

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**



**EFFECTO DE LA COMPOSTA, EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO  
DEL FRIJOL *Phaseolus vulgaris* L. FLOR DE MAYO SALTILLO**

**Por:**

**SALATIEL PÉREZ VELASCO**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2013**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

**"EFECTO DE LA COMPOSTA, EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL  
*Phaseolus vulgaris* FLOR DE MAYO SALTILLO"**

Por:

**Salatiel Pérez Velasco**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**APROBAR**

M.C. Gregorio Briones Sánchez  
Asesor principal

Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez  
Asesor

M.C. Luis Edmundo Ramírez Ramos  
Asesor

M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez  
Coordinador de la división de ingeniería

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre de 2013**

Universidad Autónoma Agraria  
**"ANTONIO NARRO"**



**Coordinación de  
Ingeniería**

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, al que debo todo lo que soy y lo que tengo por qué siempre ha estado conmigo alentándome en las situaciones más difíciles de mi vida todo es gracias a él.

A mis padres Por darme todo su amor y cariño, por apoyarme en todo momento, por confiar en mí y darme sus consejos para salir adelante en los momentos difíciles, por eso y más mil gracias.

A mi familia por ser el origen de lo que soy, especialmente a mis hermanos gracias por su apoyo incondicional, todos los sacrificios y sobre todo por dejarme ser con tanta libertad. Por orientarme, acompañarme y estar conmigo en este proceso y en muchos momentos importantes de mi vida. Lo cual les tendré siempre en mi corazón.

**A mi Alma Terra Mater** Por haberme brindado mi preparación durante mi estancia en sus instalaciones y por prepararme para ser un hombre de bien durante la vida.

Al **M.C. Gregorio Briones Sánchez**, por el tiempo que dedica en esta investigación, su apoyo que brinda con mucho esmero y comprensión como en las dudas surgidas, por la confianza como asesor, profesor, amigo, y conocimientos adquiridos durante clases.

Al **Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez**, por ser parte de este proyecto, por tener el tiempo y la dedicación de asesorar las dudas que surgían, o corrección y siempre tratar de hacer las cosas bien para sobresalir de los demás.

Al **M.C Luis Edmundo Ramírez Ramos**, por formar parte del proyecto, y brindar la confianza y el apoyo gracias.

A mis amigos: A todos y cada uno de aquellos que compartieron su alegría disminuyendo todos esos momentos de estrés y por todas las palabras de aliento recibidas Migue, Toki, Chivo, Chulé, Yaz, Norma Noemí, Honey, Alex. A todas las amistades conservadas a través de los años, gracias por formar parte de mi vida.

## DEDICATORIA

A ti Dios mío, por darme la oportunidad de existir así, aquí y ahora; por mi vida, que la he vivido junto a ti. Gracias por iluminarme y darme fuerzas y caminar por tu sendero.

A ti Papá y mamá; Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, gracias por tener esa confianza en mí y saber aconsejarme con buenas palabras a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

A mi hermana Raquel por ser el ejemplo de una hermana mayor, por apoyarme en cada momento de mi vida y a la cual amo mucho; mis hermanos Daniel y Kim por su ayuda y gran apoyo y a todos aquellos que participaron en la elaboración de esta tesis.

A mis maestros que en este andar por la vida, influyeron con sus lecciones y experiencias en formarme como una persona de bien y preparada para los retos que pone la vida, a todos y cada uno de ellos les dedico cada una de estas páginas de mi tesis.

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iii
Índice de figuras.....	v
Índice de cuadros.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Objetivos .....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1 Origen del frijol.....	5
2.2 El frijol en México .....	6
2.3 Características taxonómicas del frijol .....	9
2.4 Características fisiológicas del frijol .....	11
2.5 Características morfología del frijol.....	12
2.6 Características fenología del frijol .....	24
2.7 Nutrición de fríjol.....	25
2.8 Elementos nutritivos más importantes para el frijol.....	27
2.8.1 Nitrógeno.....	27
2.8.2 Fósforo .....	27
2.8.3 Aluminio .....	28
2.9 Plagas del cultivo de frijol.....	29
2.10 Enfermedades .....	30
2.11 Producción y consumo .....	34
2.11.1 Superficie Sembrada y Cosechada .....	34
2.11.2 Producción.....	35
2.11.3 Rendimientos.....	36
2.12 Características nutricionales.....	37
2.13 La composta .....	38

2.14 Composición de los abonos orgánicos .....	40
2.14.1 Propiedades del suelo a considerar para la incorporación de abonos orgánicos .....	41
2.14.2 La aplicación de la composta en la agricultura .....	42
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
3.1 Lugar y fecha de establecimiento.....	44
3.2 Clima.....	45
3.3 Tipo de suelo.....	45
3.4 Materiales y equipos requeridos.....	46
3.5 Tratamientos y variables de análisis.....	47
3.6 Contenido nutrimental de la vermicomposta.....	49
3.7 Producción y manejo de la vermicomposta.....	51
3.7.1 Selección del sitio adecuado .....	51
3.7.2 Manejo de los residuos .....	52
3.7.3 Preparación de la cama de siembra .....	52
3.7.4 Cantidad de lombrices a utilizar .....	53
3.7.5 Cuando sembrar la lombriz .....	54
3.7.6 Como se siembra la lombriz.....	55
3.7.7 Medidas de protección .....	56
3.7.8 Cosecha de vermicomposta.....	57
3.8 Riego.....	58
3.8.1 Riego por goteo.....	58
3.8.2 Sistema de riego por cintilla.....	59
3.9 El acolchado plástico.....	59
3.9.1 Acolchado de suelos agrícolas .....	60
3.9.2 Ventajas sobre el abono mineral .....	61
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
<b>VIII. APENDICE .....</b>	<b>82</b>

## Índice de figuras

Figura 2.1 Sistema radicular inicial.....	13
Figura 2.2 Raíz completamente desarrollada .....	14
Figura 2.3 El tallo.....	15
Figura 2.4. Plántula de frijol.....	16
Figura 2.5. Triada, complejo axilar formado por yemas .....	18
Figura 2.6. Hojas simples y compuestas del frijol .....	19
Figura 2.7 Inflorescencias terminales o axilares .....	20
Figura 2.8 Componentes de la flor .....	21
Figura 2.9 Fruto de la planta del frijol .....	22
Figura 2.10 Composición externa de la semilla del frijol .....	23
Figura 2.11. Composición interna de la semilla del frijol .....	24
Figura 2.12 Clasificación del pH del suelo (tan. 1993).....	43
Figura 3.1 Localización geográfica del área en estudio dentro del campus universitario.....	44
Figura 3.2 Localización del área en estudio y la forma de distribución de cada tratamiento.....	47
Figura 3.5 Prueba de alimentación.....	55
Figura 3.6. Distribución de lombrices en la cama.....	56
Figura 3.7. Penetración de la lombriz en el alimento.....	56
Figura 3.9. Apariencia de la vermicomposta.....	58
Figura 4.1 Altura de la planta con respecto a la fase vegetativa .....	63
Figura 4.2 Largo de la hoja de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa.....	64
Figura 4.3 Ancho de la hoja de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa.....	65
Figura 4.4 Numero de la hoja de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa .....	66
Figura 4.5 Área foliar de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa .....	67
Figura 4.6 Peso de vainas de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento .....	68
Figura 4.7 Numero de vainas por planta de frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento .....	69
Figura 4.8 Peso de grano seco por planta del frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento .....	70
Figura 4.9 Peso de 1000 granos de frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento ...	71

## Índice de cuadros

Cuadro 2.1 De las variedades de frijol domesticado .....	9
Cuadro 2.2 Etapas de desarrollo de la planta de frijol.....	11
Cuadro 2.3. Niveles de nutrimentos necesarios en un suelo, para una producción adecuada de frijol. ....	26
CUADRO 2.4. Control de plagas principales que atacan al frijol de temporal. INIFAP-SAGARPA.....	29
Cuadro 2.5. Aporte nutricional del frijol.....	37
CUADRO 2.6. Composición típica de estiércol de diferentes especies animales.....	40
Cuadro 2.7. Tamaños de partícula utilizados para clasificar la textura del suelo.....	41
Cuadro 3.1 Dosis de fertilización al cultivo de frijol. ....	46
Cuadro 3.2 Composición de la composta Tillandsia recurvata. ....	49

## RESUMEN

La necesidad imperiosa de disminuir la tasa de degradación de los recursos naturales y mantener o aumentar la productividad de los cultivos, demanda desarrollar e implementar nuevas tecnologías para el manejo de los sistemas agrícolas, una opción para mejorar la calidad y fertilidad de los suelos es el uso de composta y biofertilizantes, los cuales se influyen recíprocamente y así poder aumentar el efecto en la planta con la finalidad de aumentar la calidad de rendimiento de los cultivos.

En este apartado se evaluó el efecto de la vermicomposta en el cultivo de frijol bajo acolchado plástico en fertirriego los cuales se colocaron en cuatro tratamientos para medir su comportamiento agronómico y las variables evaluadas fueron las siguientes: **VARIABLES DE CRECIMIENTO:** Altura de la planta, Largo de hoja, Ancho de hoja, Número de hojas, Área foliar. **VARIABLES DE RENDIMIENTO:** Peso de vainas, Numero de ejotes, Peso de grano seco por planta, Peso de 1000 granos. Los resultados obtenidos para cada una de las variables fueron las diferencias claramente significativas

Este estudio que se realiza es más que nada para analizar cómo influye la vermicomposta junto con los fertilizantes químicos en este caso el NPK, en el crecimiento y rendimiento del frijol variedad flor de mayo saltillo, ya que últimamente el crecimiento de la población ha aumentado por lo cual necesitamos incrementar nuestro rendimientos de frijol, se debe lograr este objetivo sin mucha inversión y más aun favoreciendo al suelo ya que la composta tiene diferentes factores que ayudan a mejorar la textura del suelo.

**Palabras claves:** Vermicomposta, Nuevas tecnologías, Productividad

## ABSTRACT

The urgent need to reduce the rate of degradation of natural resources and maintain or increase crop productivity, demand to develop and implement new technologies for the management of agricultural systems, an option to improve the quality and soil fertility is use of compost and bio-fertilizers, which influence each other so we can increase the effect on the ground in order to increase the quality of crop yields.

Growth variables: height: Plant, throughout In this section the effect of vermicompost on the bean crop under plastic mulch in fertigation which are accommodated in four treatments to measure their agronomic performance and the following variables were evaluated leaf, leaf width, number of leaves, leaf area. Performance variables: weight of pods, number of beans, grain dry weight per plant, weight of 1000 grains. The results obtained for each of the variables were significant differences clearly.

This study is done is mostly to discuss how influences vermicompost along with chemical fertilizers NPK in this case, on the growth and yield of bean variety Saltillo May flower, since lately the growth of the population has increased by which we need to increase our bean yields, achieved this goal without much investment and even more encouraging to the soil and the compost has different factors that help improve soil texture.

