avances, persiste una falta de evaluación sistemática del comportamiento agronómico de variedades de frijol en diferentes ambientes controlados, como invernaderos, que permitan identificar genotipos con mayor resiliencia y calidad nutricional (Vázquez-García *et al.*, 2024). Esta problemática justifica la necesidad de investigar estrategias alternativas de producción que optimicen el rendimiento y la calidad del frijol en condiciones protegidas, contribuyendo así a la sostenibilidad agrícola en México.

3. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es fundamental para la seguridad alimentaria y la economía agrícola en diversas regiones del mundo, especialmente en México. Sin embargo, su producción enfrenta desafíos significativos debido a factores como la variabilidad climática, la degradación del suelo y el impacto de plagas y enfermedades. En este contexto, el uso de invernaderos representa una alternativa viable para optimizar el rendimiento agronómico y mejorar la calidad del grano, permitiendo un mayor control sobre las condiciones ambientales y minimizando las pérdidas en la producción.

Evaluar el rendimiento y las características de calidad de diferentes variedades de frijol cultivadas en invernadero es de gran importancia, ya que permite identificar aquellas que presentan un mejor desempeño en términos de productividad, resistencia a enfermedades y calidad del grano. Esta información es esencial para el desarrollo de estrategias agronómicas más eficientes y sostenibles, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores.

4. HIPÓTESIS

Hipótesis: Las diferentes variedades de frijol cultivadas en invernadero muestran diferencias significativas en su rendimiento agronómico, medido en términos de producción de grano

Hipótesis Nula: No existen diferencias significativas en el rendimiento agronómico entre las diferentes variedades de frijol cultivadas en invernadero.

5. OBJETIVOS

5.1 General

- Evaluar el rendimiento agronómico y las características de calidad de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en invernadero.

5.2 Específicos

1. Evaluar el rendimiento agronómico de las variedades de frijol en condiciones de invernadero, midiendo parámetros como el peso total de frijoles por planta, número de vainas por planta, número de frijoles por vaina y número total de frijoles por planta, para determinar las variedades con mayor productividad.
2. Analizar las características morfológicas de las vainas y los granos de las diferentes variedades, considerando el largo y ancho de vaina, largo y ancho de frijol, con el fin de identificar diferencias físicas entre genotipos que puedan influir en su calidad comercial.

6. MARCO TEORICO

6.1 Historia y origen del cultivo.

El cultivo de frijol es considerado uno de los más antiguos. Los hallazgos relacionados a especies silvestres encontradas, como la edad de los restos fósiles, las características morfológicas, agronómicas y genéticas, establecen que el frijol silvestre se originó en Mesoamérica y después se cultivaron entre los 5000 y 2000 años a.C. en México, Centroamérica y Sudamérica (Hernández *et al.*, 2013).

Según los registros en México *Phaseolus Vulgaris* fue domesticado en el Valle de Tehuacán, Puebla, al igual que en Guilá Naquitz, Oaxaca en asociación con otros cultivos como el maíz y la calabaza conocido tradicionalmente como la Milpa (Hernández *et al.*, 1988).

6.2 Importancia económica del cultivo

El frijol representa un importante factor socio-económico a nivel regional, en México más de 570 mil productores participan de manera directa en su cultivo, generando más de 382 mil empleos permanentes y un valor anual de producción de 13 mil millones de pesos (SADER, 2022).

En 2024 la producción mundial de frijol fue aproximadamente de 62 millones 800 mil toneladas. India encabeza la lista como principal productor con 7,990 millones de toneladas, seguido de Brasil (3,018 millones de toneladas), Myanmar (2,392 millones de toneladas), Republica Unida de Tanzania (1,463 millones de toneladas) y Estados Unidos (1,408 millones de toneladas) (FAO, 2025).

En México se cosechó alrededor de 996 mil toneladas durante este periodo, con Zacatecas (342 mil toneladas) como productor central, Sinaloa (172 mil toneladas) como productor secundario y Nayarit (70 mil toneladas) como productor terciario (SIAP, 2026).

6.3 Clasificación taxonómica

El género *Phaseolus* incluye aproximadamente 35 especies, de las cuales cuatro se cultivan (Tabla 1): *Phaseolus Vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus lunatus* L. (frijol lima), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayacote) y *Phaseolus acutifolius* A. (frijol téparti) (Debouck y Hidalgo, 1985).

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Faboideae
Tribu	Phaseoleae
Genero	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del Frijol.

6.4 Descripción botánica.

El frijol es una planta herbácea que se distribuye principalmente en países cálidos y tropicales. De floración anual, trepadora, de tallo herbáceo y sección cilíndrica o levemente angular, las hojas son de forma lanceolada con folíolos anchas ovados y ovado-romboidal. Las flores están dispuestas en racimos axilares más cortos que las hojas. Las bractéolas son de longitud igual o superior al cáliz cupuliforme, bilabiado con cinco sépalos soldados. El color de la corola puede variar entre blanca, amarilla, violácea o rojas estrechamente subtendidas por 2 brácteas como cáliz externo que a veces son caducas (Bailey, 1966).

6.4.1 Morfología

Raíz

El sistema radical del frijol está integrado por raíz principal, raíces secundarias y raíces terciarias. En la primera etapa de desarrollo el sistema radical se conforma

por la radícula del embrión, la cual se convierte en la raíz principal. Las raíces secundarias emergen días después, se encuentran de 3 a 7 de estas raíces en disposición de corona y su diámetro es menor al de la raíz principal. Por otra parte, las raíces terciarias aparecen lateralmente sobre las raíces secundarias, con pelos absorbentes que cumplen una función indispensable en la absorción de nutrientes y agua (Debouck & Hidalgo, 1985).

El frijol presenta nódulos radiculares de 2 a 5 mm de diámetro formados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico. El nitrógeno fijado contribuye a satisfacer los requerimientos de este nutriente en la planta (Debouck & Hidalgo, 1985).

Tallo

El tallo es el eje central de la planta, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristema apical del embrión de la semilla, es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis. Tiene generalmente un diámetro mayor al de las ramas. Puede ser erecto, semipostrado o postrado según la variedad, sin embargo, generalmente tiende a ser vertical. En el tallo se encuentran presentes otros órganos como hojas, ramas, racimos y flores (Debouck & Hidalgo, 1985).

Ramas y complejos axilares

Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado en las axilas formadas por el pulvínulo de una hoja y el tallo o una rama, en sus primeros estados de desarrollo, se distinguen por que las estipulas de la primera hoja trifoliada de esa rama cubre casi totalmente dicha estructura. Además de ramas se pueden desarrollar otras estructuras como las inflorescencias, el dominio de ramas o inflorescencias está relacionado con el hábito de crecimiento de la planta (Debouck & Hidalgo, 1985).

Hojas

Las hojas del frijol son de dos tipos; simples y compuestas. Las hojas primarias son simples, se forman en la semilla durante la embriogénesis, son opuestas,

cordiformes, unifoliadas, auriculadas y acuminadas, estas caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las hojas compuestas o típicas tienen tres folíolos, un peciolo y un raquis ambos acanalados. El foliolo central es simétrico y acuminado mientras que los dos laterales son asimétricos y también acuminados. Existe una gran variabilidad en cuanto al color y pilosidad de las hojas; estos caracteres están relacionados principalmente a la variedad, posición de la hoja en la planta y la edad de la misma. (Debouck & Hidalgo, 1985).

Inflorescencia

Las inflorescencias pueden ser axilares o terminales. Desde el punto de vista botánico es un ramo principal compuesto de ramos secundarios originados de un complejo de tres yemas que se encuentran en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis. En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia, las brácteas primarias y los botones florales (Debouck & Hidalgo, 1985).

Flor

La flor del frijol es del tipo papilionácea, su desarrollo puede distinguirse en dos estados: el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral en su estado inicial se encuentra envuelto por las bractéolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado final, la corola que esta aun cerrada sobresale y las bractéolas cubren solo el cáliz. La morfología floral de la planta de frijol favorece el mecanismo de autopolinización debido a que las anteras se encuentran al mismo nivel que el estigma y ambos órganos están envueltos por la quilla lo que provoca que el polen caiga directamente en el estigma (Debouck & Hidalgo, 1985).

Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, por lo cual la especie se clasifica como una leguminosa. En la unión dorsal de las valvas aparecen dos suturas: la sutura dorsal también llamada placentar y la otra denominada como ventral. Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños, en ocasiones la epidermis es cerosa. Existe una gran diversidad de frutos, con colores uniformes o con rayas según la variedad (Debouck & Hidalgo, 1985).

Semilla

La semilla de frijol no posee albumen, por lo tanto, las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Se origina de un ovulo campilótropo, puede presentar distintas formas, por ejemplo: cilíndrica, de riñón, esférica. En la semilla existe una gran variabilidad de colores, formas y brillo. La combinación de colores también se presenta con frecuencia. La variabilidad de caracteres externos se tiene en cuenta para la clasificación de variedades de frijol como consecuencia de la gran diversidad genética que existe dentro de la especie (Debouck & Hidalgo, 1985).

6.5 Etapas de desarrollo de la planta de frijol

El ciclo biológico de las plantas consta de dos fases. La fase vegetativa corresponde al periodo en el que la planta desarrolla la estructura vegetativa (raíces, tallos y hojas) necesaria para la segunda fase. En contraste, la fase reproductiva inicia con la aparición de las primeras inflorescencias, y continúa con el proceso de floración, fecundación y desarrollo de frutos y semillas, hasta alcanzar la madurez fisiológica (Figura 1).

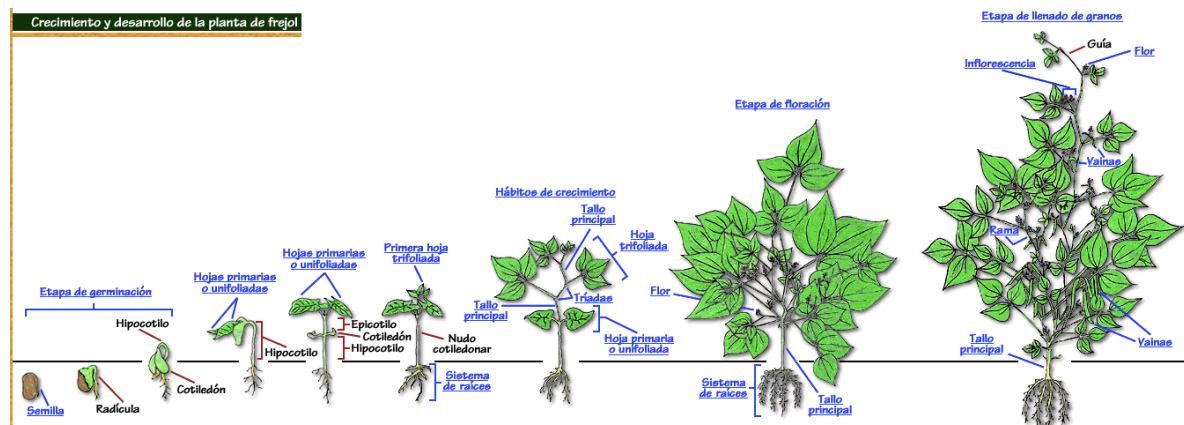


Figura 1. Crecimiento y desarrollo de la planta de frijol (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2025).

a) Fase vegetativa

La etapa vegetativa inicia con la germinación de la semilla y concluye con la aparición de los primeros botones florales. En esta etapa se forma la mayor parte

de la estructura vegetativa que la planta requiere para el inicio de su reproducción (Fernández *et al.*, 1986).

V0: Germinación

V1: Los cotiledones crecen y se despliegan.

V2: Aparición de hojas primarias (unifoliadas y opuestas).

V3: Aparece la primera hoja trifoliada debajo de las hojas primarias.

V4: Aparecen hojas trifoliadas adicionales y se desarrollan las primeras ramas secundarias.

b) Fase reproductiva

La etapa reproductiva inicia con la formación de los primeros racimos florales y termina cuando el grano alcanza la madurez necesaria para la cosecha (Fernández *et al.*, 1986).

R5: Prefloración. Se define por la aparición de los primeros racimos florales, al finalizar, los pedúnculos de los racimos se alargan y la corola aparece entre las bractéolas adquiriendo una pigmentación característica según la variedad.

R6: Floración. Inicia cuando las flores se abren y se produce la polinización. La primera flor abierta corresponde al primer botón formado. Dentro de cada racimo, la floración empieza en la primera inserción floral y continua en la siguiente. Una vez fecundada la flor, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento.

R7: Formación de vainas. Inicia cuando la planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgando o desprendida. La etapa finaliza cuando las vainas alcanzan su máxima longitud.

R8: Llenado de Vaina. Da inicio cuando las plantas empiezan a llenar las vainas. La vaina se alarga hasta los 10 o 12 días después de la floración, posteriormente el peso de las valvas aumenta, el peso de los granos solo aumenta cuando las vainas han alcanzado su crecimiento máximo. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde para adquirir una coloración característica de la variedad.

R9: Maduración. Es la etapa final de desarrollo. Las hojas adquieren una coloración amarillosa y comienzan a marchitarse junto a otras partes de la planta. El contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar un 15%, momento en el cual las semillas alcanzan su coloración final y la planta se encuentra lista para la cosecha.

6.6 Variedades.

Las variedades del frijol se clasifican según diversos criterios. Por su consumo como grano seco y como grano y vaina verde. Se toman en cuenta características como la duración del periodo vegetativo y se habla de variedades precoces o tardías, en cuanto a la reacción del fotoperiodo pueden ser sensibles, insensibles o neutras y en lo que respecta a factores de producción se ubican variedades resistentes y susceptibles. Características morfológicas como el color y tamaño del grano también son de gran importancia para la clasificación de las variedades del cultivo (Ulloa *et al.*, 2011).

Según el instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (2021) en México las variedades con más importancia comercial son las siguientes: **Azufrados** (Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste, Azufrasin, Janasa, Bayo Azteca), **Blanco** (Aluyori), **Rositas** (Huitel 143, Flor de junio, Dalia, Junio León Flor de mayo, Eugenia) **Negros** (Frailescano, Negro Altiplano, Negro Comapa, Negro Grijalva, Negro Sahuatoba, Negro Tacaná, Negro Tropical, Negro Vizcaya, NOD 1, Verdín, San Blas, primavera 28).

6.7 Requerimientos Agroecológicas

El frijol *en* general posee una amplia adaptación ya que se cultiva desde Canadá hasta el norte de Argentina lo cual implica que es capaz de desarrollarse en una gran diversidad de hábitats, ya sea tropical, templados y subtropicales hasta climas secos o semi-secos (Avila *et al.*, 2014).

Temperatura

Tiene un rango de temperatura que va desde los 5°C hasta los 35°C, sin embargo, el rango óptimo para el correcto desarrollo del cultivo se encuentra entre los 18 y 25°C, temperaturas mayores pueden causar estrés hídrico en el periodo de floración, lo que ocasiona pérdidas de un gran número de inflorescencias o vainas en etapas de desarrollo (Ávila *et al.*, 2014; Salcedo, 2008).

Fotoperiodo

El fotoperiodo es uno de los factores climáticos más importantes para el desarrollo del frijol. Esta especie es de días cortos; por ello, los días largos pueden favorecer la elongación del tallo en las primeras etapas, pero también provocar retrasos en la floración y en la madurez del cultivo. Aunque la sensibilidad al fotoperiodo depende en gran medida de la variedad cultivada, se estima que cada hora adicional de luz diaria puede retrasar la maduración entre 2 y 6 días (Avila *et al.*, 2014).

Suelo

Este cultivo necesita de suelos con textura franca arcillo arenosa o suelos medios, ya que en suelos arcillosos se limita el oxígeno del sistema radicular. Suelos profundos, con un buen drenaje y alta capacidad de retención de humedad favorecen el crecimiento y desarrollo de la planta. El pH puede variar de 5.5 a 7.5. En cuanto a la salinidad, el frijol es uno de los cultivos más sensibles a las sales, así como a altas concentraciones de sodio y boro en el suelo o en el agua de riego (Salcedo, 2008; Ávila *et al.*, 2014).

