

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Evaluación de 3 técnicas de riego y su efecto en el rendimiento de frijol (*Phaseolus  
Vulgaris* L.) de variedad Pinto Saltillo

Por:

**Albis David Antonio Vázquez**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de 3 técnicas de riego y su efecto en el rendimiento de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) de variedad Pinto Saltillo

Por:

**Albis David Antonio Vázquez**

TESIS

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

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

M.C. Rafael Ávila Cisneros  
Presidente

M.C. Armando Nahle Martínez  
Vocal

Aprobada por:

Dr. Juan Leonardo Rocha Quiñones  
Vocal

Dr. Anselmo González Torres  
Vocal suplente

M.E. Javier López Hernández  
Coordinador interino de la División de Carreras agronómicas



Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de 3 técnicas de riego y su efecto en el rendimiento de frijol (*Phaseolus*

*Vulgaris* L.) de variedad Pinto Saltillo

Por:

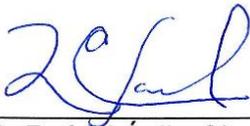
**Albis David Antonio Vázquez**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRONOMO EN IRRIGACIÓN**

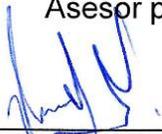
Aprobada por el Comité de Asesoría:



M.C. Rafael Ávila Cisneros  
Asesor principal

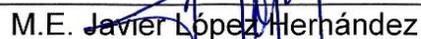


Dr. Juan Leonardo Rocha Quiñones  
Coasesor



M.C. Armando Nahle Martínez  
Coasesor

Dr. Anselmo González Quiñones  
Coasesor



M.E. Javier López Hernández  
Coordinador interino de la División de Carreras agronómicas



Torreón, Coahuila, México

Diciembre 2024

## **AGRADECIMIENTOS**

*En primer lugar, quiero agradecer a **DIOS**, quien ha sido mi fortaleza y mi luz a lo largo de este proceso. Mi **FE** en él me ha dado el coraje y la perseverancia para enfrentar cada reto y alcanzar este logro tan significativo en mi vida.*

*A mi asesor de tesis, el **M.C. Rafael Ávila Cisneros**, por su invaluable orientación, paciencia y conocimientos compartidos. Su dedicación y apoyo constante fueron clave para culminar este trabajo.*

*Expreso también mi gratitud al **Departamento de Ingeniero Agrónomo en Irrigación**, por brindarme las herramientas y el ambiente necesario para desarrollarme como profesional. Su compromiso con la formación de los estudiantes es muy importante. Especialmente Al **M.C. Braulio Duarte Moreno**, **Dr. Jorge Luis Villalobos Romero**, **M.C. Armando Nhale Martínez**, la confianza brindada hacia mi persona, sus consejos, sugerencias y su gran apoyo dentro y fuera de aula han sido de gran valor.*

*A mis amigos **Pedro Rodríguez**, **Ángel Ramírez**, **Eduardo Omaña**, **Ángel Hernández**, **Adrián morales**, **Oswaldo Gutiérrez** y **Luis Yair** gracias por su compañía, sus palabras de ánimo y los momentos compartidos que hicieron más llevadero este camino. La amistad que construimos será siempre un tesoro en mi vida.*

*Finalmente, pero no menos importante agradezco profundamente a la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna** mi alma mater, por ser el espacio donde crecí académica y personalmente. Es un honor ser parte de esta institución que tanto aporta al desarrollo del Agro.*

## DEDICATORIAS

*A mi esposa María Guadalupe Tentle Alvarado e Hijos: Isaac Emiliano, Melissa Alitzel y David Abraham por su paciencia, comprensión y apoyo constante durante este arduo proceso. Su amor y apoyo incondicional han sido mi refugio en momentos de cansancio y dudas. Este trabajo está dedicado a ustedes, por ser mi roca y por compartir conmigo cada alegría y desafío a lo largo de este camino.*

*A mis padres, quienes me han brindado su amor, apoyo incondicional y sacrificio a lo largo de mi vida. Su constante aliento y confianza en mis capacidades han sido la fuerza que me impulsa a alcanzar mis metas.*

*Y a mis hermanos Ricardo, Amílcar y Alejandro Antonio Vazquez este logro es también suyo, y les agradezco por ser mi inspiración y guía en cada paso que doy.*

## RESUMEN

La presente tesis de investigación evaluó el impacto de tres técnicas de riego (inundación, goteo y microaspersión) en el rendimiento del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) de la variedad Pinto Saltillo. Los resultados obtenidos demostraron que el riego por goteo fue la técnica más eficiente, alcanzando una producción proyectada de 753.64 kg/ha y un promedio de grano seco por planta de 32.51 gramos, comparado con el riego por microaspersión que logró una producción de 553.64 kg/ha y un promedio de 22.56 gramos por planta, mientras que el riego por inundación presentó los menores rendimientos, con 183.64 kg/ha y 8.98 gramos por planta. Con base en los resultados que se obtuvieron se sugiere que el riego por goteo no solo optimiza el uso del agua, sino que también mejora la distribución de nutrientes y la salud general de las plantas, lo que se traduce en un aumento significativo en la producción. Además, se destacó que la uniformidad en la aplicación de fertilizantes permitió evaluar con mayor precisión el impacto de cada sistema de riego en el rendimiento del cultivo.

Por lo tanto, el riego por goteo se presenta como una opción viable y eficiente para la producción de frijol, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola. Se recomienda su implementación en áreas donde el recurso hídrico es limitado, así como la combinación de buenas prácticas de riego y el uso de variedades mejoradas para maximizar los rendimientos.

**Palabras clave:** Irrigación, Cuantificación, Frijol

# INDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b><i>i</i></b>
<b>DEDICATORIAS .....</b>	<b><i>ii</i></b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b><i>iv</i></b>
<b>INDICE DE CUADROS .....</b>	<b><i>vi</i></b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b><i>vii</i></b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b><i>1</i></b>
Objetivo general. ....	<b><i>2</i></b>
Objetivos específicos. ....	<b><i>2</i></b>
Hipótesis. ....	<b><i>2</i></b>
Hipótesis nula .....	<b><i>2</i></b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b><i>3</i></b>
Efectos de tres tipos riego (inundación, aspersión, y goteo) en frijol pinto saltillo. ....	<b><i>3</i></b>
Importancia del frijol .....	<b><i>7</i></b>
Fenología del frijol .....	<b><i>8</i></b>
Fertilización del frijol .....	<b><i>11</i></b>
Valor nutritivo del frijol .....	<b><i>16</i></b>

Principales variedades de frijol para las regiones semiáridas de México .....	18
Plagas y enfermedades del frijol .....	18
Producción de frijol en Coahuila y Durango. ....	21
Principales malas hierbas del cultivo de -frijol.....	23
Control de maleza .....	24
Efectos de la solarización con plástico en el suelo para control de malezas en frijol ...	25
Origen genético del frijol Pinto Saltillo.....	27
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
Metodología. ....	29
Características de las parcelas.....	30
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>IV. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>38</b>

## INDICE DE CUADROS

<i>Tabla 1</i>	<i>Sobrevivencia de plantas 31 agosto 2024.</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 2</i>	<i>Proyección de plantas por ha. de cada tratamiento.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 3</i>	<i>Promedio de grano seco por planta en gramos</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 4</i>	<i>Proyección de granos en kg por hectárea.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5</i>	<i>Proyección de fertilizante en kg por hectárea</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 6</i>	<i>volumen de agua suministrado al cultivo.</i>	<i>34</i>

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> diseño de los tratamientos.	30
---	----

---

## INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de gran importancia en la agricultura y cultura mexicana, destacando por su relevancia económica, cultural y nutricional. La variedad Pinto Saltillo, en particular, se adapta bien a las condiciones semiáridas del norte de México, ofreciendo beneficios económicos a los productores locales y cumpliendo con las demandas del mercado gracias a su calidad y características agronómicas. Sin embargo, la agricultura en estas regiones enfrenta grandes desafíos relacionados con la gestión eficiente del agua, un recurso escaso que se ha visto afectado por el cambio climático, la sobreexplotación y la competencia con otros sectores como el agrícola, doméstico e industrial. La agricultura utiliza el 75% del agua disponible a nivel mundial, por lo que es crucial buscar estrategias para optimizar su uso. Los sistemas de riego juegan un papel vital en la productividad de los cultivos. Técnicas como el riego por goteo y la microaspersión son más eficientes que el riego por inundación, ya que permiten una distribución uniforme del agua y reducen las pérdidas por evaporación y escorrentía. A pesar de su eficiencia, la adopción de estas técnicas enfrenta limitaciones económicas y técnicas, especialmente entre pequeños y medianos agricultores. El estudio se desarrolló en Torreón, Coahuila, en el Centro de Investigación Básica y Aplicada de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con el objetivo de evaluar el impacto de tres sistemas de riego (inundación, goteo y microaspersión) en el rendimiento del frijol Pinto Saltillo. Los objetivos específicos fueron determinar el rendimiento en grano seco bajo cada sistema de riego, comparar la eficiencia en el uso del agua entre los tratamientos y analizar la relación entre el volumen de agua aplicado y la

productividad del cultivo. Buscando proporcionar evidencia científica que respalde la adopción de sistemas de riego más eficientes, especialmente en regiones semiáridas.

### **Objetivo general.**

Evaluar los efectos de 3 técnicas de riego (inundación, goteo y microaspersión) en el frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) Pinto Saltillo tomando como referencia su producción de grano seco.

### **Objetivos específicos.**

Determinar el rendimiento en grano seco del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo las técnicas de riego por inundación, goteo y microaspersión.

Comparar la eficiencia en el uso del agua entre los sistemas de riego por inundación, goteo y microaspersión para la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*)

### **Hipótesis.**

El sistema de riego por goteo es una opción viable que genera mayores rendimientos que otros sistemas de riego en la producción de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*).