**Keywords:** Vermicompost, New technologies, Productivity

## I. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola que se realiza actualmente, ha producido aumentos importantes en los rendimientos a corto plazo en diferentes cultivos, pero también ha generado dependencia tecnológica de insumos y de alimento, además ha provocado impactos negativos sobre el ambiente como la degradación de los recursos naturales (agua, aire, suelo), la erosión genética, la contaminación ambiental y no ha sido capaz de solucionar el problema de la pobreza rural (Astier, 1994).

Como consecuencia del empleo de prácticas de producción cada vez más intensivas en tiempo y espacio, en las últimas tres décadas el deterioro de los recursos naturales se ha agudizado a causa de la creciente demanda de alimentos y materias primas generadas por el aumento de la población de los seres humanos en el mundo. (Gallopín, 1990).

La necesidad imperiosa que se tiene de disminuir la tasa de degradación de los recursos naturales y aumentar la productividad, exige desarrollar e implementar nuevas tecnologías que sirvan para cumplir con este propósito. Por ello, conviene que las nuevas tecnologías que se usen deben de incluir el aspecto de sostenibilidad “una agricultura sustentable es aquella que en el largo plazo promueve la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura; provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto” (American Society of Agronomy, 1989).

La calidad del suelo se puede mantener reabasteciendo al suelo los nutrientes extraídos por las cosechas, con el uso de fertilizantes químicos sintéticos o bien mediante la reincorporación de residuos orgánicos.

El frijol *Phaseolus vulgaris* L. Junto con el maíz son la base de la dieta alimenticia de los mexicanos, el consumo anual *per cápita* de frijol es de 15.0 kg. (Sánchez *et. al.*,

2001). Las causas que impiden el aumento del rendimiento por hectárea de esta leguminosa, están relacionadas con la baja calidad de los suelos en donde se cultiva esta especie, especialmente en lo que respecta a la disponibilidad de nutrimentos como P y N.

El frijol es un alimento con un gran potencial nutricional; es una fuente importante de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales. Su carácter nutricional se favorece al ser consumido en combinación con el maíz en forma de tortillas, complementándose el valor de la proteína consumida, de tal manera que el frijol aporta la lisina limitante en maíz y este a su vez aporta los aminoácidos azufrados y triptófano, que son deficientes en frijol. El frijol ha sido uno de los alimentos básicos desde tiempos prehispánicos y en la actualidad continúa siendo un alimento consumido ampliamente en América Latina y países en vías de desarrollo; sin embargo, los países desarrollados enfocan su interés hacia esta leguminosa debido a que aporta importantes beneficios a la salud (Guzmán-Maldonado, y Paredes-López, 1998).

Por otro lado, el frijol contiene ciertos componentes tales como taninos, oligosacáridos, ácido fítico e inhibidores de proteasas que reducen su valor nutritivo así como su aceptación en la dieta debido a la flatulencia que provoca; estos componentes pueden inactivar o remover en buena proporción durante el remojo y la cocción. Sin embargo, se ha propuesto que tales componentes aportan un efecto positivo a la salud que pueden actuar en el organismo, como antioxidantes y prebióticos. El frijol común ha sido reconocido por sus numerosos efectos benéficos sobre la salud, incluyendo la reducción del contenido de colesterol en sangre, el aporte de tolerancia a la glucosa, disminución de enfermedades cardiovasculares y prevención de ciertos tipos de cáncer (Messina, 1999).

Si se quiere impulsar el aumento de la productividad de los sistemas agrícolas y al mismo tiempo conservar los recursos naturales, se debe promover el uso de la composta y los microorganismos simbióticos, (Bourlang y Dowell, 1994). Estos, se consideran factores importantes en la productividad agrícola, y representan un potencial

para generar una agricultura sostenible pues mejoran el ciclo de nutrimentos, manteniendo la integridad del ambiente (González *et. al.*, 1990 a).

La calidad del suelo y su productividad, están ligadas al conglomerado orgánico y a la cantidad de microorganismos presentes en el suelo, estos atributos se consideran un proceso dinámico que cambia a través del tiempo y del espacio, influenciado directamente por aspectos como la pérdida de la fertilidad natural por la extracción de las cosechas, por las altas productividades y por la no reincorporación de los residuos orgánicos (FAO, 1991).

### **1.1 Objetivos**

- Evaluar el crecimiento y rendimiento del frijol flor de mayo Saltillo en respuesta a la aplicación de la composta.
- Comparar las diferencias observadas en cada uno de los tratamientos en relación a la aplicación de la composta.

### **1.2 Justificación**

Debido a que el frijol es un alimento de gran importancia en la dieta en nuestro país y porque cuenta con una gran variedad de especies de frijol la cual lo hace que busquemos una variedad que sea más capaz de aumentar la producción así como también sea tolerante a las plagas y enfermedades.

El estudio de los componentes nutrimentales y funcionales de frijol permitirá encontrar materiales con características sobresalientes, que puedan ser utilizados en programas de mejoramiento genético.

A través de los años, y como resultado de las actividades realizadas por diversos investigadores a nivel mundial, se han generado innumerables evidencias respecto a los beneficios, ventajas y razones relacionadas con el empleo de los abonos orgánicos

en sistemas de producción orgánica. En este estudio se pretende ver el efecto de la composta en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L), variedad flor de mayo Saltillo azufrada; si bien nos da un resultado factible así para darle una aplicación así a los productores agrícolas

### **1.3 Hipótesis**

Confirmar que la composta de heno de mota manifieste mejores beneficios que en los otros tratamientos, dependiendo del comportamiento del cultivo de frijol, y del resultado obtenido en la prueba de hipótesis para garantizar si es conveniente o no utilizarlo en los cultivos sin aplicaciones de fertilizante químicos.

Se pretende obtener un mayor rendimiento de granos y un buen crecimiento de la planta.

$$H_0: CC = SC$$

$$H_1: CC \neq SC$$

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen del frijol

De acuerdo con evidencias arqueológicas, el frijol se empezó a cultivar desde hace 8 mil años. El Código Mendocino muestra que los aztecas pedían esta semilla de leguminosa como tributo a otros pueblos, la cantidad calculada es de 5,280 toneladas de grano de frijol al año. Era de gran importancia en la economía indígena, Bernardino de Sahagún, en su “Historia General de las Cosas de Nueva España”, indica que los frijoles se comían como ejotes, en tamales con maíz, y que en las casas de los señores “también había otras trojes en que se guardaba mucha cantidad de frijoles”. Puede apreciarse que antes de la Conquista, el cultivo, la producción, el consumo y el almacenamiento de frijol formaban una parte importante de la cultura agrícola de México.

Estudios recientes señalan la complementación alimenticia de los cuatro cultivos autóctonos mexicanos prehispánicos: maíz para carbohidratos, frijol para proteínas, calabaza (semillas) para aceite, y chiles para vitaminas. El maíz es deficitario en dos aminoácidos básicos, lisina y triptófano; el frijol cuenta con estos aminoácidos, de aquí la importancia gastronómica y nutricional de los “tacos de frijoles” desde tiempos prehispánicos.

Diversas variedades de frijol fueron el alimento en el que se basó la dieta de nuestros antepasados, aunque ahora existen otras fuentes de proteína provenientes de vegetales, en nuestro país el frijol sigue siendo fundamental en la alimentación, y en la mayoría de los platillos de origen Mexicano. El frijol es un cultivo que se ha practicado desde hace 4000 años.

El frijol es cultivado principalmente con el fin de cosechar grano seco, el cual contiene un 24% de proteína y en menor proporción para la producción en vaina, es decir, frijol ejotero, el cual puede consumirse fresco, enlatado o congelado.

Se tienen 180 especies del género *Phaseolus*, de los cuales aproximadamente 126 provienen del continente Americano, 54 del Sur de Asia y Oriente de África, 2 de Australia y tan solo 1 de Europa.

En México se han identificado más de 67 especies del género *Phaseolus*, de las cuales sólo se han domesticado cuatro *Phaseolus vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lunatus* y *P. acutifolius*, las cuales se cultivan con el propósito de usarse en la alimentación humana.

Diversas variedades de frijol fueron el alimento en el que se basó la dieta de nuestros antepasados, aunque ahora existen otras fuentes de proteína provenientes de vegetales, en nuestro país el frijol sigue siendo fundamental en la alimentación, y en la mayoría de los platillos de origen Mexicano. El frijol es un cultivo que se ha practicado desde hace 4000 años. Su presencia a lo largo de historia de México, lo han convertido no solo en un alimento tradicional, sino también en un aspecto de identificación cultural, comparable con otros productos como maíz y chile, los que son básicos para explicar la dieta alimentaria de ayer, hoy, y muy probablemente del futuro.

## **2.2 El frijol en México**

El frijol es producido en casi todos los estados de la República Mexicana, aunque destacan las regiones templada–semiárida y cálidas con invierno seco, tanto por la superficie sembrada, como por el valor de la producción; en la primera, los estados de Zacatecas y Durango y en la segunda, Sinaloa y Nayarit, son los principales productores. En Guanajuato, durante 2006 se sembraron en riego y temporal 98,747 ha con un volumen de producción de 53,140 t y rendimiento de 1.60 t ha<sup>-1</sup> en riego y 0.570 en temporal (SIAP–SAGARPA, 2007). Una de las limitantes para la producción de frijol en el estado, es la baja disponibilidad de semilla de alta calidad de variedades mejoradas, para condiciones de riego y temporal.

El consumo de frijol, por su parte, actualmente se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante, incluidos los hábitos alimenticios, a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo; así como el paso de una economía cerrada a una economía global, todo lo cual está ejerciendo presiones en diversas etapas de la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo. , se encuentra dividido en la zona norte de México, donde se consume las variedades claras y azufradas, que se cultivan principalmente en Sinaloa; mientras que una gran parte de frijol negro se cultiva en Nayarit y Zacatecas, con una demanda mayormente concentrada en las zonas centro y sur del país.

Se trata de uno de los cultivos de mayor importancia en el país ya que representa para la economía de los productores una fuente importante de ocupación e ingreso, a la vez que es una garantía de seguridad alimentaria. El 68 por ciento de su producción se destina de forma directa al consumo final. Representando una de las principales fuentes de proteína de amplias capas de la población mexicana. Así mismo, su consumo es generalizado entre gran parte de la población de ingresos bajos, medios y hasta superiores. Por esto y por la gran derrama económica, en complemento con la generación de empleos directos e indirectos, la relevancia de este sistema producto sigue siendo fundamental en la economía de los mexicanos.

