

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE GUASAVE.

TESIS

***Evaluación Agronómica y Fisicoquímica del cultivo de frijol
(Phaseolus vulgaris L.) Variedad Flor de Mayo en Guasave, Sinaloa.***

Presentada por

Lucia Isabel Bojorquez Valenzuela

Como requisito para la obtención del grado de
Ingeniera en Innovación Agrícola sustentable

Directora de tesis

Dra. Flor María Ruelas González

Codirectora de tesis

M.C. Arikani Soberanes Félix



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 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		Código: ITS-G-SIG-AO-PO-19-03
			Revisión: 5
			Fecha de Emisión: Julio 2025
			Página 1 de 2

Guasave, Sinaloa, Fecha: 23 de enero 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):	Bojorquez Valenzuela Lucia Isabel
Carrera:	Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable
Número de control:	2025010384
Nombre del proyecto:	Evaluación Agronómica y Fisicoquímica del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) Variedad Flor de Mayo en Guasave, Sinaloa.
Producto:	Tesis

Solo para la Opción de tesis:

Estudiante y/o egresado(a):

CURP	BOVL020616MSLJLCA4
------	--------------------

Asesor(a):

Nombre completo	Ruelas González Flor María
CVU	IT18B355

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

<u>Dra. Flor María Ruelas González</u>	<u>Dr. Andrés León Villanueva</u>	<u>M.C. Arikani Soberanes Félix</u>
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

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo realizar la caracterización física, química, funcional, tecnológica y agronómica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Flor de Mayo, cultivado en el municipio de Guasave, Sinaloa, con la finalidad de evaluar su comportamiento productivo, su calidad del grano y su potencial para el consumo humano y la transformación agroindustrial. La investigación se desarrolló mediante evaluaciones realizadas tanto en campo como en laboratorio.

En campo se seleccionaron plantas representativas del área experimental, en las cuales se evaluaron variables morfológicas como el tamaño de planta, número de hojas y tamaño de hojas, indicadores del desarrollo vegetativo y vigor del cultivo. Los resultados obtenidos reflejaron un crecimiento adecuado de las plantas, asociado a una eficiente actividad fotosintética y a una adecuada formación de vainas y llenado de grano.

La caracterización física de las vainas incluyó la medición de peso, ancho y largo. Se observó una alta variabilidad en el peso de las vainas, con valores entre 0.79 y 7.29 g, atribuida al grado de desarrollo y al número de semillas contenidas. El ancho presentó valores relativamente uniformes, entre 0.5 y 1.0 cm, característicos de la variedad Flor de Mayo, mientras que el largo mostró mayor variabilidad, con rangos de 5.4 a 11.4 cm, lo que indica diferencias en el crecimiento longitudinal durante la etapa reproductiva.

El análisis colorimétrico realizado mediante un colorímetro Konica minolta en vainas y hojas mostró valores de luminosidad, tonalidad verde y tendencia amarillo-verde que indican un adecuado estado fisiológico y nutricional de las plantas al momento de la evaluación. En las hojas se registraron valores asociados a una mayor concentración de clorofila, propios de tejidos en pleno desarrollo.

La caracterización física del grano incluyó la evaluación del peso, tamaño, densidad y contenido de testa. La densidad del grano fue de aproximadamente 0.85 g/l, lo que indica una buena compactación y una estructura interna favorable para su calidad comercial y tecnológica. El contenido de testa resultó relativamente bajo, lo cual es una característica deseable debido a su influencia positiva en la absorción de agua, el tiempo de cocción y la aceptabilidad del grano para consumo humano.

Las propiedades funcionales del grano se evaluaron mediante pruebas de absorción de agua y tiempo de cocción. Los resultados mostraron una alta capacidad de absorción de agua tras 18 horas de hidratación, lo que favorece la rehidratación del grano y contribuye a la reducción del tiempo de cocción. El tiempo de cocción presentó variaciones entre las muestras, relacionadas con el tamaño del grano, el contenido de testa y la capacidad de absorción de agua.

Finalmente, las determinaciones químicas permitieron conocer la composición proximal del grano, destacando su contenido de humedad, cenizas, grasas y fibra cruda, lo que confirma la importancia del frijol Flor de Mayo como un alimento de valor nutricional. En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que el frijol variedad Flor de Mayo cultivado en Guasave, Sinaloa, presenta características agronómicas y de calidad favorables, respaldando su importancia para el consumo humano y su potencial para el aprovechamiento agroindustrial.

ABSTRACT

This study aimed to perform a comprehensive physical, chemical, functional, technological, and agronomic characterization of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) 'Flor de Mayo' variety, cultivated in Guasave, Sinaloa. The objective was to evaluate its productive performance, grain quality, and potential for human consumption and agro-industrial processing. The research involved both field-based and laboratory evaluations.

Representative plants were selected from the experimental plot to assess morphological variables, including plant height, leaf number, and leaf size, as indicators of vegetative development and crop vigor. The results demonstrated optimal plant growth, associated with efficient photosynthetic activity, adequate pod formation, and effective grain filling.

The physical characterization of the pods included measurements of weight, width, and length. High variability was observed in pod weight, with values ranging from 0.79 to 7.29 g, attributed to the stage of development and seed count per pod. Pod width remained relatively uniform (0.5 to 1.0 cm), consistent with the 'Flor de Mayo' phenotype. In contrast, pod length exhibited greater variability (5.4 to 11.4 cm), indicating differences in longitudinal growth during the reproductive stage.

Colorimetric analysis of pods and leaves conducted using a Konica Minolta colorimeter, yielded values for luminosity (L^*), green hue ($-a^*$), and yellow-green tendencies ($+b^*$). These values indicate an optimal physiological and nutritional status at the time of evaluation. Leaf measurements were consistent with high chlorophyll concentrations, typical of tissues in peak developmental stages.

Grain characterization included evaluations of weight, size, density, and seed coat (testa) content. Grain density was approximately 0.85 g/L, indicating high compaction and an internal structure favorable for commercial and technological quality. The seed coat content was relatively low, a desirable trait that positively influences water absorption, cooking time, and overall consumer acceptability.

Functional properties were assessed through water absorption capacity and cooking time tests. The results showed high water absorption after 18 hours of hydration, which facilitates grain rehydration and contributes to reduced cooking times. Variations in cooking time across samples were correlated with grain size, seed coat content, and hydration capacity.

Finally, chemical analyses determined the proximal composition of the grain, highlighting moisture, ash, crude fat, and crude fiber content. These findings confirm the nutritional value of 'Flor de Mayo' beans. Collectively, the results demonstrate that the 'Flor de Mayo' variety cultivated in Guasave, Sinaloa, possesses favorable agronomic and quality characteristics, supporting its importance for human nutrition and its potential for agro-industrial utilization.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, María Isabel Valenzuela y Óscar Enrique Bojórquez, por ser ese pilar fundamental en mi vida, por creer siempre en mí y brindarme su apoyo incondicional en cada paso de este camino.

A mis abuelos, Martha y Óscar, por sus palabras de aliento y por darme la fuerza necesaria en los momentos en que más lo necesité.

A mi esposo, Armando, por su compañía, paciencia y por motivarme a seguir adelante en todo momento.

A mi hija, Marcel, por ser la razón más grande para esforzarme cada día y no rendirme, siendo mi inspiración para concluir este logro.

A mis primas, Brenda y Marielos, por ser ese rayito de sol que muchas veces necesité, por su cariño y apoyo durante este proceso.

A mi hermana, Anamaría, por su apoyo, compañía y palabras de ánimo a lo largo de este camino.

Al Instituto Tecnológico Superior de Guasave, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y proporcionarme los recursos necesarios para el desarrollo de esta investigación.

A mis profesores y asesores, especialmente a la Doctora Flor María Ruelas González, a la profesora Arikani Soberanes Félix y al doctor Andrés León Villanueva, así como a los laboratoristas que colaboraron en este trabajo, por su orientación, apoyo y conocimientos compartidos a lo largo de esta investigación.

A todas las personas que, de una u otra forma, formaron parte de este proceso y contribuyeron a la realización de esta tesis, mi más sincero agradecimiento.

INDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT	5
AGRADECIMIENTOS.....	7
INDICE	8
Introducción	12
I. Planteamiento del problema.....	14
II. Justificación.....	16
III. Objetivo general	17
3.1. Objetivos específicos:	17
IV. MARCO TEORICO	18
4.1. Antecedentes históricos del frijol en México.....	18
4.2. Descripción botánica.	19
4.3. Taxonomía.	21
4.4. Factores agronómicos que influyen en el rendimiento.....	22
4.4.1 Clima.	22
4.4.2. Temperatura	22
4.4.3. Disponibilidad hídrica	23
4.4.4. Humedad relativa.....	23
4.4.5. Radiación solar	23
4.4.6. Vientos y eventos extremos.....	23
4.4.7. Interacción clima-suelo	24
4.4.8. Suelo	24
4.4.8.2.	25
4.4.9. Fertilización.....	26
4.4.10. Agua.....	27

4.5. Propiedades físicas del grano	28
5.1.1. 4.5.1. Tamaño, forma y peso	28
5.1.2. 4.5.2. Color del tegumento	28
4.4.3. Dureza y textura	28
4.6. Propiedades químicas	29
4.6.1. Contenido de proteína	29
4.6.2. Contenido de almidón	29
4.6.3. Fibra dietética y minerales	29
4.6.4. Compuestos fenólicos y antioxidantes	29
4.6.5. Capacidad de absorción de agua	30
4.6.6. Tiempo de cocción	30
4.7. Características morfológicas	30
4.7.1. Planta	30
4.7.2. Sistema radicular	31
4.7.3. Vainas	31
4.7.4. Grano	31
4.8. Ciclo y fenología	31
4.9. Rendimiento y comportamiento agronómico	32
4.10. Necesidades nutricionales	32
4.11. Plagas y enfermedades	33
VI. Materiales y métodos	35
6.1. Área de estudio	35
6.2. Material biológico	35
6.3. Siembra	35
6.4. Prácticas culturales	36
6.5. Medición de parámetros agronómicos	36
6.6. Cosecha	37
5.7 Evaluaciones fisicoquímicas del grano de frijol	37

5.7.1. Características físicas	37
5.7.1. Características químicas.	38
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	40
7.1. Variables agronómicas	40
7.2. Caracterización física del grano.....	44
7.3. Caracterización química del grano.....	47
VIII. CONCLUSIONES	51
IX. REFERENCIAS	53
X. ANEXOS	58