### **Hipótesis nula**

El sistema de riego por goteo no genera mayores rendimientos en la producción de grano seco del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en comparación con los sistemas de riego por inundación y microaspersión.

## II. REVISION DE LITERATURA

### **Efectos de tres tipos riego (inundación, aspersion, y goteo) en frijol pinto saltillo.**

En lugares donde el agua es escasa, la competencia por este recurso entre los sectores agrícola, doméstico, industrial, comercial y ambiental está aumentando, lo que genera un impacto negativo sobre los recursos hídricos en diversas partes del mundo. Esta falta de agua afecta principalmente a la agricultura, que es el sector que más agua consume, representando el 75% del total disponible. Por ello, la estrategia principal se enfoca en mejorar la eficiencia en el uso del agua. El concepto de productividad del agua, sirve como un indicador clave para evaluar la capacidad de los sistemas agrícolas de convertir el agua en alimentos. En la práctica, este concepto se usa como herramienta de diagnóstico para analizar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura y proporciona una base sólida para identificar oportunidades de redistribución de agua en las cuencas con el fin de aumentar la productividad agrícola del agua (Ríos et al., 2017).

La productividad del agua (WP) se refiere a la cantidad de producto obtenido, ya sea en términos físicos o económicos, por cada unidad de agua utilizada por el cultivo. Esta medida puede expresarse en unidades de rendimiento de grano (kg por hectárea) o en valores monetarios (peso por hectárea). Sin embargo, determinar con precisión el rendimiento real de los cultivos en grandes superficies, como las de sistemas de riego, es complicado. Además, cuando se consideran los rendimientos monetarios, la confiabilidad de las cifras disminuye debido a las grandes variaciones que pueden existir en los precios del mercado (González et al., 2011).

La productividad del agua de riego en dos variedades de frijol pinto (pinto saltillo y pinto centauro) bajo tres niveles de riego por gravedad (completo y dos deficitarios) en Durango y Canatlán, México durante los ciclos primavera-verano en 2015 y 2016. Arrojaron datos claves que incluyen: la variedad pinto centauro mostró mayor precocidad en floración y madurez, lo que puede ser beneficioso en ciclos de crecimiento corto y riego limitado. Además, en condiciones de riego deficitario, ambas variedades lograron mantener rendimientos adecuados (en 2015 entre 2546 y 3380 kg ha, durante el ciclo 2016 el rendimiento de ambas variedades fluctuó entre 3200 y 3687 kg ha), con pinto centauro alcanzando rendimientos similares a pinto saltillo (3157 kg ha y 3344 kg ha respectivamente), pero con menor consumo de agua. Estas variedades demostraron tener una buena adaptación al riego deficitario, resaltando su capacidad de mantener rendimientos aceptables con buena eficiencia en el uso del agua, lo cual es crucial para zonas áridas y semi áridas (Rosales et al., 2021).

El estudio llevado a cabo en Aguascalientes evaluó el rendimiento de diez genotipos de frijol bajo tres métodos de siembra (hilera sencilla y camas con tres y seis hileras) y dos condiciones de humedad (riego por aspersion suplementario y temporal deficiente). Se observó que el método de seis hileras incrementó significativamente el rendimiento de grano en ambas condiciones de humedad. Específicamente, los genotipos Pinto Centauro y Pinto Libertad alcanzaron los mayores rendimientos con riego suplementario, mientras que Pinto Saltillo sobresalió en condiciones de temporal deficiente. El índice de susceptibilidad a la sequía (ISS) reveló que la mayoría de los genotipos tenía una tolerancia moderada a la sequía, aunque sufrieron una reducción promedio del 60% en rendimiento bajo

condiciones de temporal. Este estudio destaca la importancia de la alta densidad de siembra y la selección de genotipos adaptados para maximizar la productividad en ambientes semiáridos (Osuna et al., 2013).

El estudio sobre Efecto de la densidad de cosecha en el rendimiento de frijol Pinto Saltillo de riego en Chihuahua, México investiga cómo distintas densidades de siembra impactan el rendimiento y la rentabilidad del frijol Pinto Saltillo bajo riego en tres localidades de Chihuahua. Se probaron densidades desde 1 hasta 16 plantas por metro lineal, utilizando riego por pivote central y aspersión manual. La densidad de 8 plantas por metro se destaca como la mejor para maximizar la productividad en zonas áridas con buena rentabilidad, lo cual respalda la recomendación de densidades ajustadas para el cultivo de frijol de riego en la región. En el estudio con el riego por pivote central y el riego manual por aspersión. Los resultados mostraron que el riego por pivote central generó un rendimiento superior en comparación con el riego por aspersión manual en todas las densidades de siembra, particularmente en las localidades donde se optimizó la densidad de 8 plantas por metro lineal. Este sistema permitió una aplicación más uniforme y controlada del agua, lo que mejoró la eficiencia del riego y, por ende, el rendimiento del cultivo en condiciones de riego constante (Jiménez y Acosta., 2013).

Un manejo eficiente del agua en sistemas de riego es crucial para la producción agrícola y la conservación de recursos naturales. En un estudio con frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.), se evaluaron tres láminas de riego por aspersión (489 mm, 298 mm, y 464 mm), en términos estadísticos no hubo diferencias significativas en rendimientos, pero el tratamiento número dos, de 298 mm demostró ser la más eficiente en términos de productividad del agua en kg/m<sup>3</sup>, logrando

buenos rendimientos con menor consumo de agua. La combinación de buenas prácticas de riego y el uso de variedades mejoradas de semillas resulta clave para aumentar la producción de frijol, y contribuir a la seguridad alimentaria (Ortiz y Larios., 2020).

El proyecto “Verificación de la tecnología para el cultivo de frijol bajo riego en el centro de Veracruz, México” evaluó el impacto de variedades mejoradas de frijol y distintos sistemas de riego en el rendimiento y la eficiencia del cultivo. Comparando cuatro variedades mejoradas con una criolla y cuatro tipos de riego-fertilización, el estudio mostró que las variedades mejoradas duplicaron el rendimiento en comparación con la tradicional. Entre los sistemas de riego, el riego por goteo fue el más eficiente, seguido del riego por aspersión y el riego superficial. El riego por goteo con fertirrigación resultó en los mayores rendimientos, aunque más costoso. Sin embargo, la alta tasa de retorno (151%) nos sugiere una excelente relación costo beneficio (Ugalde et al.,2005).

Entre los sistemas de riego utilizados en experimento, el riego por goteo destaca por su capacidad de controlar la humedad del suelo en cada parcela experimental. A través de este método, se mantuvieron condiciones constantes de riego para observar el impacto en variables como altura de la planta, la cobertura vegetal y la producción de materia seca en cada una de las variedades (pinto centauro, pinto americano y pinto saltillo). El riego por goteo fue crucial para la diferenciación de tratamientos de humedad, permitiendo evaluar la eficiencia en el uso del agua y el nivel de tolerancia al estrés hídrico en cada variedad (Pedroza et al., 2016).

## Importancia del frijol

La importancia cultural y nutricional de tres especies de frijol (*Phaseolus*) endémicas de México: *Phaseolus coccineus* (ayocote), *Phaseolus lunatus* (Comba), y *Phaseolus polyanthus* (Ibes). Estas especies, aunque menos conocidas que el frijol común (*Phaseolus Vulgaris*), ofrecen una rica diversidad biológica que se adapta a diversas regiones y condiciones climáticas en México. El estudio resalta la importancia de estas variedades en la gastronomía mexicana, donde el frijol Ayocote es usado en platillos tradicionales de estados como Puebla y Tlaxcala, mientras que el Comba es popular en Chiapas y la Tierra Caliente. Nutricionalmente, estas especies destacan por su alto contenido de proteínas, carbohidratos y fibra, además de fitoquímicos con efectos antioxidantes. Se menciona que su cultivo en el sistema de milpa fortalece la biodiversidad y la sostenibilidad agrícola. Por lo tanto, los autores enfatizan la necesidad de promover el consumo y la conservación de estas especies, dada sus cualidades nutritivas y su rol en la cultura alimentaria de México (Matul et al., 2024).

El cultivo de frijol es fundamental en la dieta y economía de las comunidades rurales en México. Históricamente, el frijol ha sido un alimento básico, pero a pesar de estas cualidades, su producción ha enfrentado diversos desafíos debido a políticas agrícolas que dan prioridad a la modernización y competitividad internacional, lo cual ha llevado a disminuir la autosuficiencia alimentaria y a la disparidad económica entre los productores. Estudios han demostrado que la calidad culinaria y nutricional del frijol es variable y depende de la región donde se siembra y de las prácticas agrícolas. Por tanto, la calidad en la selección del grano

de frijol es importante, ya que afecta tanto en el consumo directo, como en el uso industrial. (Sangerman et al., 2010).

La variedad de frijol Pinto Saltillo ha demostrado ser de gran importancia en la región norte-centro de México, debido a su buena adaptación a las condiciones climáticas y a los beneficios económicos que ofrece. En cuanto a la adopción y el uso de la variedad Pinto Saltillo, según un estudio realizado en 2008-2009, el 65.9% de los productores de frijol de temporal en la región optaron por esta variedad, aunque las tasas de uso variaron entre estados: Durango y Chihuahua mostraron niveles altos de adopción (93.3%, 82.8% respectivamente) mientras que Zacatecas solo un 13.3% de productores la emplearon, evidenciando su aceptación generalizada en algunas zonas. La variedad Pinto Saltillo ha generado un beneficio económico significativo, se estima en aproximadamente en 934 millones de pesos en 2008 gracias a su mejor cotización en el mercado debido a su calidad comercial. Por su capacidad para mantener su claridad y tolerar el oscurecimiento del grano durante el almacenamiento prolongado ha mejorado su valor de producción por hectárea, lo cual beneficia directamente a los productores (Ávila et al., 2011).

