

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERIA**



DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo diferentes regímenes de riego.

POR:

GLORIA LILIANA CLAVERIA CIGARRERO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER ÉL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERIA

Evaluación de rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) bajo diferentes regímenes de riego.

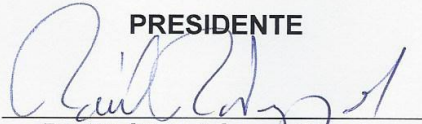
TESIS


PRESENTADA POR:

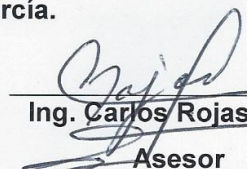
GLORIA LILIANA CLAVERIA CIGARRERO.

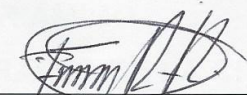
Que se somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

PRESIDENTE

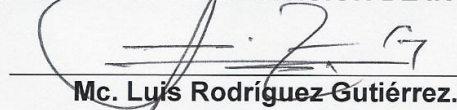

Dr. Raúl Rodríguez García.


Dra. Diana Jasso Cantú.
Asesor


Ing. Carlos Rojas Peña.
Asesor


Mc. Fidel M. Peña Ramos.
Asesor

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERIA


Mc. Luis Rodríguez Gutiérrez.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre del 2014.

Coordinación de
Ingeniería

DEDICATORIA

A MIS PADRES

SR. FRANCISCO CLAVERIA ROBLES (+).

Por cuidarme los primeros años de mi vida y darme el más sincero amor. Siempre estarás en mi corazón.

SR. ANTONIO MONTES PACHECO.

SRA. PETRA CIGARRERO JUÁREZ.

Por darme el más preciado regalo que es la vida, a cada uno les doy mis más sinceros agradecimientos porque cada uno deposito en mí lo mejor de su persona, por creer en mí, por la confianza brindada y su apoyo incondicional.

A ustedes les dedico este trabajo como símbolo de mi gratitud, porque son lo más sagrado que tengo en la vida

A MIS HERMANOS

A todos mis hermanos que de alguno u otra forma me apoyaron, por darme ánimos y creer en mí. Les dedico este trabajo.

A MI NOVIO Y MEJOR AMIGO

JOSÉ ANTONIO MORALES DE LA CRUZ.

Por todos los gratos momentos a tu lado, por tus consejos y apoyo recibido durante mi formación. Te dedico este trabajo como símbolo de perseverancia, gracias a ti he aprendido que nunca hay que darse por vencidos, que todo es posible.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO SEÑOR

Por cada día que me permites de vida, por ponerme en mi camino las herramientas necesarias para seguir adelante.

A MI ALMA MATER

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

AI Dr. RAÚL RODRÍGUEZ GARCÍA

Por darme la confianza de realizar la tesis y asesorarme, por su dedicación y conocimientos brindados.

A LA Dra. DIANA JASSO CANTU

Por brindarme su apoyo en la revisión de este trabajo

AL Mc. FIDEL M. PEÑA RAMOS.

Por su apoyo en la revisión de este trabajo.

AL Ing. CARLOS ROJAS PEÑA

Por su apoyo en la revisión de este trabajo

A LAS TECNICAS ACADEMICAS

A la Lic. Ma. Del Socorro Mireles Vásquez y Biol. Silvia Guerrero Martínez, por su apoyo brindado en la determinación del análisis de fertilidad del área de estudio.

A todos los profesores (a) de la Universidad,

Por haber dedicado su tiempo en compartir sus conocimientos y consejos.

INDICE DE CONTENIDO

	Pagina
I.- INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivos -----	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA-----	2
Aspectos generales -----	2
Descripción morfología -----	3
Características generales del desarrollo de la planta del frijol-----	11
Factores que influyen en la duración de las etapas de desarrollo -----	12
Descripción de las etapas de la fase vegetativa -----	12
Descripción de las etapas de fase reproductiva -----	14
Materia seca y area foliar -----	16
Influencia de los factores ambientales en la distribución de la materia seca. -----	17
Respuesta al déficit hídrico en las plantas -----	18
Respuesta al déficit hídrico en el cultivo -----	19
Rendimiento-----	21
Aspectos relevantes del mercado nacional-----	22
Producción-----	22
Producción en Coahuila de Zaragoza-----	23
III.- MATERIALES Y MÉTODOS -----	25
Localización-----	25
Clima -----	26
Suelo -----	27
Material genético -----	27
Tratamientos evaluados-----	28
Diseño experimental -----	28
Establecimiento del experimento-----	28
Labores culturales -----	29
Madurez fisiológica-----	30
Cosecha-----	30
Variables a evaluar-----	30

Análisis de datos	31
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	32
Riegos de auxilio	32
Variables evaluadas	32
Numero de vaina por planta	32
Número de vainas por hectárea.....	34
Numero de grano por vaina	35
Rendimiento de grano K/Ha.....	36
Peso por 100 granos.....	37
V.- CONCLUSIÓN.....	39
VI.- RESUMEN	40
VII.- LITERATURA CITADA.....	42
VIII APENDICE	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 clasificación taxonómica del frijol común. -----	2
Figura 2.2 Esquema de los cuatro tipos de hábito de crecimiento.-----	6
Figura 2.3 Localización esquemática de la triada de yemas-----	7
Figura 2.4 Desarrollo de las yemas. Caso 1: desarrollo completamente vegetativo.-----	7
Figura 2.5 Desarrollo de las yemas. Caso 2: desarrollo floral y vegetativo -----	8
Figura 3.1 Ubicación del sitio experimental en relación al estado de Coahuila. -----	25
Figura 3.2 Tipos de clima en Saltillo. -----	26

INDICE DE CUADRO

Cuadro 2.1 Producción agrícola del estado de Coahuila.-----	24
Cuadro 4.1 Número de riegos de auxilio en diferentes dds, intervalo de riego y laminas de riego aplicadas en los cuatro tratamientos. -----	32
Cuadro 4.2 Análisis de varianza para la variable número de vaina por planta.-----	33
Cuadro 4.3 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable número de vaina por planta. ---	33
Cuadro 4.4 Análisis de varianza para la variable número de vaina por hectárea. -----	34
Cuadro 4.5 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable vaina por hectárea.-----	34
Cuadro 4.6 Análisis de varianza para la variable número de grano por vaina. -----	35
Cuadro 4.7 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable número de grano por vaina. ---	36
Cuadro 4.8 Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano K/ha. -----	36
Cuadro 4.9 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable rendimiento de grano K/ha. ----	37
Cuadro 4.10 Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos.-----	37
Cuadro 4.11 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable peso de 100 granos.-----	38
Cuadro 8.1 Análisis de fertilidad-----	47

I.- INTRODUCCIÓN

La república mexicana cuenta con una superficie total de 1 millón 958 mil 201 km², de los cuales 52% corresponde a regiones áridas y semiáridas, dominado por climas secos y caracterizado por la escasez de agua. Sin embargo estas zonas son de gran importancia en el desarrollo agrícola (CONAZA, 1994).

En México la mayor parte de producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) se cultiva en regiones propensas a el déficit hídrico, donde la escasa precipitación y los elevados costos de riego son la principal limitante para la obtención de altos rendimientos, así como también existen otros factores que afectan el desarrollo del cultivo como son las plagas, las enfermedades o las altas temperaturas.

El cultivo del frijol es un alimento básico de suma importancia en nuestra alimentación, ya que es una leguminosa que contiene una fuente esencial de proteínas y minerales a un costo bajo (Peña *et al.*, 2012).

En el estado de Coahuila existe una gran problemática con la disponibilidad de agua, a causa de la sobre explotación de los mantos acuíferos y la escasa precipitación, por ello se deben de tomar las medidas necesarias para hacer un uso eficiente del agua optando nuevos métodos y técnicas para la producción agrícola. Por lo cual es necesario realizar trabajos de investigación donde se evalué el comportamiento del frijol, sometiéndolo a diferentes regímenes de riego con la finalidad de obtener un ahorro en la aportación de agua, sin afectar su rendimiento.

Objetivos

- 1.-Evaluar cómo influye el riego deficitario en el rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de frijol.
- 2.- Determinar cuál es el régimen de riego más adecuado para este cultivo.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales

La planta del frijol es anual herbácea dicotiledónea altamente cultivada, su origen es exclusivamente de América.

Desde el punto taxonómico esta especie es el prototipo del genero phaseolus y su nombre científico es *Phaseolus vulgaris* L. asignado por lineo en 1753 (Figura 2.1) (CIAT, 1984).

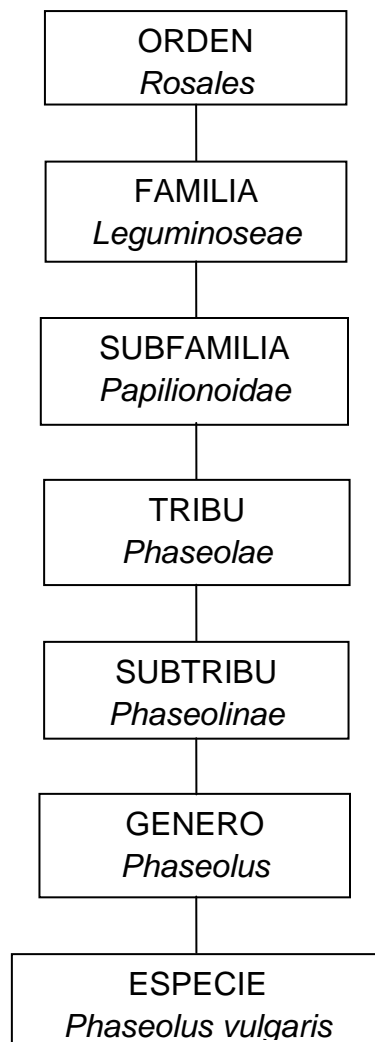


Figura 2.1 clasificación taxonómica del frijol común.