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del cultivo de frijol.....	21
Cuadro 2. Variables agronómicas evaluadas en el cultivo de frijol Flor de Mayo, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2025.....	41
Cuadro 3. Características físicas de la vaina del cultivo de frijol Flor de Mayo, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2025.....	42
Cuadro 4. Características físicas (color) de la vaina y hojas del cultivo de frijol Flor de Mayo, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2025.....	43
Cuadro 5. Parámetros físicos del grano de frijol Flor de Mayo, cantidad evaluada a 100 granos.....	44
Cuadro 6. Resultados del contenido de testa de semillas de frijol Flor de Mayo.	46
Cuadro 7. Resultados de la evaluación de color en granos de frijol variedad Flor de Mayo.....	47
Cuadro 8. Capacidad de absorción de agua de semillas de Flor de Mayo.....	48
Cuadro 9. Determinación del tiempo de cocción de semillas de frijol Flor de Mayo.	48
Cuadro 10. Resultados de parámetros químicos en semilla de frijol variedad Flor de Mayo.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Ilustración 1. Siembra de frijol variedad Flor de Mayo en el campo experimental del ITSG, ciclo agrícola otoño-invierno 2025.....	35
Ilustración 2. Cultivo de frijol variedad Flor de Mayo en el campo experimental del ITSG, otoño-invierno 2025.....	36
Ilustración 3. Órganos de la planta de frijol variedad Flor de Mayo.	40
Ilustración 4. Vainas de frijol Flor de Mayo, ciclo agrícola otoño-invierno 2025. ..	42
Ilustración 5. Evaluación de la forma de semillas de frijol variedad Flor de Mayo.	45
Ilustración 6. Evaluación de color de frijol Flor de Mayo, ciclo agrícola otoño-invierno 2025.	46

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia socioeconómica y alimentaria en América Latina, donde constituye una fuente primaria de proteína vegetal, carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas y minerales para comunidades rurales y urbanas (Broughton, 2003). En México, país considerado centro de origen y diversificación del frijol, este cultivo representa un elemento fundamental de la seguridad alimentaria y de los sistemas agrícolas tradicionales, a la vez que contribuye de forma significativa al ingreso de los productores de pequeña y mediana escala (Bitocchi et al., 2013).

El estado de Sinaloa, reconocido principalmente por su producción de granos y hortalizas, ha experimentado en las últimas décadas un incremento en el interés por la siembra de frijol, en particular de variedades adaptadas a las condiciones agroclimáticas del noroeste del país. Entre estas variedades destaca Flor de Mayo, perteneciente al grupo de frijoles de tipo rosa, la cual es apreciada tanto por sus características culinarias como por su aceptable comportamiento agronómico bajo distintos esquemas de manejo (Acosta-Gallegos, 2008).

No obstante, los rendimientos y la calidad del frijol están altamente influenciados por factores ambientales, edáficos y de manejo agronómico, incluyendo la disponibilidad hídrica, la fertilidad del suelo, las prácticas de labranza y la presencia de enfermedades y plagas (Beebe, 2013). Adicionalmente, los parámetros fisicoquímicos como el tamaño del grano, el contenido de proteína, el color de la testa y la capacidad de cocción son determinantes para su aceptación comercial y su valor nutricional, lo cual resalta la importancia de evaluaciones integrales del cultivo en contextos locales.

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento agronómico y las características fisicoquímicas del cultivo de frijol Flor de Mayo bajo las condiciones ambientales y de manejo prevalecientes en Guasave, Sinaloa, con el

fin de aportar conocimiento técnico que permita mejorar el rendimiento y la calidad del producto final.

En el municipio de Guasave, Sinaloa, donde predominan suelos de textura fina y climas cálidos subhúmedos, es fundamental contar con información actualizada sobre el desempeño del frijol Flor de Mayo, tanto en términos agronómicos como fisicoquímicos, para optimizar su producción y fortalecer la toma de decisiones de los agricultores. La generación de este tipo de información contribuye al desarrollo de sistemas agrícolas más eficientes y sostenibles, además de mejorar la competitividad de la cadena productiva del frijol en la región.

El municipio de Guasave forma parte de uno de los valles agrícolas más productivos del noroeste de México. Sus suelos son predominantemente arcillosos y franco arcillosos, con buen potencial para cultivos de grano y hortalizas . Sin embargo, las temperaturas relativamente altas, la variabilidad en la disponibilidad de agua para riego y los cambios en el patrón de radiación solar afectan directamente el desempeño del cultivo del frijol (Peña-Cabriales, 2021).

Los productores de la región han reportado variaciones considerables en el rendimiento del frijol Flor de Mayo, así como diferencias en la calidad culinaria del grano, posiblemente asociadas a factores agronómicos y condiciones edafoclimáticas no caracterizadas adecuadamente.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia económica, social y alimentaria en México, no sólo por su alta demanda interna sino también por su papel como fuente primaria de proteínas, carbohidratos y micronutrientes para la población (Broughton, 2003) . Entre las variedades criollas y comerciales de mayor consumo se encuentra Flor de Mayo, apreciada por su calidad culinaria y valor nutritivo y estabilidad genética (Acosta-Gallegos, 2008). Sin embargo, en regiones productoras como Guasave, Sinaloa, su rendimiento y calidad presentan variaciones significativas debido a factores agroclimáticos, prácticas de manejo y condiciones del suelo, lo que limita la estabilidad productiva y el aprovechamiento óptimo del cultivo (Beebe, 2013; INIFAP, 2017) .

En el valle de Guasave, las fluctuaciones en temperatura, disponibilidad hídrica, fertilidad del suelo y presencia de plagas y enfermedades influyen de manera directa sobre el desempeño agronómico de esta variedad. A pesar de la relevancia de la zona como productora de granos y hortalizas, existe poca información actualizada y específica sobre el comportamiento agronómico del frijol Flor de Mayo bajo las condiciones locales, especialmente en lo referente a parámetros como emergencia, crecimiento, rendimiento, eficiencia en el uso de nutrientes y respuesta a las prácticas de manejo (López-Salinas, 2019).

Asimismo, la calidad fisicoquímica del grano —incluyendo composición proximal, dureza, contenido de proteína, capacidad de hidratación y características organolépticas— es un criterio determinante para su aceptación en el mercado y para su valor nutricional (Bressani, 2009). No obstante, se desconoce en qué medida las condiciones de producción de Guasave influyen sobre dichos atributos, lo que dificulta establecer estrategias que garanticen un producto competitivo y de alta calidad.

La falta de estudios integrales que relacionen variables agronómicas con propiedades fisicoquímicas del grano en la variedad Flor de Mayo en esta región limita la toma de decisiones técnicas por parte de productores, asesores agrícolas y centros de

investigación. Esta ausencia de información impide optimizar prácticas de cultivo, mejorar la productividad sostenible y garantizar la calidad comercial del frijol (Lépiz-Ildefonso, 2010).

Ante este contexto, surge la necesidad de realizar una evaluación agronómica y fisicoquímica del cultivo de frijol Flor de Mayo en Guasave, Sinaloa, que permita generar información científica confiable para fortalecer la producción regional, orientar estrategias de manejo y contribuir a la mejora continua del cultivo.

II. JUSTIFICACIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos básicos más importantes en la alimentación humana debido a su alto valor nutricional y a su relevancia económica y social, especialmente en regiones productoras de México. Dentro de las diversas variedades cultivadas, el frijol Flor de Mayo destaca por su amplia aceptación para consumo humano y su potencial para la transformación agroindustrial; sin embargo, la información integral sobre sus características agronómicas, físicas, químicas, funcionales y tecnológicas bajo condiciones locales específicas es limitada.

En este contexto, resulta necesario realizar una caracterización completa del frijol Flor de Mayo cultivado en el municipio de Guasave, Sinaloa, ya que las condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico influyen directamente en el comportamiento productivo del cultivo y en la calidad del grano. La evaluación conjunta de variables de campo y de laboratorio permite generar información confiable sobre el desarrollo vegetativo, la formación de vainas, la calidad física del grano y sus propiedades funcionales, aspectos fundamentales para determinar su aptitud para el consumo humano y su aprovechamiento industrial.

Asimismo, el análisis de propiedades como la densidad, el contenido de testa, la capacidad de absorción de agua y el tiempo de cocción proporciona indicadores clave de calidad tecnológica y culinaria, los cuales influyen directamente en la aceptación del producto por parte del consumidor y en su desempeño durante el procesamiento agroindustrial. De igual forma, la determinación de la composición proximal del grano contribuye a resaltar su valor nutrimental y a sustentar su importancia como alimento básico.

Por lo anterior, este estudio se justifica por la necesidad de generar información científica y técnica que permita respaldar el uso del frijol Flor de Mayo producido en Guasave, Sinaloa, aportando datos que pueden servir como referencia para productores, investigadores y agroindustria, y contribuyendo al fortalecimiento del

conocimiento sobre la calidad y el potencial de esta variedad en condiciones regionales específicas.

III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento agronómico y las características fisicoquímicas del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Flor de Mayo bajo las condiciones ambientales y de manejo agrícola del municipio de Guasave, Sinaloa, con el fin de generar información técnica que contribuya a mejorar su productividad y calidad.

3.1. Objetivos específicos:

1. Caracterizar las condiciones agroclimáticas y edáficas del sitio experimental en Guasave, Sinaloa, durante el ciclo de cultivo.
2. Determinar los principales parámetros agronómicos del frijol Flor de Mayo, incluyendo emergencia, altura de planta, número de vainas por planta.
3. Analizar las propiedades fisicoquímicas del grano, tales como humedad, tamaño, color, contenido de proteína, cenizas y tiempo de cocción.
4. Evaluar la relación entre las variables agronómicas y fisicoquímicas, identificando los factores que influyen en el rendimiento y la calidad del grano.
5. Comparar los resultados obtenidos con valores reportados en la literatura para determinar el grado de adaptación y desempeño de la variedad Flor de Mayo en las condiciones de Guasave.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Antecedentes históricos del frijol en México.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos más antiguos y representativos de Mesoamérica, donde su domesticación ocurrió hace aproximadamente entre 7,000 y 8,000 años, en lo que hoy corresponde a México y parte de Centroamérica (Bitocchi et al., 2013). Evidencias arqueológicas encontradas en cuevas de Tehuacán, Puebla y Ocampo, Tamaulipas, confirman su temprana presencia en dietas prehispánicas, formando parte del sistema agrícola mesoamericano junto con el maíz y la calabaza (Kaplan & Kaplan, 1992). Desde entonces, el frijol no sólo ha sido un alimento básico, sino también un componente esencial en la organización social, la seguridad alimentaria y el simbolismo cultural de los pueblos originarios (Broughton, 2003).

Durante la época precolombina y el periodo colonial, el frijol se diversificó ampliamente gracias a la selección campesina y al intercambio regional, dando origen a un amplio número de razas y variedades adaptadas a diferentes ambientes agroecológicos de México (Acosta-Gallegos, 2008) . Esta diversidad incluye variedades criollas y comerciales que difieren en tamaño, color, forma, ciclo de crecimiento, rendimiento y características culinarias. Entre estas variedades destaca el grupo de frijoles Flor de Mayo, perteneciente al tipo rosa-mate, ampliamente cultivado y consumido en la región centro-occidente y noroeste del país (Sánchez, 2015) .