La dinámica observada y actual, tanto en la producción, como en la comercialización y el consumo, así como su importancia estratégica en el desarrollo económico y social del país resultan de gran interés para analizar la situación de la cadena de producción-comercialización-consumo. La producción de semilla se recomienda en áreas semiáridas de clima seco y con disponibilidad de riego; es decir, regiones relativamente libres de enfermedades, debido a que el cultivo de frijol es afectado por numerosos patógenos, entre ellos, virus, bacterias y hongos, que pueden ser transmitidos a través de la semilla (Dornbos y Mullen, 1991).

Los rendimientos promedios por hectárea obtenidos son de 677 kg/ha, los cuales se consideran bajos en relación con el potencial productivo observado en los estudios realizados por Flores, (1997). Esta baja productividad, y el incremento de la población en el país señalan la necesidad de incrementar su producción (Sánchez *et. al.*, 2001). Dentro de las estrategias que se pueden utilizar para conseguir este propósito está la de proporcionar una buena calidad del suelo para una mejor disponibilidad de los elementos nutritivos para el frijol, se considera que algunos de ellos no obstante de que son esenciales para la nutrición de frijol como el carbono y el oxígeno, son fácilmente disponibles a través de la atmósfera y el agua (PPI, 1997).

En la zona norte de México se consume las variedades azufradas, que se cultivan principalmente en Sinaloa; mientras que una gran parte de frijol negro se cultiva en Nayarit y Zacatecas, con una demanda mayormente concentrada en las zonas centro y sur del país.

La estacionalidad de producción de frijol en México se divide en dos ciclos: otoño-invierno, que inicia entre los meses de diciembre-enero y termina en los meses de junio-julio; este ciclo participa con el 28% de la producción total nacional de frijol. Durante este ciclo, el máximo nivel de producción se alcanza en los meses de febrero y marzo con el 76% de la producción del ciclo.

El ciclo primavera-verano participa con el restante 72% de la producción total nacional, iniciando incipientemente en los meses de junio-julio, y concluye en el mes de marzo del año siguiente.

Durante los meses de septiembre a diciembre se produce el 87.2% de la producción de este ciclo, siendo noviembre, el mes donde se alcanza el máximo de producción del ciclo con 37.5%

### 2.3 Características taxonómicas del frijol

El frijol se clasifica dentro del género *Phaseolus*, en la familia *Leguminosae* y la subfamilia *Papilionoideae*, tribu *Phaseoleae* y subtribu *Phaseolinae*. El número de especies que pertenecen al género *Phaseolus* desconocido; sin embargo, algunos investigadores consideran que podría contener alrededor de 150 especies. En México, el número de especies fluctúa alrededor de las 50 y entre ellas figuran las cuatro especies que ha dominado el hombre: *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote, “runner bean”, etc.), *Phaseolus lunatus* L. (frijol comba o pastas hete) y *Phaseolus acutifolius* Gray (frijol tepari o escomite); las especies más importantes en cuanto a superficie sembrada y producción son *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus coccineus* (FIRA, 2001).

La clasificación comercial del frijol en nuestro país la realizó la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), tomando como base principal la preferencia de los consumidores. Esta clasificación ha permitido en principio establecer la diferenciación en precio que se paga a las distintas variedades, que se agrupan de la siguiente forma:

- \* Variedades Altamente Preferentes.
- \* Variedades Preferentes.
- \* Variedades No Preferentes

Cuadro 2.1 De las variedades de frijol domesticado

Altamente Preferentes	Preferentes	No Preferentes
Flor de Mayo	Garbancillo	Bayo Berrendo
Azufrado	Pinto Nacional	Bayo Blanco
Mayocoba	Negro San Luis	Bayo Río Grande
Peruano	Manzano	Ojo de Cabra
Flor de Junio	Negro Querétaro	Pinto mexicano
Negro Jamapa		Aluvia blanca
Pinto saltillo		Negro zacatecas

Clasificación de variedades según CONASUPO (SAGARPA, 2003).

Las variedades de frijol domesticado para siembras en monocultivo que no requieren de un tutor o espaldera para guiar y producir, se identifican como de hábito arbustivo (Debouck e Hidalgo 1985). Dentro de este grupo, el hábito se subdivide en determinadas e indeterminadas. Las variedades determinadas identificadas como tipo I, el tallo y ramas terminan en una inflorescencia; en las indeterminadas, las ramas y tallo terminan en una yema vegetativa que produce una guía de diferente longitud. Por su parte, las variedades arbustivas de hábito indeterminado, se subdividen en dos grupos, dependiendo del tipo de tallo. Las de tallos fuertes y erectos, se conocen como arbustivas indeterminadas erectas tipo II y las variedades de tallos débiles y postrados, se conocen como arbustiva indeterminada postrada tipo III.

Adicionalmente, como grupo las variedades de hábito determinado tipo I, son de pocos entrenudos (8 a 10), precoces, de bajo número de ramas, de hojas, vainas y granos grandes, vainas elevadas, insensibles al fotoperiodo, la mayoría pertenecientes al grupo genético andino raza Nueva Granada (Singh *et. al.*, 1991). Por la estructura de la planta y precocidad, tienden a ser de bajo potencial de rendimiento.

Igualmente, el grupo de variedades arbustivas indeterminadas y erectas tipo II, son de tallos fuertes y erectos, de mayor número de entrenudos (12 a 15) y pueden desarrollar o no, una guía pequeña. Las vainas se ubican en los nudos intermedios y producen un mayor número de vainas; son de hojas, vainas y granos pequeños, insensibles a fotoperiodo, de ciclo intermedio y la mayoría pertenecen a grupo genético Mesoamérica (Singh *et. Al.*, 1991). Este grupo es de amplia adaptación y sus representados de alto potencial de rendimiento

## 2.4 Características fisiológicas del frijol

Cuadro 2.2 Etapas de desarrollo de la planta de frijol

V0	Germinación: se considera como inicio de esta etapa el primer día que la semilla Tiene suficiente humedad para iniciar el proceso de germinación.
V1	Emergencia: inicia cuando los cotiledones de la planta aparecen a nivel del suelo.
V2	Hojas primarias: hojas primarias (unifoliadas y compuestas) están desplegadas.
V3	Primeras hojas trifoliadas: presencia de la primera hoja trifoliada completamente abierta y la lámina de los folíolos se ubican en un plano.
V4	Tercera hoja trifoliada: la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada.
V5	Prefloración: surge el primer botón o racimo. En variedades con hábito de crecimiento determinado del desarrollo en botones florales se notara en el último nudo del tallo o de la rama, mientras que en variedades determinadas los racimos se observan en los nudos inferiores.
V6	Floración: presencia de la primera flor abierta.
V7	Formación de las vainas: presencia de la primera vaina con cola de la flor colgando o desprendida
V8	Llenado de la vaina: la primera vaina se comienza a llenar, presencia de abultamiento, inicio del crecimiento activo de las semillas.
V9	Maduración: inicio de la coloración y secado en las primeras vainas, seguido del amarillamiento, la caída de las hojas, todas las partes se comienzan a secar. El contenido de la humedad de las plantas baja hasta un 15%. Termina el ciclo biológico

Etapa de desarrollo de la planta de frijol (COVECA, 2010)

Los siguientes criterios pueden ayudarnos a determinar el momento en que se alcance una determinada etapa de desarrollo de la planta de frijol:

**Emergencia:** Cuando más del 50% de las semillas ha germinado y la plántula se puede ver sobre la superficie del suelo.

**Inicio de floración:** Cuando por lo menos el 10% de las plantas presentan una o más flores.

**Plena floración:** Momento en que todas las plantas presentan flores y más del 50% de éstos muestra una floración abundante.

**Fin de floración:** Se considera como el fin de la floración cuando solamente el 10% de las plantas muestran flores bien desarrolladas.

**Periodo de floración:** Se denominan así al periodo durante el cual la planta permanece floreado y se obtiene al calcular la diferencia en días entre el fin e inicio de la floración.

**Madurez Fisiológica:** Ocurre cuando la planta ha completado su ciclo de vida y se puede arrancar o cortar sin consecuencias negativas en la fisiología y peso de la semilla. Se presenta cuando la planta aún tiene algunas hojas senescentes (envejecidas y amarillentas) y la mayoría de las vainas muestran sus valvas apergaminadas y secas. El ciclo vegetativo puede variar de 80 días en las variedades precoces hasta 180 días en variedades trepadoras.

## 2.5 Características morfología del frijol

El estudio de la morfología se hace por los caracteres, es decir, las marcas externas que componen cada órgano, visibles a escalas macroscópica y microscópica. Los caracteres de la morfología de las especies se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables. Los caracteres constantes son aquellos que identifican la especie o la variedad y generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales, y podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo.

**La raíz:** En la primera etapa de desarrollo, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria. A los pocos días de la emergencia de la radícula, es posible ver las raíces secundarias,

que se desarrollan especialmente en la parte superior o cuello de la raíz principal (figura 2.1). Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además, se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud (figura 2.2). En general, el sistema radical es superficial, ya que el mayor volumen de raíces se encuentra en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo.

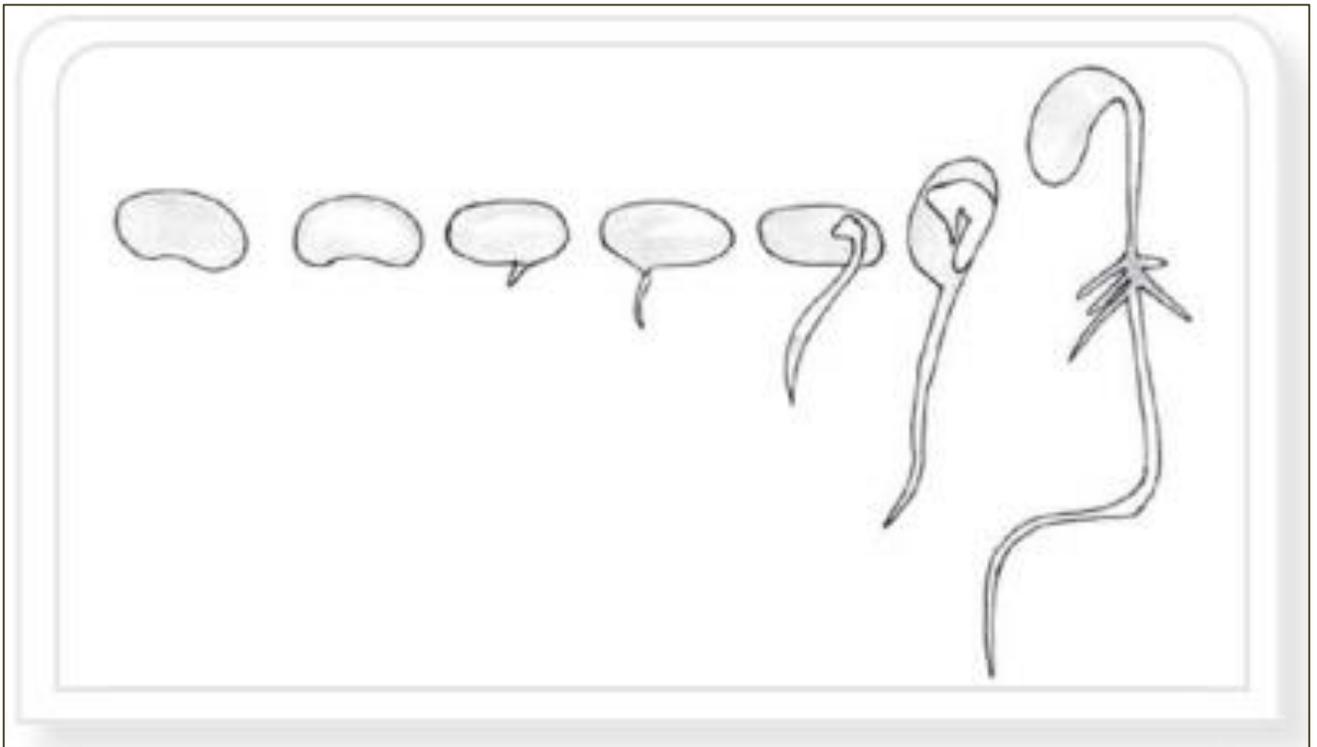


Figura 2.1 Sistema radicular inicial



Figura 2.2 Raíz completamente desarrollada

Aunque generalmente se distingue la raíz primaria, el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación incluso dentro de una misma variedad.