Descripción morfología

Raíz

La raíz de la planta del frijol es pivotante ramificándose en diferente grado, desde algunas raíces o en algunos casos de desarrolla un sistema fibroso muy complejo. Existe también raíces adventicias que emerge de la parte inferior del hipocótilo (León, 2000).

Se dice que el sistema radicular es superficial el mayor volumen de raíz lo encontramos a 20 cm de profundidad del suelo, en algunos casos en condiciones favorables las raíces pueden alcanzar hasta un metro de profundidad.

Como miembro de la subfamilia Papilionoideae presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. estos nódulos tiene forma poliedrica y cuentan un diámetro aproximado de 2 a 5 mm. Son colonizados por bacterias del genero *Rhizobium* , las cuales se encargan de fijar el nitrógeno atmosférico este contribuye para satisfacer las demandas requeridas de este elemento por la planta (CIAT, 1984).

Tallo

El tallo es el eje central de la planta que se da como resultado de un proceso de construcción mediante un grupo de células que se encuentran en la parte final conocidas como meristemo apical a través del desarrollo de este va generando nudos y entrenudos.

El tallo es herbáceo y de forma cilíndrica o levemente angular, con un diámetro mayor que las ramas. Este puede ser erecto, semipostrado o postrado, esto puede ser de acuerdo a él habito de crecimiento de la variedad, pero por lo regular el tallo es vertical esto va dependiendo de que el frijol crezca con algún soporte o no.

El tallo inicia en la inserción de las raíces, compuesto por nudos y entrenudos; cada nudo está constituido por una estipula, una hoja y entre el peciolo de esta y prolongación del tallo, se encuentran partes vegetativas como son las ramas o las inflorescencias. En forma ascendiente, en primer lugar se encuentra el nudo que es el de los cotiledones, estos persisten al tallo durante las primeras etapas de

desarrollo de la planta. Al transcurso de unas dos semanas caen dando origen a dos cicatrices en el tallo.

El siguiente nudo es el de las hojas primarias que se encuentran opuestas. Entre el primer nudo y segundo ya mencionado se encuentra un entrenudo llamado epicotilo. El tercer nudo le corresponde a las primeras hojas trifoliadas y así sucesivamente.

Hábito de crecimiento

El hábito de crecimiento es afectado por ciertas características influenciadas ambientales. Se ve afectado en el crecimiento y desarrollo fisiológicos de la planta.

Los principales caracteres morfo-agronómicos los cuales determinan el hábito de crecimiento son:

1. Tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
2. Número de nudos.
3. Longitud de los entrenudos, altura de planta.
4. Aptitud para trepar.
5. Grado y tipo de ramificación.

Estudios realizados en el CIAT se tomaron en cuenta que los hábitos de crecimiento podrían ser clasificados en cuatro tipos principales (Figura 2.2).

Tipo I: hábito de crecimiento determinado arbustivo.

Características

- El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada, el crecimiento del tallo y las ramas se detienen.
- El tallo es fuerte este contiene un bajo número de nudos generalmente cortos.
- La altura varia es de 30 a 50 cm, existen casos de plantas enanas de 15 a 25cm.
- La floración es corta y el madurado de vaina es por lo regular al mismo tiempo.
- Variación en cuanto al hábito de crecimiento determinado; los entrenudos son más largos y numerosos, y en algunas ocasiones con aptitud trepadora.

Tipo II Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo.

Características

- Tallo erecto sin aptitud para trepar, terminan con la guía corta. Las ramas no producen guías.
- Contiene pocas ramas estas son cortas, superan a la planta tipo I en cuanto al número.
- Los nudos superan a la planta tipo I, por lo regular más de 12 nudos.
- La planta siguen creciendo durante la etapa de floración, con un ritmo menor.

Tipo III Hábito de crecimiento indeterminado postrado.

Características

- Plantas postradas o semipostradas con ramificación bien desarrollada.
- La altura es superior a la de las plantas de tipo I (mayor de 80 cm).
- El número de nodos del tallo y ramas es superior al de los tipos I y II; de igual manera, la longitud de los entrenudos es superior respecto a los hábitos anteriormente mencionados, por lo tanto el tallo como las ramas terminan en guías.
- El desarrollo del tallo y el grado de ramificación causan variaciones. algunas plantas son postradas desde las primeras etapas de la fase vegetativas. Otras son arbustivas hasta la prefloración y luego son postradas. Dentro de esas variaciones se puede presentar aptitud trepadora especialmente si las plantas cuentan con algún tipo de soporte en este caso se les conoce como semitrepadoras.

Tipo IV Hábito de crecimiento indeterminado trepador.

Características

- Al inicio de la primera hoja trifoliada el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión lo que indica su habilidad trepadora.
- Las ramas son muy poco desarrolladas(excepto algunas)
- El tallo puede tener de 20 a 30 nudos, este tiene la posibilidad de alcanzar dos metros de altura con el soporte correcto.

- La etapa de floración es significativamente más larga en comparación con los otros hábitos descritos de tal manera que en la planta se presenta a un mismo tiempo las etapas de floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración.

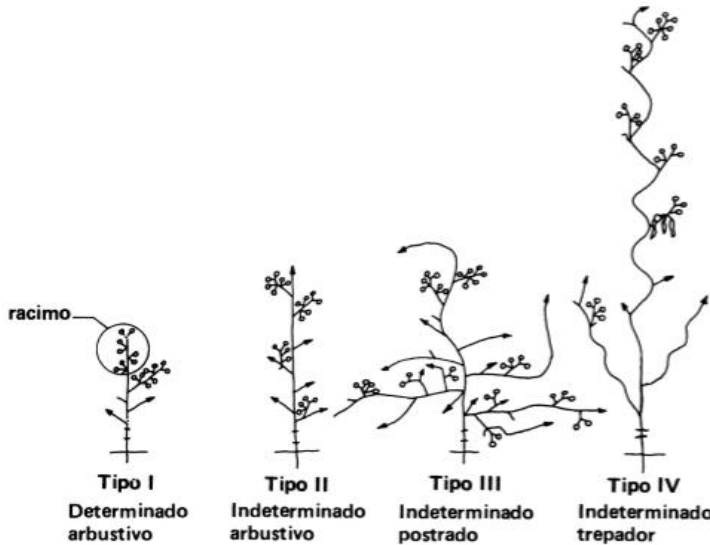


Figura 2.2 Esquema de los cuatro tipos de hábito de crecimiento.

Es importante aclarar que existen variedades que tienen hábitos de crecimiento que no concluyen en ninguno de estos cuatro tipos ya descritos anteriormente, pues son hábitos intermedios entre cualquiera de estos mencionados.

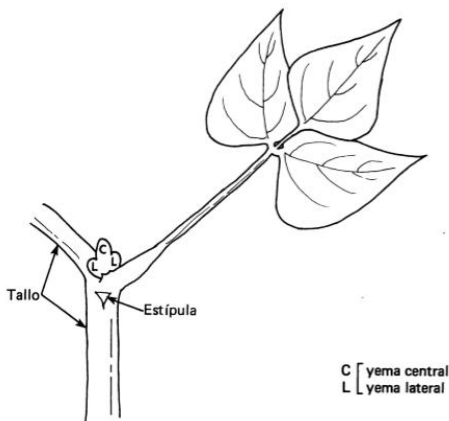
De igual manera es importante tener en cuenta que las condiciones ambientales influyen en la expresión del hábito de crecimiento, por ello, en distintos ambientes una variedad puede mostrar cambios en la expresión de este carácter. Otros factores de variación también pueden ser: la fertilidad del suelo, la densidad de población, el sistema de cultivo, etc.

El límite entre los tipos determinados e indeterminados es más estricto, ya que el funcionamiento de los meristemas es completamente diferente, además de que existen diferencias claras en las correlaciones entre las partes de la planta (CIAT, 1984).

Ramas y complejos axilares

Los componentes de la ramificación son dos el número de ramas y el número de nudos en cada una de estas. La ramificación aparece en un nudo, generalmente en la axila de una hoja trifoliada.

Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas ubicado siempre en las axilas formadas por el pulvínulo de una hoja y el tallo o rama; de igual manera en la inserción de los cotiledones. Este es nombrado complejo axilar que particularmente está constituido por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo.



Estas tres yemas forman un complejo axilar nombrado tríada (Figura 2.3).

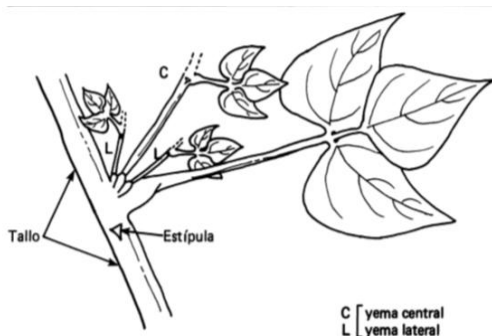
Figura 2.3 Localización esquemática de la triada de yemas

Las yemas pueden desarrollarse de forma distinta, por ello se clasifican en tres casos.

Caso 1: Desarrollo completamente vegetativo.

Este es nombrado así porque todas las yemas se desarrollan en el complejo axilar generan solo ramas en cuyo primer nudo visible se localiza en una hoja trifoliada.

La que se desarrolla primero es la yema central, dando lugar a la rama central.



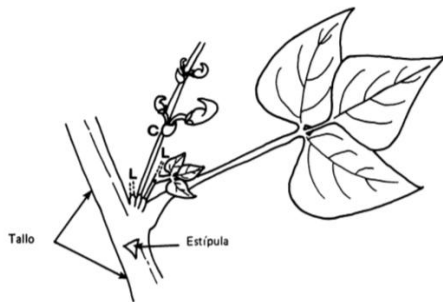
Las dos yemas laterales tienen la capacidad para desarrollarse como ramas, por lo regular se desarrolla una sola. Puede existir o tal vez no similitud en el desarrollo de las ramas a partir de dicho nudo (Figura 2.4).