La variedad Flor de Mayo tiene una larga tradición agrícola en México y ha sido seleccionada por agricultores durante generaciones debido a su calidad culinaria, sabor, textura y tiempo de cocción favorable (Celis-Palafox, 2020) . Su color característico rosa opaco y su estabilidad de grano la han convertido en una variedad preferida en mercados nacionales, particularmente en estados como Zacatecas, Durango, Chihuahua, Nayarit y Sinaloa. Asimismo, diversos programas de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas

y Pecuarias (INIFAP) han trabajado con esta variedad y sus derivados, como Flor de Mayo Anita, Flor de Mayo Sol y Flor de Mayo Eugenia, buscando incrementar rendimiento, resistencia a enfermedades y tolerancia al estrés abiótico (INIFAP, 2017) .

En Sinaloa, el cultivo de frijol, especialmente el tipo Flor de Mayo, se fortaleció a partir de la década de 1980 con la expansión de superficies de riego y la adopción de tecnologías agrícolas modernas (SIAP, 2022) . Sin embargo, el rendimiento del frijol en esta región ha sido históricamente variable debido a factores como disponibilidad hídrica, temperaturas extremas, calidad del suelo y fluctuaciones de mercado (Peña-Cabriales, 2021) . A pesar de ello, Flor de Mayo se mantiene como una de las variedades preferidas por consumidores y productoras agrícolas debido a su demanda comercial y valor nutritivo.

En la actualidad, el frijol Flor de Mayo continúa siendo una variedad clave para la producción nacional; sin embargo, aún existe una carencia de estudios específicos que evalúen su desempeño agronómico y sus propiedades fisicoquímicas bajo contextos regionales como el de Guasave, Sinaloa, donde las condiciones agroclimáticas pueden influir sustancialmente en la calidad y productividad del cultivo (Castellanos-Ramos, 2019). Esta situación justifica la necesidad de investigaciones que integren análisis agronómicos y de calidad del grano, a fin de apoyar decisiones técnicas y mejorar la competitividad del cultivo en zonas estratégicas del país.

4.2. Descripción botánica.

El frijol Flor de Mayo pertenece a la especie *Phaseolus vulgaris* L., una leguminosa anual caracterizada por su hábito de crecimiento variable, que puede ser determinado (tipo I) o indeterminado (tipo II o III) según la variedad y condiciones ambientales (Singh, 2001) . Las variedades del grupo Flor de Mayo generalmente presentan hábito de crecimiento indeterminado tipo II, con plantas semiguidadas que forman guías

cortas y requieren un manejo adecuado del espaciamiento para favorecer la aireación y el rendimiento (INIFAP, 2017) .

El sistema radical es pivotante, con raíces secundarias abundantes que permiten explorar eficientemente el suelo, aunque su profundidad efectiva suele encontrarse entre 20 y 40 cm, lo que lo hace susceptible a estrés hídrico (Núñez-Barrios, 2005). El tallo es herbáceo, cilíndrico y ramificado, con entrenudos relativamente cortos en comparación con otras variedades criollas; presenta pubescencia ligera y un color verde medio característico del tipo rosa-mate (Acosta-Gallegos, 2008).

Las hojas son trifoliadas, alternas, con folíolos ovados o ligeramente romboidales de 6 a 12 cm de longitud, con margen entero y venación reticulada típica de las Fabaceae. El color de las hojas en Flor de Mayo tiende a ser verde oscuro, lo que se asocia con buena capacidad fotosintética y adaptación al estrés moderado (Sánchez, 2015).

La inflorescencia es una racima axilar que porta flores papilionadas características de la familia, con pétalos rosados o blanco-rosados, tonalidad común entre los frijoles del grupo rosa y particularmente visible en Flor de Mayo (Celis-Palafox, 2020) . Cada flor posee cinco pétalos diferenciados en estandarte, alas y quilla, y su polinización es mayormente autógama, aunque se ha documentado baja frecuencia de cruzamiento natural (Gepts, 1986).

Las vainas son dehiscentes, ligeramente curvadas, de 10 a 15 cm de longitud, y contienen entre 4 y 7 semillas por vaina según el manejo agronómico. Presentan un color verde claro en estado inmaduro y adquieren una tonalidad crema o beige al madurar (E. , A.-G. J. A. , & T.-L. C. Acosta-Díaz, 2015). Las semillas de Flor de Mayo presentan color rosa opaco o rosa-mate, forma arriñonada y un peso de 20 a 28 g por cada 100 semillas, rasgos que distinguen a este grupo comercial (Sánchez, 2015) .

El ciclo biológico de Flor de Mayo es intermedio, con una duración aproximada de 95 a 105 días, dependiendo de la temperatura y disponibilidad hídrica. La floración ocurre entre los 32 y 40 días después de la siembra y la madurez fisiológica se alcanza alrededor de los 85 a 90 días (INIFAP, 2017). Estas características confieren a Flor de

Mayo una buena adaptación a zonas de riego y temporal, aunque su rendimiento es sensible a temperaturas extremas durante floración y llenado de grano (Peña-Cabriales, 2021) .

4.3. Taxonomía.

La variedad Flor de Mayo pertenece a la especie *Phaseolus vulgaris* L., integrante de la familia Fabaceae, una de las familias botánicas más diversas y de mayor importancia económica a nivel mundial (Lewis, 2005). La clasificación taxonómica aceptada para esta especie es la siguiente:

Cuadro 1. Taxonomía del cultivo de frijol.

Categoría taxonómica	Clasificación
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta (o Angiospermae)
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (Leguminosae)
Subfamilia	Faboideae (Papilionoideae)
Tribu	Phaseoleae
Género	Phaseolus
Especie	Phaseolus vulgaris L.
Variedad	Flor de Mayo (variedad comercial mexicana)

La variedad Flor de Mayo se ubica dentro del grupo de frijoles “rosa-mate”, caracterizados por su grano de color rosa opaco, peso intermedio y alta aceptación culinaria en México (Sánchez, 2015). Aunque las variedades comerciales no forman parte de la taxonomía formal (debido a que esta clasifica especies y no cultivares), Flor

de Mayo es reconocida oficialmente como un cultivar derivado de *P. vulgaris* y ha sido descrita y mejorada por programas de fitomejoramiento del INIFAP (INIFAP, 2017) .

Desde un enfoque evolutivo, *P. vulgaris* presenta dos principales acervos genéticos: Mesoamericano y Andino (Gepts, 1986) . Las variedades tipo Flor de Mayo pertenecen al acervo Mesoamericano, caracterizado por semillas de tamaño pequeño a mediano, coloraciones rosadas o café claro y ciclos de madurez intermedios (Bitocchi et al., 2013).

4.4. Factores agronómicos que influyen en el rendimiento.

4.4.1 Clima.

El rendimiento del frijol variedad Flor de Mayo está fuertemente influenciado por las condiciones climáticas debido a que es un cultivo sensible a variaciones en temperatura, humedad, radiación y disponibilidad hídrica. Estos factores determinan el crecimiento vegetativo, la floración, el llenado de grano y, en general, el desempeño fisiológico de la planta (Peña-Cabriaes, 2021).

4.4.2. Temperatura

El frijol Flor de Mayo presenta un rango óptimo de temperatura de 18–28 °C para su crecimiento. Temperaturas superiores a 32 °C durante la floración provocan aborto floral, disminución en el número de vainas y reducción del tamaño de la semilla (E. , A.-G. J. A. , & T.-L. C. Acosta-Díaz, 2015) . Las altas temperaturas también reducen la viabilidad del polen y aceleran la madurez, afectando el llenado del grano.

Esto es especialmente crítico en zonas como Sinaloa, donde eventos de calor intenso coinciden frecuentemente con la etapa reproductiva del cultivo (Peña-Cabriaes, 2021) .

4.4.3. Disponibilidad hídrica

El frijol tiene un sistema radical relativamente superficial, por lo que déficits de agua durante floración y llenado de vaina generan reducciones importantes en el rendimiento. La variedad Flor de Mayo es particularmente sensible a la sequía intermitente, mostrando disminución en la fotosíntesis, cierre estomático y reducción en el número de semillas por vaina (Castellanos-Ramos, 2019).

Déficits severos pueden reducir el rendimiento hasta un 50% dependiendo de la etapa fenológica afectada (Acosta-Gallegos, 2008).

4.4.4. Humedad relativa

Humedades relativas elevadas (>70%) favorecen la aparición de enfermedades como antracnosis y roya, que afectan de manera directa el rendimiento y la calidad del grano (Celis-Palafox, 2020). Por el contrario, humedades muy bajas pueden reducir la fecundación al provocar deshidratación del polen.

4.4.5. Radiación solar

Una radiación adecuada favorece el desarrollo de hojas trifoliadas grandes y aumenta la tasa de fotosíntesis. Sin embargo, en regiones como el noroeste de México, la radiación excesiva combinada con altas temperaturas causa estrés térmico y fotooxidativo, disminuyendo la formación de vainas y la eficiencia en el llenado del grano (Núñez-Barrios, 2005) .

4.4.6. Vientos y eventos extremos

Vientos fuertes pueden causar caída de flores y vainas inmaduras, especialmente en cultivares de hábito indeterminado como Flor de Mayo. Además, lluvias intensas durante la maduración pueden provocar manchado del grano y pérdida de calidad comercial (Sánchez, 2015) .

4.4.7. Interacción clima–suelo

Las condiciones climáticas influyen en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes esenciales. En suelos de Sinaloa, altas temperaturas del suelo pueden afectar la nodulación y la fijación biológica de nitrógeno, reduciendo el vigor de la planta y su productividad (Peña-Cabriaes, 2021).

El clima influye en prácticamente todas las etapas del ciclo de desarrollo del frijol Flor de Mayo. Factores como temperatura extrema, sequía, humedad exagerada y radiación excesiva afectan directamente la floración, el llenado de grano y la calidad del producto final, por lo que entender estas respuestas es esencial para diseñar estrategias de manejo en regiones como Guasave, Sinaloa.

4.4.8. Suelo

El rendimiento del frijol variedad Flor de Mayo está estrechamente relacionado con las características físicas, químicas y biológicas del suelo, debido a que esta variedad pertenece al acervo genético mesoamericano de *Phaseolus vulgaris* L., el cual es particularmente sensible a deficiencias nutricionales, compactación y baja disponibilidad de humedad (Acosta-Gallegos, 2008).