Como miembro de la subfamilia *Papilionoideae*, *Phaseolus vulgaris* L. Presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical (figura 2.2). Estos nódulos son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan el nitrógeno atmosférico que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta. La composición del sistema radical del frijol y su tamaño dependen de las características del suelo, tales como estructura, porosidad, grado de aireación, capacidad de retención de humedad, temperatura, contenido de nutrientes, etc.

**El tallo:** el tallo puede ser identificado como el eje central de la planta, el cual está formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristemo tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas o de los cotiledones en el tallo (figura 2.3). El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis.

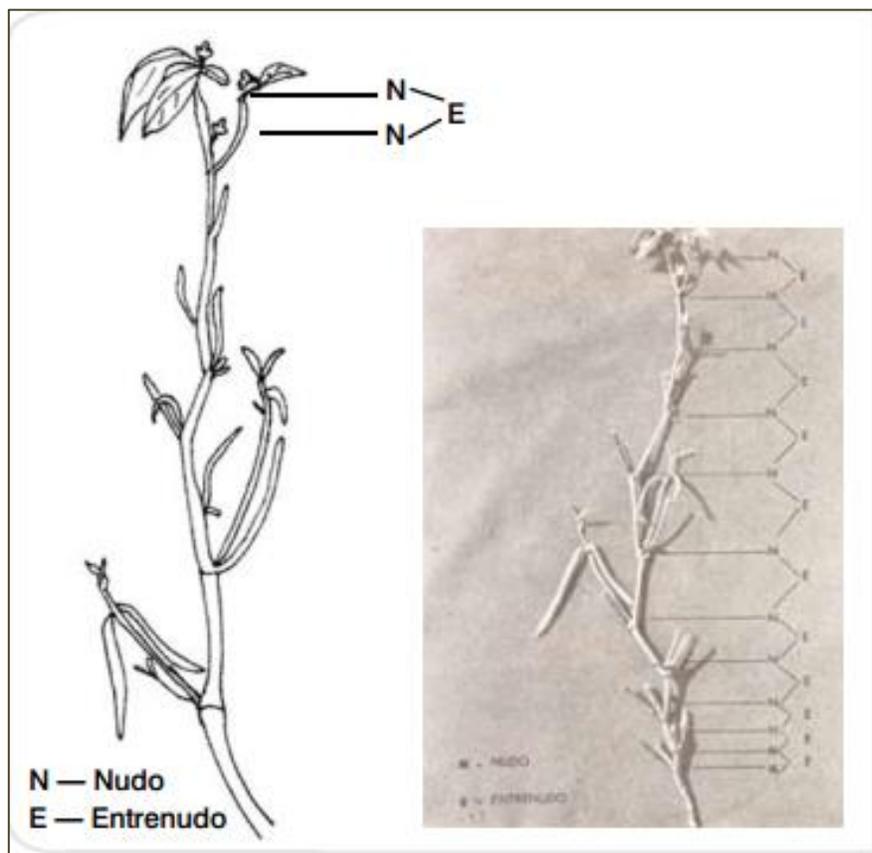


Figura 2.3 El tallo

El tallo es el resultado de un proceso dinámico de construcción activa desde sus primeras etapas de crecimiento por parte de un grupo de células situadas en su parte final, llamada meristemo terminal. Este proceso de construcción incluye también la formación de otros órganos en los nudos y la de los entrenudos. El tallo tiene

generalmente un diámetro mayor que las ramas, y puede ser erecto, semi-postrado y postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad.

Existe una variación en lo que respecta a la pigmentación del tallo, de modo que pueden encontrarse derivaciones de tres colores fundamentales: verde, rosado y morado.

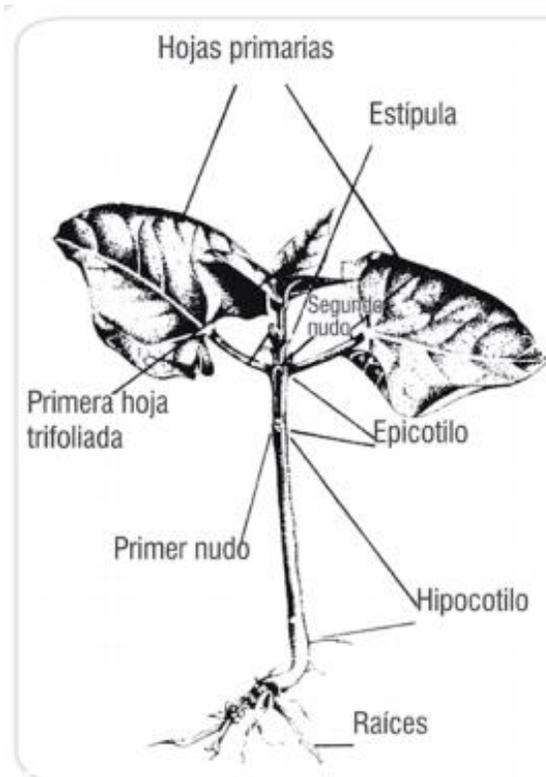


Figura 2.4. Plántula de frijol

El tallo empieza en la inserción de las raíces. En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones, que se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo se llama hipocótilo. El siguiente nudo es el de las hojas primarias, las cuales son opuestas.

Entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias se encuentra un entrenudo real llamado epicotilo (figura 2.4). En el tallo se encuentran presentes, a nivel de cada nudo, otros órganos como las hojas, las ramas, los racimos y las flores.

El tallo presenta un desarrollo característico en su parte terminal, con dos probabilidades, que depende del hábito de crecimiento de la variedad. Una es que termina en una inflorescencia que al aparecer, normalmente, el tallo cesa su crecimiento y, en este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado. En la otra el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo que le permite eventualmente seguir creciendo, formando más nudos y entrenudos, en este caso la planta es de hábito de crecimiento indeterminado. Cuando la planta es de hábito de crecimiento determinado el tallo posee, por lo general, un bajo número de nudos, y en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado el número de nudos es mayor.

**Hábito de crecimiento:** Este concepto morfo-agronómico puede ser definido como el resultado de la interacción de varios caracteres de la planta que determinan su arquitectura final. Debido a que algunos de estos caracteres son influenciados por el ambiente, el hábito de crecimiento puede ser afectado por éste. Los principales caracteres morfo-agronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento son:

- ❖ El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo: determinado o indeterminado.
- ❖ El número de nudos.
- ❖ La longitud de los entrenudos y, en consecuencia, la altura de la planta.
- ❖ La aptitud para trepar.
- ❖ El grado y tipo de ramificación. Es necesario incluir el concepto de guía definida como la parte del tallo o de las ramas que sobresale por encima del follaje del cultivo.

**Ramas:** las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en las axilas, formadas por el pulvínulo de una hoja y el tallo o rama, aunque también se localizan en la inserción de los cotiledones. Es el denominado complejo axilar, que generalmente está formado por tres yemas visibles desde el inicio de su

desarrollo. De éste, además de ramas, se pueden desarrollar otras estructuras, como las inflorescencias. El predominio de ramas o inflorescencias depende del hábito de crecimiento y de la parte de la planta considerada. Las tres yemas forman un complejo axilar llamado tríada (figura 2.5), y pueden tener un desarrollo diferente que puede ser de tres tipos:

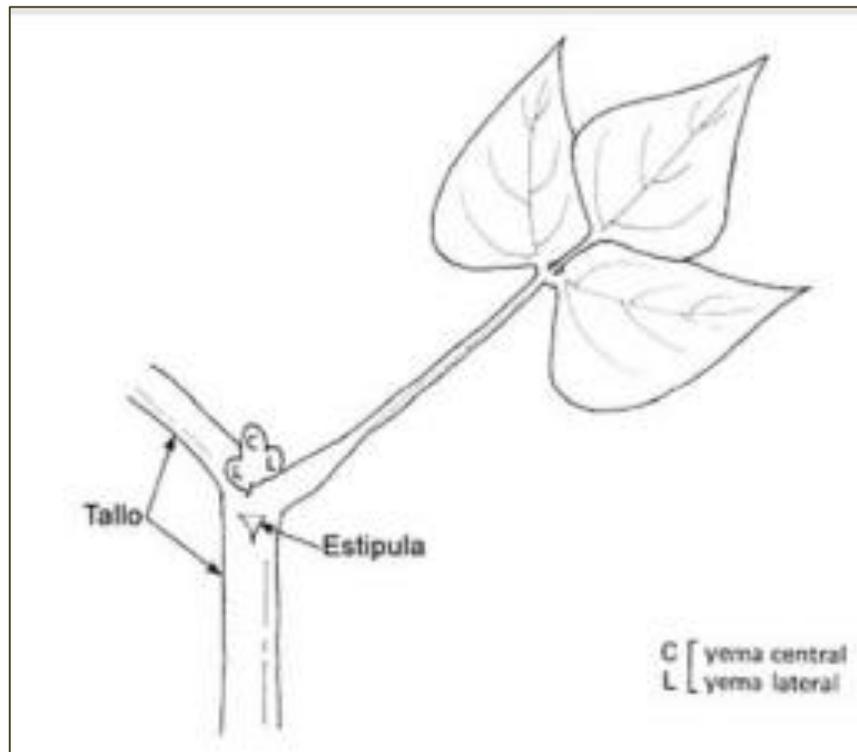


Figura 2.5. Tríada, complejo axilar formado por yemas

Tipo 1: Desarrollo completamente vegetativo, si las tres yemas son vegetativas.

Tipo 2: Desarrollo floral y vegetativo, si existen yemas florales y vegetativas.