Figura 2.4 Desarrollo de las yemas. Caso 1: desarrollo completamente vegetativo.

Este tipo de desarrollo, sucede generalmente en la parte inferior de la planta; es decir, en el nudo cotiledonar, el de las hojas primarias y en los nudos de las primeras hojas trifoliadas del tallo y de las ramas independientemente el hábito de crecimiento que sea.

Caso 2: Desarrollo floral y vegetativo.

Se nombra floral y vegetativo porque la yema central, es la primera en desarrollarse produce tempranamente una inflorescencia; de las otras dos yemas al menos una de ellas produce una rama. La yema central se desarrolla en una inflorescencia, esto



significa que en esta axila se va a observar primero el racimo floral y después las vainas. Las dos yemas laterales permanecen inicialmente en estado latente (Figura 2.5).

C [Yema Central
L [Yema Lateral

Figura 2.5 Desarrollo de las yemas. Caso 2: desarrollo floral y vegetativo

Sin embargo, debido a cualquier accidente ocurrido en este racimo central. las dos yemas laterales a una solamente, puede salir del estado latente y comenzar un desarrollo vegetativo, produciendo por lo menos un nudo con una hoja trifoliada.

Este tipo de desarrollo se localiza en la parte superior de los tallos o de las ramas, comúnmente en los hábitos de crecimiento II, III, IV.

Caso 3: Desarrollo completamente floral.

Se clasifica floral debido a que todas las yemas del complejo axilar se desarrollan como órganos reproductivos. Las dos yemas laterales se desarrollan convirtiéndose en botones florales, estos posteriormente se convertirán en flores y luego en vainas. Inicialmente yema central se encuentra en latencia, mas tarde continua su desarrollo como eje de la inflorescencia.

Este tipo de desarrollo se presenta solamente en la axila del último nudo del tallo y de las ramas donde haya una hoja trifoliada (CIAT, 1984).

Hojas

Las hojas del frijol son de dos tipos: simples y compuestas.

El primer par de hojas aparecen arriba de los cotiledones son opuestas, simples y acorazonadas (León, 2000). Estas caen antes de que la planta este completamente desarrollada (CIAT, 1984).

Las hojas superiores alternas son compuestas están constituidas de tres folíolos: el central obovado y simétrico, los laterales asimétricos. La base del pecíolo es engrosada, el pulvínulo, debajo del cual se encuentra una estípula. El tamaño y forma de los folíolos cambian considerablemente según el cultivar y los factores ambientales.

Existen un par de estipelas justo debajo de la inserción de los folíolos laterales; el pecíolo se continúa en el raquis, a cuyo final se encuentra otro par de estipelas y la inserción del folíolo central. Los folíolos están articulados al raquis por peciolulos diminutos (León, 2000).

Inflorescencia

Las inflorescencias pueden ser axilares o terminales. Formado de un racimo principal compuesto de racimos secundarios, estos se originan de un complejo de tres yemas localizadas en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis.

En la inflorescencia se puede distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia compuesta por el pedúnculo y de raquis, brácteas primarias y los botones florales.

En la axila de cada bráctea primaria se forma una triada floral, es un compuesto floral formado por tres yemas las cuales con propiedades diferentes, interviene en el desarrollo reproductivo.

En cada triada floral las yemas laterales producen flor, en cambio la yema central no se desarrolla directamente. Las vainas son el producto del desarrollo de las flores laterales de esta triada, la yema central puede producir un pequeño eje con otra triada floral. su desarrollo se encuentra limitada por la competencia ya que al

madurar las vainas de las dos primeras yemas, la planta generalmente se encuentra en la etapa de maduración a causa de ello presenta una disminución de su actividad fotosintética y esta flor ya no desarrollara (CIAT, 1984).

Flor

La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En su desarrollo se distingue en dos estados: el botón floral y la flor completamente abierta.

El botón floral, son originados en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila, su esta inicial está envuelto por las bractéolas su forma es ovalada o redonda. En su estado final, la corola que aun está cerrada sobresale y las bractéolas cubren solo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre, esta tiene simetría bilateral. La morfología de la flor del frijol favorece el mecanismo de autopolinización (CIAT, 1984).

Fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, provenientes del ovario comprimido, esta especie se clasifica como leguminosa por el hecho de que se fruto es una vaina.

Dos suturas unen las dos valvas, una se llama placental y la otra sutura ventral.

Los óvulos, son las futuras semillas alternan en las dos valvas.

Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños; a veces la epidermis es cerosa.

Pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, existiendo diferencias con las vainas jóvenes, maduras y completamente secas. El color depende de la variedad (CIAT, 1984).

Semilla

La semilla es exalbuminosa, las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. son originadas a través de un óvulo campilótropo . Pueden tener diversas formas: cilíndrica, de riñón, esféricas u otras.

La semilla está constituida solo por el embrión consta por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula.

En base a la materia seca, la testa representa un 9%, los cotiledones un 90% y un 1 %, el resto al embrión.

La semilla posee una extensa variación de color, de forma y de brillo. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se toma en consideración de la gran diversidad genética que existe dentro de esta especie (CIAT, 1984).

Características generales del desarrollo de la planta del frijol

El ciclo vegetativo del frijol se divide en dos fases sucesivas: La fase vegetativa y la fase reproductiva.

La fase vegetativa inicia cuando se le proporciona las condiciones adecuadas para el inicio de la germinación y termina al comienzo de la aparición de los primeros botones florales en las variedades del hábito de crecimiento determinado, o en los primeros racimos en las variedades del hábito de crecimiento indeterminado.

En esta fase le corresponde el desarrollo de los meristemas terminales de los tallos y ramas produciendo nudos en donde se forman los complejos axilares susceptibles a un desarrollo posterior.

La fase reproductiva inicie en la aparición de los botones florales ó los racimos y la madurez de cosecha (CIAT, 1983).

Factores que influyen en la duración de las etapas de desarrollo

Los factores importantes que afectan la duración de las etapas del su desarrollo incluyen el genotipo y clima. Existen otros factores como son las condiciones de fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros que causan variación en la duración de cada etapa de desarrollo (CIAT, 1983).

Descripción de las etapas de la fase vegetativa

Está constituida por cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y la tercera hoja trifoliada.

Etapa V0: germinación

Al realizarse la siembra, la semilla se coloca en un ambiente que le favorezca para el inicio del proceso de germinación. se tomara como la iniciación de la etapa V0, el día que la semilla tiene la humedad suficiente para el comienzo del proceso de la germinación; es decir, el primer día de riego o la primera lluvia si se siembra en seco. La semilla absorbe el agua requerida y empieza la división celular, las reacciones bioquímicas liberan los nutrimentos de los cotiledones. Posteriormente emerge la radícula. Después está se convierte en la raíz primaria al desarrollar las raíces secundarias y terciarias. El hipocótilo crece cuando los cotiledones al nivel del suelo. En ese momento finaliza la etapa de germinación.

Etapa V1: emergencia

La etapa se considera iniciada cuando el 50% de la población esperada del cultivo presentan los cotiledones al nivel del suelo. Posteriormente de la emergencia, el hipocótilo se endereza y sigue creciendo alcanzando su máximo tamaño. Cuando se encuentra totalmente erecto, los cotiledones se empiezan a separarse, se hace notar que el epicótilo se encuentra desarrollándose.

Comienzan el despliegue de las hojas primarias; las láminas empiezan a separarse y a abrirse hasta desplegarse en su totalidad.

Etapa V2: hojas primarias

Esta comienza cuando las hojas primarias se encuentran desplegadas. En el cultivo se considera iniciada a etapa cuando el 50% de las plantas presentan esta característica. En esta etapa comienza el desarrollo vegetativo rápido de la planta durante en el cual se formaran el tallo, las ramas y las hojas trifoliadas.

Las hojas trifoliadas son alternas. Al comienzo de esta etapa se logra ver la primera hoja trifoliada que empieza su crecimiento. Los cotiledones pierden en ese momento su forma, arqueándose y arrugándose.

El crecimiento de la hoja trifoliada consta de tres pasos: inicialmente, los folíolos todavía unidos aumentan de tamaño; luego, éstos se separan y por último, se despliegan y se extienden en un solo plano.

Etapa V3: primera hoja trifoliada

Esta inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana. Se considera iniciada la etapa cuando el 50% de las plantas presentan la primera hoja trifoliada desplegada, esta se encuentra localizada por debajo de las hojas primarias.

Después el pecíolo crece y la primera hoja trifoliada se sobrepone a las hojas primarias; la segunda hoja trifoliada ya ha aparecido y los cotiledones se han secado y caído.

El tallo sigue creciendo, la segunda hoja trifoliada se abre y la tercera hoja trifoliada se despliega.

Etapa V4: tercera hoja trifoliada

La etapa comienza cuando la tercera hoja trifoliada se ha desplegado. Se considera iniciada esta etapa cuando el 50% de las plantas presenten esta característica.

A partir de esta etapa se notan claramente diferenciables algunas estructuras vegetativas como son el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas (CIAT, 1983).

Descripción de las etapas de fase reproductiva

En esta fase ocurre las etapas de prefloración, floración, formado de vainas, llenado de vainas y maduración.

Etapa R5: prefloración

La etapa inicia cuando aparece el primer botón o el primer racimo. Cuando las plantas presentan el 50% de esta característica se dice que ha iniciado esta etapa.

Es necesario reiterar lo que sucede las variedades de hábito de crecimiento determinado, el tallo y las ramas terminan su crecimiento formando una inflorescencia. En las variedades de hábito indeterminado, el tallo y las ramas continúan creciendo debido a que presentan en su parte apical un meristema vegetativo. Las inflorescencias en las plantas de hábito indeterminado, que resultan del desarrollo de las yemas, se localizan en las axilas de las hojas trifoliadas.

Los racimos se desarrollan produciendo botones, que al crecer adquieren su forma típica y la pigmentación según la variedad.