6.8 Manejo del cultivo

La fecha de siembra del frijol en México varía según diversos factores, como la región, el sistema de producción y el tipo de cultivo (asociado o en monocultivo). En las zonas centro y sur del país, la siembra depende principalmente del temporal. En contraste, en el noreste se realizan dos ciclos: primavera-verano y otoño-invierno, siendo este último el más favorable. En el estado de Sinaloa, la siembra se efectúa entre septiembre y noviembre; diversos reportes señalan que octubre es la fecha

óptima, especialmente para variedades de frijol azufrado y canario. (Padilla V. & Ortega M., 2015; Rodríguez-Cota, 2015).

6.8.1 Preparación del suelo

La planta de frijol posee un sistema radicular relativamente débil por lo que la preparación del suelo es indispensable para obtener una buena producción. Es fundamental preparar la cama de siembra adecuadamente, especialmente en suelos finos donde la tendencia a formarse terrones grandes es mayor. Un buen mullido permite distribuir bien la semilla y asegurar su contacto con el suelo para una mejor germinación, una buena fertilización y riego (INIFAP,2003).

Para la preparación del suelo primeramente se realiza el *cinceleo*, esta labor permite romper las posibles capas duras del subsuelo que se formaron debido al continuo paso de maquinaria en el terreno. Después se hace el *barbecho* mediante un paso de arado a una profundidad aproximada de 30 cm, la finalidad de esta labor es voltear las capas bajas del suelo y producir un mullido grueso que favorezca el desarrollo de la raíz, la penetración de agua de riego y descomponer elementos orgánicos presentes sobre la tierra de siembra. Luego se lleva a cabo el *rastreo* donde se siguen los pasos de rastra para deshacer los terrones grandes que quedan después del barbecho, además de triturar las malezas que persisten para incorporarlas al suelo. Posteriormente se hace el *piloteo o nivelación*, esta labor asegura una buena nivelación en el terreno, lo que facilita el avance del agua de riego y a su vez evita que la planta desarrolle pudriciones o enfermedades por encharcamiento o exceso de agua. Finalmente se realiza el *trazo de riego*, esta labor consiste en preparar el terreno para la aplicación del riego de pre-siembra o para la siembra en seco y el riego de germinación. Si se siembra el frijol en plano, se delimitan las áreas de riego mediante melgas curvas o surcos. Si la siembra es en seco, se marcan los surcos por donde se aplicará el riego de “transporo”. No obstante, la siembra en húmedo es más aconsejable por las características de germinación del cultivo. Tras el riego de pre-siembra, se sugiere realizar una escarificación o reacondicionar el surco (Ávila *et al.*, 2014).

6.8.2 Sistema de siembra

Sistema de siembra tradicional o en surcos

Se establece una densidad de población de 131 mil plantas por hectárea en surcos a 76 cm de ancho y 10 cm entre plantas con sembradoras de precisión o semiprecisión, el espacio entre cada semilla no debe ser menor a 10 cm y la profundidad de 7 cm. Normalmente se realizan dos escardas para mantener el cultivo libre de maleza, la primera 15 días después de la siembra y la segunda 20 días posteriores a la primera (Cid-Ríos *et al.*, 2022).

Sistema de siembra en camas a dos hileras

Se delimitan surcos con una separación de 92 cm a 100 cm y de 35 cm entre hileras dejando una población de 10 plantas por metro, lo cual establece una densidad aproximada de 100 mil plantas por hectárea. (Ávila *et al.*, 2014).

Sistema de siembra en camas a tres hileras

Se fijan en una hectárea 65 camas con tres hileras de frijol, con ancho de 1.52 m, que permite el paso de un tractor entre las camas de siembra; en cada cama de siembran tres hileras de frijol a una distancia de 40 cm entre ellas y 10 cm entre plantas, la semilla se deposita a 7 cm de profundidad, lo que permite establecer una densidad de población de 195 mil plantas por hectárea (Cid-Ríos *et al.*, 2022).

Sistema de siembra en camas a cuatro hileras

La distancia entre hileras es de 30 cm y 10 cm entre plantas, la semilla se deposita a 7 cm de profundidad en 65 camas por hectárea con 1.52 m de ancho, lo que determina una densidad de población de 262 mil plantas por hectárea a la siembra (Cid-Ríos *et al.*, 2022).

6.8.3 Fertilización

El manejo nutricional del frijol debe ser equilibrado, incorporando fertilización de origen químico con estrategias biológicas y sostenibles. En leguminosas el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) juegan un papel fundamental en el desarrollo de la planta. La aplicación de Nitrógeno durante el periodo de crecimiento temprano puede aumentar significativamente el crecimiento vegetativo y crear condiciones que favorezcan un mayor rendimiento. El fosforo promueve el desarrollo radicular, la nodulación, la tolerancia a la sequía y mejora la absorción de nutrientes y agua en plántulas. El Potasio es relevante en el proceso de la fotosíntesis por lo que mejora el metabolismo de del azúcar y aumenta el rendimiento del cultivo. La Guía para el cultivo de frijol en el Estado de México indica que la dosis general de N, P, K es de 150-50-00 kg/ha donde la cantidad de potasio (K) deberá calcularse mediante un análisis de suelo (Yin Z *et al.*, 2018; Cucci *et al.*, 2019; Lovera *et al.*, 2025).

Recientemente la integración de complementos orgánicos en los métodos de fertilización se ha convertido en una práctica indispensable, Mora-Romero *et al.*, 2018 señala que el uso de abonos orgánicos en el cultivo de frijol mejora significativamente las condiciones de suelos deteriorados por un uso excesivo de agroquímicos, además de facilitar el proceso de absorción de Nitrógeno por bacterias del género *Rhizobium*.

Dentro de las prácticas agroecológicas establecidas en el manejo del cultivo de frijol se encuentra la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*). En la simbiosis leguminosa-*Rhizobium* se convierte el nitrógeno atmosférico elemental (N₂) en amonio (NH₄⁺), forma aprovechable por las plantas. Se calcula que los niveles de fijación biológica de nitrógeno a través de dicha simbiosis pueden variar desde 24 hasta 584 kg N ha⁻¹, proceso que puede ser capaz de abastecer hasta el 90% de las necesidades de las plantas (Ángeles-Núñez & Cruz-Acosta, 2015; López-Alcocer *et al.*, 2020).

6.8.4 Requerimientos hídricos

Según informes del SIAP, 2016 se estima que el frijol necesita alrededor de 500 L de agua por kilogramo de grano producido, un requerimiento bajo comparado con otros cultivos de interés comercial como el maíz o el trigo.

La demanda de agua en la planta varía según la etapa de desarrollo, en la fase vegetativa se observa un bajo consumo ($\cong 44$ mm), entre la emergencia de la planta (V_1) y el despliegue de la tercera hoja trifoliolada (V_4), mientras que, en la fase reproductiva (R_5 , R_6 , R_7 , R_8) aumenta considerablemente el consumo hídrico ($\cong 110$ mm + 151 mm) convirtiéndose en el periodo más crítico del cultivo. Se estima que, para satisfacer la demanda hídrica en el cultivo de frijol, se requiere un total de agua (lluvia + riego) entre 273 y 475 mm (Rosales-Serna & Flores-Gallardo, 2017).

6.8.5 Plagas y Enfermedades

La planta de frijol puede ser hospedadora de una gran diversidad de plagas y patógenos, la recurrencia de estos agentes dañinos en los cultivos está influenciada por factores como el monocultivo, el uso excesivo de agroquímicos, y la variabilidad climática, que favorecen el aumento de la frecuencia y severidad (Félix-Gastélum *et al.*, 2017).

- **Enfermedades fungosas:** Su incidencia y severidad, están estrechamente relacionados con factores ambientales como la humedad, la temperatura y la radiación, genera pudriciones y atacan a todas las partes de la planta (Félix-Gastélum *et al.*, 2017).