### **Fenología del frijol**

El desarrollo del frijol comienza con la germinación (3 a 7 días), cuando la semilla se encuentra en condiciones favorables para iniciar su crecimiento. Seguido de esta etapa se da la emergencia que ocurre cuando los cotiledones del 50% de las plantas aparecen a nivel del suelo. A medida que la planta crece, se desarrollan las hojas primarias, y la primera hoja trifoliada, los cuales son indicadores de su crecimiento vegetativo, esta etapa tiene una duración de 20 a 30 días. En su fase,

reproductiva se identifican varias etapas clave: prefloración (aparecen los primeros botones en el 50% de las plantas) y floración (cuando se abre la primera flor en el 50% de las plantas) esta etapa tiene una duración de 10 a 20 días. La formación de vainas ocurre cuando la corola se marchita y aparece una vaina; el llenado de vainas es cuando las semillas crecen al interior de cada vaina, duración entre la formación y llenado de vainas de 20 a 30 días. Por último, está la etapa de maduración y esta ocurre cuando se observa un cambio de color en las vainas pasando de verde a amarillo. La duración del ciclo puede variar (de 60 – 90 días y 90 – 120 días) debido a distintos factores como variedad de frijol y condiciones climáticas (Ávila et al., 2014).

La fenología del frijol común (*Phaseolus Vulgaris L.*) es un aspecto crucial para entender su rendimiento y adaptación a diferentes ambientes. En un estudio se observa que la información sobre el rendimiento de semilla, sus componentes y la fenología de las plantas de frijol común en México, en diferentes años y ciclos de cultivo es limitada, lo que resalta la necesidad de investigaciones más profundas en este campo. La fenología se refiere a las etapas de desarrollo de la planta, que son influenciadas por factores ambientales como el clima y la humedad del suelo. Además, que el déficit hídrico es un factor limitante significativo para el crecimiento y el desarrollo del frijol, lo que sugiere que la fenología también está relacionada con la tolerancia a la sequía de diferentes genotipos. La fenología del frijol común es un área que requiere más atención, especialmente en relación con su interacción con el ambiente y la selección de variedades adecuadas para diferentes condiciones climáticas (Romero et al., 2018).

El frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) es esencial en la agricultura del altiplano semiárido de México, una región caracterizada por variaciones climáticas tanto en precipitación y temperatura. Las variedades de frijol aquí cultivadas, sobre todo la de razas Durango y Jalisco, tienen ciclos de crecimiento intermedio a tardío y son sensibles al fotoperiodo, una característica clave para su adaptación local. La fenología que abarca el tiempo de floración y madurez, lo que determina el rendimiento de estas variedades, especialmente en condiciones adversas. Las bajas temperaturas tienden a retrasar estos procesos, afectando a las variedades de las razas Mesoamérica y Jalisco. Además, el fotoperiodo influye en su fenología; estudios de invernadero han demostrado que un fotoperiodo prolongado retrasa la floración en las variedades de Jalisco y Durango, mientras que las del sur suelen ser neutras al fotoperiodo, lo que indica adaptaciones específicas. Para reducir riesgos de pérdida de producción en el Altiplano, es recomendable optar por variedades de ciclo precoz y alto rendimiento, adaptadas a las condiciones climáticas locales. Esta investigación nos acerca a la forma en como interaccionan la temperatura, el fotoperiodo y la fenología, la cual es esencial para desarrollar estrategias de producción más efectivas en esta región (Rosales et al., 2001).

El efecto de la temperatura sobre la fenología y productividad de cinco variedades durante el periodo agrícola de 2013 bajo condiciones de riego y temporal, considerando cuatro fechas de siembras 06 de marzo, 24 de abril, 14 de junio, 02 de agosto. Revelaron diferencias significativas en la duración de las etapas fenológicas entre las variedades y las fechas de siembra. Las etapas vegetativas (v1 a v4) mostraron una duración relativamente uniforme en las cuatro fechas de siembra. Sin embargo, a partir de la etapa de prefloración(R5), se observaron

variaciones en la duración de días necesarios para alcanzar la madurez, lo que sugiere que las condiciones climáticas influyen de manera diferenciada en el desarrollo de las variedades. Por otra parte, se identificaron diferencias altamente significativas en la interacción entre las fechas de siembra y las variedades, lo que resalta la importancia de seleccionar adecuadamente tanto la variedad como el momento de siembra para optimizar la producción. Los resultados subrayan las relevancias de entender las dinámicas fenológicas del frijol común en el contexto del cambio climático lo cual permitirá a los productores tomar decisiones informadas para mejorar la productividad y la adaptabilidad de los cultivos (Lara Bejines., 2015).

### **Fertilización del frijol**

La FAO, (2002). nos dice que **el nitrógeno (N)** es crucial para el crecimiento de las plantas, formando entre el 1% y el 4% del extracto seco. Es absorbido como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y se usa para formar aminoácidos y proteínas, fundamentales para el desarrollo y rendimiento. También mejora la absorción de otros nutrientes. **El Fósforo (P)** (0.1%-0.4% del extracto seco) es esencial para la transferencia de energía, fotosíntesis y el desarrollo de tejidos y células. A menudo es deficiente debido a la fijación en los suelos. **El Potasio (K)** (1%-4% del extracto seco) activa enzimas clave y mejora la síntesis de carbohidratos y proteínas, aumenta la tolerancia a la sequía y reduce enfermedades. Los nutrientes secundarios, como el **Magnesio (Mg)** es vital en la clorofila, **Azufre (S)** es crucial para las proteínas y **Calcio (Ca)** favorece el desarrollo de raíces. Los micronutrientes (**Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl, B**) son necesarios en cantidades muy

pequeñas, pero son fundamentales para diversos procesos biológicos. El exceso de algunos puede ser tóxico, especialmente en suelos ácidos.

Una adecuada nutrición en el cultivo de frijol es fundamental para garantizar una producción de calidad. El desarrollo de las plantas requiere un suministro suficiente de nitrógeno, ya que este elemento es esencial para la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, entre otros componentes celulares claves. Además, el nivel de nitrógeno disponible en las plantas influye directamente en la regulación de las enzimas encargadas de su asimilación (Sánchez et al., 2006).

Cada tipo de cultivo requiere una cantidad particular de nutrientes, la cual varía significativamente según el rendimiento que se espera o que se haya alcanzado. En el cultivo de frijol para un rendimiento esperado de 2400 kg/ha las cantidades de extracción de nutrientes son: Nitrógeno 155 kg, Fósforo 22 kg, Potasio 100 kg, Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y azufre (S) 0 kg respectivamente, sin embargo, se debe tomar en cuenta que las variedades de un mismo cultivo pueden tener necesidades de nutrientes distintas y responder de manera diferente al uso de fertilizantes. Mientras que una variedad mejorada suele mostrar una mejor respuesta a los fertilizantes, una variedad local puede no reaccionar de la misma manera. (FAO., 2002)

La fijación biológica de nitrógeno es una etapa esencial en las leguminosas, lo cual es facilitado por un tipo de bacterias simbióticas del género *Rhizobium* que forman nódulos en las raíces, donde la nitrogenasa convierte el nitrógeno atmosférico en formas asimilables. Este proceso es influido por la disponibilidad de nitratos en el suelo, dosis bajas de nitrógeno sugieren el favorecimiento en el

desarrollo de nódulos y la actividad del nitrato reductasa, mientras que concentraciones más altas pueden inhibir la nitrogenasa, mostrando una interacción compleja entre ambas enzimas. La acumulación de nitratos es mayor en hojas y raíces que en los nódulos, reflejando el uso combinado de nitrógeno del suelo y fijado biológicamente. La respuesta de este sistema varía según la especie de leguminosa, la cepa de *Rhizobium* y las condiciones ambientales subrayando su importancia para la agricultura sostenible y la optimización del uso de fertilizantes (Pliego et al., 2003).

Según Pliego Marín et al., (2003) no se puede establecer una dosis única de nitrato adecuado para los cultivos de leguminosas en simbiosis con la bacteria *Rhizobium*, debido a la influencia de múltiples factores. Entre ellos se encuentran el genotipo de la planta, la forma y el momento de aplicación del nitrógeno, la etapa de desarrollo del cultivo durante su incorporación y la cosecha, la duración del tratamiento, la especie de leguminosa, la cepa de *Rhizobium* utilizada, así como las condiciones nutricionales del suelo, entre otros factores.

La fertilización en el cultivo de frijol es esencial para alcanzar buenos rendimientos aportando una adecuada nutrición a las plantas. según el manual de producción del frijol, se recomienda un esquema de fertilización en función de la producción esperada. Para una producción esperada de 57 qq ha (aproximadamente 5700 kg ha) se recomienda aportar al momento de la siembra: entre 68 -103 kg ha de fosfato diamónico (18-46-00), sulfato de potasio y magnesio entre 73 y 110 kg ha. Aplicaciones posteriores a los 20 y 35 después de la siembra de 151 a 226 kg ha de nitrato de amonio repartidas en dos aplicaciones 40% a los 20 días y el resto 60% a los 35 días. Según estas recomendaciones permiten

manejar la nutrición de frijol de manera equilibrada, optimizando los rendimientos en función de las condiciones locales y el sistema de riego que se utilice (Lardizábal et al., 2013).