Un día antes de que empiece la apertura de la flor, el botón presenta algunos abultamientos característicos. Al final de este proceso se abre la flor.

Etapa R6: floración

La etapa inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta. En un cultivo cuando las plantas presentan el 50% de esta característica se dice que ha iniciado esta etapa.

En las variedades de hábito determinado la floración comienza en el último nudo del tallo o ramas y continúan de forma descendente en los nudos inferiores, en las variedades de hábito indeterminado, la floración inicia en la parte baja del tallo y continua en forma ascendente.

Al ser fecundada la flor, esta se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento, la corola marchita se cae.

Etapa R7: formación de las vainas

La etapa inicia cuando una planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida. En un cultivo cuando las plantas presentan el 50% de esta característica se dice que ha iniciado esta etapa.

En las plantas de hábito determinado, las primeras vainas aparecen en la parte superior del tallo y ramas; las demás vainas van apareciendo hacia abajo.

En las plantas de hábito indeterminado las primeras vainas aparecen en la parte inferior y las otras salen de forma ascendente.

La formación de la vaina comprende el desarrollo de las valvas. Durante los primeros 10 ó 15 días después de la floración la vaina crece longitudinal. Cuando alcanzan las valvas su tamaño y peso máximo, inicia el llenado de las vainas.

Etapa R8: llenado de las vainas.

Esta etapa se considera iniciada cuando el 50% de las plantas comienzan a llenar la primera vaina. Entonces empieza el crecimiento activo de las semillas, a causa de eso en las vainas se observan abultamientos. Los granos alcanzan su peso máximo a los 30 ó 35 días después de la floración.

Al finalizar esta etapa los granos pierden su color verde y comienzan a adquirir las características de la variedad.

También se puede ver el inicio de la defoliación.

Etapa R9: maduración

Esta etapa se caracteriza por la decoloración y secado de las vainas. En un cultivo cuando las plantas presentan el 50% de esta característica se dice que ha iniciado esta etapa.

Los cambios de coloración en la vaina nos está indicando el inicio de la maduración de la planta; continua el amarillento y la caída de las hojas y todas las partes de la planta se secan; las vainas al secar pierden su pigmentación. El contenido de agua de las semillas disminuye hasta alcanzar un 15%.

Termina su ciclo biológico y el cultivo se encuentra listo para ser cosechado (CIAT, 1983).

Materia seca y area foliar

La materia seca producida por la fotosíntesis se acumula y distribuye en los diferentes órganos de la planta, esto tiene gran influencia en el rendimiento final del grano (CIAT, 1988).

El alargamiento y tamaño de las hojas son afectadas por el déficit hídrico cuando es originado en la etapa inicial del cultivo, sin embargo, en etapas más avanzadas se incrementa la senescencia foliar y la pérdida del follaje (Nuñez y Foster, 1996; Kramer, 1983).

La disminución del área foliar de la planta, en conjunto con una reducción en la conductancia estomática, pueden limitar tanto la intercepción de la energía solar como la tasa de fotosíntesis y finalmente la producción de materia seca en la planta (Dai *et al.*, 1992; Hall y Shultz, 1980).

El cultivo de frijol sometido bajo sequía, ocasiona altas tasas de senescencia foliar esto se debe principalmente a una rápida translocación de nitrógeno a los órganos reproductivos (Foster *et al.*,1995).

El frijol bajo sequia, se incrementan el numero de raíces secundarias y terciarias, al mismo tiempo afecta el área foliar reduciendo las tasas de crecimiento (Nuñez-Barrios, 1991).

Cuando la sequia comienza justamente al inicio de la etapa de la floración, la producción de materia seca y peso de semilla se ve afectado significativamente disminuyendo considerablemente, así mismo el índice de área foliar se reduce.

La producción de materia seca en la parte aérea se encuentra estrechamente relacionada con la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa, al mismo valor de intercepción de luz, se produce una cantidad un ligeramente menor de materia seca cuando el cultivo se encuentra en sequia, indicando un incremento en la translocación de carbohidratos hacia la raíz a medida que disminuye la disponibilidad de agua en el suelo (Nuñez, *et al.*, 1998).

Influencia de los factores ambientales en la distribución de la materia seca.

El ambiente es importante porque influye para el desarrollo de la planta. Los factores que afectan a la planta de igual manera regulan su tasa de desarrollo. Se consideran los factores como el fotoperiodo, la disponibilidad de agua, nutrimentos y temperatura.

Fotoperiodo

Es sensible la planta del frijol a la duración del día o fotoperiodo. Los días de corta duración aceleran el desarrollo reproductivo. Se han realizados estudios respecto a los efectos del fotoperiodo en la floración, sin embargo también afecta otras

características como son el grado de ramificación, la elongación de los tallo y duración del llenado de vainas.

Disponibilidad de agua

El 99% del agua que la planta utiliza para realizar sus funciones se pierde a la atmósfera, las plantas requieren gran cantidad de agua para un funcionamiento adecuado. La sequía o escasez del vital líquido tiene un efecto muy marcado, la sequía acelera la maduración.

Disponibilidad de nutrientes

Bajo condiciones de disponibilidad de nutrientes, la relación entre el desarrollo de la parte aérea y las raíces es constante, mas sin embargo su valor depende de la disponibilidad de los nutrientes. En un medio extremadamente deficiente en nutrientes el crecimiento del sistema radical es mayor, las raíces se extienden con el fin de buscar nutrientes explorando un mayor volumen de suelo. En condiciones donde existe una excelente fertilidad el crecimiento del sistema radicular es menor.

Temperatura

La maduración de la planta disminuye cuando la temperatura aumenta. Las temperaturas altas aumentan la sensibilidad de la planta al fotoperiodo. (CIAT, 1988).

Respuesta al déficit hídrico en las plantas

La limitación de agua provoca en las plantas respuestas afectando su morfología, fisiología y metabolismo. Por ejemplo, se puede observar en las hojas cambian su ángulo de inclinación, se enrollan o se recambian, y se incrementa la relación del peso entre la raíz y la parte aérea (la raíz mantiene su velocidad de crecimiento, en

tanto que la parte aérea la disminuye). Entre los cambios fisiológicos y metabólicos que ocurren se encuentran la disminución en la síntesis de proteínas, a consecuencia se originan cambios en la transpiración, en la respiración, en la fotosíntesis, en la distribución de nutrientes, etc. especies que se desarrollan en ambientes donde la limitación es el agua inducen respuestas rápidamente, y por lo consiguiente, disminuyen su velocidad de crecimiento, su transpiración, su eficiencia fotosintética; reorganizan la distribución de sus nutrientes, dándole prioridad a la formación de las semillas para así garantizar su reproducción y descendencia, garantizando la permanencia de la especie. (Covarrubias, 2007).

Una de las respuestas mejor caracterizadas ante la limitación de agua es el cierre, parcial o total, de los estomas ubicados en las hojas, lo cual evita que la planta se deshidrate. Este mecanismo está regulado por una fitohormona que lleva el nombre de ácido abscísico (ABA), se considera a la fecha como el mediador por excelencia de la respuesta de las plantas al déficit hídrico. Este cierre de los estomas no sólo tiene como consecuencia la disminución de la pérdida de agua por la hojas, sino también la reducción en la entrada del CO₂, lo cual implica directamente en el proceso fotosintético y, por tanto, en la formación eficiente de fuentes carbonadas necesarias para la nutrición vegetal (Covarrubias, 2007).

Las plantas también sintetizan compuestos que funcionan como osmolitos para mantener el potencial hídrico y otras proteínas que usan para proteger las células de daños (O'Connell, 1995)

Respuesta al déficit hídrico en el cultivo

Los programas de mejoramiento dependen de la selección de genotipos que contienen propiedades nuevas y mejoradas (Sorrells, 2007).

El cultivo del frijol no es reconocido como una especie resistente a la sequía; sin embargo, este tiene características que induce a la precocidad del cultivo, evasión y tolerancia a la deshidratación (Acosta *et al.*, 2004).

En los tejidos de las hojas, la afectación por el estrés hídrico tiene un mecanismo de cierre de estomas, como consecuencia se reduce la transpiración y por lo tanto limita la absorción de dióxido de carbono y reduce las tasas de fotosíntesis (Turkan *et al.*, 2005).

Una mejor adaptación de los genotipos de frijol a los diferentes tipos de estrés que puede enfrentarse, ayuda a la estabilidad y ampliación de la producción en entornos propensos a la sequía, por lo que requiere menos agua para el riego y, en consecuencia, contribuyen a la conservación del recurso natural (Rao, 2000).

Turner (1979) y Huang y Gao (2000) encontraron ciertas características del cultivo que mejoran la adaptación a condiciones de sequía, que consiste en que la raíz sea vigorosa. Un acceso al agua disponible asegura altas tasas de transpiración y crecimiento.

Cuando el sistema radical es desarrollado de una manera adecuada, permite reducir y amortiguar los efectos originados por la deshidratación en las plantas, como también, la profundización le permite a la raíz explorar un mayor volumen de suelo y extraer agua de perfiles inferiores, cuando las raíces superficiales ya han agotado el agua disponible en los perfiles de suelo superiores (Khan *et al.*, 2010).

El cultivo del frijol no necesita de grandes volúmenes de agua durante la etapa vegetativa, la demanda de agua dependerá de la fase de desarrollo que se encuentre, el cultivo es exigente en la fase de germinación y demasiado exigente en la fase de floración, fructificación y llenado de vaina (Alfonso, 1987).

Algunas características favorables que se deben tomar en cuenta de la planta del frijol para la adaptación a la sequía son: el tamaño de la semilla, el hábito de crecimiento y el sistema radical (Terán y Singh, 2002).

Rendimiento

El rendimiento es la característica más importante en un cultivo, con su evaluación en varias localidades, se ha podido desarrollar variedades con un alto rendimiento adaptando materiales (Acosta *et al.*, 2000).