Esta variedad se desarrolla mejor en suelos de textura franca o franco-arenosa, que permiten adecuada aireación y drenaje. Texturas pesadas, como arcillosas o franco-arcillosas, reducen el crecimiento radicular y favorecen enfermedades del sistema radical, disminuyendo significativamente el rendimiento (Núñez-Barrios, 2005). La estructura del suelo influye directamente en la emergencia, ya que compactaciones superficiales ($>1.6 \text{ g cm}^{-3}$) limitan la penetración del hipocótilo y reducen la población establecida (Castellanos-Ramos, 2019).

La variedad Flor de Mayo es particularmente sensible a deficiencias de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K):

- El nitrógeno influye en el desarrollo foliar y la formación de vainas. Su deficiencia causa clorosis, menor área foliar y menor número de flores (Peña-Cabriales, 2021).
- El fósforo es fundamental para la floración y el llenado de grano; su deficiencia reduce la formación de vainas y semillas (López-Salinas, 2019).
- El potasio regula la apertura estomática y la resistencia al estrés abiótico; niveles bajos provocan semillas más pequeñas y menor peso hectolítrico (Guzmán-Maldonado, 2013).

Suelos pobres en materia orgánica (<1%) presentan baja CIC (capacidad de intercambio catiónico), lo que reduce la disponibilidad nutrimental, afectando el desarrollo del cultivo (Castellanos-Ramos, 2019) .

4.4.8.1. pH del suelo. El frijol Flor de Mayo presenta mejor rendimiento en un pH entre 6.0 y 7.5. En suelos ácidos (pH < 5.5), disminuye la nodulación y la fijación biológica de nitrógeno y aumenta la toxicidad por aluminio (Núñez-Barrios, 2005). En pH alcalinos (>7.8), comunes en Sinaloa, disminuye la disponibilidad de P, Zn y Fe, ocasionando clorosis férrica y menor formación de vainas (Peña-Cabriales, 2021) .

4.4.8.2. Materia orgánica y actividad microbiana. La materia orgánica es esencial para mantener buena estructura del suelo y favorecer microorganismos benéficos como *Rhizobium phaseoli*. En la variedad Flor de Mayo, una mayor actividad de *Rhizobium* se asocia con mejor nodulación y mayor acumulación de nitrógeno, mejorando el rendimiento entre 10 y 25% (Castellanos-Ramos, 2019). Su baja profundidad radicular hace que esta variedad dependa fuertemente de la fertilidad y la humedad de la capa superficial del suelo.

4.4.8.3. Salinidad del suelo. El frijol Flor de Mayo es moderadamente sensible a la salinidad. Conductividades eléctricas superiores a 1.5 dS m⁻¹ reducen la germinación, y valores por encima de 3 dS m⁻¹ disminuyen el rendimiento hasta en un 50% por

afectación en la absorción de agua y toxicidad iónica (Núñez-Barrios, 2005). Este problema es común en zonas de riego del noroeste de México, como Guasave.

4.4.8.4. Patógenos del suelo. Suelos con drenaje deficiente favorecen enfermedades como pudrición radical, fusariosis y *Rhizoctonia solani*, las cuales afectan severamente a Flor de Mayo en etapas tempranas, reduciendo la población final y el rendimiento potencial (Celis-Palafox, 2020).

Es decir que, la productividad del frijol Flor de Mayo depende fuertemente de una buena estructura del suelo, adecuada fertilidad, pH dentro del rango óptimo, bajos niveles de salinidad y una comunidad microbiana activa. Las condiciones subóptimas reducen la emergencia, nodulación, floración y formación de vainas, impactando directamente el rendimiento final.

4.4.9. Fertilización.

En el valle de Guasave, los suelos presentan variabilidad en contenido de materia orgánica y textura, lo que condiciona la disponibilidad de nutrimentos (Peña-Cabriales, 2021), el rendimiento del frijol en zonas semiáridas como el norte de Sinaloa depende en gran medida del manejo nutrimental, destacando que la aplicación equilibrada de nitrógeno (N) y fósforo (P) puede mejorar el crecimiento vegetativo, la nodulación y la formación de vainas.

Estudios regionales señalan que la fertilización nitrogenada en dosis moderadas favorece el rendimiento del frijol Flor de Mayo en Sinaloa, debido a que el cultivo presenta una nodulación variable, especialmente cuando las temperaturas del suelo son elevadas en etapas tempranas (Fierros, 2020). Asimismo, la incorporación de fósforo promueve la formación de raíces y el desarrollo de flores, lo que se traduce en una mayor proporción de vainas y mayor peso de grano (Pérez-Hernández, 2018).

En Guasave, el uso de programas de fertilización con N-P (40–60 kg ha⁻¹ de N y 40–50 kg ha⁻¹ de P₂O₅) ha mostrado incrementos significativos en rendimiento, especialmente bajo condiciones de riego, donde la eficiencia nutrimental es mayor. La

falta de fertilización o aplicaciones desequilibradas reducen el número de vainas por planta y el peso de grano, limitando la productividad comercial (SIAP, 2022) .

4.4.10. Agua.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), particularmente la variedad Flor de Mayo, es uno de los cultivos más sensibles a la disponibilidad de agua durante sus etapas clave de desarrollo. En el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, donde predominan condiciones de clima seco y altas temperaturas, el manejo del riego se vuelve determinante para alcanzar rendimientos óptimos.

La disponibilidad de agua afecta directamente procesos como la germinación, crecimiento vegetativo, floración y llenado de grano, etapas críticas donde el estrés hídrico puede reducir significativamente el rendimiento (Peña-Cabriales, 2021), en regiones semiáridas del noroeste de México la disponibilidad hídrica es uno de los factores más limitantes para el frijol, ya que déficits de humedad durante floración provocan aborto floral y disminución del número de vainas.

Investigaciones realizadas en el norte de Sinaloa demuestran que el frijol Flor de Mayo requiere entre 350 y 450 mm de agua durante su ciclo, dependiendo de la época de siembra y la temperatura ambiental. Cuando el suministro de agua es insuficiente, se observa disminución en el área foliar, reducción de la fotosíntesis y menor llenado de grano (Acosta-Díaz et al., 2012). Por el contrario, riegos bien programados especialmente antes de floración y durante el llenado de vaina incrementan el rendimiento entre un 20 % y 40 % (CONAGUA., 2023).

En Guasave, donde predomina el riego por gravedad, un manejo deficiente puede ocasionar tanto déficit como exceso de agua. El exceso reduce la aireación del suelo y afecta la nodulación, mientras que la falta de riego limita el crecimiento y disminuye el peso de grano (Luna-Flores, 2015). Por ello, se recomienda aplicar riegos en etapas críticas como prefloración, floración y llenado de vaina, con láminas adecuadas para evitar estrés hídrico.

4.5. Propiedades físicas del grano

La calidad fisicoquímica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), incluyendo la variedad Flor de Mayo, es un parámetro clave para su aceptación comercial y su valor nutricional. Esta calidad depende de factores como composición química, tamaño y forma del grano, color, dureza, absorción de agua, contenido de proteína y almidón, así como características tecnológicas relacionadas con cocción.

La variedad Flor de Mayo pertenece al grupo de frijoles de tipo “rosado”, ampliamente consumidos en el centro y norte de México. Su calidad fisicoquímica destaca por el color rosado brillante, buena capacidad de absorción, textura suave al cocerse y alto contenido proteico.

5.1.1. 4.5.1. Tamaño, forma y peso

Los granos del tipo Flor de Mayo presentan una forma ovalada-alargada, con pesos generalmente entre 28 y 35 g por 100 semillas, lo cual los clasifica como de tamaño mediano (García-Gasca, 2013).

Estas características físicas influyen en el tiempo de cocción, capacidad de hidratación y aceptación comercial del grano.

5.1.2. 4.5.2. Color del tegumento

El frijol Flor de Mayo es reconocido por su color rosado-pálido, que depende de compuestos fenólicos, principalmente antocianinas y taninos condensados.

El color es un indicador de frescura y calidad: el oscurecimiento durante el almacenamiento disminuye el valor comercial y altera el tiempo de cocción (Acosta-Gallegos, 2008).

4.4.3. Dureza y textura

La dureza del tegumento y del cotiledón está relacionada con el envejecimiento del grano, el contenido de calcio y magnesio, y la composición de la pared celular. El frijol

Flor de Mayo suele presentar dureza intermedia, lo que favorece un tiempo de cocción relativamente corto, de entre 60 y 90 minutos bajo condiciones estándar (Pérez-Hernández, 2018).

4.6. Propiedades químicas

4.6.1. Contenido de proteína

Los frijoles Flor de Mayo contienen entre 20 % y 24 % de proteína, dependiendo de las condiciones de cultivo, almacenamiento y variedad genética (Guzmán-Maldonado, 2013). Estas proteínas incluyen albúminas, globulinas y glutelinas, siendo las globulinas las predominantes.

4.6.2. Contenido de almidón

El almidón representa entre 50 % y 60 % del peso seco. Se compone de amilosa (20–30 %) y amilopectina (70–80 %). La proporción de amilosa influye en la suavidad del grano, la capacidad de absorción de agua y la textura final después de la cocción.

4.6.3. Fibra dietética y minerales

El frijol Flor de Mayo presenta entre 15 % y 18 % de fibra total, siendo rica en fibra insoluble. Esto contribuye a propiedades funcionales como reducción de glucosa post-prandial y salud digestiva (Reyes-Moreno, 1993). Entre los minerales predominantes destacan el hierro (4.5–6.0 mg/100 g), el Calcio (80–120 mg/100 g), el Magnesio (150–180 mg/100 g) y el Zinc (2.5–3.5 mg/100 g). Estos minerales son relevantes para la calidad nutricional del producto.

4.6.4. Compuestos fenólicos y antioxidantes

El Flor de Mayo contiene cantidades moderadas de flavonoides, taninos, antocianinas, ácido ferúlico y ácido gálico. La presencia de estos compuestos influye en el color, estabilidad y capacidad antioxidante del grano (Espinosa-Alonso, 2006).

4.6.5. Capacidad de absorción de agua

El frijol Flor de Mayo suele presentar una absorción de 80 % a 110 % después de 12 h de remojo. Un grano con mayor absorción suele cocinarse más rápido y adquirir mejor textura.

4.6.6. Tiempo de cocción

El tiempo de cocción es un indicador de calidad importante. El Flor de Mayo presenta tiempos de cocción de 60 a 90 minutos, dependiendo del año agrícola y manejo postcosecha. El aumento del tiempo se asocia con el fenómeno “grano duro” o hard-to-cook, causado por almacenamiento prolongado, temperatura alta o deficiencia de calcio (Berrios, 1999).

4.7. Características morfológicas

La variedad Flor de Mayo pertenece al grupo de frijoles tipo “rosado” ampliamente cultivados en México, especialmente en las regiones centro, occidente y noroeste. Este tipo de frijol es altamente apreciado por su calidad culinaria, suavidad al cocerse y su color distintivo rosado, lo cual le confiere un valor comercial relevante. Su cultivo tiene importancia agrícola, social y alimentaria, y ha sido objeto de programas de mejoramiento genético realizados tanto por el INIFAP como por universidades y centros de investigación nacionales (Acosta-Gallegos, 2008).