Distintas dosis de fertilización aplicadas por fertirriego, junto con prácticas de labranza de conservación, afectan el rendimiento del frijol y las características del suelo. Se encontró que una dosis de 200-100-50 kg/ha (N-P-K) en fertirriego, combinada con labranza de conservación, produjo el mayor rendimiento, incrementando la producción en un 102% (5113 kg ha.) comparado con el método de riego tradicional (2530 kg ha.). Además, esta combinación mejoró la retención de nutrientes y la eficiencia en el uso del agua. En términos económicos, este tratamiento resultó ser el más rentable, que puede contribuir a una producción de frijol más eficiente y sostenible en áreas de riego. Adicionalmente, las curvas de extracción de nutrientes (NPK) generadas en el estudio ofrecen una herramienta útil para ajustar las prácticas de fertilización según las necesidades específicas del cultivo en cada etapa de su desarrollo (Martínez et al., 2012).

El uso de un nanofertilizante de molibdeno (NanoMo) combinado con distintas dosis de nitrógeno (N) para mejorar la productividad del frijol ejotero. Los resultados mostraron que la dosis de 10 ppm de Mo con 6 mM de N incrementó la biomasa en un 57.47% y el rendimiento de frutos en un 75.92% respecto al control, destacando la capacidad del NanoMo para facilitar la asimilación de nitrógeno en la planta y optimizar su crecimiento. Sin embargo, para maximizar la eficiencia de uso de fertilizantes, las dosis de 5 ppm de Mo y 3 mM de N fueron las más efectivas, permitiendo alcanzar altos rendimientos con menor cantidad de insumos. Estos hallazgos sugieren que combinar NanoMo con dosis reducidas de nitrógeno no solo

mantiene o mejora la producción de frijol, sino que también reduce la necesidad de fertilización nitrogenada excesiva, beneficiando el medio ambiente sin comprometer el rendimiento agrícola (Muñoz Márquez et al., 2022).

El efecto de diferentes tratamientos de fertilización en cultivos de frijol en Cuba, mostraron que tanto los fertilizantes químicos convencionales como las combinaciones con humus de lombriz y biofertilizantes estimularon el crecimiento y la producción de la planta. En particular, los tratamientos que incluyeron NPK combinado con humus sólido o Ecomic destacaron por su alta eficiencia, lo que sugiere que la integración de fertilizantes orgánicos y químicos puede ser una estrategia efectiva para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de producción de frijol (Ramírez Olivera et al., 2010).

Hernández Barrueta et al., (1996), observó cómo distintas concentraciones de fósforo influyen en la asimilación y la eficiencia de uso de este nutriente en tres genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.): CC25-9(N), BAT 58 y BAT 304. Empleando un sistema hidropónico bajo condiciones controladas en un invernadero, se investigó el impacto de niveles de fósforo de 0, 0.25, 0.50, 0.75 y 1.00 mM sobre la biomasa de hojas, tallos, raíces y vainas, además de la concentración total de fósforo en las plantas. Los resultados evidenciaron diferencias significativas tanto en la formación de biomasa como en la eficiencia de uso del fósforo, alcanzando un rendimiento óptimo con 0.50 mM. Asimismo, se observó que cada genotipo presenta necesidades específicas de fósforo, destacando su papel particular en la nutrición de cada variedad.

En una investigación se observó el efecto combinado de *Bacillus subtilis* y diferentes dosis de fósforo en el cultivo de frijol común, mostrando que esta

combinación mejora significativamente la absorción, distribución y acumulación de macronutrientes. La aplicación de 50 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo junto con *Bacillus subtilis* resultó en una mayor acumulación de biomasa y una mejor absorción de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, especialmente durante las etapas de llenado de grano y madurez fisiológica. Estos beneficios sugieren que el uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal junto con fertilización fosfatada puede optimizar la eficiencia de los programas de fertilización, reduciendo potencialmente el uso de fertilizantes químicos y los costos de producción (Ruelas Islas et al., 2023).

Algunos investigadores sugieren que el uso de rizobacterias que promueven el crecimiento vegetal (PGPR) puede mejorar la fertilización con fósforo, lo que a su vez aumenta la productividad y la fertilidad del suelo (García & Delgado. 2016).

### **Valor nutritivo del frijol**

El frijol común es la legumbre más relevante a nivel mundial para el consumo humano directo. Proporciona una fuente significativa y económica de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, además de ser una excelente fuente de fibra tanto soluble como insoluble. En la actualidad, se le reconoce como un alimento funcional debido a su amplia gama de fitoquímicos, incluidos los compuestos nutraceuticos, que ofrecen beneficios para la salud (Cid Ríos et al., 2014).

Los beneficios fisiológicos asociados al consumo de frijol se han relacionado principalmente con la presencia de fitoquímicos que desempeñan funciones específicas en el organismo, o con el efecto combinado de diversos compuestos presentes en el grano. Entre estos destacan los compuestos fenólicos, como taninos

condensados, flavonoides y antocianinas; los ácidos fenólicos, incluyendo ácido gálico, ácido p-hidroxibenzoico, ácido vainílico, ácido p-cumárico y ácido ferúlico; además de fibra dietética (tanto soluble como insoluble), almidón resistente, oligosacáridos, minerales, entre otros (Serrano y Goñi., 2004).

En términos generales, el frijol posee compuestos fenólicos que están asociados con una notable capacidad antioxidante, así como con la reducción del estrés oxidativo y la inflamación. Un ejemplo de estos son los polifenoles, que exhiben una amplia gama de actividades biológicas, lo que los convierte en una opción terapéutica para tratar trastornos crónicos gracias a su efecto antiinflamatorio (Santangelo et al., 2007).

El estudio sobre el frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos ambientes contrastantes de regiones agrícolas del Estado de México, se analizó la calidad nutricional de tres variedades: 'Strike,' 'Black Valentine,' y 'Hav-14'. En Montecillo, de clima semiárido, 'Hav-14' mostró los valores más altos en proteínas (22.3 %), minerales (8.8 %), y fibra, debido a condiciones ambientales favorables como temperatura y precipitación adecuadas. En el ambiente templado de San Pablo Ixayoc, los niveles nutricionales fueron menores el contenido de proteínas alcanzó **17.9%**, los minerales **6.1%**, la fibra detergente ácida (FDA) **17.4%**, y la fibra detergente neutra (FDN) **24.4%** en el cultivar 'Hav-14'. La investigación destacó la influencia significativa del ambiente en el contenido nutricional del frijol, sugiriendo la adaptación de cultivares a entornos específicos para mejorar su calidad alimentaria (Salinas et al., 2012).

## **Principales variedades de frijol para las regiones semiáridas de México**

En México, se cultivan diversas variedades de frijol, las cuales se adaptan a las características de cada zona de cultivo. Los frijoles se clasifican en diferentes tipos siendo los más destacados las variedades de frijol negro: Jamapa, Negro Tacana, Negro 8025, Sataya 425, entre otros siendo su zona de cultivo el noroeste de México. También están las variedades de frijol pinto: Pinto Saltillo, Bill z, Pinto Centauro, Pinto Villa, Bayacora, y otros las cuales se siembran en la costa de Hermosillo, Chihuahua, Durango, Coahuila y zacatecas. Variedades de frijol azufrado: Azufrado Peruano 87, Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste, Azufrado Regional 87, Janasa, y Azufrasin, con zonas de cultivo en el sur de Sonora y parte de Sinaloa (Ávila et al., 2014).

En las regiones semiáridas de México, la variedad de frijol negro sobresale debido a su resistencia a la sequía y su adaptabilidad a condiciones de baja precipitación, principalmente en zonas del norte y el centro del país. Esta variedad es ampliamente cultivada por sus altos rendimientos y su valor nutricional. La variedad de frijol pinto también es común en las áreas semiáridas mexicanas, especialmente en estados como Durango y Chihuahua. Este frijol es apreciado tanto por su resistencia a la sequía como por sus propiedades nutricionales, que incluyen un alto contenido de proteínas y minerales (Lara Flores., 2015).

## **Plagas y enfermedades del frijol**

El frijol común (*Phaseolus Vulgaris L.*) es uno de los cultivos más importantes en Mesoamérica, tanto por su aporte nutricional como por la importancia económica. No obstante, enfrenta amenazas significativas debido a diversas enfermedades

provocadas por hongos destacando entre ellas los hongos *Fusarium ssp* y *Rhizoctonia solani*. Estas infestaciones afectan severamente el rendimiento y la calidad del cultivo, pudiendo ocasionar pérdidas importantes. *Fusarium ssp.* es un patógeno del suelo que daña raíces y tallos. Generando pudriciones que pueden terminar en la muerte de la planta. En suelos infestados su incidencia puede alcanzar el 100% en condiciones favorables. Por su parte *Rhizoctonia solani* compite con *Fusarium ssp.* por colonizar las raíces, especialmente en ambientes húmedos. Los estudios evaluaron la resistencia de genotipos de frijol, encontrando que, aunque la mayoría son susceptibles, algunos como Pinto Villa y Negro Perla presentan resistencia moderada. Adicionalmente fungicidas como Captan y Benomyl han mostrados ser efectivos para proteger semillas y plántulas mejorando el rendimiento en suelos altamente infestados. Por lo consiguiente el desarrollo de genotipos resistentes y el uso de fungicidas son medidas claves dentro de manejo integrado, contribuyendo al incremento de la producción (Navarrete y Acosta., 1999).

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es una leguminosa extensamente cultivada en el Valle de México. Este cultivo enfrenta importantes enfermedades bacterianas como el tizón común (*Xanthomonas axonopodis pv. phaseoli*) y el tizón de halo (*Pseudomonas syringae pv. phaseolicola*), que pueden disminuir el rendimiento de los cultivos entre un 15% y un 43%, dependiendo de las condiciones climáticas y la susceptibilidad de las variedades sembradas. Diversos estudios realizados en Texcoco han evaluado la tolerancia de diferentes variedades de frijol bajo condiciones de temporal. Las variedades Pinto Villa, Negro 8025 y Bayo Madero han demostrado ser más tolerantes a estas enfermedades, presentando una

incidencia menor en comparación con variedades como Chippata, que es más susceptible. Las investigaciones también subrayan la influencia de factores climáticos en la propagación de las enfermedades, como la alta humedad relativa (>80%) y temperaturas entre 16 °C y 28 °C, que favorecen la proliferación de los patógenos. Estrategias como la rotación de cultivos, el manejo cultural y la selección de variedades resistentes son clave para reducir el impacto de estas enfermedades (Prudencio et al., 2008).