El bajo rendimiento se origina mediante a los factores biológicos y meteorológicos que afectan al cultivo del frijol. Uno de los más restrictivos destacan las sequías en sus diferentes modalidades: retraso del temporal de lluvias, insuficiente precipitación pluvial, y ataque de plagas. Asimismo, las condiciones de suelos de algunas de las regiones productoras son deficientes en nitrógeno y fósforo, poco profundos, con bajo contenido de materia orgánica y baja capacidad de retención de humedad (Secretaría de Economía, 2012).

El segundo factor importante que afecta el rendimiento es la sequia, después de las enfermedades. Cerca del 60% de las regiones productoras presentan periodos largos de sequia, generando pérdidas entre 10% hasta 100% del cultivo (Thung y Rao, 1999; Rao, 2001).

Estudios realizados en invernadero con temperaturas promedio máxima de 32.4 °C y mínima de 19.1 °C, la producción de biomasa de la parte aérea de la planta bajo condiciones de estrés por sequía fue de 1.67 g/planta, mientras que en condiciones óptimas de riego fue de 4.65 g/planta, lo que equivale a una reducción por estrés de 73% sobre la producción de biomasa aérea (tallo, hoja y vaina) de la planta, esto indica la severidad y el daño por estrés debido a sequía terminal (secamiento progresivo del suelo) (Polanía *et al.*, 2012).

Aspectos relevantes del mercado nacional

El frijol es definido en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS, 2001) como un producto básico y estratégico para el país, sembrándose en todas las regiones agrícolas, y ocupa el segundo lugar en superficie a nivel nacional, con un promedio de 1.6 millones de hectáreas cosechadas, una producción de 1.1 millones de toneladas y un valor de 10.2 miles de millones de pesos, es decir, el 3.1% del valor de la producción agrícola para 2010.

El frijol es cultivado en todo el país, en casi todas las condiciones de suelo y clima. Este cultivo ocupa el segundo lugar en importancia dentro de la superficie sembrada total a nivel nacional (Secretaría de Economía, 2012).

Producción

El cultivo de frijol tienen presencia en las 32 entidades federativas, pero solo son siete las entidades que producen tres cuartas partes de la producción nacional, estas son: Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chiapas, Chihuahua, Nayarit, y San Luis Potosí.

En la región centro-norte se localizan las entidades con mayor producción de frijol con 54.5% del total nacional, son: Zacatecas, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí y Guanajuato, estas son beneficiadas por su clima templado-semiárido, sin embargo, pueden verse afectados por la escasez de lluvia, y los efectos de sequía son acentuados por el tipo de suelos predominantes poco profundos, con bajo contenido de materia orgánica como consecuencia tienen una baja capacidad de retención de humedad. Por su parte, la región noreste tiene un clima cálido con invierno seco, donde se produce bajo condiciones de riego y humedad residual. Los principales estados productores son Sinaloa y Nayarit que aportan el 18.9% de la producción nacional de frijol. (Secretaría de Economía, 2012).

Producción en Coahuila de Zaragoza

Estado Coahuila de Zaragoza año agrícola 2012

Modalidad riego.

En 2012 se obtuvo una producción de 405.14 toneladas.

Rendimiento

Frijol pinto americano 1.16 T/Ha

Frijol pinto nacional 1.117 t/ha

Frijol sin clasificar 0.606 t/ha

Modalidad temporal

En 2012 se obtuvo una producción de 511.37 toneladas.

Rendimiento

Frijol Flor de Mayo 0.325 t /ha

Frijol pinto americano 0.309 t/ha

Frijol sin clasificar 0.1 t/ha

Modalidad riego + temporal

En 2012 se obtuvo una producción de 916.51 toneladas.

Rendimiento

Frijol flor de mayo 0.325 t/ha

frijol pinto americano 0.373 t/ha

frijol pinto nacional 1.117 t/ha

frijol sin clasificar 0.601 t/ha

(SIACON, 2012)

Estado Coahuila						
Ciclo: Año agrícola OI+PV 2013						
Modalidad: Riego						
Frijol						
Municipio	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rend. (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Saltillo	2	2	2.2	1.1	9,000.00	19.8
Cuatro Ciénegas	37.5	37.5	37.5	1	12,000.00	450
Ocampo	24	24	24	1	15,000.00	360
Sacramento	1	1	1	1	12,501.00	12.5
Abasolo.	14	14	12.6	0.9	15,250.00	192.15
Lamadrid	5	5	4	0.8	12,500.00	50
Jiménez	14	14	11.06	0.79	11,949.55	132.16
Acuña	8	8	5.95	0.74	11,905.88	70.84
Hidalgo	7	7	4.9	0.7	11,200.00	54.88
Morelos	1.5	1.5	1.05	0.7	12,000.00	12.6
San Juan de Sabinas	1	1	0.6	0.6	16,000.00	9.6
Sabinas	1	1	0.5	0.5	16,000.00	8
	116	116	105.36	0.91	13,027.08	1,372.53

Cuadro 2.1 Producción agrícola del estado de Coahuila.
(SIAP, 2014)

Clima

El clima predominante, de acuerdo a la clasificación de KÖPPEN modificado por E. García 1973, es de tipo BWh^o(x)(e) equivale a un clima muy seco, semicalido, con invierno fresco, extremo, y verano cálido, lluvias intermedias entre verano e invierno, con una precipitación media anual de alrededor de 443 mm y una evaporación promedio anual de 2167 mm.

Los tipos de clima que predominan en Saltillo de ilustran en la figura 3.2.

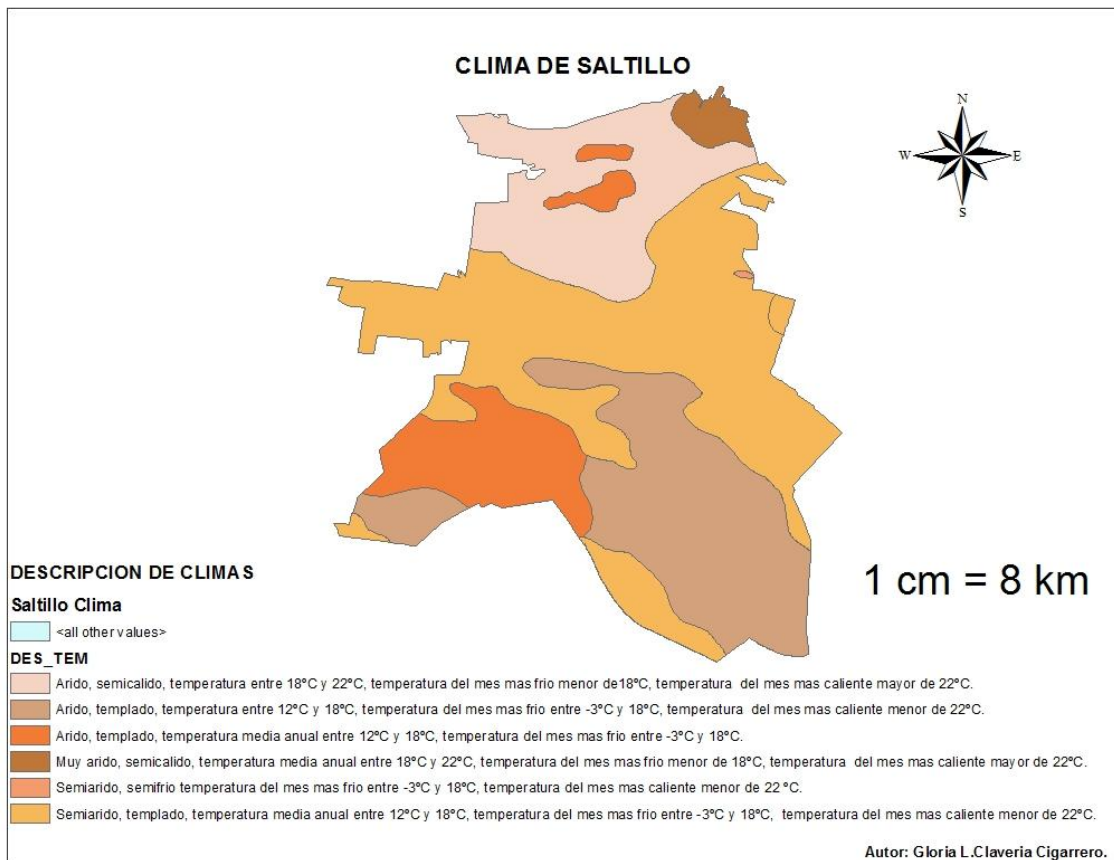


Figura 3.2 Tipos de clima en Saltillo.

Suelo

El suelo es de origen aluvial, pertenece a la unidad taxonómica faeozem calcaría de acuerdo a CETENAL (1976).

De acuerdo a los análisis de fertilidad de suelo.

En la parcela 1 la textura es migajón arcilloso en el estrato 00-30 cm, en cuanto a la fertilidad el contenido de nitrógeno es 0.177 %, el de fósforo es 39.15 kg/ha y el de potasio 2.25 kg/ha. En el estrato 30-60 cm la textura es migajón arcilloso, en cuanto a la fertilidad el contenido de nitrógeno es 0.174 %, el de fósforo es 30.15 kg/ha y el de potasio 2. kg/ha.

En la parcela 2 la textura es migajón en el estrato 0-30 cm, en cuanto a la fertilidad el contenido de nitrógeno es 0.164 %, el de fósforo es 40.15 kg/ha y el de potasio 4.5 kg/ha. En el estrato 30-60 cm es migajón arcilloso, en cuanto a la fertilidad el contenido de nitrógeno es 0.183 %, el de fósforo es 30.1 kg/ha y el de potasio 2.25 kg/ha.

En la parcela 3 la textura es migajón arcilloso en el estrato 00-30 cm, en cuanto a la fertilidad el contenido de nitrógeno es 0.142 %, el de fósforo es 45.45 kg/ha y el de potasio 4 kg/ha. En el estrato 30-60 cm. su textura es migajón arcilloso, el contenido de nitrógeno es 0.139%, el de fósforo 42.2 kg/ha y el de potasio 2.25 kg/ha.