En el noreste de México las enfermedades fungosas más persistentes son las siguientes: Pudrición de raíz (*Rhizoctonia solani*), Antracnosis del Frijol (*Colletotrichum lindemuthianum*), Roya (*Uromyces phaseoli typical* / *U. appendiculatus var appendiculatus*) y Moho blanco (*Sclerotinia sclerotium*).

- **Enfermedades Virales:** Se transmiten por vectores, principalmente áfidos, generan distintos tipos de síntomas como mosaico, necrosis sistémica o lesiones locales (Morales, 1997).

El Virus del Mosaico Común del Frijol (*Bean Common Mosaic Virus*), Virus del Mosaico Amarillo del Frijol (*Potyvirus BTMV*) y el Virus Mosaico Sureño del Frijol (*Southern Bean Mosaic Virus: SBMV*), son algunas de las enfermedades virales con mayor importancia económica en México.

- **Plagas principales:** La Chicharrita del Frijol (*Empoasca fabae*), la Mosquita blanca (*Bemisia tabaci* y *B. argentifolii*), Gallina ciega (*Phyllophaga spp*), los Crysomelidos (*Diabrotica balteata*, *D. variegata*, *Ceratoma dilatipes*, *Acalymma vittata* y *Lema sp*), el Minador de la hoja del frijol (*Liriomyza spp.*) Trips (*Caliothrips phaseoli*) y el Picudo del ejote (*Apion godmani*) son algunas de las plagas con más incidencia en el Norte de México.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Área de estudio

La investigación experimental se realizó durante 122 días (septiembre-diciembre 2025) en el campo experimental del Instituto Tecnológico Superior de Guasave ubicado en el ejido Burriónquito, Guasave, Sinaloa, entre las coordenadas 25°31'20"N 108°22'59"W. (Figura 2)



Figura 2. Ubicación de Instituto Tecnológico Superior de Guasave (Google, 2025)

7.2 Material genético

Se utilizaron semillas nativas de doce variedades de frijol común.

7.2.1 Variedades utilizadas:

1. Blancos
2. Crema
3. Amarillo
4. Oaxaca
5. RedondN
6. Rojo
7. Zoqui
8. Mayo
9. Casroja
10. Rosita
11. Vaquita
12. Garrapata

7.3 Diseño experimental

El experimento se realizó empleando un diseño completamente al azar (DCA), adecuado para las condiciones controladas del invernadero. Se evaluaron doce variedades de frijol común, cada una considerada como un tratamiento.

La siembra se realizó de manera directa en el suelo, y cada variedad contó con dos repeticiones, distribuidas aleatoriamente dentro del invernadero para reducir el efecto de posibles variaciones ambientales internas.

En cada unidad experimental se efectuaron conteos y mediciones de variables de crecimiento, tales como altura de planta, número de hojas y otras variables pertinentes. Este diseño permitió comparar de forma precisa el comportamiento de las 12 variedades bajo condiciones homogéneas.

7.4 Métodos de recolección de datos

Las mediciones se realizaron una vez terminado el ciclo completo del cultivo.

7.5 Variables agronómicas:

- Altura de planta
- Ancho de frijol
- Largo de frijol
- Numero de vainas
- Número de granos totales
- Peso de granos
- Peso de vaina
- Largo de vaina
- Ancho de vaina
- Numero de granos por vaina
- Rendimiento

7.6 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados utilizando ANOVA (Análisis de Varianza) para determinar si existen diferencias significativas entre los genotipos. Las comparaciones de medias se realizaron utilizando la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las muestras presentaron diferencias significativas en todas las variables medidas en este trabajo.

8.1 Altura de planta

La variante Mayo presentó la mayor altura con 4.8 m con respecto a la variedad Zoqui que fue la menor altura (Figura 3). No hay diferencia significativa entre la altura de la planta. Comparativamente, Mayo fue en promedio un 25% más alto que la mayoría de las variantes con menor porte, lo que sugiere que esta característica puede asociarse a un mayor vigor vegetativo. Como menciona Petry *et al.*, (2014) que la altura de la planta es característica genética propia de la variedad que interactúa con el medio ambiente, y es el resultado del número de nudos y la longitud de entrenudos en el tallo.

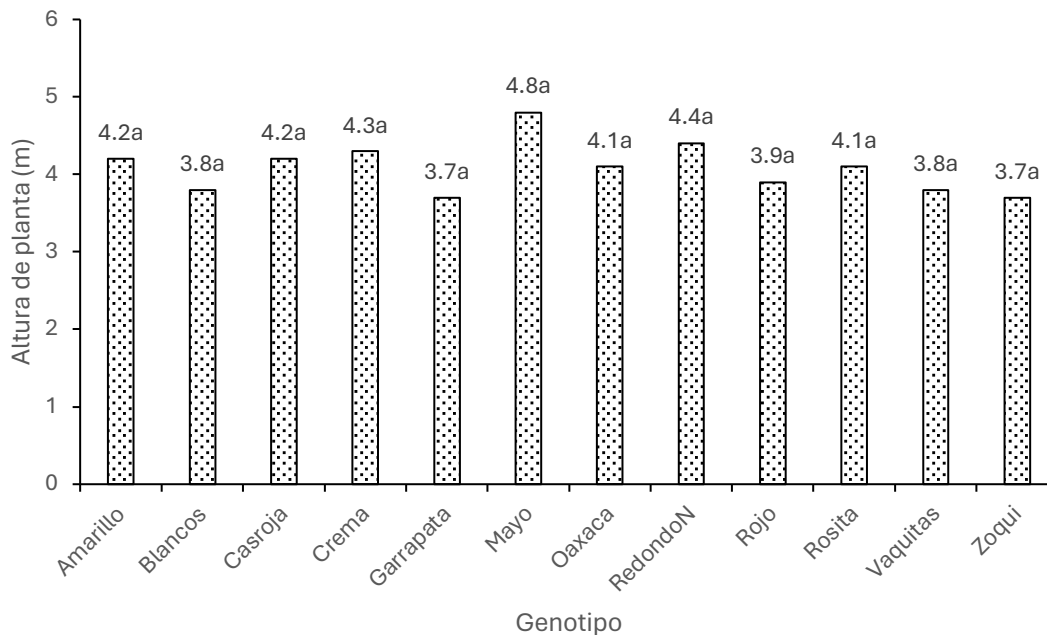


Figura 3. Altura de planta

8.2 Número de vainas

El número de vainas por planta mostró una amplia variabilidad entre las distintas variedades analizadas (Figura 4). La variedad Blancos generó la mayor producción de vainas con 74 comparada con la variedad garrapata que solo produjo 7 vainas por planta. Según Flores de la Cruz *et al.* (2018) mencionan que el número de vainas por planta de frijol es el componente de rendimiento más crítico, correlacionándose

directamente con una mayor producción de grano y la eficiencia productiva. Evaluar la cantidad de vainas permite al agricultor medir el éxito de la densidad de siembra y las prácticas agronómicas, donde, los cultivares de altos rendimientos suelen ser más eficientes en la producción de vainas.

En este trabajo con cuerda con Mondo y Nascente (2018) y Vásquez *et al.* (2024) mencionan que las plantas de frijol incrementan en el número de vainas en las plantas crecidas en baja densidad y sugieren que es consecuencia de una menor competencia intraespecífica, lo que derivaría en mayor disponibilidad de recursos que pudo generar incrementos en el número de ramificaciones y vainas.