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa esencial en la dieta de las familias mexicanas, además de ser importante para la economía de pequeños productores. En México, este cultivo es susceptible a plagas que afectan su rendimiento, con al menos 45 especies de insectos identificadas en 28 géneros que tienen un impacto económico considerable. Entre las más significativas están: *Epilachna varivestis* (Conchuela): defoliador que daña las hojas en etapas tempranas y avanzadas del cultivo. *Diabrotica undecimpunctata* (Doradilla): insecto que consume el follaje y reduce la capacidad fotosintética de la planta. *Apion godmani* (Picudo): insecto que ataca las vainas y afecta directamente la calidad del grano. *Trialeurodes vaporariorum* (Mosquita blanca): chupador que se alimenta de la savia y debilita la planta. *Empoasca kraemeri* (Chicharrita): otro chupador que puede transmitir enfermedades y debilitar los tejidos. Se ha determinado que el mejor momento para la siembra es antes de la temporada de lluvias, alrededor del 25 de marzo, utilizando variedades como Bayo Mecentral y Jamapa, que han demostrado rendimientos superiores. Además, se concluyó que la distancia entre surcos no afecta el impacto de las plagas en el rendimiento, y que el manejo químico

es esencial para reducir las poblaciones de insectos y evitar pérdidas (Acevedo et al., 2005).

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es uno de los cultivos de importancia en América Latina, pero como todo cultivo su producción enfrenta grandes retos debido a enfermedades fúngicas que pueden reducir significativamente su rendimiento. Entre las enfermedades más comunes del frijol y sus causas que la detonan están: **Roya del frijol (*Uromyces phaseoli*):** Conocida como "chahuixtle" en México, provoca defoliación prematura bajo condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas (17-27 °C). Control: uso de fungicidas (mancozeb, clorotalonil) y rotación de cultivos. **Mancha angular (*Isariopsis griseola*):** Se presenta como lesiones grises delimitadas por las nervaduras de las hojas. Control: aplicación de zineb y uso de semillas limpias. **Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*):** Causa lesiones rojizas en tallos y vainas. Control: uso de fungicidas (maneb, zineb) y variedades resistentes como BAT 527. **Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*):** Afecta los tejidos cercanos al suelo, especialmente en condiciones de alta humedad. Control: rotación de cultivos y uso de fungicidas como benomilo. Estas enfermedades son destacadas por su amplia distribución y capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales. Implementar estrategias integradas, como el uso de variedades resistentes y prácticas de manejo cultural, es esencial para mitigar su impacto en la producción de frijol (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT),1982).

### **Producción de frijol en Coahuila y Durango.**

En el estado de Durango, el promedio anual de superficie sembrada con frijol, tanto en temporal como en riego entre 2015 y 2019 fue de 228 mil hectáreas con

una producción de 103 mil toneladas de grano. Durante este periodo, el rendimiento promedio en temporal fue de 460 kg ha. En las últimas décadas, la superficie dedicada al cultivo de frijol en el estado ha disminuido, pasando de 313 mil hectáreas en 1997 a 175 mil hectáreas en 2019, año en el que se registró una producción total de 53 mil toneladas y un rendimiento y un rendimiento de 310 kg ha. Las principales variedades comerciales de frijol que se cultivan en la región incluyen pinto, negro, canario(garbancillo), y flor de mayo. Entre 2016 y 2018 los agricultores mostraron una preferencia por el frijol pinto, especialmente por la variedad Pinto Saltillo, que tuvo gran éxito comercial entre 2006 y 2016. Posteriormente, aumento gradualmente la superficie sembrada con frijol negro destacando la variedad Negro San Luis (Rosales, et al., 2020).

El estado de Durango destaca por su capacidad para desarrollar variedades de frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*), las cuales tienen un impacto significativo tanto en la producción como en el comercio en México. Los productores están en constante búsqueda de variedades que sean precoces, resistentes a enfermedades, con buen rendimiento y que produzcan granos de calidad, fáciles de comercializar y a precios de competencia. Se evaluaron 14 líneas mejoradas de frijol común, clasificadas en diferentes tipos comerciales: frijol pinto (7 líneas), frijol negro opaco (4 líneas), Alubia (2 líneas), flor de mayo (1 línea). De las cuales se identificaron 2 líneas sobresalientes (PT14069, NGO14035). Destacando por su rendimiento, y calidad comercial de grano con 3159 kg ha y 3695 kg ha respectivamente. El rendimiento promedio de todas las líneas 2319 kg ha (Rosales Serna et al., 2019).

## Principales malas hierbas del cultivo de -frijol

La presencia de maleza en los terrenos agrícolas fluctúa según la escala espacial y temporal, influida por las prácticas utilizadas en los sistemas de cultivo y manejo agronómico. Las investigaciones demográficas han evidenciado que tanto el uso de herbicidas como la distribución espacial del cultivo afectan la tasa de crecimiento poblacional de las malezas, lo que a su vez impacta su abundancia (Molina Freaner et al., 2008).

Existen diversas opciones para el control de maleza en el cultivo de frijol. Se pueden emplear métodos físicos como las escardas o labores durante el ciclo de cultivo. Además, ciertas técnicas de producción pueden prevenir la intensificación de la competencia de maleza, estas técnicas más conocidas como control cultural. Recientemente, se han desarrollado varios herbicidas que pueden ser aplicados para eliminar las malas hierbas en el frijol sin causar daños al cultivo (Mondragón y Serrano, 2009).

En la región central de México se han identificado aproximadamente 50 especies de malezas que afectan a los cultivos de frijol. Las más significativas son: Quelite (*Amaranthus hybridus*), Acahual (*Simsia amplexicaulis*), Aceitilla (*Bidens odorata*), Coquillo (*Cyperus esculentus*), Estrellita (*Galinsoga parviflora*), Correhuela (*Ipomoea purpurea*), Chayotillo (*Sicyos deppei*), Zacate liendrilla (*Eragrotis mexicana*), Zacate pata de gallina (*Eleusine multiflora*), Duraznillo (*Solanum rostratum*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Quelite cenizo (*Chenopodium album*), Aretillo (*Lopezia rasemosa*), Nabo silvestre (*Brassica campestris*), entre otras (Urzúa Soria., 1991).

## **Control de maleza**

El período crítico de competencia se refiere al intervalo en el que la presencia de malezas en un cultivo genera pérdidas significativas en el rendimiento en comparación con su potencial productivo en ausencia de estas. Conocer este período es fundamental para determinar el momento adecuado para implementar medidas de control de malezas (Nieto et al., 1968).

En el caso del cultivo de frijol, es necesario considerar diferentes variedades con hábitos de crecimiento determinado e indeterminado. Las investigaciones han demostrado que, independientemente del tipo de hábito de crecimiento, el frijol debe estar libre de competencia de malezas desde la aparición de la tercera hoja trifoliada hasta el inicio de la formación de las primeras vainas (Morales Enciso., 1997).

El control mecánico va dependiendo de las condiciones climáticas y del tipo de variedad de frijol (de crecimiento determinado o indeterminado), y se realizan entre dos y tres labores durante su cultivo. Es crucial que la primera labor de deshierbe se efectúe cuando emergen la mayoría de las plántulas de maleza, lo cual a menudo coincide con la emergencia del frijol. Aunque el período crítico de competencia en el frijol comienza desde la aparición de la tercera hoja trifoliada, es recomendable realizar la primera labor de deshierbe lo más temprano posible en el ciclo. Un estudio de la Universidad Autónoma de Chapingo mostró que al hacer la primera labor cuando el frijol tiene solo las dos primeras hojas, se reduce la maleza y se incrementa el rendimiento, comparado con realizarla cuando el frijol tiene la primera hoja compuesta (Martínez Ruiz., 1999).

El control químico de maleza ofrece ventajas significativas, como la posibilidad de eliminar la competencia desde las etapas iniciales del cultivo y protegerlo durante el período crítico de competencia gracias a la residualidad de los herbicidas. Este método reduce costos de producción al requerir, en algunos casos, solo una aplicación por ciclo, lo que resulta en un mayor rendimiento. En México, se utilizan diferentes herbicidas para controlar malezas de hoja ancha y zacates en el cultivo de frijol, con aplicaciones clasificadas según el momento: presembrada incorporada (PSI), antes de sembrar e incorporados al suelo; preemergencia (PRE), aplicados al suelo antes de que emerjan las plántulas; y postemergencia (POST), cuando ya están presentes tanto las malezas como el cultivo (García y Fernández, 1991).

Sin embargo, Tofiño Rivera et al, (2020) mencionan que el manejo de malezas es esencial para lograr sistemas agrícolas sostenibles, especialmente al reducir el uso excesivo de agroquímicos con el objetivo de evitar su ingreso en las cadenas alimenticias y, de esta forma, proteger tanto a los seres humanos como la calidad del suelo.

### **Efectos de la solarización con plástico en el suelo para control de malezas en frijol**

El estudio, realizado entre 1994 y 1995 en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, evaluó el impacto de la solarización del suelo (0, 2, 4 y 7 semanas) y la aplicación de gallinaza (4,1 t/ha) en la supervivencia de propágulos de malezas (*Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*). Se observó que 7 semanas de solarización combinadas con gallinaza

lograron la mayor reducción en la germinación de propágulos, especialmente en *C. rotundus* y *B. pilosa*, disminuyendo el banco de semillas de malezas en el suelo. Además, este tratamiento mejoró significativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo utilizado como indicador, estimulando su crecimiento (un 320%) y eliminando las agallas radiculares causadas por *Meloidogyne arenaria* (Herrera & Ramírez, 1996).