Tipo 3: Desarrollo completamente floral, si las tres yemas son yemas florales.

El desarrollo de la estructura de la planta se limita a los tres casos de desarrollo de las tríadas, tanto en el tallo como en las ramas. En los hábitos determinados se presentan los tipos 1 y 3, mientras que en los indeterminados se presentan los tipos 1 y 2 (CIAT, 1984).

**Hojas:** Las hojas del frijol son de dos tipos, simples y compuestas (figura 8), y están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples, aparecen en el segundo nudo del tallo, se forman en la semilla durante la embriogénesis, y caen antes de que la planta esté completamente desarrollada.

Las hojas compuestas trifoliadas (figura 2.6) son las hojas típicas del frijol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estípulas de forma triangular que siempre son visibles.

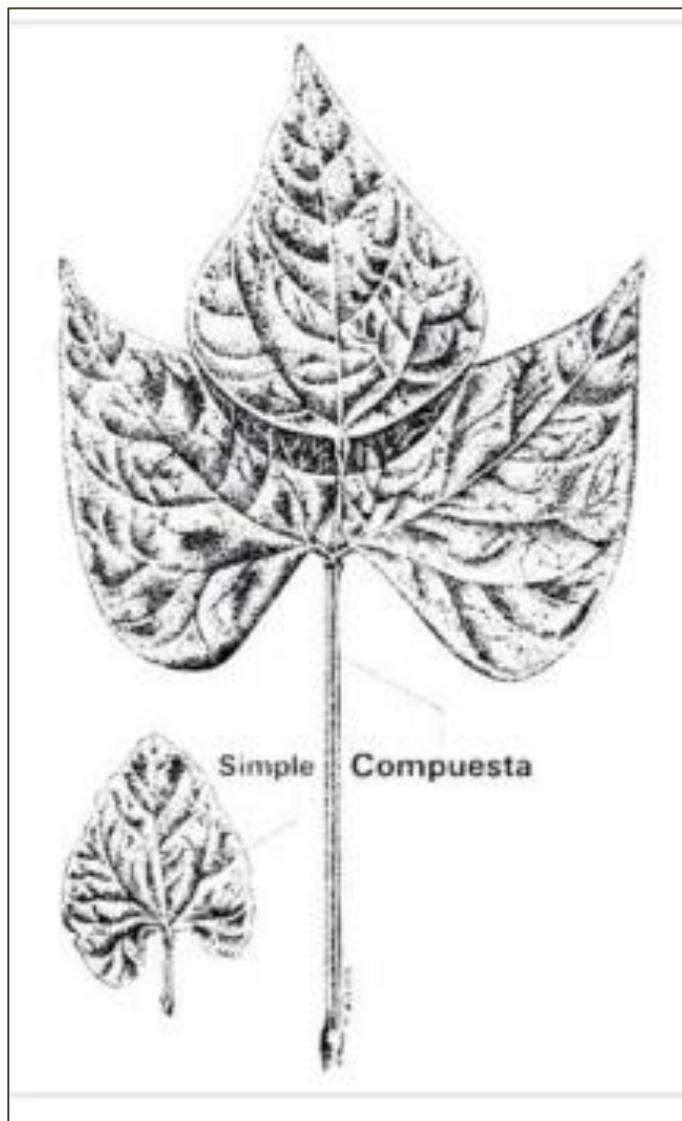


Figura 2.6. Hojas simples y compuestas del frijol

En condiciones normales, existe una gran variación en cuanto al color y la pilosidad de las hojas. Estos caracteres pueden o no tener relación con el color y la pilosidad del tallo y de las ramas. La variación también está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en la planta y con la edad (CIAT, 1984).

**Inflorescencia:** Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Desde el punto de vista botánico, se consideran como racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas (tríada floral) que se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis (figura 2.7). En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales (CIAT, 1984).

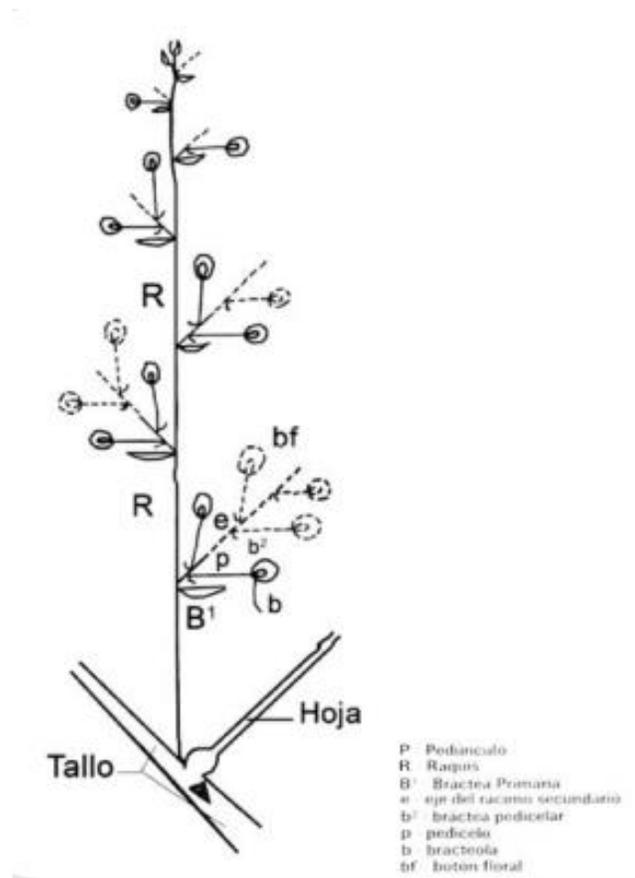


Figura 2.7 Inflorescencias terminales o axilares

**Flor:** La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados, el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila en su estado inicial, está envuelto por las bracteolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado final, la corola, que aún está cerrada, sobresale, y las bracteolas cubren sólo el cáliz. Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre. Las características de la flor son las siguientes (figura 2.8):

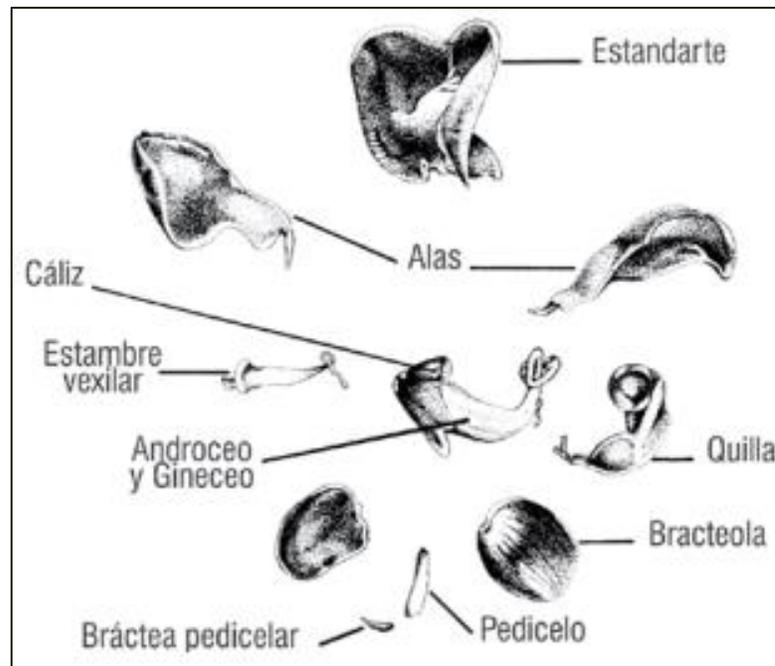


Figura 2.8 Componentes de la flor

Un pecíolo, y en su base una pequeña bráctea.

- El cáliz posee cinco dientes triangulados dispuestos en dos grupos. En la base del cáliz hay dos bracteolas ovoides que persisten hasta poco después de la floración.
- La corola es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados por su base. En ella se distinguen el pétalo más sobresaliente o estandarte, que puede ser de color blanco, verde, rosado o púrpura y que, generalmente, se torna amarillo

después de la fecundación, y dos alas cuyo color puede ser blanco, rosado o púrpura. En general, las alas son más oscuras que las otras partes de la corola. La otra parte es la quilla, que tiene forma de espiral muy cerrada y compuesta por dos pétalos completamente unidos.

- El androceo está formado por nueve estambres soldados en su base por un tubo, y un estambre libre llamado vexilar.
- El gineceo incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal.

La morfología floral del fríjol favorece el mecanismo de autopolinización, ya que las anteras están al mismo nivel del estigma y, además, ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce el derrame del polen (antesis), éste cae directamente sobre el estigma (CIAT 1984).

**Fruto:** el fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad. Dos suturas aparecen en la unión de las valvas: la sutura dorsal, llamada placentar, y la sutura ventral (figura 2.9). Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar.

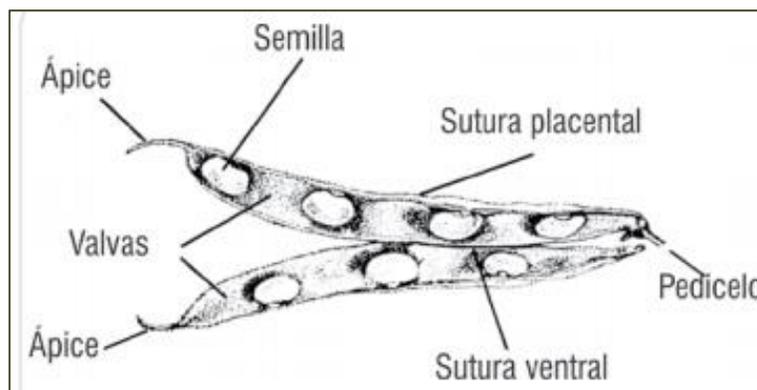


Figura 2.9 Fruto de la planta del frijol

**Semilla:** la semilla no posee albumen, por tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. Puede tener varias formas: ovalada, redonda, cilíndrica, arriñonada. Las partes externas más importantes de la semilla se muestran en la figura 2.9.

- La testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo.
- El hilum, que conecta la semilla con la placenta.
- El micrópilo, que es una abertura en la cubierta cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza la absorción del agua.
- El rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos de óvulo. Internamente, la semilla está constituida por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula (figura 2.10).