4.7.1. Planta

La planta de la variedad Flor de Mayo presenta un hábito de crecimiento indeterminado tipo II, caracterizado por porte semierecto y entrenudos relativamente cortos. Esta morfología le permite desarrollar un follaje equilibrado que facilita una buena intercepción de luz y contribuye a la formación adecuada de vainas (Singh, 2001).

4.7.2. Sistema radicular

El sistema radicular es pivotante con ramificaciones laterales abundantes, lo que permite explorar mejor el perfil del suelo y aprovechar nutrientes y humedad en ambientes semiáridos como los del noroeste de México. Esto es especialmente relevante para condiciones de estrés hídrico, ya que la adaptación de la raíz influye en el rendimiento (E. , A.-G. J. A. , & T.-L. C. Acosta-Díaz, 2015).

4.7.3. Vainas

Las vainas son de longitud media (8–12 cm) y presentan entre 4 y 6 semillas por vaina, aunque este número puede variar dependiendo del manejo agronómico y la disponibilidad de agua. Son de color verde durante su formación y adquieren tonalidad amarillenta al madurar.

4.7.4. Grano

El grano es de forma ovalada–alargada, con color rosado característico. Su peso varía entre 28 y 35 g por cada 100 semillas, lo que lo clasifica como un frijol de tamaño mediano (García-Gasca, 2013). El tipo de tegumento influye en su tiempo de cocción, que suele ser bajo en comparación con otros frijoles, una característica que favorece su demanda comercial.

4.8. Ciclo y fenología.

El ciclo de la variedad Flor de Mayo oscila entre 85 y 105 días, dependiendo de la fecha de siembra y las condiciones de riego.

Las etapas son:

- Germinación: 3–5 días
- Etapa vegetativa: 20–25 días
- Floración: 25–35 días después de la siembra

- Formación de vainas: 45–55 días
- Madurez fisiológica: 80–90 días

Una floración uniforme y un buen cuajado favorecen un mayor número de vainas por planta, indicador clave del rendimiento final.

4.9. Rendimiento y comportamiento agronómico

El rendimiento potencial del frijol Flor de Mayo puede alcanzar 2.0–2.5 t ha⁻¹ bajo condiciones de riego en el noroeste de México, aunque en sistemas comerciales suele oscilar entre 1.2 y 1.8 t ha⁻¹ (SIAP, 2022). El rendimiento depende principalmente de la disponibilidad de humedad, la fertilización nitrogenada y fosforada, las fechas de siembra, la densidad adecuada y el control de plagas y enfermedades. La variedad presenta buena respuesta a fertilización N-P, especialmente en suelos arenosos como los de Guasave, donde la materia orgánica es baja.

4.10. Necesidades nutricionales.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), incluyendo la variedad Flor de Mayo, requiere un suministro equilibrado de nutrientes para alcanzar un crecimiento óptimo, una adecuada fijación biológica de nitrógeno (FBN) y altos rendimientos. Aunque es una leguminosa capaz de fijar nitrógeno atmosférico, su eficiencia depende de múltiples factores como la fertilidad del suelo, la presencia de *Rhizobium etli*, la humedad, el pH y la temperatura (Graham, 1997).

La variedad Flor de Mayo, común en sistemas de riego del noroeste de México, especialmente en Guasave, presenta alta exigencia de fósforo, moderada de nitrógeno y potasio, y requerimientos específicos de micronutrientes como zinc, boro y molibdeno. El manejo nutrimental es una pieza clave para mejorar el rendimiento y la calidad físico-química del grano.

El frijol puede fijar nitrógeno atmosférico mediante su simbiosis con *Rhizobium*, esta capacidad no siempre es suficiente para cubrir sus necesidades iniciales, especialmente en suelos de Sinaloa con bajo contenido de materia orgánica (INIFAP, 2018). Las funciones del nitrógeno principalmente en la planta impactan en el desarrollo vegetativo y formación de hojas, participación en síntesis de clorofila, aumento del área foliar y fotosíntesis e impacto directo en el contenido de proteína del grano. Se recomienda aplicar 20–40 kg ha⁻¹ de N al momento de la siembra para estimular el crecimiento inicial; suplementar con 20–30 kg ha⁻¹ adicionales en etapa vegetativa si la nodulación es deficiente (Peña-Cabriales, 2021). Sin embargo, se debe de evitar excesos, ya que reducen la nodulación y favorecen el crecimiento excesivo de follaje.

El fósforo es uno de los elementos más limitantes para el frijol en suelos de clima cálido, por su baja disponibilidad y su fijación por calcio en suelos alcalinos como los de Guasave (Cano-Ríos, 2016). Este elemento apoya en la formación de raíces y nódulos, en el desarrollo de flores y vainas, en la síntesis de ATP y metabolismo energético y en la mejora cuajado de vainas y llenado de grano (Pérez-Hernández, 2018).

Además de estos elementos también es de suma importancia el potasio ya que es crucial para el frijol en regiones cálidas por su participación en regulación estomática y tolerancia al estrés hídrico. Este elemento ayuda en la activación enzimática, en el transporte de nutrientes y azúcares regulación de apertura estomática y en el aumento de la resistencia a enfermedades. Los requerimientos son normalmente 40–80 kg ha⁻¹ de K₂O cuando el suelo es deficiente, en suelos de Sinaloa, con niveles medios de K, la aplicación puede no ser indispensable (SIAP, 2022).

4.11. Plagas y enfermedades

El cultivo de frijol en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, se desarrolla bajo condiciones de clima cálido-seco y sistemas de riego. Estas condiciones favorecen la

presencia de diversas plagas y enfermedades que afectan la fenología del cultivo y pueden limitar el rendimiento y la calidad físico-química del grano. La variedad Flor de Mayo, ampliamente sembrada en el noroeste de México, es susceptible a varios insectos y patógenos comunes del frijol, aunque muestra tolerancia moderada a algunas enfermedades foliares (INIFAP, 2018).

Entre las plagas que inciden mayormente al cultivo se encuentran la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), el trips, el gusano cogollero, pulgones, minador de la hoja, gorgojo del frijol, mismas que ocasionan una reducción del rendimiento por baja tasa fotosintética, pérdida de peso y calidad del grano, plantas mas susceptibles a virus y baja productividad (Cabrera et al., 2016; Tejada et al., 2017; (López et al, 2016; Berrios et al., 2018).

Entre las principales enfermedades que se pueden desarrollar esta la roya del frijol roya del frijol, la antracnosis, tizón común, mancha angular y pudrición radicular por *rhizoctonia solani* (Marín- Ramírez et al, 2013; Rodríguez- Guerra et al., 2005; Parra-Cota et al, 2015; Castellanos et al., 2010; González- García, 2017)

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el campo experimental y laboratorios del Instituto Tecnológico Superior de Guasave, ubicado en la localidad de El Burrioncito, en el municipio de Guasave, Sinaloa.

6.2. Material biológico

Se utilizó la variedad de frijol Flor de mayo proporcionada por un productor del municipio, la semilla fue producida bajo condiciones de temporal en 2024.

6.3. Siembra

La siembra se llevó a cabo el día 27 de octubre del 2025, se colocaron 8 surcos con una densidad de siembra de 6 plantas por metro (ilustración 1).

Ilustración 1. Siembra de frijol variedad Flor de Mayo en el campo experimental del ITSG, ciclo agrícola otoño-invierno 2025.



6.4. Prácticas culturales

Los monitoreos del cultivo se realizaban cada semana con la finalidad de evaluar presencia de plagas, riegos y fertilización (ilustración 2). De igual forma, se realizaron labores culturales para eliminar la presencia de arvenses.

6.5. Medición de parámetros agronómicos

Durante el desarrollo del cultivo se monitoreo la geminación, se tomaron mediciones de altura de la planta, numero de hojas y tamaño de hoja, fecha de floración, y se monitoreo el desarrollo de vainas.

Ilustración 2. Cultivo de frijol variedad Flor de Mayo en el campo experimental del ITSG, otoño-invierno 2025.



6.6. Cosecha

La cosecha del frijol Flor de Mayo se realizó de forma manual en el campo experimental, seleccionando plantas que presentaron vainas en estado de madurez fisiológica. Las plantas fueron arrancadas cuidadosamente para evitar pérdidas de grano, posteriormente se dejaron secar y se procedió a la separación de las vainas no sin antes tomarle sus respectivas medidas. Este método permitió conservar la integridad del grano y asegurar una adecuada calidad para su posterior análisis.

5.7 Evaluaciones fisicoquímicas del grano de frijol

5.7.1. Características físicas

Peso y forma: una vez ya seco el grano, se procedió a la evaluación manual del peso y la forma del frijol, seleccionaron al azar 100 granos representativos de la cosecha. El peso se determinó mediante el uso de una balanza, mientras que la forma del grano se evaluó con la ayuda de un vernier, donde se tomaron medidas de ancho y largo, considerando su uniformidad y características típicas de la variedad. Este procedimiento permitió obtener información precisa sobre las propiedades físicas del grano.

Color del grano: La determinación del color se llevó a cabo mediante un análisis colorimétrico, evaluando tanto vainas como hojas y granos representativos. Para ello, se utilizó un colorímetro Konica Minolta, registrando los valores de luminosidad (L^*), así como los parámetros a^* y b^* , lo que permitió describir de manera objetiva la tonalidad y el estado fisiológico del material vegetal analizado.

Capacidad de absorción de agua: La capacidad de absorción de agua se determinó utilizando granos representativos, los cuales se sometieron a un proceso de hidratación durante 18 horas. Posteriormente, se registró el incremento de peso de los

granos, lo que permitió evaluar su capacidad de rehidratación, parámetro directamente relacionado con la calidad del grano y su comportamiento durante la cocción.

Determinación de testa: La determinación del contenido de testa se realizó mediante un proceso previo de descascarillado de los granos, separando manualmente la cáscara de la semilla. Posteriormente, se registró el peso de la testa y de la semilla, lo que permitió evaluar la proporción de cáscara presente en el grano y su influencia en la calidad y propiedades funcionales del frijol.

Densidad: La determinación de la densidad del grano se realizó mediante el método de desplazamiento de volumen, utilizando una probeta graduada y una balanza. Se registró el peso de los granos y el volumen de agua desplazado, calculando la relación masa/volumen, lo que permitió evaluar la compactación y la estructura interna del frijol.

Tiempo de cocción: La determinación del tiempo de cocción se llevó a cabo utilizando la misma cantidad de grano y agua en las tres repeticiones, manteniendo una temperatura constante durante todo el proceso. El tiempo se registró desde el inicio de la ebullición hasta que el grano alcanzó una textura suave, lo que permitió comparar de manera uniforme el comportamiento del frijol durante la cocción.