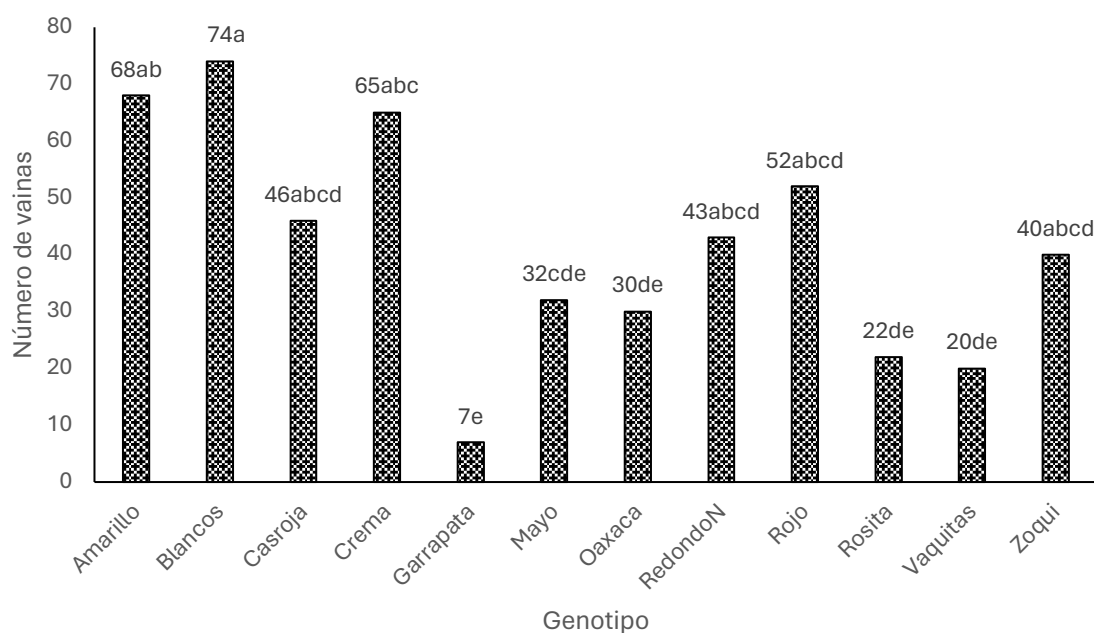


Figura 4. Número de vainas

8.3 Granos por vaina

El número promedio de granos por vaina también presentó diferencias entre las variedades evaluadas (Figura 5). El genotipo Oaxaca encabezó este grupo con 8 granos por vaina comparadas con los genotipos con menor número de granos por vaina fueron Zoqui y Crema, ambas con 4.7 en promedio. El número de granos y el peso promedio de los granos son los principales componentes del rendimiento de los cultivos de grano (Slafer *et al.*, 2014). El número de granos que quedan establecidos en cada vaina estaría relacionado con la cantidad de recursos

disponibles del suelo y la fotosíntesis (Lake *et al.*, 2019), como se puede apreciar en la Figura 5 hay genotipos más eficientes que otros.

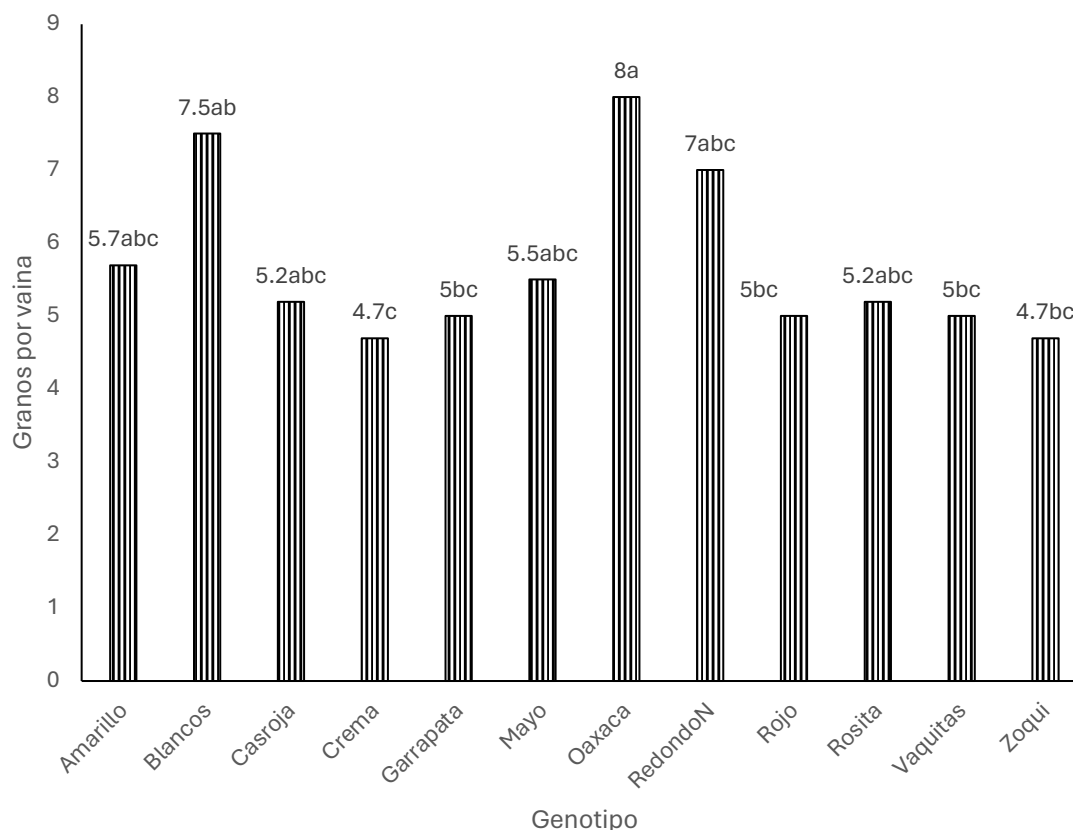


Figura 5. Granos por vaina

8.4 Número de granos por planta

El número total de granos por planta presentó diferencia significativa entre las variedades estudiadas (Figura 6). El genotipo Crema destacada con un promedio de 355 granos por planta superando ampliamente al genotipo garrapata que solo produjo 21 granos. Estas marcadas diferencias en el número de granos reflejan el potencial diferencial productivo entre las variedades, lo que puede estar influenciado por factores genéticos y ambientales, y resalta la importancia de seleccionar materiales con mayor rendimiento para su posible incorporación en programas de mejoramiento. Resultados similares fueron reportados por Ahmed y Suliman (2010), quienes atribuyen la disminución del rendimiento y sus componentes, a factores por

estrés por sequía, a la abscisión de estructuras reproductivas y la limitación de fotoasimilados para la formación y llenado de granos (Cardona-Ayala *et al.*, 2014).