En la parcela 4 la textura es migajón arcilloso en el estrato 0-30 cm, en cuanto a la fertilidad el contenido de nitrógeno es 0.155 %, el de fósforo es 54.45 kg/ha y el de potasio 4 kg/ha. En el estrato de 30-60 cm su textura es migajón arcillo-arenoso, el contenido de nitrógeno es 0.152 %, el de fósforo es 45.4 kg/ha y el de potasio 4.5 kg/ha (tabla 8.1apendice).

Material genético

El material genético que se utilizó fue flor de mayo Flor de Mayo AN-05 proporcionado por el programa de frijol de la UAAAN, la duración del ciclo fue 110 días.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron cuatro diferentes regímenes de riego

T1.- Al momento del riego aportar el 100% del requerimiento de riego.

T2.- Al momento del riego aportar el 80% del requerimiento de riego.

T3.- Al momento del riego aportar el 60% del requerimiento de riego.

T4.- Al momento del riego aportar el 40% del requerimiento de riego.

La estrategia programada de riego se adapta principalmente a la utilización de riego por aspersión que facilita controlar la reducción en las cantidades de agua aplicadas. Los requerimientos de riego se determinaron por la ecuación de Penman-Monteith (manual FAO 56).

Diseño experimental

Se realizó el diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos y cinco repeticiones cada uno. Se efectuó el análisis de varianza y comparación de medias con $P(0.05)$.

Establecimiento del experimento

La preparación del terreno consistió en el barbecho y un paso de rastra.

La siembra se realizó el 28 de junio de 2012 en el jardín hidráulico de la Unidad Buenavista. La densidad de siembra fue de 125 mil plantas por hectárea, en surcos separados 0.80 m (10 plantas por m lineal).

El área de las parcelas fue de 240 m² (8x30) y la unidad experimental fue de 48 m² en promedio (8x6m)

Labores culturales

Fertilización

La fertilización se efectuó al momento de la siembra con la dosis 70-40-00, la fuente nitrógeno fue el sulfato de amonio y del fósforo el superfosfato simple ambos granulados.

Riego

El primer riego se realizó una semana antes de la siembra.

Riegos para uniformizar la emergencia se realizaron 29-30 de Junio y 5-6 de Julio.

Los riegos se efectuaron por aspersión, se calibró la cantidad de agua aportada por 10 aspersores en cada parcela, se recolectó el volumen precipitado en una hora y se calculó la lámina precipitada y la velocidad de precipitación en cm/hr, este último valor se utilizó para determinar el tiempo de riego de acuerdo a la lámina de riego que se debería aportar en cada una de las parcelas.

Donde:

Lmp = Lámina precipitada (cm)

Vr = Volumen recolectado (cm^3)

A = Área del colector (cm^2)

Vp = Velocidad de precipitación (cm/hr)

T = Tiempo de riego (hr)

$$Lmp = \frac{Vr}{A}$$

$$Vp = \frac{Lmp}{T}$$

Deshierbe

La planta de frijol es muy susceptible a la competencia de las malezas (Lopez, 2004). Es muy importante que el cultivo esté libre de malezas, por lo cual se realizaron 2 deshierbes manuales durante el ciclo del cultivo, la maleza que mas predominaba era el coquillo.

Control de plagas

Durante el ciclo del cultivo se realizaron 3 fumigaciones para el control del chapulín, que pertenecen al orden Orthoptera.

Madurez fisiológica

La madurez fisiológica fue el 5 de octubre.

Cosecha

La cosecha se llevo a cabo el 12 de octubre del 2012.

Variables a evaluar

Número de vaina por planta

Número de grano por vaina

Vaina por ha

Rendimiento kg/ha

Peso de 100 granos

A la cosecha se muestreo una parcela útil 4.8 m², las plantas fueron introducidas a una estufa para secarlas. Posteriormente se contabilizo el número de vainas por planta a continuación se contaron el número de granos por vaina. Se separo los granos de las vainas y se pesaron. El peso de grano (g) se determino al azar, se separaron 100 granos y se pesaron.

Análisis de datos

Se realizó el análisis de varianza utilizando el paquete de diseños experimentales de la UANL bajo un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones.

Modelo para el análisis estadístico

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ Dónde:

$i = 1, 2, 3, \dots, t$...tratamientos

$j = 1, 2, 3, \dots, n$...observaciones

Y_{ij} = La j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

μ = Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento.

τ_i = Efecto del i -ésimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento.

ε_{ij} = Efecto aleatorio de variación.

(Dicovsky y Pedroza, 2007)

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

Riegos de auxilio

Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron 4 riegos de auxilios. Para el tratamiento de 100% ETc la cantidad total regada fue de 245.5 mm, en el tratamiento de 80% ETc. fue de 196.5 mm, en el tratamiento 60% ETc fue de 147.7 mm y en el de 40% ETc fue de 98.3 mm (cuadro 4.1). La evapotranspiración total para el tratamiento 100% de ETc. fue 503.5 mm y la lluvia fue de 239.7 mm.

Cuadro 4.1 Número de riegos de auxilio en diferentes dds, intervalo de riego y láminas de riego aplicadas en los cuatro tratamientos.

NUMERO DE RIEGO DE AUXILIO	DDS	IR DIAS	AHD% 100 % ETc	Lr mm 100%	Lr mm 80%	Lr mm 60%	Lr mm 40%
1	37	37	55	68.5	54.8	41.1	27.4
2	56	19	42	52.5	42	31.5	21
3	77	21	59	74.3	59.2	44.6	29.8
4	96	19	41	50.2	40.2	30.2	20.1
				245.5	196.5	147.7	98.3

Variables evaluadas

Número de vaina por planta

El ANVA para el número de vaina por planta mostró (cuadro 4.2) que existe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre los diferentes tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación de 14.72% el cual es aceptable.

Cuadro 4.2 Análisis de varianza para la variable número de vaina por planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0.05)	Ft(0.01)
TRATAMIENTOS	3	245.350098	81.783363	31.1418	3.24*	5.29**
ERROR	16	42.018555	2.62616			
TOTAL	19	287.368652				

*= al 95% de seguridad (nivel de significancia 0.05)

**= 99% de seguridad (nivel de significancia 0.01). C.V. = 14.72 %

La prueba de medias DMS al 0.05 (cuadro 4.3) mostró que el tratamiento 1 regado al 100% del requerimiento hídrico presentó la mayor cantidad de número de vainas por planta, sin embargo el tratamiento 2 regado al 80% y el tratamiento 3 regado al 60% del requerimiento hídrico del cultivo resultaron estadísticamente iguales. El tratamiento 4 regado al 40% resultó con el menor número de vainas por planta.

Estudio realizado por Castañeda *et al.*, (2006) menciona que cuando el estrés hídrico es inducido en la etapa de formación de vaina o durante el llenado de semillas, responde a la pérdida en el número de vainas por planta, sin embargo en la etapa de formación de vaina resultó más afectado el componente número de semillas por planta. Por otra parte, Kokubun *et al.*, (2001) consideran que la disminución en el número de vainas por planta puede deberse a daño en la viabilidad de los óvulos.

Cuadro 4.3 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable número de vaina por planta.

TRATAMIENTO	MEDIA	
1 100% del requerimiento de riego.	16.6526	A
2 80% del requerimiento de riego	10.6060	B
3 60% del requerimiento de riego	9.6700	B
4 40% del requerimiento de riego.	7.1020	C

Medias con letras diferentes de cada columna no son estadísticamente iguales.

Número de vainas por hectárea

El ANVA (cuadro 4.4) mostró que existe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre los diferentes tratamientos evaluados en la variable de número de vainas por hectárea, con un coeficiente de variación de 16.40% el cual es aceptable.

Cuadro 4.4 Análisis de varianza para la variable número de vaina por hectárea.

ANOVA						
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0.05)	Ft(0.01)
TRATAMIENTOS	3	3.4972E+12	1.1657E+12	18.44	3.24*	5.29**
ERROR	16	1.0114E+12	6.3211E+10			
TOTAL	19	4.5085E+12				

*= al 95% de seguridad (nivel de significancia 0.05)

**= 99% de seguridad (nivel de significancia 0.01). C.V. = 16.40 %

La prueba de medias DMS al 0.05 (cuadro 4.5) mostró que el tratamiento 1 regado al 100% del requerimiento hídrico fue el que presentó mayor número de vainas por hectáreas, sin embargo el tratamiento 2 regado al 80% y el tratamiento 3 regado al 60% del requerimiento hídrico del cultivo resultaron estadísticamente iguales. El tratamiento 4 regado al 40% resultó muy bajo el número de vainas por hectárea.

Cuadro 4.5 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable vaina por hectárea.

TRATAMIENTO	MEDIA	
1 100% del requerimiento de riego.	2135750.0000	A
2 80% del requerimiento de riego.	1541229.7500	B
3 60% del requerimiento de riego.	1501249.6250	B
4 40% del requerimiento de riego.	954166.1875	C

Medias con letras diferentes de cada columna no son estadísticamente iguales.

Número de grano por vaina

El ANVA para número de grano por vaina (cuadro 4.6) mostró que existe una diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los diferentes tratamientos evaluados, con un coeficiente de variación del 6.65%.

Cuadro 4.6 Análisis de varianza para la variable número de grano por vaina.

ANVA					
FV	GL	SC	CM	Fc	Ft(0.05)
TRATAMIENTOS	3	0.61792	0.205973	3.2637	3.24*
ERROR	16	1.009766	0.06311		
TOTAL	19	1.627686			

*= al 95% de seguridad (nivel de significancia 0.05). C.V. = 6.65 %

La prueba de medias DMS al 0.05 (Cuadro 4.7) mostró que el tratamiento 1 regado al 100% del requerimiento hídrico presentó mayor número de grano por vaina siendo estadísticamente iguales con el tratamiento 4 regado al 40% del requerimiento hídrico. Los tratamientos 2 regado al 80%, 3 regado al 60% y el tratamiento 4 regado al 40% del requerimiento hídrico resultaron estadísticamente iguales.