5.7.1. Características químicas.

Humedad: La determinación del contenido de humedad se realizó mediante un método gravimétrico, pesando las muestras de harina de frijol antes y después de someterlas a un proceso de secado. La diferencia de peso obtenida permitió calcular el porcentaje de humedad, parámetro importante para evaluar la estabilidad, conservación y calidad del producto.

Cenizas: La determinación del contenido de cenizas se realizó mediante la incineración de las muestras en un horno o mufla, sometiéndolas a altas temperaturas

hasta la completa combustión de la materia orgánica. El residuo inorgánico obtenido fue pesado, lo que permitió calcular el porcentaje de cenizas y estimar el contenido mineral del frijol.

Grasas: La determinación del contenido de grasas se realizó mediante un método de extracción, utilizando un solvente orgánico para separar los lípidos presentes en la muestra. Posteriormente, el solvente fue evaporado y el residuo graso obtenido se pesó, lo que permitió calcular el porcentaje de grasas y evaluar su contribución a la composición química del frijol.

Fibra cruda: La determinación de fibra cruda se llevó a cabo mediante un método químico, sometiendo las muestras a digestiones ácida y alcalina sucesivas para eliminar los componentes solubles. El residuo obtenido fue secado y pesado, lo que permitió calcular el contenido de fibra cruda y evaluar su aporte a la calidad nutricional del frijol.

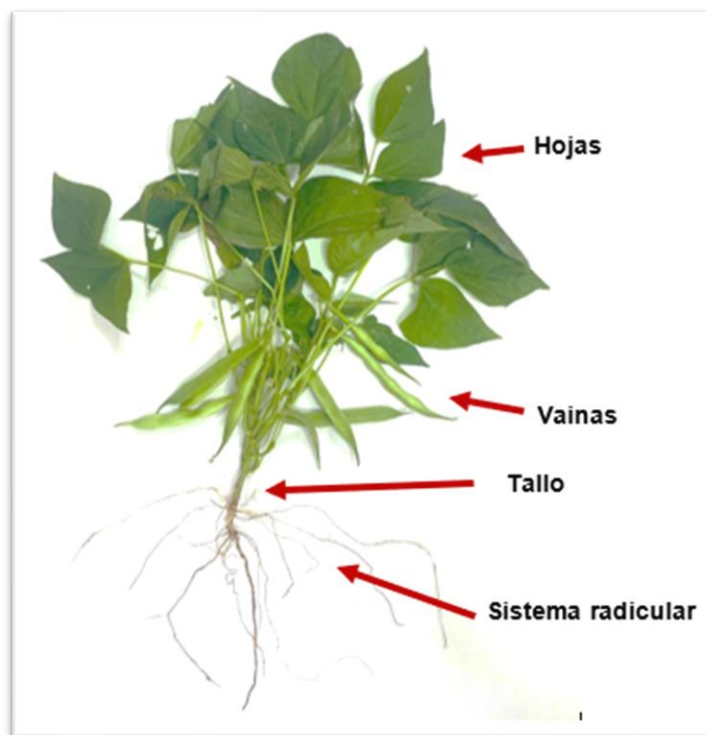
Proteínas: La determinación del contenido de proteína se realizó mediante el método de Kjeldahl, el cual se basa en la cuantificación del nitrógeno total presente en la muestra. Las muestras previamente secadas y molidas fueron sometidas a digestión con ácido sulfúrico concentrado y un catalizador, hasta obtener una solución clara. Posteriormente, se llevó a cabo la destilación del amoníaco liberado mediante la adición de hidróxido de sodio, el cual fue capturado en una solución de ácido bórico y cuantificado por titulación con ácido clorhídrico. El contenido de proteína se calculó multiplicando el nitrógeno total por un factor de conversión de 6.25, expresando los resultados en porcentaje de proteína en base seca.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

7.1. Variables agronómicas

Los resultados de la evaluación de las variables agronómicas del cultivo de frijol variedad Flor de Mayo se presentan en el Cuadro 2. La altura promedio de la planta fue de 16.13 cm, lo que indicó un desarrollo vegetativo adecuado bajo las condiciones experimentales del ciclo otoño–invierno 2025 (ilustración 3). Este valor es comparable con lo reportado en estudios realizados en distintas regiones productoras de frijol en México, donde se señala que la altura de planta durante las primeras etapas del desarrollo refleja una adecuada adaptación del cultivo a las condiciones edafoclimáticas y al manejo agronómico aplicado (INIFAP, 2015). Asimismo, se ha documentado que la altura de planta es un parámetro agronómico relevante debido a su relación con el vigor vegetal y el potencial productivo del cultivo.

Ilustración 3. Órganos de la planta de frijol variedad Flor de Mayo.



El número promedio de hojas fue de 19.62 hojas por planta, lo que evidenció una emisión foliar favorable, asociada con un adecuado desarrollo vegetativo del cultivo. Este comportamiento es comparable con lo reportado en evaluaciones agronómicas de frijol realizadas en diferentes regiones de México, donde se señala que una mayor emisión foliar durante la etapa vegetativa está relacionada con un mayor vigor de la planta y una mejor eficiencia fisiológica, siempre que las condiciones de nutrición y ambiente sean adecuadas (INIFAP, 2014).

Asimismo, el tamaño promedio de la hoja fue de 19.06 cm, lo que indicó un desarrollo apropiado del área foliar. Estudios agronómicos han documentado que un mayor tamaño de hoja contribuye a una mejor interceptación de la radiación solar y a una mayor capacidad fotosintética, factores clave para el crecimiento equilibrado del frijol y su posterior desempeño productivo (FAO, 2016).

Cuadro 2. Variables agronómicas evaluadas en el cultivo de frijol Flor de Mayo, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2025.

Variable evaluada	Valor promedio
Altura de la planta (cm)	16.13
Número de hojas (hojas planta)	19.62
Tamaño de la hoja (cm)	19.06

Posteriormente, se evaluaron las características físicas de las vainas (Cuadro 3). La variabilidad observada en el peso de la vaina (0.79–7.29 g) puede atribuirse a diferencias en el grado de desarrollo y llenado del fruto, así como al número de semillas por vaina. Este comportamiento ha sido documentado en estudios agronómicos del cultivo de frijol, donde se señala que el peso de la vaina es un parámetro altamente influenciado por las condiciones ambientales y el manejo del cultivo durante la etapa reproductiva (INIFAP, 2016).

En contraste, el ancho de la vaina presentó valores relativamente uniformes (0.5–1.0 cm), lo cual concuerda con evaluaciones morfológicas que indican que este carácter tiende a ser más estable y menos susceptible a variaciones ambientales en variedades comerciales de frijol, incluyendo aquellas del grupo Flor de Mayo (FAO, 2017). Por su parte, el largo de la vaina mostró una mayor variación (5.4–11.4 cm), lo que puede reflejar diferencias en el crecimiento longitudinal del fruto asociadas a la disponibilidad de recursos y al desempeño fisiológico individual de las plantas, aun dentro de un mismo ciclo reproductivo.

Cuadro 3. Características físicas de la vaina del cultivo de frijol Flor de Mayo, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2025.

Característica evaluada	Valor mínimo	Valor máximo
Peso de la vaina (g)	0.79	7.29
Ancho de la vaina (cm)	0.5	1.0
Largo de la vaina (cm)	5.4	11.4

Ilustración 4. Vainas de frijol Flor de Mayo, ciclo agrícola otoño-invierno 2025.



En cuanto a la evaluación del color, se realizó un análisis colorimétrico tanto en vainas como en hojas (Cuadro 4). En las vainas, los valores de luminosidad (L^*) entre 57.61

y 63.79 indicaron una coloración relativamente clara, lo que se ha relacionado con estados óptimos de fisiología y contenido de clorofila durante la maduración del fruto (Sánchez, 2020). Los valores negativos de a^* (-17.35 a -18.65) reflejaron una predominancia de tonalidades verdes, confirmando que las vainas se encontraban en etapas de desarrollo fisiológico favorables. Los valores positivos de b^* (26.01 – 30.59) sugirieron una ligera tendencia hacia tonos amarillo-verdosos, lo cual es característico de frijol en madurez fisiológica (Rodríguez, S., & Torres, M., 2018).

En hojas, los valores de L^* más bajos (41.71 – 43.95) se asociaron a mayor concentración de clorofila, lo que concuerda con lo reportado en estudios de colorimetría foliar en leguminosas (Rodríguez, S., & Torres, M., 2018). Los valores negativos de a^* (-12.53 a -15.26) confirmaron una intensa coloración verde, mientras que los valores de b^* entre 19.43 y 22.75 indicaron tonalidades amarillo-verdosas propias de hojas en pleno desarrollo.

Cuadro 4. Características físicas (color) de la vaina y hojas del cultivo de frijol Flor de Mayo, en el ciclo agrícola otoño-invierno 2025.

Órgano evaluado	Parámetro	Valor mínimo	Valor máximo	Interpretación
Vaina	L^*	57.61	63.79	Luminosidad relativamente alta, asociada a coloración clara
Vaina	a^*	-18.65	-17.35	Valores negativos que indican marcada tonalidad verde
Vaina	b^*	26.01	30.59	Valores positivos que reflejan ligera tendencia a tonalidades amarillas
Hojas	L^*	41.71	43.95	Menor luminosidad, relacionada con mayor concentración de clorofila
Hojas	a^*	-15.26	-12.53	Valores negativos que confirman intensa coloración verde

Hojas	b*	19.43	22.75	Tonalidades amarillo-verdosas propias de hojas en pleno desarrollo
-------	----	-------	-------	--

7.2. Caracterización física del grano

Los granos de frijol Flor de Mayo posee una forma reniforme u ovoide, presentaron un ancho de 0.4 cm y un largo de 1.1 cm (ilustración 5).

Para la determinación de la densidad se empleó una probeta graduada y una balanza analítica, calculando la relación masa/volumen. A partir de 100 granos con un peso de 30.8 g y un volumen desplazado de 36 ml, se obtuvo una densidad aproximada de 0.85 g/ml, lo que indica una adecuada compactación del grano y una estructura interna favorable.

Este valor es consistente con lo reportado en estudios de calidad física de semillas de leguminosas, donde se señala que densidades cercanas a 0.80–0.90 g/mL se asocian con granos bien desarrollados, menor proporción de cavidades internas y mejor integridad estructural (Singh et al., 2010). Asimismo, evaluaciones realizadas bajo criterios internacionales de análisis de semillas indican que una mayor densidad del grano está relacionada con un mejor desempeño durante el almacenamiento y con características tecnológicas favorables para el procesamiento industrial (ISTA, 2019).

Cuadro 5. Parámetros físicos del grano de frijol Flor de Mayo, cantidad evaluada a 100 granos.