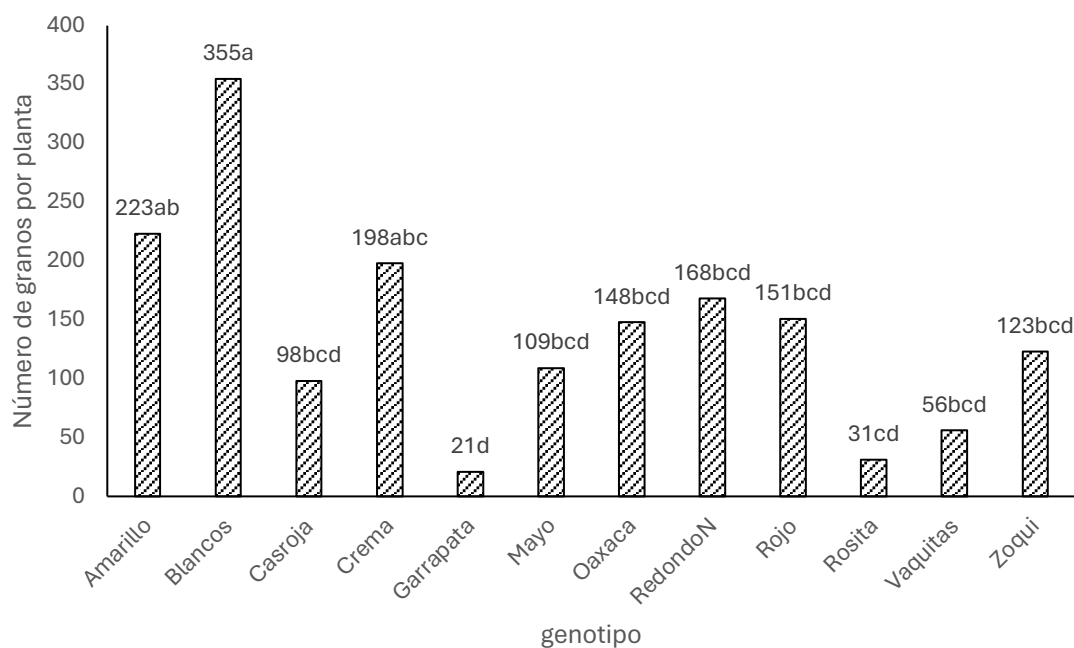


Figura 6. Número de granos por planta

8.5 Peso de granos

El peso promedio de los granos también evidencia contrastes importantes entre las distintas variedades de frijol analizadas (Figura 7). El genotipo Casroja se generó el mayor peso promedio por grano con 0.79 g comparados con el genotipo Amarillo con tan solo 0.34 g planta, Por otro lado, la diferencia entre Casroja y Amarillo fue de más del 134%, lo que representa una distancia notable entre los extremos del grupo. Estos resultados indican una amplia variación en el peso de grano entre las variedades, lo cual puede tener implicaciones tanto agronómicas como comerciales, especialmente en programas de selección orientados a mejorar el rendimiento en peso total o calidad de grano. Según Vázquez *et al.* (2024), sugieren que el peso de grano es una variable que cambia muy poco entre variedades lo cual no corresponde a este trabajo que muestra diferencia entre los granos. Sadras, (2007) dice que el peso de grano tiene una característica conservadora y poco sensible a

la modificación de la relación fuente – destino como se ha visto en otros cultivos de grano como soya y maíz.

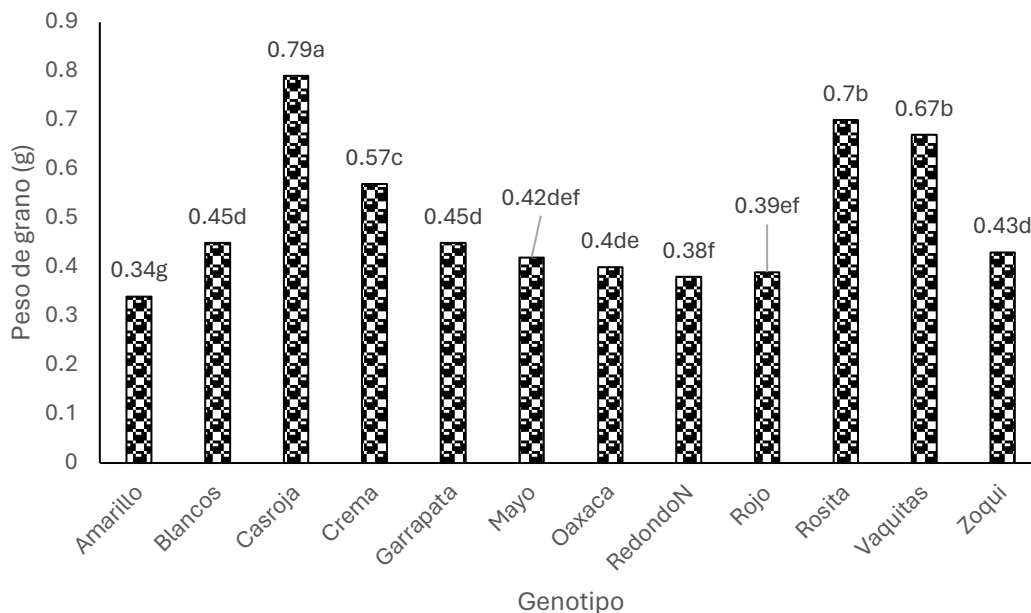


Figura 7. Peso de granos

8.6 Peso de vaina

El peso promedio de vainas mostró diferencia significativa entre las diferentes variedades de frijol evaluadas (Figura 8). El genotipo vaquitas se distingue porque es la variedad con mayor peso de vainas, registrando 0.9 g, comparada con el genotipo que solo mostro un 0.6 g. Esta variabilidad se aprecia que entre fruto hay diferencias en la capacidad de formación y llenado de vainas, lo que podría estar asociado tanto a factores genéticos como al manejo agronómico. Según Romero-Félix *et al.*, (2019) El peso de la vaina de frijol en madurez fisiológica (etapa final de llenado antes de secarse por completo) es una variable clave que refleja la acumulación de materia seca, alcanzando su máximo peso seco justo antes de la senescencia y la madurez de cosecha.

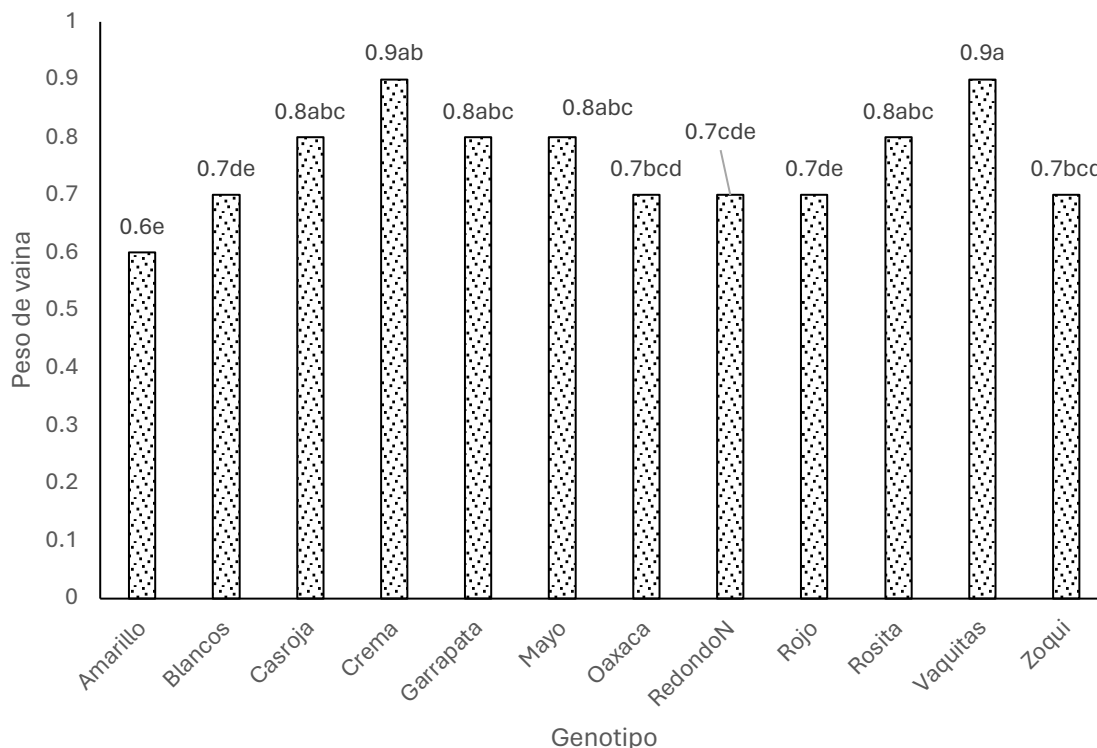


Figura 8. Peso de vaina

8.7 Rendimiento

El rendimiento por planta mostró una diferencia significativa entre las variedades estudiadas (Figura 9). El genotipo blanco fue el produjo la mayor rendimiento con $144 \text{ g planta}^{-1}$ compara con el genotipo garrapata que solo genero 19 g planta^{-1} evidenciando marcadas diferencias entre materiales. Este genotipo blanco, la variante de mayor rendimiento, superó en más del 650% a garrapa, la de menor rendimiento. Este contraste resalta la importancia de este carácter como criterio clave para la selección en programas de mejoramiento. Las diferencias observadas también podrían estar relacionadas con otros factores morfológicos y agronómicos previamente descritos, como número de granos por vaina, tamaño de vaina y altura de planta. Los datos de este trabajo son similares a los que reporta García-Urióstegui *et al.*, (2025) reportan silvestres y líneas de frijol con rendimiento de 98 a

225 g planta⁻¹, y se debe las etapas fenológicas en respuesta al ambiente y al manejo del cultivo, lo cual permitió la máxima expresión de su potencial genético.