El número y tamaño de semillas en frijol son componentes del rendimiento poco asociados a la tolerancia a sequía, pues son características relativamente estables y poco afectadas por el estrés causado por el ambiente; por lo consiguiente, esos componentes son más afectados por la duración del periodo reproductivo (Martínez *et al.*, 2007). Trabajo realizado por Polón *et al.*, (2013) con la variedad Tomeguín 93 no observó que el estrés hídrico en la etapa vegetativa redujera el número de semillas y su tamaño, encontró lo contrario, aumentó en el número de semillas y su tamaño, con un brillo muy característico en las semillas procedentes de las plantas estresadas.

Cuadro 4.7 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable número de grano por vaina.

TRATAMIENTO	MEDIA	
1 100% del requerimiento de riego.	4.0643	A
4 40% del requerimiento de riego.	3.7600	AB
2 80% del requerimiento de riego.	3.6800	B
3 60% del requerimiento de riego.	3.6000	B

Medias con letras diferentes de cada columna no son estadísticamente iguales.

Rendimiento de grano kg/Ha

El ANVA mostró (cuadro 4.8) que existe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre los diferentes tratamientos evaluados en la variable de rendimiento de grano kg/Ha, con un coeficiente de variación de 19.98% el cual es aceptable.

Cuadro 4.8 Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano kg/ha.

ANVA						
FV	GL	SC	CM	FC	Ft(0.05)	Ft(0.01)
TRATAMIENTOS	3	6698880	2232960	21.7627	3.24*	5.29**
ERROR	16	1641676	102604.75			
TOTAL	19	8340556				

*= al 95% de seguridad (nivel de significancia 0.05)

**= 99% de seguridad (nivel de significancia 0.01). C.V. = 19.98 %

La prueba de medias DMS al 0.05 (cuadro 4.9) mostró que el tratamiento 1 regado al 100% del requerimiento hídrico presentó el más alto rendimiento (2476 kg/ha), sin embargo el tratamiento 2 regado al 80% y el tratamiento 3 regado al 60% del requerimiento hídrico del cultivo resultaron estadísticamente iguales (rendimiento de 1631 kg/ha y 1.4464 kg/ha respectivamente). El tratamiento 4 regado al 40% resultó, con el rendimiento más bajo (859.82 kg/ha). Los rendimientos bajo riego en esta investigación superaron al reportado por el SIAP en el año agrícola 2013 para el

municipio de Saltillo, el cual fue de 1100 kg/ha en la modalidad de riego (SIAP, 2014).

En investigación realizado por Polón *et al.*, (2013) con la variedad Tomeguín 93, los resultados demostraron que al cultivo de frijol en la fase vegetativa al someterlo a un estrés hídrico con diferentes intensidades permitió incrementos en el rendimiento, sus componentes y una economía en el uso del agua a favor de los tratamientos con estrés hídrico respecto al testigo que se mantuvo con riego normal. Estos resultados son lo contrario a la presente investigación.

Cuadro 4.9 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable rendimiento de grano kg/ha.

TRATAMIENTO	MEDIA	
1 100% del requerimiento de riego.	2476.0000	A
2 80% del requerimiento de riego.	1631.4000	B
3 60% del requerimiento de riego.	1446.4000	B
4 40% del requerimiento de riego.	859.8200	C

Medias con letras diferentes de cada columna no son estadísticamente iguales.

Peso de 100 granos.

El ANVA para el peso de 100 granos (cuadro 4.10) mostró que existe una diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) entre los diferentes tratamientos, con un coeficiente de variación de 3.17%.

Cuadro 4.10 Análisis de varianza para la variable peso de 100 granos.

ANVA						
	GL	SC	CM	Fc	Ft(0.05)	Ft(0.01)
TRATAMIENTOS	3	1567.16797	522.389343	245.75	3.24*	5.29**
ERROR	16	34.011719	2.125732			
TOTAL	19	1601.17969				

*= Al 95% de seguridad (nivel de significancia 0.05)

**=Al 99% de seguridad (nivel de significancia 0.01). C.V. = 3.17 %

La prueba de medias DMS al 0.05 (cuadro 4.11) mostró que el tratamiento 1 regado al 100% del requerimiento hídrico fue el que presentó mayor peso de 100 granos, sin embargo el tratamiento 2 regado al 80% y el tratamiento 3 regado al 60% del requerimiento hídrico del cultivo resultaron estadísticamente iguales. El tratamiento 4 regado al 40% resultó con menor peso de 100 granos.

El déficit hídrico durante la etapa reproductiva es severamente afectada en cuanto al rendimiento, esto se debe a que en esta etapa se da la máxima demanda por asimilados (Laing *et al.*, 1984). Por lo consiguiente la reducción del rendimiento se encuentra estrechamente relacionado a la disminución del número de vainas y semillas normales por planta y, en menor grado, al número de semillas por vaina y al peso de 100 semillas (Acosta *et al.*, 1997). Castañeda *et al.*, (2006) mencionan que cuando el estrés se presenta en la etapa de llenado de semillas el componente más afectado fue el tamaño de semilla y a consecuencia el peso se ve afectado.

Cuadro 4.11 Prueba de medias DMS 0.05 para la variable peso de 100 granos.

TRATAMIENTO	MEDIA	
1 100% del requerimiento de riego.	54.2800	A
2 80% del requerimiento de riego.	50.1400	B
3 60% del requerimiento de riego.	48.2680	B
4 40% del requerimiento de riego.	31.0800	C

Medias con letras diferentes de cada columna no son estadísticamente iguales.

V.- CONCLUSIÓN

El agua es uno de los factores más importante para el desarrollo del cultivo del frijol, en el presente trabajo la aplicación de diferentes regímenes de riego causo efectos sobre la producción del grano y sus variables de crecimiento, en los diferentes tratamientos evaluados se obtuvieron diferencias altamente significativas. El tratamiento regado al 100%ETc fue el que obtuvo mayor número de vaina por planta, número de grano por vaina, rendimiento de grano, peso de 100 granos, lo cual mostrando una respuesta favorable del riego en esta investigación. En los tratamientos regados al 80% y 60% se obtuvieron resultados similares, teniendo rendimientos menores al tratamiento regado al 100%, sin embargo superaron los rendimientos reportados por el SIAP en el año agrícola 2013 para el municipio de saltillo.

Debido a la escases de agua en la región es importante mencionar que al someter a las plantas a estrés hídrico moderado se obtienen resultados satisfactorios. Es conveniente continuar evaluando este cultivo bajo estos regímenes de riego con la finalidad de probar si se mantienen los rendimientos obtenidos.

VI.- RESUMEN

La planta del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es anual herbácea dicotiledónea altamente cultivada, su origen es exclusivamente de América.

El frijol es cultivado en todo el país, en casi todas las condiciones de suelo y clima.

Este cultivo ocupa el segundo lugar en importancia dentro de la superficie sembrada total a nivel nacional. Uno de los factores importantes que limita el rendimiento es la sequía.

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila México. En el área conocida como jardín hidráulico cuyas coordenadas geográficas son Latitud 25.354313° Longitud - 101.035678° con una altitud, donde la textura de suelo que predomina es migajón arcilloso. Con objetivo fue evaluar cómo influye el riego deficitario en el rendimiento de grano y determinar el grado de influencia de las variables de crecimiento en el rendimiento de grano en el cultivo del frijol, Determinar cuál es el régimen de riego más adecuado para este cultivo.

El material genético que se utilizó fue Flor de Mayo AN-05 proporcionado por el programa de frijol de la UAAAN, la duración del ciclo fue 110 días. La fertilización se efectuó al momento de la siembra con la dosis 70-40-00, la fuente nitrógeno fue el sulfato de amonio y del fósforo el superfosfato simple ambos granulados.

La densidad de siembra fue de 125 mil plantas por hectárea, en surcos separados 0.80 m (10 plantas por m lineal). El área de las parcelas fue de 240 m² (8x30) y la unidad experimental fue de 48 m² en promedio (8x6m).

Se evaluaron cuatro diferentes regímenes de riego

T1.- Al momento del riego aportar el 100% del requerimiento de riego.

T2.- Al momento del riego aportar el 80% del requerimiento de riego.

T3.- Al momento del riego aportar el 60% del requerimiento de riego.

T4.- Al momento del riego aportar el 40% del requerimiento de riego.

Se realizó el diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos con cinco repeticiones cada uno. Los datos se analizaron por análisis de varianza

utilizando el paquete de diseños experimentales de la AUNL, al igual que para los análisis de comparación de medias.

Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron 4 riegos de auxilios. Para el tratamiento de 100% ETc la cantidad total regada fue de 245.5 mm, en el tratamiento de 80% ETc. fue de 196.5 mm, en el tratamiento 60% ETc fue de 147.7 mm y en el de 40% ETc fue de 98.3 mm (cuadro 4.1). La evapotranspiración total para el tratamiento 100% de ETc. fue 503.5 mm y la lluvia fue de 239.7 mm.

Las variables evaluadas fueron Rendimiento de grano kg/ha, número de grano por vaina, número de vaina por planta, vaina por ha, peso de 100 granos.

Los resultados mostraron diferencias significativas los diferentes tratamientos evaluados en las diferentes variables evaluadas.

El rendimiento obtenido en el tratamiento 1 regado al 100% del requerimiento hídrico presentó el más alto rendimiento (2476 kg/ha), sin embargo el tratamiento 2 regado al 80% y el tratamiento 3 regado al 60% del requerimiento hídrico del cultivo resultaron estadísticamente iguales (rendimiento de 1631 kg/ha y 1.4464 kg/ha respectivamente). El tratamiento 4 regado al 40% resultó, con el rendimiento más bajo (859.82 kg/ha). Los rendimientos bajo riego en esta investigación superaron al reportado por el SIAP en el año agrícola 2013 para el municipio de Saltillo, el cual fue de 1100 kg/ha en la modalidad de riego.