La solarización es una técnica que utiliza láminas de plástico para atrapar radiación solar y calentar el suelo húmedo, alcanzando temperaturas de 46-49 °C a 5 cm de profundidad. En Israel, en condiciones de alta radiación solar, periodos de solarización de dos a cinco semanas fueron suficientes para inhibir la emergencia de malezas durante su aplicación y reduce su presencia posteriormente, siendo más eficaz con plástico transparente y polietileno delgado (0,03 mm). Con 2- 4 semanas de solarización se logra un control efectivo de malezas anuales, perceptible incluso un año después. Aunque muchas especies de malezas, como *Amaranthus spp.*, *Portulaca oleracea* y *Lamium amplexicaule*, son controladas exitosamente, otras, como *Conyza canadensis* y *Malva niceaensis*, son más resistentes (Horowitz et al., 1983).

La eficacia de la solarización en los propágulos de las malezas depende de su ubicación en el perfil del suelo, el tiempo de exposición a altas temperaturas, la temperatura alcanzada, la conductividad térmica del suelo y las características específicas de cada especie. Por ejemplo, las especies que germinan en ambientes cálidos y con días largos son menos susceptibles a la solarización, aunque muchas de ellas pueden ser controladas con esta técnica. Las especies que se reproducen asexualmente, como *Cyperus rotundus*, son más difíciles de manejar, y muchas

especies muestran variaciones en su sensibilidad a la temperatura (punto de muerte térmica) (Elmore, 1991).

### **Origen genético del frijol Pinto Saltillo**

Durante el período de 1980 a 1997, México sembró en promedio 2.2 millones de hectáreas anuales de frijol (SAGAR., 1997).

En el estado de Coahuila, entre 1996 y 2000, se cultivaron 11,288 hectáreas anuales, principalmente en el sureste, donde se lograron rendimientos de 1,418 kg/ha bajo riego y 394 kg/ha en condiciones de temporal (SAGARPA., 2000).

El Programa de Mejoramiento Genético de Frijol en Coahuila, iniciado en 1989, se enfocó en identificar líneas mejoradas con alto rendimiento en riego y temporal. Como resultado de las evaluaciones realizadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), se destacó la línea PT93004, de semilla tipo pinto, por su excelente adaptación y productividad. Este hallazgo llevó al desarrollo, validación y posterior liberación de la variedad comercial conocida como Pinto Saltillo (Sánchez Valdez et al., 2001).

Hernández Álvarez et al., (2023). Nos describe que la variedad Pinto Saltillo presenta un crecimiento indeterminado y postrado, clasificado como tipo III. Su dosel alcanza una altura de entre 38 y 44 cm, mientras que sus guías miden alrededor de 84 cm de longitud. La floración ocurre entre 38 y 60 días posteriores a la siembra, y la madurez fisiológica se logra entre 87 y 115 días. El tiempo total de desarrollo varía según las condiciones de cultivo, prolongándose en escenarios con riego, en días cálidos y largos. Las semillas son de tamaño mediano, con un peso

de 31 a 34 gramos por cada 100 semillas. Tienen una forma elíptica en corte transversal y una apariencia externa romboédrica con un contorno semi-arriñonado.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo agrícola del verano - otoño de 2024, se llevó a cabo un experimento con tres superficies de frijol de la variedad Pinto Saltillo. La siembra se efectuó en la tercera semana de julio de 2024, cada área abarcó una superficie de 22 m<sup>2</sup>, haciendo la suma de 66 m<sup>2</sup> de terreno agrícola utilizada. El estudio se realizó en el área geográfica que ocupa el Centro de Investigación Básica y Aplicada (CIBA) de la UAAAN Unidad Laguna. Los tratamientos fueron: A) área irrigada con la técnica de riego superficial (inundación), B) técnica de riego por goteo, C) técnica de riego por microaspersión. La investigación se desarrolló desde la tercera semana de mayo hasta la última semana del mes de noviembre de 2024, culminando con la cosecha del grano seco. El método de análisis empleado fue el **Método Fenoménico por Atributo** cuya finalidad es medir las cualidades que se van obteniendo en el desarrollo y hasta la cosecha de la planta como son: capacidad de sobre vivencia de la planta, su producción de grano seco como las más importantes.

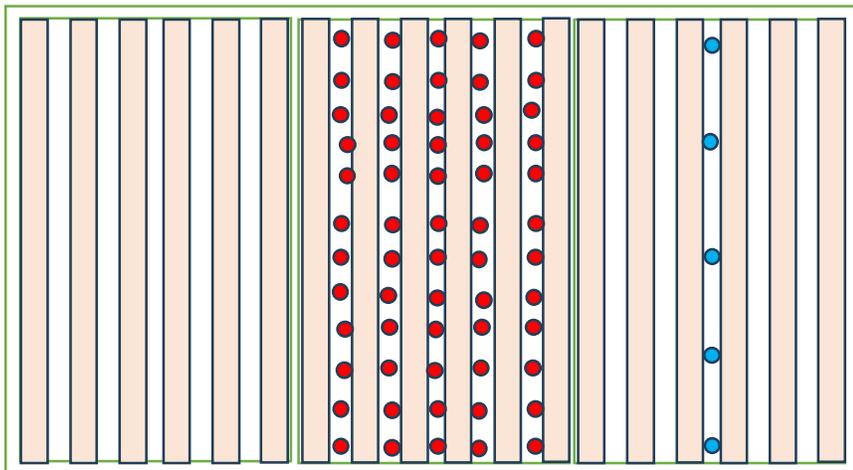
Para el bombeo del riego por goteo y el riego por microaspersión se utilizó una bomba periférica de 2 hp, 40 metros de manguera de polietileno blue Stripe Toro, 12 goteros ajustables por línea (con gasto entre 0 - 70 LPH), 5 micro aspersores autocompensados con un gasto entre 40 – 50 LPH, tubo de PVC de 2 ½", conectores iniciales para cinta. Para el riego por inundación se utilizó una válvula alfalfera de 8".

#### **Metodología.**

Se dispusieron 3 parcelas de 22 m<sup>2</sup> cada una, una para cada tratamiento a los cuales se les hizo las labores de labranza y bordeo, con una separación entre

surcos de 0.40 mts. La distancia entre plantas fue de 0.30 mts. entre planta y planta. En riego por goteo se dispusieron 5 líneas de manguera con 12 goteros para cada línea, con caudal ajustable (0 - 70 LPH) a una separación de 0.50 mts. entre goteros. Para el riego por microaspersión de acuerdo con el radio de mojado nos permitió poner solo una línea con 5 micro aspersores a una distancia entre ellos de 1.20 mts. lo que fue suficiente para cubrir toda el área de 22 m<sup>2</sup>, aplicando 400 lts de agua por tratamiento cada 8 días. Para el riego por inundación se colocaba una válvula alfalfera en la toma hidrante y se conducía el agua con tubos de 8" hasta la parcela. Aplicando 2760 litros de agua en cada riego cada 3 semanas.

### **Características de las parcelas.**



*Figura 1 diseño de los tratamientos.*

En la figura 1 se observa la disposición de los tratamientos, de izquierda a derecha se observa el riego por inundación, seguido por el de goteo y al final el de microaspersión.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento se inició en la tercera semana de mayo de 2024 con la preparación de la superficie a sembrar e incluyendo los surcos cuyo bordeado tenía una distancia entre 35 a 40 centímetros, el frijol fue la variedad Pinto Villa; cuyo material genético fue proporcionado por el INIFAP- Valle del Guadiana de Durango capital. A continuación, se aplicó un riego a la superficie de 66 metros cuadrados y se cubrió en su totalidad con plástico negro, iniciando así el proceso de solarización, mismo que duró hasta 2 días antes de la siembra, la fecha de siembra para los tres tratamientos fue 16 de julio 2024; a continuación, se presentan las siguientes tablas de resultados.

Tal como se puede apreciar en la Tabla 1, los 3 sistemas de riego superaron el 50% de sobre vivencia de plantas; siendo el riego por microaspersión el que consolidó la presencia de material vegetativo con un 79%, generando una comparación contra el riego por inundación.

*Tabla 1 Supervivencia de plantas 31 agosto 2024.*

	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>Germinación</b>	76	81	68
<b>Plantas vivas al final</b>	45	51	54
<b>% Nacencia</b>	0.59	0.63	0.79

En la tabla 2 se puede observar la dimensión de las parcelas demostrativa en metros cuadrados; cada una de ellas de 22 para un total de la superficie de 66 metros cuadrados, y de manera resumida se aprecia el total de plantas que llegaron al final del ciclo de producción, para finalmente realizar una proyección de plantas

para una hectárea. De tal manera que la superficie con mayor población de plantas fue la de riego por microaspersión.

*Tabla 2 Proyección de plantas por ha. de cada tratamiento.*

	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>Parcela m<sup>2</sup></b>	22	22	22
<b>Plantas por parcela</b>	45	51	54
<b>Plantas por ha.</b>	20454.55	23181.82	24545.45

En la tabla 3 podemos observar que, en términos de producción de grano seco promedio por planta, el riego por goteo fue el más eficiente con un promedio de 32.51 gramos, seguido por el riego por microaspersión (22.56 gramos) y al final el riego por inundación (8.98 gramos). En la tabla se destaca que la técnica de riego por goteo beneficio significativamente el rendimiento individual de las plantas, posiblemente debido a una mejor distribución del agua en la planta.