En las poblaciones se podrían encontrar características sobresalientes (resistentes a sequía, temperatura alta y patógenos) que pudieran ser utilizadas en programas de mejoramiento genético y evitar rendimientos bajos (Lanna *et al.*, 2018). Los fitomejoradores prefieren utilizar germoplasma de líneas de la misma clase comercial, para obtener granos con atributos similares, propiciar la mecanización y mejores rendimientos (Herrera y Acosta, 2008) y por ende no se utilizan las poblaciones silvestres o sus líneas, debido a que son más heterogéneas con respecto a sus características agronómicas y son menos productivas (López *et al.*, 2005).

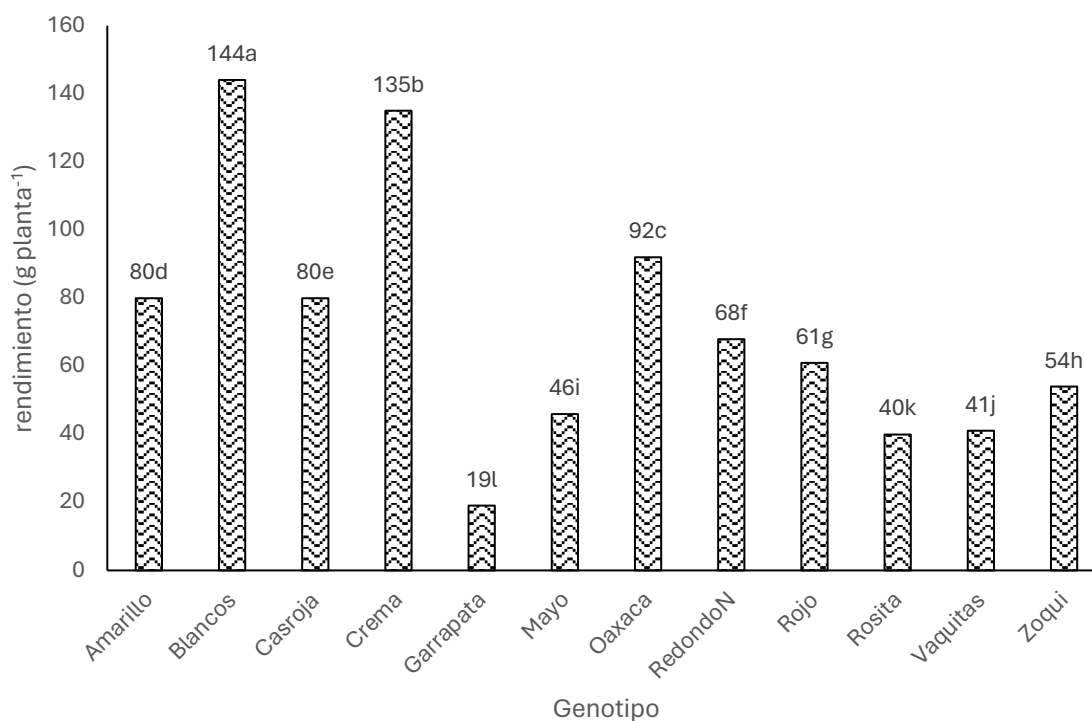


Figura 9. Rendimiento

9. CONCLUSIONES

Las variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluadas en condiciones de invernadero presentaron diferencias claras en su comportamiento agronómico, lo que confirma la influencia del genotipo en el desarrollo vegetativo y productivo. El

número de granos por planta presentó una alta variabilidad, siendo la variedad Crema la que mostró el mayor potencial productivo, con un promedio superior a 350 granos por planta en contraste, Garrapa y Vaquita registraron los valores más bajos, con diferencias superiores al 500 % respecto a la variedad más productiva. La combinación de mayor altura, vigor vegetativo y elevado número de granos por planta se reflejó en un mejor rendimiento, lo que posiciona a las variedades Blancos, Crema, Oaxaca y Mayo como materiales con alto potencial para su cultivo bajo condiciones de invernadero. En conjunto, los resultados confirman que el rendimiento del frijol está estrechamente relacionado con características morfológicas y productivas, como la altura de planta y el número de granos.

9.1 Recomendaciones

Se recomienda utilizar variedades con mayor vigor vegetativo y capacidad productiva, como Crema, Blancos, Oaxaca y Mayo, para sistemas de producción de frijol en invernadero. Para un manejo adecuado del cultivo, es importante mantener una densidad de siembra apropiada que permita una buena aireación y reduzca la competencia entre plantas, así como realizar una fertilización balanceada que favorezca tanto el crecimiento vegetativo como la formación de vainas y granos. Asimismo, se sugiere un monitoreo constante de las plantas para detectar oportunamente la presencia de plagas comunes en condiciones protegidas, como pulgones (*Aphis spp.*), mosca blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Frankliniella spp.*) y ácaros (*Tetranychus urticae*), las cuales pueden afectar el crecimiento y el rendimiento del cultivo.

Otra recomendación fundamental consiste en implementar prácticas de manejo integrado de plagas, incluyendo el uso de trampas cromáticas, control biológico y aplicaciones preventivas de productos de bajo impacto ambiental, con el fin de reducir daños y mantener la sanidad del cultivo. Finalmente, se sugiere realizar estudios adicionales que evalúen la respuesta de las variedades a diferentes esquemas de manejo agronómico y su tolerancia a plagas y enfermedades, para fortalecer la selección de materiales adaptados a sistemas de producción en ambiente protegido.

10. REFERENCIAS.

- Acosta-Gallegos, J. A., et al. (2020). Adaptación y rendimiento de variedades de frijol en condiciones de sequía en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(2), 145-156.
- Acosta-Montoya, Ó. (2024). Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) endurecido y alternativas tecnológicas para su aprovechamiento en la industria alimentaria. *Agronomía Mesoamericana*. 35.
- Acosta-Montoya, Ó. (2024). Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) endurecido y alternativas tecnológicas para su aprovechamiento en la industria alimentaria. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 35,
- Ahmed, F.E. and A.S.H. Suliman. (2010). Effect of wáter stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. *Agric. Biol. J. North America* 1(4), 534-540.
- Alemán Martínez, M y Calero Narváez, (2021) Fertilización orgánica y sintética en el crecimiento y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Masatepe, Masaya [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/4536/1/tnf04a367f.pdf>
- Ángeles-Núñez, J. G. y T. Cruz-Acosta. (2015). Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6: 929-942
- Avila, J. A., Avila, J., Rivas, F., & Martinez, D. (2014). El cultivo del frijol. sistemas de producción en el noroeste de México. En Universidad de Sonora. Departamento de Agricultura y Ganadería. Recuperado 7 de diciembre de 2025, de <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRIJOL.pdf>
- Bailey, L.H., (1969). *Manual of Cultivated Plants*. 11th Edn., Mcmillan Co., New York, pp: 573-575.
- Cardona-Ayala C., A. Jarma-Orozco, H. Araméndiz-Tatis, M. Peña-Agresott y C. Vergara-Córdoba. (2014). Respuestas fisiológicas y bioquímicas del fríjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) bajo déficit hídrico. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*. 8(2): 250-261