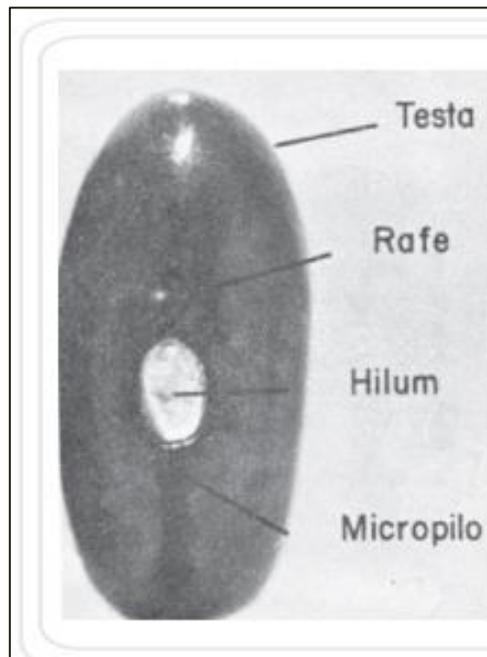


Figura 2.10 Composición externa de la semilla del frijol

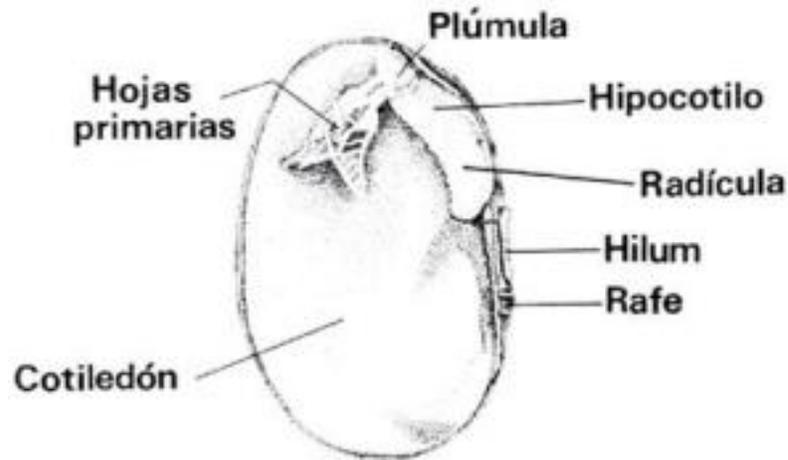


Figura 2.11. Composición interna de la semilla del frijol

La semilla tiene una amplia variación de colores (blanco, crema, rojo, amarillo, café, morado), de forma y brillo. La combinación de colores también es muy frecuente. Esta gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se tiene en cuenta para la clasificación de las variedades y clases comerciales de frijol (CIAT, 1984).

## 2.6 Características fenología del frijol

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas principales: fase vegetativa y fase reproductiva. La fase vegetativa se inicia con la germinación de la semilla y termina con la aparición de los primeros botones florales. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa (hojas, tallos, nudos, ramas, complejos axilares) necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. Por su parte, la fase reproductiva da inicio con la aparición de los botones florales, hasta la madurez de cosecha (Fernández *et. al.*, 1991). En las plantas de hábito indeterminado continúa la formación de estructuras vegetativas, aun en presencia de órganos reproductivos; es decir, en una planta de este tipo, podemos encontrar formación simultánea de hojas, tallos, ramas, flores y vainas.

La planta de frijol produce y distribuye materia seca en diferentes partes y órganos, según la etapa de desarrollo en proceso; los órganos compiten entre sí, por nutrimentos y agua, elementos que casi siempre están en cantidades limitadas (White 1991). Los órganos compiten por estos recursos y se definen prioridades; los tejidos reproductivos (flores y vainas), tienen prioridad máxima; les siguen hojas y raíces y finalmente los tallos. Bajo condiciones de alta demanda, puede ocurrir translocación de nutrimentos de un órgano a otro, por ejemplo, la movilización de carbohidratos de los tallos a las vainas.

La manera como se produce, acumula y distribuye los fotosintatos entre las diferentes partes de la planta, es de gran importancia para la mejora genética y producción de grano de un cultivo. Las hojas son el principal órgano de producción o fuente de fotosintatos; en contraste, las raíces, tallos, flores y vainas, son los órganos de demanda y acumulación de los productos de la fotosíntesis (White e Izquierdo, 1991). En frijol, generalmente la demanda de fotosintatos por los órganos de acumulación (vainas), es mayor que la fuente; en consecuencia, se producirá un aborto de flores y frutos.

## **2.7 Nutrición de frijol**

El incremento en los rendimientos de los cultivos aumenta la remoción de nutrimentos del suelo y provoca su disminución y desbalance de éstos. El N y P son los nutrimentos comúnmente más deficientes y probablemente los más afectados por las prácticas de manejo (Cynthia, 2002).

En forma general, la necesidad de fertilización para el frijol, de acuerdo con Flor, (1985), es de N = 102; P=9; K=93; Ca=54; Mg =18; S=25 kg/ha (Cuadro 1).

Cuadro 2.3. Niveles de nutrimentos necesarios en un suelo, para una producción adecuada de frijol.

análisis	Método	Nivel crítico del frijol
pH	Suelo / agua = 1:1	5 a 8.1
Al	KCL 1N	1 me/100 g
P	Bray II	15 mg/kg
K	Carolina norte	50 mg/kg
Ca	Acetato de amonio 1 N	4.5 me/100 g
Na	Acetato de amonio 1N	4%
B	Agua caliente	0.4 – 0.6 mg/kg
Zn	Carolina norte	0.8 mg/kg
Mn	Carolina norte	5 – 9 mg/kg

Tomado de R. Howeler (1978).

El ritmo de la absorción de nutrimentos durante el ciclo vegetativo, ha servido para hacer coincidir la época y dosis de aplicación de los fertilizantes en el campo con los períodos de máximo requerimiento de estos elementos (Flor, 1979). Haag *et. al.*,(1967) determinaron en un ensayo de macetas que la planta de frijol tiene su absorción máxima de N, K y Ca a los 50 días después de la emergencia, de S a los 60 y de Mg a los 70 días de emergencia. La cantidad de absorción de P es más amenas constante durante todo el ciclo vegetativo.

El contenido de los elementos nutricionales dentro de la planta, varían según el balance entre el suministro y la demanda de los distintos órganos de la planta. El P se absorbe en cada cosecha aproximadamente 16 kg/ha lo que representa el 13% de la cantidad de N absorbido por el frijol en un ciclo vegetativo (Howeler, 1978).

## **2.8 Elementos nutritivos más importantes para el frijol**

### **2.8.1 Nitrógeno**

El N es un componente básico de proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, vitaminas, etc. el frijol como leguminosa, necesita altas cantidades de N en comparación con las gramíneas. Por otro lado, la deficiencia del N se considera poco trascendente puesto que el frijol tiene la facultad de fijar parte del N requerido para su desarrollo, por medio de la asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*. El N se absorbe como elemento inorgánico por la raíz; ejemplo  $\text{NH}_4^+$  (catión) y  $\text{NO}_3^-$  (anión), en la raíz, los iones se transforman en N orgánico, (amidas, ureidos, etc.) antes de ser traslocados. Estos componentes son básicos para producir los aminoácidos y proteínas en las hojas. El exceso de N se almacena para posteriormente ser translocado a diferentes partes de la planta, esto quiere decir que el N en la planta es móvil y se puede transportar a donde se necesite (Howeler, 1978)

### **2.8.2 Fósforo**

La situación del P es distinta y merece especial atención porque su disponibilidad está limitada en el suelo y frecuentemente restringe el crecimiento de las plantas, su deficiencia es muy común en Latino América y se clasifica como el principal factor limitante en la producción del frijol (Thung, 1980).

Este elemento es un componente de las nucleoproteínas, ácidos nucleicos (ARN y ADN), fosfolípido, que tiene multifunciones en el metabolismo de la planta. El P es importante también en la transferencia de energía en el proceso de metabolismo ATP por ejemplo, traslada la energía entre la parte que produce a la parte que consume. Participa también en la transportación de carbohidratos de la parte aérea de la planta, a las vainas. Esto quiere decir que el P se necesita hasta la época de la maduración fisiológica (Thung, 1980).

Cuando la planta tiene esta deficiencia, todo el metabolismo se disminuye y finalmente la planta se queda de porte bajo. El contenido del P en las estructuras reproductivas es muy alto en comparación con la parte vegetativa, el P se almacena como Phytina en el grano, lo cual se usa en la planta en los primeros días de germinación como fuente de P y Mg. (Ozane, 1980)

En el suelo, el P se encuentra en forma inorgánica y orgánica, se absorbe principalmente en forma de ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ) y poco de la forma polifosfato ( $\text{HPO}_4^-$ ). El P de origen orgánico después de transformarse en ortofosfato queda disponible para la planta. La tasa de transformación de forma no disponible a forma disponible marcha lentamente, por eso el P nativo no es suficiente para cubrir las necesidades de la planta (Ozane, 1980)

Fuera de su función específica en la planta, los elementos nutricionales tienen una interacción entre sí, sean en forma antagónica o sinérgica. También en el suelo hay interacción entre ellos y la mayoría en forma antagónica; lo que es una des ventaja para que la planta los asimile. (Thung, 1980).

### **2.8.3 Aluminio**

El aluminio no tiene función específica en el metabolismo del frijol, sólo que puede causar toxicidad; la presencia del aluminio a nivel tóxico es común en suelos ácidos (Moore, 1974). Jacobsen (1979) mostró que el P se precipita en cercanía inmediata de las raíces por el Ca, formando  $\text{CaHPO}_4$ , por esto, el encalado puede inducir deficiencia de fósforo. (Hanger, 1979). Ambler *et. al.*, (1969); mencionaron que con el aumento de la utilización de P, la deficiencia de Zn aumenta si no se aplica Zn adicional. Este problema puede ocurrir fácilmente en suelos ácidos donde se debe aplicar bastante P, mientras el contenido de Zn es bajo en el suelo.

## 2.9 Plagas del cultivo de frijol

CUADRO 2.4. Control de plagas principales que atacan al frijol de temporal. INIFAP-SAGARPA.

PLAGA	PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS/ HA	EPOCA DE APLICACIÓN
Chicharrita	Dimetoato CE 80	0.75- 1.0 L	Aplique el producto elegido cuando se encuentre un promedio de 6 chicharritas por hoja trifoliada
	Ometoato LS 70	0.5 L	
	Carbarilo PH 80	0.75 kg	
Conchuela	Carbarilo PH 80	1.65 L	Seleccione cualquiera de los productos y úselo cuando se encuentren los primeros adultos en el cultivo. Es importante localizar los manchones infestados para no hacer una aplicación total que resulta más costosa
	Ometoato LS 70	0.5 L	
	Azinfosmetil CE 20	1.5-2.5 L	
Mosquita blanca	Carbarilo PH 80	0.75 kg	Aplique uno de los productos cuando se encuentre un promedio de 10 mosquitas por hoja trifoliada. Es común que esta plaga se presente junto con chicharrita o conchuela o con ambas
	Diazinón CE 60	0.2-0.4 L	
	Endosulfan CE 35	2.0-3.0 L	
	Ometoato LS 70	0.5 L	
	Dimetoato CE 38	0.75-1.0 L	
Botijón	Carbarilo PH 80	0.75 kg	Generalmente se presenta junto con algunas de las plagas anteriores

Fuente: INIFAP-CEPAB, 1998. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola Pabellón.