Parámetro evaluado	Valor obtenido
Número de granos	100 granos
Peso del grano	30.8 g
Volumen desplazado	36 mL
Densidad del grano	0.85 g/ml

Ilustración 5. Evaluación de la forma de semillas de frijol variedad Flor de Mayo.



En el Cuadro 6 se presentan los resultados del contenido de testa del frijol, parámetro que se determinó mediante el proceso de descascarillado. El peso inicial de las muestras fue de 6.2, 6.4 y 5.8 g, respectivamente. Posteriormente, se obtuvo un peso de cáscara de 0.5 g en la muestra 1, 0.4 g en la muestra 2 y 0.5 g en la muestra 3, mientras que el peso de la semilla fue de 6.1, 6.8 y 5.6 g, respectivamente.

Estos resultados indican una proporción de testa relativamente baja, condición considerada favorable desde el punto de vista tecnológico y culinario, ya que la testa actúa como una barrera física que limita la absorción de agua durante el remojo y prolonga el tiempo de cocción. Estudios enfocados en la calidad física y culinaria del frijol han señalado que semillas con menor proporción de testa presentan una

hidratación más eficiente y tiempos de cocción reducidos, lo que mejora su calidad para consumo humano (Paredes-López, 1991).

Cuadro 6. Resultados del contenido de testa de semillas de frijol Flor de Mayo.

Muestra	Peso inicial (g)	Peso de la testa (g)	Peso de la semilla (g)	Observaciones
1	6.2	0.5	6.1	Baja proporción de testa, favorable para la calidad del grano
2	6.4	0.4	6.8	Buena relación semilla–testa, facilita absorción de agua
3	5.8	0.5	5.6	Proporción de testa adecuada para consumo humano

En la medición del parámetro de color del grano (ilustración 5) se obtuvo que el valor promedio de luminosidad (L^*) fue de 50.44, lo que indica una tonalidad intermedia, característica de frijoles con testa de color oscuro a medianamente claro (Cuadro 7). Este valor concuerda con lo reportado por Escamilla Hernández, (2013), quien menciona que las variedades de frijol con testa pigmentada presentan valores de L^* moderados debido a la presencia de compuestos fenólicos y pigmentos naturales en la cubierta del grano.

El parámetro a^* presentó un valor promedio de 10.02, lo que refleja una tendencia hacia tonalidades rojizas, asociadas principalmente a la coloración natural de la testa del frijol Flor de Mayo. Por su parte, el valor promedio de b^* fue de 7.66, lo que indica una ligera presencia de tonalidades amarillas. Al analizar las repeticiones, se observó variación en los valores de L^* , a^* y b^* , destacando la repetición 4, en la cual se registró el mayor valor de luminosidad (57.98).

Ilustración 6. Evaluación de color de frijol Flor de Mayo, ciclo agrícola otoño-invierno 2025.



Este comportamiento ha sido reportado en estudios de caracterización cromática del frijol común, donde se menciona que las variaciones en los parámetros de color pueden estar relacionadas con diferencias en el tamaño del grano, la uniformidad y espesor de la testa, así como con efectos derivados del manejo postcosecha y las condiciones de almacenamiento (Francis, 1975). Dichos factores influyen directamente en la percepción visual del grano y en su clasificación comercial.

Cuadro 7. Resultados de la evaluación de color en granos de frijol variedad Flor de Mayo.

Repetición	<i>L</i>[*]	<i>a</i>[*]	<i>b</i>[*]
1	48.65	10.25	7.90
2	46.14	7.87	7.80
3	48.99	11.03	5.83
4	57.98	10.93	9.12
Promedio	50.44	10.02	7.66

7.3. Caracterización química del grano

Se evaluó la capacidad de absorción de agua utilizando 25 granos por muestra, los cuales fueron sometidos a un periodo de hidratación de 18 horas. La muestra 1 presentó un incremento de peso de 9.2 g a 19.8 g, la muestra 2 de 7.5 g a 16.6 g y la muestra 3 de 8.0 g a 17.6 g. Estos incrementos reflejan una alta capacidad de absorción de agua, lo cual favorece la rehidratación del grano.

Este comportamiento es consistente con lo reportado en estudios sobre calidad tecnológica del frijol, donde se señala que una mayor absorción de agua durante el remojo está directamente relacionada con una reducción en el tiempo de cocción y con una mejor calidad culinaria del grano. Investigaciones publicadas en revistas especializadas indican que esta característica depende de factores como la permeabilidad de la testa y la estructura del endospermo, los cuales influyen en la rapidez de hidratación del grano (Varriano, Jackson & Marston, 1981).

Cuadro 8. Capacidad de absorción de agua de semillas de Flor de Mayo.

Muestra	Número de granos	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Incremento de peso (g)	Interpretación
1	25	9.2	19.8	10.6	Alta capacidad de absorción de agua, favorece menor tiempo de cocción
2	25	7.5	16.6	9.1	Buena rehidratación del grano
3	25	8.0	17.6	9.6	Elevada absorción de agua, adecuada para consumo humano

En el cuadro 9 se muestra el tiempo de cocción, el cuál presentó variaciones entre las muestras evaluadas, con valores que oscilaron entre 1 h 55 min y 2 h 50 min. La muestra 2 registró el menor tiempo de cocción (1 h 58 min), mientras que la muestra 1 presentó el mayor tiempo (2 h 50 min). Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones en el tamaño del grano, el contenido de testa y la capacidad de absorción de agua.

Este comportamiento coincide con lo reportado en estudios publicados en revistas científicas, donde se señala que granos con mayor capacidad de hidratación y menor resistencia de la testa presentan un ablandamiento más rápido durante la cocción. Asimismo, se ha documentado que la estructura del cotiledón y la permeabilidad de la testa influyen directamente en el tiempo requerido para alcanzar una textura adecuada para el consumo (Reyes-Moreno & Paredes-López, 1993).

Cuadro 9. Determinación del tiempo de cocción de semillas de frijol Flor de Mayo.

Muestra	Relación grano: agua	Hora de inicio	Hora de término	Tiempo total de cocción	Observaciones
1	100 g/L	9:50 a.m.	12:40 p.m.	2 h 50 min	Mayor tiempo de cocción, asociado al tamaño del

					grano y contenido de testa
2	100 g/L	8:15 a.m.	10:13 a.m.	1 h 58 min	Menor tiempo de cocción, favorecido por buena absorción de agua
3	100 g/L	10:20 a.m.	12:15 p.m.	1 h 55 min	Tiempo intermedio, relacionado con características físicas

La composición química de la semilla de frijol comprende parámetros que varían de acuerdo a la variedad y a las condiciones climáticas y edáficas de la zona en donde se produce.

En el cuadro 10 se muestra la composición química de la semilla de frijol variedad Flor de Mayo, sin ningún tratamiento. El porcentaje de humedad de 10.64 % se encuentra dentro del rango reportado por la (FAO, 2011), para granos y semillas. Es importante mencionar que el porcentaje de humedad debe estar por debajo del 14 %, ya que, si se supera este umbral, puede favorecerse la proliferación de hongos, lo que propiciaría un daño irreversible en el grano.

Cuadro 10. Resultados de parámetros químicos en semilla de frijol variedad Flor de Mayo.

Parámetro	Promedio	Desv. est.
% Humedad	10.64	0.0103
% Cenizas	4.35	0.0286
% Grasas	2.70	0.0499
% Fibra cruda	8.29	0.0127
% Proteína	0.014	-

El porcentaje de grasas en frijol Flor de Mayo fue de 2.70 % (cuadro 10) estando en concordancia con estudios recientes sobre la composición de semillas de *Phaseolus vulgaris*, se ha reportado que el contenido de lípidos en frijoles secos puede oscilar entre aproximadamente 1.8 % y 3.1 % del peso seco (Antova, 2026). De manera

similar, análisis de la fracción lipídica de frijoles comunes han documentado valores de grasa cercanos a 2.46 % en la semilla de diversas variedades (David, 2019). Estos porcentajes reflejan la naturaleza predominantemente baja en grasa de las semillas de leguminosas comestibles y coinciden con reportes previos de frijol donde el contenido de lípidos es menor que el de otros macronutrientes, como proteína o carbohidratos.

El contenido de cenizas determinado en la semilla de frijol variedad Flor de Mayo fue de 4.35 % (cuadro 10), lo cual representa la fracción mineral total presente en la muestra tras la incineración de la materia orgánica. Este parámetro es un indicador indirecto de la cantidad total de minerales en la semilla, tales como calcio, fósforo, potasio, magnesio, hierro y otros elementos esenciales para la nutrición vegetal y humana. El valor obtenido se encuentra dentro de los rangos comúnmente reportados para semillas de *Phaseolus vulgaris*, en las cuales el contenido de cenizas suele situarse aproximadamente entre 3 y 5 % en base seca, dependiendo de la variedad, las condiciones edafoclimáticas y las prácticas de manejo agronómico (García, 2016). En este sentido, el resultado observado para la variedad Flor de Mayo sugiere una adecuada concentración de minerales, consistente con el perfil nutricional típico del frijol común.

Con respecto al contenido de proteínas, el valor determinado experimentalmente fue de 1.4 % (cuadro 10). Si bien los valores absolutos pueden variar según la metodología analítica y la base de cálculo (base húmeda vs. base seca), estudios previos han documentado que las semillas secas de frijol común contienen una proporción sustancial de proteína, con porcentajes que en base seca comúnmente varían entre ~17 % y >25 % en diversas variedades de *P. vulgaris* (Celmeli, 2018). Estos reportes respaldan la consideración del frijol como una fuente importante de proteína vegetal en la alimentación humana y reflejan la tendencia general observada en leguminosas.

VIII. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Flor de Mayo presentó un desarrollo adecuado y características favorables desde el punto de vista agronómico, físico, químico, funcional y tecnológico. Durante las evaluaciones realizadas en campo se observó un buen desarrollo vegetativo de las plantas, reflejado en el tamaño de planta, número de hojas y tamaño de las mismas, lo cual indica un cultivo vigoroso y con capacidad para sostener una adecuada formación de vainas y llenado de grano.

Las características físicas de las vainas mostraron una variabilidad en peso y longitud, atribuible principalmente a diferencias en el grado de desarrollo y número de semillas, mientras que el ancho se mantuvo relativamente uniforme, confirmando las características propias de la variedad Flor de Mayo. Estas variables influyen directamente en la calidad del grano y en el rendimiento potencial del cultivo. Asimismo, el análisis colorimétrico realizado en vainas y hojas evidenció tonalidades verdes intensas y valores de luminosidad acordes a tejidos en buen estado fisiológico, lo que sugiere un adecuado estado nutricional y de madurez al momento de la evaluación.