*Tabla 3 Promedio de grano seco por planta en gramos*

	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>Producción total por parcela en kg.</b>	0.404	1.658	1.218
<b>Plantas vivas al final</b>	45	51	54
<b>Promedio de grano seco por planta en grs.</b>	8.98	32.51	22.56

Como podemos observar en la Tabla 4 la proyección de la producción por hectárea basándose en la dimensión de la parcela y la producción total obtenida en cada sistema de riego. Una vez más, se puede observar que el riego por goteo sobresale con una producción proyectada de 753.64 kg/ha, seguida del riego por

microaspersión con 553.64 kg/ha y el riego superficial con 183.64 kg/ha. Esto confirma que la técnica de riego por goteo no solo mejora la eficiencia de cada planta, y en consecuencia también optimiza la producción general por superficie cultivada.

*Tabla 4 Proyección de granos en kg por hectárea.*

	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>Dimensión de parcelas en m<sup>2</sup></b>	22	22	22
<b>Producción total de grano seco en kg por parcelas</b>	0.404	1.658	1.218
<b>Proyección de grano seco en kg/ha</b>	183.64	753.64	553.64

En la Tabla 5 se establece que la proyección en kg/ha de fertilizante MAP (fosfato monoamónico) es de 90.91 kg. También se observa que en todas las parcelas la cantidad de fosfato monoamónico es uniforme (200 grs). Lo cual nos sugiere que las diferencias en la producción no se ven influenciadas por alguna variación en la fertilización, sino exclusivamente por el sistema de riego utilizado. Es preciso destacar que un uso uniforme de insumos (fertilizantes) nos permite evaluar con una mayor precisión el impacto de los sistemas de riego sobre el rendimiento del cultivo.

*Tabla 5 Proyección de fertilizante en kg por hectárea*

	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>Parcela en m<sup>2</sup></b>	22	22	22

<b>MAP (Fosfato monoamónico) en grs.</b>	200	200	200
<b>1 ha. en m2</b>	10000	10000	10000
<b>Cantidad de MAP en kg/ha</b>	90.91	90.91	90.91

En la tabla 6 se observan las fechas de riego y las cantidades de agua que se suministraron al cultivo de frijol durante su etapa fenológica, como se puede apreciar en la tabla el riego por inundación se aplicaba cada tres semanas a razón de 2760 litros de agua por cada riego, mientras que el riego por goteo y el riego por microaspersión se aplicaba semanalmente a razón de 400 litros de agua en cada riego y por cada tratamiento. De manera muy general nos damos cuenta que el riego por inundación fue el tratamiento al cual se le administro la mayor cantidad de agua a pesar de que fueron menos riegos.

*Tabla 6 volumen de agua suministrado al cultivo.*

<b>Fechas de riego</b>	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>24 de julio</b>	2760	400	400
<b>03 de agosto</b>		400	400
<b>10 de agosto</b>		400	400
<b>17 de agosto</b>	2760	400	400
<b>24 agosto</b>		400	400
<b>31 de agosto</b>	No hubo riego	Por	Lluvias
<b>05 de septiembre</b>	2760	0	0
<b>07 de septiembre</b>	No hubo riego	Por	Lluvias

<b>14 de septiembre</b>		400	400
<b>21 de septiembre</b>	2760	400	400
<b>28 de septiembre</b>		400	400
<b>05 de octubre</b>		400	400
<b>12 de octubre</b>	2760	400	400
<b>Total, de agua en litros</b>	13,800	4000	4000
<b>Total, de agua en m<sup>3</sup></b>	13.8	4	4

La tabla 7 muestra la productividad del agua de los tres sistemas de riego utilizados en el cultivo de frijol. A grandes rasgos nos arroja resultados muy dispares en las comparaciones de los tres métodos de riego, siendo la técnica de riego por inundación la que nos demuestra ser la menos eficiente en cuanto a su productividad del agua con 75.15 litros de agua utilizado por cada kilogramo de grano de frijol, y el sistema de riego por goteo se destaca por ser la opción más rentable en productividad del agua con 5.31 lts de agua por kg de grano seco seguido del riego por microaspersión con 7.225 lts de agua por kg de grano seco. La eficiencia en el uso del agua: El **riego por goteo** se destaca por ser el más eficiente en términos de productividad del agua, ya que utiliza una cantidad mínima de agua por kilogramo de grano producido. Aunque el **riego por inundación** usa una mayor cantidad de agua, su rendimiento en términos de kilos de grano por hectárea es considerablemente más bajo.

*Tabla 7 Productividad del agua en rendimiento de grano seco de frijol*

	<b>Riego por inundación</b>	<b>Riego por goteo</b>	<b>Riego por microaspersión</b>
<b>Cant. De agua x tratamiento en litros.</b>	13800	4000	4000
<b>Kg de grano seco proyectado por hectárea</b>	183.64	753.64	553.64
<b>Promedio de agua en Lts x kg de grano seco</b>	75.15	5.31	7.225

## V. CONCLUSIONES

Jiménez y Acosta, (2013). Nos aportan que la densidad media sugerida para el cultivo de frijol de riego es de 8 plantas por metro lineal, lo que equivale a 100,000 plantas por hectárea en la cosecha. En relación con la proyección de plantas por hectárea para los tres sistemas de riego; el de más plantas es el de riego por microaspersión con 24,545 plantas por hectárea, dato que está muy por debajo de las 100, 000 plantas por hectárea que es un estándar mínimo esperado en las áreas frijoleras del país. Esto en un análisis superficial se le atribuye a un problema laboral que se presentó en el semestre agosto – diciembre de 2024 en la UAAAN UL y que en gran medida privo a los tres sistemas de las labores culturales recomendadas en

cualquier folleto técnico; aun así la proyección promedio de grano seco por planta de casi 33 grs por individuo vegetal para el sistema de riego por goteo nos dice que estamos por encima de otros datos técnicos o de otras experiencias investigativas: 28.06 grs, 18.81 grs, 21.22 grs por planta respectivamente, rendimiento según Jiménez y Acosta., (2013).

#### IV. BIBLIOGRAFIA

- Acevedo Peralta , I., Pinto , V. M., Castillo Márquez , L. E., & Garza García, R. (2005). Plagas Insectiles y su efecto en el rendimiento en tre variedades de frijol en Texcoco, México. *Agroproductividad*, 28 - 31.
- Ávila Marioni, M. R., Espinoza Arellano , J. d., González Ramírez, H., Rosales Serna , R., Ravelero Pajarito, A., & Zandate Hernández, R. (julio - diciembre de 2011). Caracterización de los productores, adopción e impacto económico del uso de la variedad del frijol "Pinto Saltillo" en el norte centro de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 682 - 692. Recuperado el 11 de 11 de 2024
- Avila Miramontes , J., Avila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martínez Heredía, D. (2014). *El cultivo de frijol sistemas de producción en el noroeste de México*. (D. d. Ganadería, Ed.) Universidad de Sonora.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1982). *Enfermedades del frijol causadas por hongos y su control* (Segunda ed.). Cali, Colombia, Cali , Colombia: CIAT.
- Cid Ríos, J. Á., Reveles Hernández , M., Herrera, M. D., & Acosta Gallegos, J. A. (2014). Nuevas variedades de frijol para el estado de Zacatecas. (C. E. CIRNOC-INIFAP, Ed.) *Folleto Técnico No.(57)*, 35 .
- Elmore, C. L. (1991). Use of solarization for weed controlln: Proceeding of the International Conference on SoilSolarization. (1., 1990, Amman,

- Jordan).1991. *Soilsolarization. FAO. Roma, Italia. (Paper 109)(109)*, 128 - 129.
- García López, A. M., & Delgado, A. (2016). Effect of bacillus suptillis on phosphorus uptake by cucumber as affected by iron oxides and the solubility of the phosphorus source. *Agricultural and food science*, 25, 216 - 224.
- García Torres, L., & Fernández Quintanilla, C. (1991). *Fundamento sobre malas hierbas y herbicidas*. Madrid, España: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Servicio de Extensión Agraria : Mundi-Prensa, Madrid, 1991.
- González Robaina , F., Herrera Puebla, J., López Seijas, T., & Cid Lazo, G. (julio - diciembre de 2011). Productividad Agronómica del agua. *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(2), 76 - 81.
- Hernández Álvarez, J. C., Sánchez Toledano , B. I., López Santiago, M. A., Valdivia Alcalá, R., & Palmeros Rojas , O. (2023). Factores determinantes en innovaciones tecnológicas: variedad de frijol Pinto Saltillo. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 46(4), 429 -438 .
- Hernández Barrueta, G., Toscano, V., Méndez Pérez, N., Gómez Alpízar, L., & Mullings, M. (1996). Efecto de la concentración de fósforo sobre su asimilación en tres genotipos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 7(1), 80 - 85.
- Herrera Murillo , F., & Ramírez Barrantes , J. C. (1996). Periodos de solarizacion y adición de gallinaza sobre la sobrevivencia de propagulos de *Cyperus rotundus*, *Rottboellia cochinchinensis* y *Bidens pilosa*. *Agronomía Mesoamericana*, 7(1), 1 - 8.

- Horowitz, M., Regev, Y., & Herzlinger, G. (marzo de 1983). Solarización para el control de malezas. *Ciencia de las malezas*, 31(2), 170 -179.
- Jiménez Galindo, J. C., & Acosta Gallegos , J. A. (Febrero-Marzo de 2013). Efecto de la densidad de cosecha en rendimiento de frijol Pinto Saltillo de riego en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de ciencias Agrícolas*, 4(2). Recuperado el 08 de 11 de 2024
- Jiménez Galindo, J. C., & Acosta Gallegos , J. A. (febrero - marzo de 2013). Efecto de la densidad de cosecha en rendimiento de frijol Pinto Saltillo de riego en Chihuahua, México. (A. y. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Ed.) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 243 - 257.
- Lara Bejines, L. (14 de julio de 2015). Efecto de la temperatura sobre la fenología y productividad de variedades de frijol común, factor esencial del cambio climático. *Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara*.
- Lara Flores , M. (1 de febrero de 2015). El cultivo de frijol en México. *Revista Digital Universitaria*, 16(2). Obtenido de Revista Digital Universitaria: <https://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art09/>
- Lardizabal , R., Arias , S., & Segura , R. (mayo de 2013). Manual de Produccion de Frijol. *USAID del Pueblo de los Estados Unidos de America*, 5 - 6.
- Martínez Gamiño, M. Á., Jasso Chaverría, C., & Huerta Díaz, J. (noviembre - diciembre de 2012). Efecto de dosis de fertilización con fertirriego y labranza de conservación en el rendimiento de frijol y propiedades del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1551 - 1564.