**Chicharrita.** La chicharrita del frijol mide aproximadamente 3 mm de largo, es de color verde claro se alimenta de la savia de la planta y salta con frecuencia cambiando de lugar. En el frijol causa clorosis, la cual aparece en forma de puntos amarillos que en ocasiones cubren toda la hoja; el daño más grave característico se presenta en forma de quemaduras y enrollamiento de las hojas, así como achaparramiento y enanismo de las plantas.

**Mosquita blanca.** Este insecto tiene cuatro alas anchas redondas que están cubiertas de una fina capa de polvillo blanco; en reposo, los insectos se asemejan al

techo de una casa de “dos aguas”. La mosquita blanca deposita sus huevos en el envés de las hojas más tiernas, de las cuales posteriormente salen pequeñas larvas ovales y aplanadas. El control químico de los adultos es más fácil que el de las larvas, ya que generalmente se encuentran inmóviles en la base de las hojas succionando savia, como consecuencia del ataque, las hojas adquieren un aspecto clorótico y pueden llegar a secarse y caer, dependiendo del grado de infestación.

**Conchuela.** La conchuela del frijol es un insecto de cuerpo oval y convexo que mide aproximadamente 9 mm de largo, es de color café cobrizo y tiene 16 puntos negros en la cubierta de las alas.

El daño que causa se aprecia claramente en las hojas de la planta, las cuales adquieren un aspecto característico de “descarnado”, donde quedan únicamente las nervaduras; cuando las poblaciones de esta plaga son abundantes, llegan a atacar las vainas y los tallos, con lo que aniquilan por completo a la planta.

**Botijón.** Estos insectos se observan e identifican a simple vista; miden aproximadamente 1.5 cm de largo por 0.5 de ancho, son de color gris y tienen la cabeza bien diferenciada del resto del cuerpo. Sus poblaciones son abundantes y se alimentan del frijol o de otros cultivos como chile, maíz, alfalfa y vid.

## **2.10 Enfermedades**

Las enfermedades de frijol que se presentan en el Altiplano semiárido del Norte Centro son: roya, pudriciones de la raíz, cenicilla y antracnosis causadas por hongos, tizón común y tizón de halo causadas por bacterias. La descripción de sus síntomas, así como algunas prácticas que ayudan a su control y prevención se presentan enseguida.

**Roya del frijol.** En el altiplano semiárido, esta enfermedad se presenta en siembras de temporal y en años de lluvias abundantes; los daños que provoca llegan a ser

cuantiosos, por lo que se le considera como la enfermedad más importante de la parte aérea del frijol.

*Agente causal.* Esta enfermedad es ocasionada por un hongo y existen diferentes razas del patógeno.

*Síntomas.* Cuando la infección ocurre antes de la floración, las pérdidas pueden ser cuantiosas. Los síntomas se presentan como manchas cloróticas en las que se desarrollan pústulas de color café-rojizas, tanto en la parte de arriba como por debajo de las hojas; las pústulas pueden estar rodeadas por un círculo clorótico, dependiendo de la raza del patógeno, de la variedad o de las condiciones ambientales. Cuando la infección es severa, puede haber defoliación prematura y de acuerdo al grado de infección, también se puede observar pústulas en las vainas.

*Condiciones para su desarrollo.* La enfermedad se desarrolla en forma óptima cuando la temperatura varía entre 14 y 20°C y la humedad relativa es superior al 90%. La diseminación de las esporas o semillas del hongo se realiza principalmente por la acción del viento.

*Control.* Para condiciones de temporal en el altiplano, la única medida de control es la utilización de variedades tolerantes como las sugeridas en esta guía, ya que el control químico, a pesar de que es efectivo, no es recomendable por su alto costo.

**Pudriciones radicales del frijol.** Este problema se ha incrementado en el Altiplano, en los últimos años.

*Agente causal.* Son diversos hongos del suelo que causan esta enfermedad.

*Síntomas.* Las plantas afectadas por pudriciones radicales, inicialmente muestran un marchitamiento y amarillamiento de las hojas inferiores; al transcurso del tiempo estos síntomas se generalizan en toda la planta y finalmente el follaje se seca y las plantas adquieren una apariencia de “quemadas”.

Cuando el ataque ocurre en plantas adultas, las vainas se marchitan y en muchas ocasiones no alcanzan a formar semillas, por lo que su producción es nula.

De acuerdo con el patógeno que causa la pudrición, es posible observar manchas oscuras o un “estrangulamiento” y necrosis a la altura del cuello de la planta infectada.

*Prevención.* Para reducir los daños causados por la pudrición de la raíz es conveniente efectuar rotación de cultivos para disminuir la cantidad de inóculos en el suelo, evitar encharcamientos mediante siembras de terrenos drenados y nivelados, evitar dañar a las raíces al realizar las labores de cultivo para no propiciar la entrada de los patógenos y sembrar semilla desinfectada.

**Tizón común del frijol.** En el altiplano esta enfermedad prospera bajo condiciones de temporal.

*Agente causal.* El microorganismo que origina esta enfermedad es una bacteria.

*Síntomas.* La infección inicial aparece en forma de puntos acuosos por el envés de las hojas; al aumentar de tamaño, adquieren forma irregular las lesiones pueden unirse y formar manchas de color café de tamaño considerable, las cuales están rodeadas por una franja estrecha de color amarillo. En las vainas se pueden presentar manchas indefinidas de color café, las cuales, cuando el ataque es severo, pueden ocasionar decoloración y daños en la semilla.

*Condiciones para su desarrollo.* La enfermedad prospera en forma óptima en regiones húmedas, con temperaturas de moderadas a altas.

*Control.* Se recomienda la rotación de cultivos, sembrar semilla libre de la bacteria y utilizar variedades tolerantes.

### **Tizón de halo**

*Agente causal.* Esta enfermedad del frijol es causada por una bacteria.

*Síntomas.* Al inicio del ataque de la bacteria, aparecen en las hojas puntos pequeños de tono café, los cuales aumentan de tamaño conforme progresa la infección; alrededor de éstos se forma un halo o corona amarillento. En ocasiones, la infección es sistemática y se presenta como marchitez o clorosis.

Si la enfermedad ataca cuando la planta ha alcanzado el periodo de floración, generalmente se pierde gran cantidad de flor, la “carga” disminuye y consecuentemente se obtienen producciones bajas.

*Prevención.* Como una medida preventiva, es aconsejable utilizar semilla libre de este patógena, dado que la bacteria se puede transmitir a través de ésta.

### **Cenicilla del frijol**

*Agente causal.* Esta enfermedad es propiciada por un hongo.

Aun cuando la temperatura y la humedad moderadas favorecen la infección, este patógeno puede sobrevivir en una gama amplia de condiciones ambientales.

*Síntomas.* Los primeros síntomas aparecen en forma de manchas moteadas oscuras sobre la parte de arriba de las hojas, las cuales se van cubriendo de manchas blancas de apariencia polvosa que puede llegar a cubrir totalmente la planta, provocándole amarillamiento, deformación y envejecimiento prematuro.

*Prevención.* Entre las medidas de prevención se incluye la siembra de semilla no infectada por el hongo.

### **Antracnosis**

*Agente causal.* Es provocada por un hongo.

*Síntomas.* Su daño se localiza principalmente en las vainas, aunque ataca en general a todas las partes aéreas de la planta del frijol. En las vainas las lesiones varían de tamaño, desde pequeños puntos hasta manchas de un centímetro de diámetro, por lo cual se identifica fácilmente. La semilla dañada presenta partes “sumidas” de tamaño

variable (de color café o negro) las cuales hacen que disminuya la calidad y el rendimiento del frijol.

*Condiciones para su desarrollo.* El hongo causante de esta enfermedad requiere temperaturas de 17 a 18°C y alta humedad para su desarrollo óptimo.

*Prevención.* Para evitar la presencia de esta enfermedad es necesario usar semilla de variedades tolerantes.

## **2.11 Producción y consumo**

### **2.11.1 Superficie Sembrada y Cosechada**

Después del maíz, el frijol es el segundo producto en importancia en superficie cultivada en el país. Para el periodo de 2000-2003, la superficie sembrada fue, en promedio, de 2.1 millones de hectáreas. Sin embargo, a partir de 2004 y hasta 2010 la superficie sembrada ha disminuido hasta representar 1.8 millones de hectáreas. Por modalidad, la superficie sembrada de frijol es predominantemente de temporal, con poco más de 86%. Dadas las modalidades de siembra del frijol y las regiones donde se cultiva, la superficie cosechada varía según la disponibilidad de agua pluvial.

La importancia que tiene la superficie dedicada a este cultivo en el país, se ha reducido en los últimos años, muy probablemente debido a la baja rentabilidad de este cultivo, un consecuente efecto de desplazamiento por otros cultivos más rentables, y escasa tecnificación de la tierra cultivable. Asimismo, la superficie cosechada se encuentra altamente relacionada con la disponibilidad de agua pluvial, por lo que su comportamiento oscila según la escasez o abundancia de este importante líquido.

### **2.11.2 Producción**

La producción de frijol en México ha crecido en 2.7% en promedio anual durante el periodo de 2000-2010, esto representa en promedio una producción anual de 1.14 millones de toneladas.

La dinámica observada durante el periodo 2000-2011, indica que la producción de frijol ha presentado una amplia variación. Lo anterior, debido principalmente a que gran parte de la producción de frijol se siembra en áreas de temporal, no tecnificadas con instrumentos de irrigación y otros insumos tecnológicos que eleven el nivel de producción.

En 2001, se alcanzó una producción de 1.06 millones de toneladas de frijol, el nivel máximo alcanzado en el periodo, y significó un crecimiento en la producción de 45.8%, con respecto al año inmediato anterior. Posteriormente, la producción de frijol disminuyó drásticamente hasta alcanzar un mínimo de producción de 0.83 millones de toneladas para 2005.

No obstante que la producción de frijol registró una importante recuperación del 67.6% de la producción de frijol para el 2006, lo que significó un total de 1.39 millones de toneladas, en los siguientes años la producción nacional se ha ubicado por debajo de las 1.2 millones de toneladas anuales. Se espera que la producción para 2011 alcance 1.19 millones de toneladas, sin embargo, se la sequía registrada en el norte del país durante 2011 provocaría una disminución importante en la producción.

### **Consumo**

Por su parte, el consumo nacional aparente ha crecido a una tasa de 2.6% anual durante 2000-2011, cifra inferior al ritmo de la producción. Los periodos con mayor crecimiento del consumo nacional aparente fueron durante el periodo de 2000-2003 y en el año de 2006. En los últimos cinco años, la información disponible muestra un consumo nacional de frijol prácticamente estable en 1.16 millones de toneladas en

promedio anual. Actualmente esta leguminosa se enfrenta a modificaciones importantes ante una sociedad cambiante, incluidos los hábitos alimenticios, a consecuencia del urbanismo y el modo de vida.