- Cid-Ríos J. A.; Velásquez-Valle R.; Reveles-Hernández M.; Ramírez-Cabral N. Y. Z. y Sánchez-Gutiérrez R. A. (2022). Sistemas de siembra recomendados para frijol bajo temporal en Zacatecas. Folleto para Productores Núm. 44. CIRNOC-INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. 22 p.
- Debouck, D. G., y Hidalgo, R. (1985). MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE FRIJOL COMUN. <https://hdl.handle.net/10568/81884>
- FAO. (2025). FAOSTAT. Cultivos. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Consultado, diciembre 2025).
- Félix-Gastélum R, Maldonado-Mendoza IE, Beltrán-Peña H, Apodaca-Sánchez MA, Espinoza-Matías S, Martínez-Valenzuela MC, Longoria-Espinoza RM, Olivas-Peraza NG. (2017). Powdery mildews in agricultural crops of Sinaloa: Current status on their identification and future research <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1607-4>. lines. Revista Mexicana de Fitopatología 35: 106-129.
- Fernández, F.; Geps, P. y López, M. 1986. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. Frijol: Investigación y Producción. López, M.; Fernández, F. y Schoonhoven, A. van (eds). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp 61-78.
- Flores de la Cruz, Marisol Jazmín, García Esteva, Antonio, García Nava, José Rodolfo, Kohashi Shibata, Josué, & Ybarra Moncada, Ma. Carmen. (2018). Diferencias fenológicas, morfológicas y de componentes del rendimiento entre una forma silvestre y domesticada de frijol común. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 9(1), 137-149. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.854>
- G. Cucci, G. Lacolla, C. Summo, A. pasqualone. (2019) Effect of organic and mineral fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.) Scientia Horticulturae. Vol 243. P 338-343. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.051>
- García-Lara, S., et al. (2023). Tecnologías para incrementar la productividad del frijol en sistemas de riego. Agrociencia, 57(1), 1-15.
- García-Urióstegui A., J. R. García-Nava, E. Uscanga-Mortera, A. García-Esteva, J. Kohashi-Shibata, G. García de los Santos (2025) Rendimiento, biomasa y fenología de la cruza entre frijol silvestre y domesticado. Revista mexicana

- Geleta, M., Tesfaye, K., & Asfaw, A. (2024). *Genotype × environment interaction and yield stability analysis of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties in Ethiopia*. BMC Plant Biology, 24(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04856-5>
- Hernández, X. E. (1988.) Domesticación. Congreso de diversidad genética. Oaxtepec, Morelos. X reunión de la ALCA. Acapulco, Guerrero. México. Memorias. 101-142 pp.
- Hernández-López, V. M., Vargas-Vázquez, Ma. L. P., Muruaga-Martínez, J. S., Hernández Delgado, S., & Mayek-Pérez, N. (2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S018773802013000200002
- Hernández-Ruiz, J., et al. (2022). Impacto del uso de semilla certificada en el rendimiento de frijol en Guanajuato. Terra Latinoamericana, 40, e1234.
- Herrera F., T. S. y Acosta G., J. A. (2008). Rendimiento de tres tipos de cruas entre genotipos silvestres y cultivados de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultura Técnica en México. 34(2):167-176.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. (2021) Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del INIFAP. Vol 2.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. (2003). Frijol: Guía para la Asistencia Técnica agrícola para el Área de Influencia del Valle del Fuerte. Sexta edición. INIFAP-SAGARPA-CEVF
- Lake L., D. E. Godoy-Kutchartt, D. F. Calderini, A. Verrell, V. O. Sadras. (2019). Yield determination and the critical period of faba bean (*Vicia faba* L.) En: Field Crops Research 241, 107575. Online: <https://bit.ly/3DZjOg4>.
- Lanna, A. C.; Silva, R. A.; Ferraresi, T. M.; Mendonça, J. A.; Costa, C. G. R.; Souza, M. A.; Mendes, R. V. P. A.; Brondani, C. and Pereira, V. R. 2018. Physiological characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under abiotic stresses for breeding purposes. Environ. Sci. Pollut. Res. 25(31):31149-31164. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3012-0>.

- López, S. J. L.; Ruíz, C. J. A.; Sánchez, G. J. y Lépiz, I. R. 2005. Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp.) en la República Mexicana. Revista Fitotecnia Mexicana. 28(3):221-230. <https://doi.org/10.35196/rfm2005.3.221>.
- López-Alcocer, José de Jesús, Lépiz-Ildelfonso, Rogelio, González-Eguiarte, Diego Raymundo, Rodríguez-Macías, Ramón, & López-Alcocer, Eduardo. (2020). Eficiencia en fijación biológica de nitrógeno de cepas de *Rhizobium* spp. recolectadas en frijol cultivado y silvestre. Terra Latinoamericana, 38(4), 841-852. Epub 12 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.654>
- Lovera, E., Gomora, M., Muciño, F., & López, L. (2025). Guía para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Estado de México. (2025.a ed.) [Electronico]. ICAMEX. <https://icamex.edomex.gob.mx/sites/icamex.edomex.gob.mx/files/files/publicaciones/2025/Frijol%202025.pdf>
- Mondo V. y A. Nascente (2018). Produtividade do feijão-comum afetado por população de plantas. En: Agrarian 11. 39: 89-94. <https://bit.ly/3DULMcN>.
- Mora-Romero, G., Lopez-Soto, N., Cordero Ramirez, D., Martinez-Valenzuela, C., & Longoria-Espinoza, R. (2018). Fijación biológica de nitrógenos y abonos orgánicos: Alternativas para el cultivo sustentable de frijol en Sinaloa. Researchgate. Recuperado 3 de enero de 2026, de https://www.researchgate.net/profile/Ramiro-Ahumada/publication/329453751_Cambio_climatico_vulnerabilidad_y_adaptacion/links/61e85b86c5e3103375a6fbd7/Cambio-climatico-vulnerabilidad-y-adaptacion.pdf#page=223
- Padilla-Valenzuela I & Ortega-Murrieta Pedro. (2015). Frijol. En Agenda Técnica Agrícola Sonora. Segunda edición. SAGARPA-SENASICA-INIFAP. Pp. 125-131
- Rodríguez-Cota F.G., R.H. Saucedo-Acosta, T. Moreno-Gallegos, E. Cortez-Mondaca. (2015) Frijol. En Agenda Técnica Agrícola Sinaloa. Segunda edición. SAGARPA-SENASICA-INIFAP. Pp. 81-100.
- Romero- Félix C. S., C. López- Castañeda, K. Kohashi- Shibata, S. Miranda-Colín, V. H. Aguilar-Rincon, C. G. (2019). Cambios en el rendimiento y sus componentes en frijol bajo riego y sequía. Martínez-Rueda Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10 (2): 351-364.

- Rosales-Serna, R., et al. (2021). Problemática y perspectivas del cultivo de frijol en México. *Agricultura Técnica en México*, 47(3), 321-335.
- Rosales-Serna, Rigoberto & Flores-Gallarda, Hilario. (2017). IMPORTANCIA DEL AGUA DE RIEGO PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE FRIJOL EN DURANGO.
- SADER. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). La importancia de la producción de frijol en México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-importancia-de-la-produccion-de-frijol-en-mexico> /(Consultado Enero 2026).
- SAGARPA. (2022). Plan Nacional de Frijol 2022-2030. Gobierno de México.
- Salcedo, J. M., (2008). Guías para la regeneración de germoplasma. Frijol común. ioversity International, Oficina Regional para las Américas, Cali, Colombia. <https://1library.co/document/q0xd33vq-frijol-comun-guias-para-la-regeneracion-de-germoplasma-jesus-maria-salcedo.html>
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2016). Anuario estadístico de la producción agrícola. Cierre de la producción agrícola por estado. <Http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.
- SIAP. (2023). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
- SIAP. (2026). Servicio Alimentación. de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://nube.agricultura.gob.mx/calendario_agricola/(Consultado Enero 2026).
- Sadras, V.O. (2007). Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crops. En: *Field Crops Research* 100.2-3, 125-138. Online: <https://bit.ly/3hwWEpM>.
- Slafer, G., R. Savin y V. Sadras (2014). Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. En: *Field Crops Research* 157, 71-83. Online: <https://bit.ly/3EIW476>.
- Vásquez S, C., E. I. Villavicencio-Sanchez, A. Guamán, M. Molina-Müller, C. A. Mestanza-Uquillas. (2024). Efecto de la densidad de plantas sobre los componentes del rendimiento de fréjol cultivado en condiciones de campo en un valle interandino de Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*. 39(1): 160-170. <https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.10>

- Ulloa, J. A., Rosas Ulloa, P., Ramírez Ramírez, J. C., & Ulloa Rangel, B. E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. CONACYT.
- Vázquez-García, L. M., et al. (2024). Potencial del cultivo protegido de frijol en zonas áridas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15(1), 45-58
- Yin Z, Guo W, Xiao H, Liang J, Hao X, Dong N. (2018) Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization to achieve expected yield and improve yield components of mung bean. *PLoS ONE* 13(10): e0206285. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206285>