- Martínez Ruiz, M. (1999). Épocas de deshierbe en siete genotipos de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) y su habilidad competitiva contra la maleza. (D. d. Agrícola, Ed.) *Tesis profesional*, 57 p.
- Matul Ramos, K. d., Fonseca Hernández , D., Acevez Mares, L. C., Alcázar Valle, E. M., Lugo Cervantes, E., & Mojica, L. (Julio de 2024). 93Importancia cultural y nutricional de especies defrijol ( *Phaseolus* ) endémicas de México. *Ciencia y Sociedad.*, 2(2), 93 - 118.
- Molina Frenner, F., Espinoza García , F., & Sarukhán Kermes, J. (2008). Dinámica poblacional de la maleza en un campo de Maíz de temporal del valle de México. *Agrociencia*, 42(5), 499 - 511 .
- Mondragón Pedrero, G., & Serrano Covarrubias , L. M. (2009). Manejo de Malezas en el cultivo de frijol en el centro de México. *Agro Productividad*, 27 - 30.  
Recuperado el 19 de 11 de 2024
- Morales Enciso, A. (1997). Determinación del periodo critico de competencia en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) con base en su fenología. (D. d. Agrícola, Ed.) *Tesis Profesional*, 58 .
- Muñoz Márquez , E., Soto Parra, J. M., Pérez Leal, R., Yáñez Muñoz, R. M., Noperi Mozqueda, L. C., & Sánchez Chávez, E. (2022). Aplicación de nanomolibdeno en frijol y su impacto sobre la eficiencia del nitrógeno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, publicación especial*(28), 319 - 329.
- Navarrete Maya, R., & Acosta Gallegos , J. A. (1999). Reacción de variedades de frijol común a *Fussarium* ssp. y *Rhizoctonia solani* en el altiplano de México. *Agronomía Mesoamericana*, 10(1), 37- 46 .

- Nieto, H. J., Brondo, M. A., & Gonzalez, J. T. (1968). Períodos críticos del ciclo de crecimiento de los cultivos para la competencia de las malezas. *Artículos y resúmenes de noticias sobre plagas*, 14(2), 159 - 166. doi:<https://doi.org/10.1080/05331856809432576>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2002). *Los fertilizantes y su uso* (3ra ed.).
- Ortiz Aragón , A. N., & Larios González, R. C. (Diciembre de 2020). Uso eficiente del agua en la producción de semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) con sistema de riego por aspersión. *LA CALERA*, 20(35), 81 - 87. doi:<https://doi.org/10.5377/calera.v20i35.10302>
- Osuna Ceja, E. S., Reyes Muro, L., Padilla Ramírez , J. S., Rosales Serna , R., Martínez Gamiño, M. A., Acosta Gallegos , J. A., & Figueroa Sandoval, B. (Noviembre - Diciembre de 2013). Rendimiento de genotipos de frijol con diferentes métodos de siembra y riego-sequía en Aguascalientes. *Revista Mexicana de ciencias Agrícolas*, 4(8), 1209 - 1221. Recuperado el 04 de 11 de 2024
- Pedroza Sandoval, A., Trejo Calzada, R., Cohen Sánchez, I., Samaniego Gaxiola, J. A., & Yáñez Chávez , L. G. (Junio de 2016). Evaluación de tres variedades de frijol pinto bajo riego y sequía en Durango, México1. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 167 - 176. Recuperado el 07 de 11 de 2024
- Pliego Marin , L., Ocaña Cabrera , A., & Lluch Pla, C. (abril - junio de 2003). Crecimiento, Fijación de Nitrógeno, acumulación y asimilación de nitratos con dosis de nitrógeno en frijol. *Terra Latinoamericana*, 21(2), 213 - 223.

- Prudencio Sains, J. M., Navarrete Maya, R., Navarrete Maya, J., & Acosta Gallegos, J. A. (Abril - Junio de 2008). Dinámica de los tizones común y de Halo del frijol en el valle de México. *Agricultura Técnica en México*, 34(2), 201 - 212.
- Ramírez Olivera , R., Ramos Paz, M. d., & Ricardo Palacio, S. (2010). Mejoramiento de la producción del frijol (*Phaseolus Vulgari* L.) con el uso de alternativas de fertilización. *Ciencias Holguín*, 16(2), 1 - 11.
- Ríos Flores, J. L., Torres Moreno , M., Torres Moreno , M. A., & Cantú Brito, J. E. (2017). Eficiencia y productividad del cultivo de frijol en un sistema de riego por bombeo en Zacatecas, México. *Ciencia Ergo Sum*, 24(2), 151 - 171.
- Romero Félix, C. S., López Castañeda, C., Kohashi Shibata, J., Martínez Rueda , C. G., Miranda Colín, S., & Aguilar Rincón , V. H. (2018). Ambiente y genotipo: Efectos en el rendimiento y sus componentes, y fenología en frijol común. *Acta Universitaria*, 28(6), 20 - 32. Recuperado el 12 de 11 de 2024
- Rosales Serna , R., Ochoa Márquez, R., & Acosta Gallegos, J. A. (Septiembre - octubre de 2001). Fenología y rendimiento del frijol en el altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. *Agrociencia*, 35(5).
- Rosales Serna, R., Flores Gallardo , H., & Santana Espinoza, S. (Noviembre de 2020). PID1, Variedad mejorada de frijol pinto para el estado de Durango. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Folleto técnico*(117), 6 - 7.
- Rosales Serna, R., Flores Gallardo , H., López González, J. C., Rubiños Panta, J. E., Ortíz Sánchez, I. A., Flores Magdaleno , H., . . . Domínguez Martínez, P. A. (Diciembre de 2021). Fenología y productividad del agua en variedades

- mejoradas de frijol pinto cultivadas en Durango, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 511 - 519. Recuperado el 08 de 11 de 2024
- Rosales Serna, R., Flores Gallardo, H., Nava Berumen, C. A., & Ortiz Sánchez, I. A. (febrero de 2019). Rendimiento y calidad del grano en líneas mejoradas de frijol cultivadas bajo riego en Durango, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(1), 39 - 46. doi:10.35196/rfm.2019.1.39-46
- Ruelas Islas , J. R., Peinado Fuentes, L. A., Romero Félix, C. S., Mendoza Pérez, C., Celaya Michel, H., Preciado Rangel , P., . . . Núñez Ramírez, F. (abril de 2023). Rol de *Bacillus subtilis* y dosis de fósforo en la concentración, distribución y absorción de macronutrientes en frijol común. *Terra Latinoamericana*, 41, 1 -18. doi:<https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1056>
- SAGARPA.Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural (1996 - 2000). (2000). DDR004. Saltillo. *Delegación Estatal Coahuila*.
- Salinas Ramírez, N., Escalante Estrada, J. A., Rodríguez González, M. T., & Sosa Montes , E. (2012). Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero en dos ambientes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(4), 317 - 323.
- Sánchez Chávez, E., Soto, J. M., Ruiz, J. M., & Romero, L. (2006). Asimilación de nitrógeno en raíces y hojas de frijol ejotero: deficiencia vs toxicidad de nitrógeno. *Rev. Fitotec. Mex.*, 29(3), 187 - 195.
- Sánchez Valdez , I., Ibarra Pérez, F. J., Rosales Serna, R., Singh Shree, P., & Acosta Gallegos , J. A. (enero - junio de 2001). Pinto Saltillo: nueva variedad de frijol para el altiplano de México. *Agricultura Técnica en México*, 27(1), 73 - 75.
- Sangerman Jarquín, D. M., Acosta Gallegos, J. A., Shwenstesius de Rinderman, R., Damián Huato, M. Á., & Larqué Saavedra, B. S. (Septiembre de 2010).

Consideraciones e importancia social en torno al cultivo del frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(3). Recuperado el 08 de 11 de 2024

Santangelo, C., Varí , R., Scazzocchio, B., Di Benedetto, R., Filesi, C., & Masella, R. (2007). Polyphenols, intracellular signalling and inflammation. *Annali dell Istituto Superiore di Sanità*, 43(4), 394 - 405.

Secretaria de Agricultura, Ganaderia y Desarrollo Rural (SAGAR). (1997). Anuario estadístico de la producción agrícola. *Centro de Estadística Agrícola*. SAGAR.

Serrano , J., & Goñi , I. (marzo de 2004). Papel de frijol negro *Phaseolus Vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(1), 36 -44.

Tofiño Rivera, P., Carbone Murgas , R., Melo Ríos , A. E., & José Merini, L. (mayo de 2019). Efecto del glifosato sobre la microbiota, calidad del suelo y cultivo de frijol biofortificado en el departamento del Cesar, Colombia. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(1), 61 - 71 .

Ugalde Acosta , F. J., Billar Sanchez , B., López Salinas , E., & Tosquy Valle, O. H. (2005). Verificación de tecnología para frijol de riego en la región centro del estado de Veracruz, México. *Terra Latinoamericana*, 23(4), 599 - 604. Recuperado el 07 de 11 de 2024

Urzúa Soria , F. (1991). Catálogo de Malezas. *Ed. Departamento de Parasitología Agrícola*, 92.