No hay duda que el agua es un factor importante para el desarrollo de un cultivo, la poca disponibilidad puede ser un limitante que nos pueda ocasionar grandes pérdidas en la producción agrícola. por ello es conveniente continuar evaluando el comportamiento de este cultivo ante la respuesta de estrés hídrico con la finalidad de probar si se mantienen los rendimientos obtenidos.

Palabras clave: Frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), riego, estrés hídrico, rendimiento.

VII.- LITERATURA CITADA

- Acosta Díaz, E., Kohashi Shibata, J., Acosta Gallegos, J. A. 1997. Rendimiento y sus componentes en frijol bajo condiciones de sequía. *Agric. Tec. Mex.* Vol. 23 Núm. 2:141-150
- Acosta Gallegos, J. A.; Rosales, S. R.; Navarrete, M. R. y López, S. E. 2000. Desarrollo de variedades mejoradas de frijol para condiciones de riego y temporal en México. *Rev. Agric. Téc. Méx.* 26(1):79-98.
- Acosta Díaz, E.; Trejo López, C.; Ruiz Posadas, L. M.; Padilla Ramírez, J. S. y Acosta Gallegos, J. A. 2004. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana* 22(1):49-58.
- Alfonso, E. 1987: El frijol. Departamento de Ediciones del ISCAH. La Habana, Cuba. pp. 136-138.
- Castañeda Saucedo, Ma. C., Córdova, L., González Hernández, V. A., Delgado Alvarado, A., Santacruz Varela, A., García de los Santos, G. .2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico Interciencia. *Asociación Interciencia Venezuela.* Vol. 31, núm. 6, pp. 461-466,
- Centro Internacional De Agricultura Tropical (CIAT). 1983. Etapas de desarrollo de la planta del frijol común; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Fernández F.; Gepts P.; López M. Producción: Ospina O, Héctor F. Colaboración: Hidalgo, Colombia. CIAT. 26p. (Serie 04SB-09.03).
- Centro Internacional De Agricultura Tropical (CIAT). 1984. Morfología de la planta del frijol común; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio tutorial sobre el mismo tema. Contenido Científico: Debouck D. G.; Hidalgo R. Producción: Ospina O., Héctor F.; Flor M., Carlos A. Cali, Colombia. CIAT. 56 p.(Serie 04SB-09.01).
- Centro Internacional De Agricultura Tropical (CIAT). 1988. Conceptos básicos de la fisiología del frijol: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audio tutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: J. W. White. Producción: Gómez de Enciso C. y Valencia G C. Cali, Colombia. CIAT. 56 p. (Serie: 04SB-07.01).
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA). 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México, Sedesol-FAO, 1a. (ed.). 110 p.
- Comisión Nacional Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1976. Saltillo, carta edafología 644C33. Escala 1:50000. México.

- Covarrubias Robles, A. A. 2007 Sobrevivir al estrés: cómo responden las plantas a la falta de agua. *Biotecnología V14 CS3*. 253-262 p.
- Dai, Z.; Edwards, G.E.; Ku, M.S. 1992. Control of photosynthesis and stomatal conductance in castor bean by leaf to air vapor pressure deficit. *Plant Physiol.* 99: 1426-1434.
- Dicovskyi, L., Pedroza, H. Sistema de análisis estadístico con SPPS. Managua: IICA, INTA, 2007. ISBN13: 978-929039-790-8
- Foster, E.; Pajarito, A.; Acosta, I. 1995. Moisture stress impact on N partitioning, N remobilization and N-use efficiency in beans. *J. Agri. Sci.* 124:27-37.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana). Offset Larios S.A. México D.F. p.46-52.
- Hall, A.E.; Shultz, E.D. 1980. Stomatal response to environment and a possible interrelation between stomatal effect on transpiration and CO₂ assimilation. *Plant Cell Environ.* 3: 467-474.
- Huang, B. y Gao, H. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Sci.* 40:196 - 203.
- Khan, H. R.; Paull, J. G.; Siddique, K. H.; Stoddard, F. L.. 2010. Faba bean breeding for droughtaffected environments: a physiological and agronomic perspective. *Field Crops Res.* 115:279 - 286.
- Kokubun, M., Shimada S., Takahashi M (2001) Flower abortion caused by preanthesis water deficit is not attributed to impairment of pollen soybean. *Crop Sci.* 41: 1517- 1521.
- Kramer, P.J. 1983. Water relations of plants. Academic Press Inc, N.Y. 389 p.
- Laing, D. R.; Jones, P. G. and Davies, J. H. C. 1984. Common bean (*Phaseolus vulgaris*). (107–153) Ludlow, M. M. and Muchow, R. C. *In: Critical evaluation of the possibilities for modifying crops for high production per unit of precipitation Adv. Agron.* p. 43.
- León, J. 1968. Botánica de cultivos tropicales. 3a. ed. rev y aum. - san jose , C.: IICA, 2000, c. 552 P (colección de libros y materiales educativos/ IICA; no. 84)
- López Rodríguez, M. 2004. Tecnologías de producción del cultivo del frijol. gobierno del estado de México. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México, ICAMEX. 01-08 p.

Manual FAO 56. Evapotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ISSN 0254-5293 pag. 298.

Martínez, J. P., H. Silva, J. F. Ledent, and M. Pinto. 2007. Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Eur. J. Agron.* 26:30-38.

Nuñez Barrios, A. Foster E. 1991. Effect of soil water deficits on the growth and development of dry bean at different stages of growth. PhD. Thesis, Michigan State University 128p.

Nuñez Barrios, A.; Foster, E. 1996. Efecto del déficit hídrico sobre el crecimiento de hojas, tallos y vainas de frijol. *Agricultura Tec. en México* 22:99-109

Nuñez Barrios, A, Ritchie, J, J.M Smucker, A. 1998. El efecto de sequía en el crecimiento, la fotosíntesis y la intercepción de luz en frijol común. *Agronomía Mesoamericana* 9(2): 01-08.

O'Connell, M. A. 1995. The role of drought-responsive genes in drought resistance, *Ag. Biotechnol. News Inform.* 7:143N-147N.

Peña Valdivia, C. B., Aguirre, R. J. R., Arroyo, P. V.B. 2012. El frijol silvestre síndrome de la domesticación. SBN 9786077150893. 208 Páginas.

Polanía, J. A.; Rao Idupulapati, M.; Mejía, S.; Beebe, Stephen E.; Cajiao, César, 2012. Características morfo-fisiológicas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) relacionadas con la adaptación a sequía. Universidad Nacional de Colombia Palmira, Colombia. *Acta Agronómica*, vol. 61, núm. 3, 2012, pp. 197-206

Polón Pérez, R., Miranda Caballero, A., Maqueria López, L. A., Ramírez Arrebato, M. A. 2013. Efecto de diferentes intensidades de estrés hídrico en la fase vegetativa en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Pinar del Río, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 22, No. 4 (octubre-noviembre-diciembre, pp. 60-64)

Rao, I. 2000. Limitaciones edáficas y climáticas para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Comité regional del Valle del Cauca. Cali. Colombia. 95-106 pp.

Rao, I. M. 2001. Role of physiology in improving crop adaptation to abiotic stresses in the tropics: The case of common bean and tropical forages. En: Pessarakli, M. (ed.). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker, Inc., Nueva York. p. 583 - 613.

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA). 2014. cierre de la Producción Agrícola por estado.
- Secretaría De Economía. Dirección General De Industrias Básicas. Marzo 2012. Análisis De La Cadena De Valor Del Frijol. 01-39 p.
- Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) 2012.
- Sorrells, M.E. 2007. Application of new knowledge, technologies, and strategies to wheat improvement *Euphytica* 157:299 - 306.
- Terán, H., and Singh, S. P. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. *Crop Sci.* 42: 64-70.
- Thung, M. y Rao, I. M. 1999. Integrated management of abiotic stresses. En: Singh, S. (ed.) *Common bean improvement in the twenty-first century*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands. pp. 331-370.
- Turkan, I.; Bor, M.; Zdemir, F, O" and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci.* 168:223-231.
- Turner, N. C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. En: H. Mussell y R.C. Staples, (eds.). *Stress physiology in crop plants*. Wiley Interscience, Nueva York. p. 343 - 372.

VIII APENDICE

Cuadro 8.1 Análisis de fertilidad

MTRA	IDENTIFICACION	pH	CE ds/m	MO %	NITROGENO %	FOSFORO Kg/ha	POTASIO Kg/ha	CARBONATOS TOTALES %	ARCILLA %	LIMO %	AREN A %	TEXTURA
1	Parcela 1 Prof.0-30	8.4	1.60	3.54	0.177	39.15	2.25	59.1	30.8	28	41.2	Migajón arcilloso
2	Parcela 1 prof. 30-60	8.38	1.61	3.48	0.174	30.15	2	61.6	28.8	28	43.2	Migajón arcilloso
3	Parcela 2 prof. 0-30	8.41	1.65	3.29	0.164	40.15	4.5	61.6	26.8	30	43.2	Migajón
4	Parcela 2 prof 30-60	8.42	1.58	3.67	0.183	30.1	2.25	63.6	30.8	24	45.2	Migajón arcilloso
5	Parcela 3 prof. 0-30	8.42	1.21	2.85	0.142	45.45	4	59.6	30.8	24	45.2	Migajón arcilloso
6	Parcela 3 prof. 30-60	8.46	1.17	2.79	0.139	42.2	2.25	61.1	28.8	26	45.2	Migajón arcilloso
7	Parcela 4 prof.0-30	8.47	1.09	3.10	0.155	54.45	4	61.1	28.8	26	45. 2	Migajón arcilloso
8	Parcela 4 prof. 30-60	8.56	1.31	3.04	0.152	45.4	4.5	61.6	30.8	20	49.2	Migajón arcillo- arenoso