En cuanto a la caracterización del grano, los resultados obtenidos en densidad indicaron una buena compactación y estructura interna, aspectos importantes para su calidad comercial y tecnológica. El contenido de testa fue relativamente bajo, lo cual resulta favorable, ya que influye positivamente en la absorción de agua, el tiempo de cocción y la aceptabilidad del grano para consumo humano. De manera consistente, las pruebas de absorción de agua mostraron una alta capacidad de hidratación del grano, lo que se reflejó en tiempos de cocción variables pero adecuados, dependiendo de las características físicas de cada muestra.

Los análisis químicos permitieron conocer la composición proximal del grano, destacando su aporte de fibra cruda, cenizas y otros componentes, lo que confirma la

importancia del frijol Flor de Mayo como un alimento de valor nutricional dentro de la dieta humana.

En general, los resultados obtenidos permiten concluir que el frijol variedad Flor de Mayo presenta características favorables que respaldan su importancia agronómica, su valor nutricional y su potencial para el consumo directo y la transformación agroindustrial.

IX. REFERENCIAS

- Acosta-Díaz, E. , A.-G. J. A. , & T.-L. C. (2015). Respuesta del frijol a condiciones de sequía y altas temperaturas en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 243–251.
- Acosta-Díaz, E. et al. (2004). Water stress effects on common bean seed quality. *Agrociencia*.
- Acosta-Gallegos, J. A. , & K. J. D. (2008). *Improvement of drought tolerance in common bean: A review*. Agronomy Journal. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0370>
- Altieri, M. , & N. C. (2017). Agroecology: A brief account. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. <https://www.tandfonline.com>
- Aparicio-Fernández, X. et al. (2009). Phenolic content and antioxidant capacity of Mexican beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://pubs.acs.org>
- Beebe, S. E. , R. I. M. , C. C. , & G. M. (2013). Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Science*., 582–592. <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.07.0404>
- Berrios et al. (2018). Manejo del gorgojo del frijol. *FAO*. <https://www.fao.org>
- Berrios, J. , S. B. , & C. W. (1999). *Cooking characteristics of dry beans affected by storage*. Food Research International. <https://www.sciencedirect.com/>
- Bitocchi, E. , Bellucci, E. , Giardini, A. , Rau, D. , Rodríguez, M. , Biagetti, E. , Santilocchi, R. , & Spagnoletti, A. . (2013). *Molecular analysis of the parallel domestication of the common bean in Mesoamerica and Andes*. New Phytologist 197. <https://doi.org/10.1111/nph.12028>
- Boye, J. et al. (2010). Pulse proteins: processing, characterization, and functional properties. *Food Research International*. <https://www.sciencedirect.com>
- Bressani, R. (2009). *Valor nutritivo de los frijoles comunes*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. <https://www.alanrevista.org/>
- Broughton, W. J. H. G. , B. B. S. , G. P. , & V. J. (2003). Beans (phaseolus spp)-model legumes. . <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>, 55–128. <https://doi.org/10.1023/A:1024146710611>

- Cabrera et al. (2016). Manejo de mosquitas blancas en leguminosas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. <https://www.revistamexicanadefitopatologia.org/>
- Camacho-Báez, et al. (2014). Incidencia de pulgones en frijol. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. <https://revistas.chapingo.mx/>
- Cano-Ríos, P. , A.-D. E. , & T.-L. C. (2016). Manejo nutrimental del frijol bajo condiciones de temporal y riego. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 121–131. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/>
- Carmona-García, R. et al. (2015). Color and quality changes in stored common beans. *Food Science & Technology*. <https://www.sciencedirect.com>
- Castañeda saucedo, M. (2019). Photosynthetic response of common bean under high radiation environments. *Revista Fitotecnia Mexicana*. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/>
- Castellanos et al. (2010). Distribución de mancha angular en frijol. *Revista Mexicana de Fitopatología*. <https://www.revistamexicanadefitopatologia.org/>
- Castellanos-Ramos, J. Z. , G.-M. S. H. , & L.-S. E. (2019). Calidad de grano y factores que afectan el rendimiento del frijol en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 211–223. <https://www.revistafitotecniamexicana.org>
- Celis-Palafox, A. , S.-C. E. , & D. M. E. (. (2020). Características culinarias y de calidad en variedades comerciales de frijol en México. *Agrociencia*, 815–828. <https://agrociencia-colpos.mx>
- CONAGUA. (2023). *Uso del agua en la agricultura del norte de Sinaloa*. . Comisión Nacional Del Agua. <https://www.gob.mx/conagua>
- Espinosa-Alonso, L. G. , et al. (2006). Phenolic compounds and antioxidant activity of common beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2045–2051. <https://pubs.acs.org/>
- FAO. (2020). *Sprinkler irrigation efficiency and crop response*. FAO. <https://www.fao.org/land-and-water>
- Fierros, A. M. , L. J. L. , & V. A. (2020). Respuesta del frijol Flor de Mayo a la fertilización nitrogenada en el noroeste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 145–153. <https://revistafitotecniamexicana.org/>
- García, J. , et al. (2019). Interaction genotype × environment in dry beans. *Agronomy Journal*. <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com>

- García-Gasca, T. , C. J. Z. , & L. J. (2013). Propiedades físicas de variedades de frijol en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 309–317.
- Gepts, P. , & B. F. A. (1986). Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Economic Botany*, 469–478.
<https://doi.org/10.1007/BF02859056>
- Gómez, K. A. , & G. A. A. (1984). *Statistical Procedures for Agricultural Research*. Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com>
- González, A. et al. (2016). Yield components and quality of common beans under different management systems. *Agricultura Técnica En México*.
<http://www.agriculturatecnicamexicana.com>
- González- García. (2017). Patógenos de suelo en frijol. *Terra Latinoamericana*.
<https://terralatinoamericana.org.mx/>
- Graham, P. H. , & R. P. (1997). Common bean nitrogen fixation: limitations and options. *Field Crops Research*, 93–113.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429097000839>
- Guzmán-Maldonado, S. H. , C. J. Z. , & M. C. (2013). Contenido nutrimental y calidad de frijol en función de la fertilidad del suelo. *Terra Latinoamericana*, 127–135.
<https://www.terralatinoamericana.org.mx>
- INIFAP. (2017). *Catálogo de variedades mejoradas de frijol*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <https://www.inifap.gob.mx/>
- INIFAP. (2018). *Caracterización edafoclimática del valle agrícola de Guasave, Sinaloa*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content
- INIFAP. (2020). *Calidad culinaria del frijol en el noroeste de México*.
<https://www.gob.mx/inifap>
- INIFAP–SAGARPA. (2018). *Manejo sostenible de fertilización en frijol bajo riego*. Gob.Mx. <https://www.gob.mx/inifap>
- Lépiz-Ildefonso, R. , A.-G. J. A. , & L.-S. E. (2010). *El frijol en México: Producción, mejoramiento y conservación*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content

- Lewis, G. , S. B. , M. B. , & L. M. (2005). *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew. <https://www.kew.org/science>
- López et al. (2016). Daños de minadores en cultivos hortícolas y leguminosas. *Terra Latinoamericana*. <https://terralatinoamericana.org.mx/>
- López-Salinas, E. , A.-D. E. , & P.-R. J. S. (2019). Factores agroambientales que afectan el rendimiento del frijol en regiones productoras de México. *Terra Latinoamericana*, 333–346.
<https://mail.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>
- Luna-Flores, M. , L. J. , & R. H. (2015). Respuesta del frijol a diferentes láminas de riego en el noroeste de México. *Terra Latinoamericana*, 205–214.
<https://terralatinoamericana.org.mx/>
- Marín- Ramírez et al. (2013). Roya del frijol en México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. <https://www.revistamexicanadefitopatologia.org/>
- Montoya-Rodríguez, A. et al. (2016). Techno-functional properties of common bean proteins. . *Journal of Food Science*. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com>
- Núñez-Barrios, A. , V. O. , & B. J. (2005). *Manejo y mejoramiento del frijol para zonas áridas*. . CIAT Publicaciones Técnicas. <https://hdl.handle.net/10568/54564>
- Paredes-Lopez, O. et al. (2013). Bioactive compounds in Mexican bean varieties. *Food Chemistry*. <https://www.sciencedirect.com>
- Parra- Cota et al. (2015). Tizón común en frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana* .
<https://www.revistafitotecniamexicana.org/>
- Peña-Cabriales, J. J. , & R.-M. M. (2021). *Factores agroclimáticos determinantes en el rendimiento del frijol en regiones semiáridas*. Agrociencia. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia>
- Pérez-Hernández, P. , R. M. , & L. J. (2018). Efecto del fósforo en la producción de frijol en el norte de México. *Terra Latinoamericana*, 321–330.
<https://terralatinoamericana.org.mx/>
- Ramírez-Jiménez, A. et al. (2019). Starch properties of Mexican bean varieties. *Food Hydrocolloids*. <https://www.sciencedirect.com>
- Reyes-Moreno, C. , & P.-L. O. (1993). Hard-to-cook phenomenon in common beans. . *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. <https://www.tandfonline.com/>

- Rodríguez- Guerra et al. (2005). *Epidemiología de la atracnosis en frijol*. Agrociencia. <https://agrociencia-colpos.mx>
- Rosales- Serna. (2004). *Physiological traits related to drought resistance in common bean*. Agrociencia. <https://agrociencia-colpos.mx>
- Sánchez, F. , & M. J. (2015). Diversidad y características de los frijoles tipo “rosa” en México. *Revista Agroproductividad*, 9–14. <https://revista-agroproductividad.org>
- SEMARNAT. (2022). *Estado del medio ambiente en México*. <https://www.gob.mx/semarnat>
- SENASICA. (2023). *Plagas de importancia económica en leguminosas*. Gob.Mx. <https://www.gob.mx/senasica>
- SIAP. (2022). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap>
- Sifuentes-Ibarra, E. et al. (2014). Water use efficiency of common bean under drip irrigation. *Revista Fitotecnia Mexicana*. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/>
- Silva-Rosales. (2014). Virus en frijol en Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*. <https://www.revistamexicanadefitopatologia.org/>
- Singh, S. P. (2001). Broadening the genetic base of common bean cultivars. *Crop Science*, 1659–1675. <https://doi.org/10.2135/cropsci2001.1659>
- Tejada et al. (2017). *Daño de trips en frijol b ajo condiciones de riego*. Agrociencia. <https://agrociencia-colpos.mx>
- Torres, A. et al. (2016). Functional properties of common bean starch. *Ood Science and Technology*. <https://www.sciencedirect.com>
- Vázquez-Carrillo, G. et al. (2018). Calidad tecnológica de frijol mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*. <https://www.revistafitotecniamexicana.org>
- Vega-Ayala, A. , et al. (2015). Influencia del azufre en el contenido de proteína del frijol. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. <https://revistas.chapingo.mx/>

X. ANEXOS