Gran parte de la producción de frijol se encuentra localizada en superficies de temporal, por lo que el volumen de la misma varía en función del nivel de precipitación y condiciones meteorológicas favorables para la producción de la leguminosa. Asimismo, la tendencia en la producción ha venido disminuyendo hasta colocarse en menos de 1.2 millones de toneladas anuales en los últimos cinco años.

Por lo que respecta al consumo nacional aparente, ha sido mayor en comparación con el nivel de producción, sin embargo, los cambios en los patrones de consumo y hábitos alimenticios de la población, el consumo de frijol se ha estancado e incluso puede disminuir para 2011.

### **2.11.3 Rendimientos**

El rendimiento obtenido en la producción de frijol diferenciado según la modalidad de riego o temporal indica que las tierras cultivadas bajo la implementación de técnicas de irrigación obtienen un rendimiento que llega a duplicar el rendimiento obtenido bajo condiciones a la intemperie. El rendimiento obtenido por modalidad de riego oscila entre 1.4 a 1.7 toneladas por hectárea, mientras que el rendimiento por temporal oscila entre 0.4 y 0.7 toneladas por hectárea.

Los bajos rendimientos que se observan obedecen a una serie de factores biológicos y meteorológicos que inciden sobre el cultivo del frijol. Entre estos, destacan las sequías en sus diferentes modalidades: retraso del temporal de lluvias, insuficiente precipitación pluvial, y ataque de plagas. 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.

## 2.12 Características nutricionales

El frijol es rico en lisina pero deficiente en los aminoácidos azufrados metionina, cisteína y triptófano; por lo cual una dieta adecuada en aminoácidos esenciales se logra al combinar frijol con cereales (arroz, maíz, otros). Es una leguminosa que constituye una rica fuente de proteínas e hidratos de carbono, además es abundante en vitaminas del complejo B, como Niacina, Riboflavina, Ácido fólico y Tiamina; también proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio, y presenta un alto contenido de fibra. A continuación se presenta una tabla con los nutrientes que contiene el frijol (Revista del Consumidor, 2001).

Cuadro 2.5. Aporte nutricional del frijol

	<b>Frijol crudo</b>	<b>Frijol procesado</b>
Tiamina	0.64 mg	68%
Riboflavina	0.17 mg	78%
Niacina	1.8 mg	70%
Ácido fólico	0.44 mg	79%
Calcio	244 mg	96%
Hierro	5.2 mg	89%
Zinc	2.9 mg	87%

Sacado de la (Revista del Consumidor, 2001)

Nota. Al procesar el frijol, el calor elimina parte de los nutrientes.

Los frijoles preparados en casa, así como los industrializados, proporcionan en promedio 5 por ciento de proteínas, y el contenido de grasa varía de acuerdo con su elaboración. Los frijoles enteros enlatados contienen de 0.5 a 1.5 por ciento de grasa, mientras que en el caso de los refritos esta proporción va de 3 a 10 por ciento (Revista del Consumidor, 2001).

## 2.13 La composta

La naturaleza es un enorme sistema que hace composta, convierte los desechos orgánicos como hojas, flores, frutos, etc. en nutrientes o alimentos que se reintegran a la tierra, para después ser aprovechados por los demás seres vivos, incluyendo al hombre. De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en el suelo de un bosque, pero acelerado, intensificado y dirigido, en el cual se produce humus.

La composta está comprendida dentro de la agricultura orgánica que está definida por la Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos fundada en 1992, como el arte y la ciencia para obtener productos agropecuarios sanos, mediante técnicas que favorezcan las fuentes naturales de fertilidad del suelo sin el uso de agroquímicos contaminantes, mediante un programa preestablecido de manejo ecológico.

La palabra composta proviene del latín *componere*, juntar; por lo tanto composta es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufren un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, con olor a humus.

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas. En el contexto anterior, los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos (Chaney *et. al.*, 1992).

En años recientes ha aumentado el interés por el uso de abonos orgánicos. Sin embargo, es necesario un manejo adecuado para evitar riesgos de contaminación o de sobre fertilización. El nitrógeno, el fósforo y el potasio son comúnmente encontrados en mayor cantidad en los abonos orgánicos; algunos riesgos de contaminación por el uso de abonos orgánicos son:

2. En regiones lluviosas o en condiciones de riego, dosis excesivas de abonos pueden contaminar el acuífero con nitratos. Las actividades agrícolas han sido señaladas como fuentes de contaminación por nitratos (Martínez *et. al.*, 2001; Castellanos y Peña, 1990).
3. En regiones donde las lluvias provocan escurrimientos superficiales, el acarreo de partículas con fósforo fijado puede contaminar cuerpos de agua superficial, como son arroyos, ríos y lagos (Eghball *et. al.*, 2002).
4. Abonos orgánicos como los biosólidos (lodos residuales de plantas tratadoras de agua) pueden provocar riesgos de contaminación por metales pesados si no se dosifican adecuadamente (CWEA, 1998).
5. Es necesario considerar el tipo de abono y el tipo de cultivo a establecer para evitar riesgos de contaminación microbiológica.

La mayoría de los abonos orgánicos, sean de origen animal o vegetal, contienen varios elementos nutritivos, particularmente N, P y K, además de elementos menores (Astier, 1995). También son una buena fuente suplementaria de P para el consumo de las plantas, Herrera *et. al.*, (1999) indicaron que el P de la M. O. es más fácilmente aprovechado que el P de la fracción mineral del suelo.

## 2.14 Composición de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos más comúnmente utilizados con fines agrícolas son los estiércoles de diferentes especies animales, las compostas y los residuos de cultivos.

CUADRO 2.6. Composición típica de estiércol de diferentes especies animales

	<b>Estiércol vacuno</b>	<b>Gallinaza</b>	<b>Estiércol porcino</b>	<b>Estiércol ovino</b>
	----- % -----			
<b>Nitrógeno</b>	2-8	<b>5-8</b>	3-5	3-5
<b>Fosforo</b>	0.2-1.0	<b>1-2</b>	0.5-1.0	0.4-0.8
<b>Potasio</b>	1-3	<b>1-2</b>	1-2	2-3
<b>Magnesio</b>	1.0-1.5	<b>2-3</b>	0.08	0.2
<b>Sodio</b>	1-3	<b>1-2</b>	0.05	0.05
<b>Sales solubles</b>	6-15	<b>2-5</b>	1-2	1-2

Fuente de (Miller and Donahue, 1995).

Otra parte importante de la composición de los abonos orgánicos es precisamente el contenido de materia orgánica. Los principales beneficios de la materia orgánica en el suelo son (Chaney *et. al.*, 1992; Bohn *et. al.*, 1993):

- Incrementa la actividad biológica. Aporta nutrientes, energía y hábitat para los microorganismos del suelo.
- Actúa como reserva de nutrimentos. Durante la descomposición de la materia orgánica se liberan macro y micro-nutrimentos.
- Retiene nutrimentos en forma disponible. Aporta cargas negativas a la CIC del suelo, donde puede retener nutrimentos y metales pesados que de otra manera se lixiviarían.
- Favorece la estructura del suelo. Actúa como agente cementante de las partículas del suelo, formando agregados estables durante periodos de humedecimiento y secado.

- Incrementa la porosidad. La formación de agregados mejora la porosidad del suelo, aumentando la retención de agua en suelos arenosos y la permeabilidad en suelos arcillosos.

### 2.14.1 Propiedades del suelo a considerar para la incorporación de abonos orgánicos

Para lograr un uso sustentable del suelo cuando se utilizan abonos orgánicos, es importante evaluar el suelo para conocer sus propiedades, seleccionar los sitios más idóneos y así minimizar riesgos de contaminación o degradación de la calidad del suelo. Entre las propiedades del suelo a considerar están:

**Textura.** Se refiere a la proporción de partículas minerales del suelo menores de 2 mm y se analiza como porcentaje de arena, limo y arcilla que contiene un suelo. Los límites de clasificación por tamaño de partícula se anotan en el Cuadro 2.7.

Cuadro 2.7. Tamaños de partícula utilizados para clasificar la textura del suelo

	Tamaño de partícula en (mm)
Arena	0.05 - 2.0
Limo	0.002 - 0.05
Arcilla	< 0.002

Fuente de (Miller and Donahue, 1995).

De acuerdo a las proporciones de arena, limo y arcilla que componen un suelo, se establecen 12 clases texturales. En el Cuadro 2.7 se anotan ejemplos de estas clases texturales, así como los nombres comunes con los que también se identifica estos suelos. La textura del suelo es importante porque determina o influye en muchas otras propiedades del suelo, como son porosidad, permeabilidad del suelo al agua, retención de agua, contenido de materia orgánica, adsorción de metales pesados. Los mejores suelos para aplicar abonos orgánicos son aquellos de textura media a gruesa, como los suelos francos, areno-franco, arcillo-franco y arenosos (Huddleston and Ronayne,

1990). Se debe evitar el uso de abonos orgánicos en suelos pedregosos y suelos con capas impermeables a menos de 50 cm en el perfil.

**Permeabilidad.** Es la velocidad con que el agua se mueve a través del suelo. Esta característica depende de la cantidad, tamaño, forma y arreglo de los poros del suelo. Propiedades como pedregosidad, estructura, materia orgánica y capas endurecidas del suelo influyen en el grado de permeabilidad del suelo.

**Pendiente.** En regiones agrícolas de riego por gravedad, la pendiente del terreno es prácticamente nula, por lo que no hay restricción en este sentido para la aplicación de abonos orgánicos. En áreas de agostadero y de temporal es importante tomar en cuenta la pendiente del terreno como criterio para aplicar abonos orgánicos.

**pH.** Es una medida del grado de acidez o alcalinidad del suelo. Un pH neutro es alrededor de 7 (6.6 - 7.3); valores de pH menores de ese rango son suelos ácidos, mientras que valores superiores al rango de neutralidad se consideran alcalinos (Figura 2.12). El pH óptimo para suelos agrícolas es ligeramente ácido a neutro (6.1 - 7.3), porque en ese rango la mayoría de los nutrimentos se encuentran disponibles para el cultivo. En suelos con pH más ácido puede haber problemas con solubilidad y toxicidad por metales pesados. Por el contrario, el riesgo de toxicidad por metales pesados en suelos alcalinos es muy bajo, ya que la mayoría de ellos pasan a formas insolubles. Sin embargo, algunos nutrimentos esenciales como calcio y fósforo también se precipitan volviéndose no disponibles para el cultivo.

#### **2.14.2 La aplicación de la composta en la agricultura**

Por su contenido en oligoelementos es la mejor enmienda para disminuir, y en muchos casos evitar, la aparición de enfermedades carenciales. Debido a su elevado poder antibiótico puede descartar un buen número de enfermedades fúngicas en los

cultivos de hortalizas. El abono orgánico permite la obtención de alimentos más ricos en vitaminas, enzimas y oligoelementos necesarios para vivir.

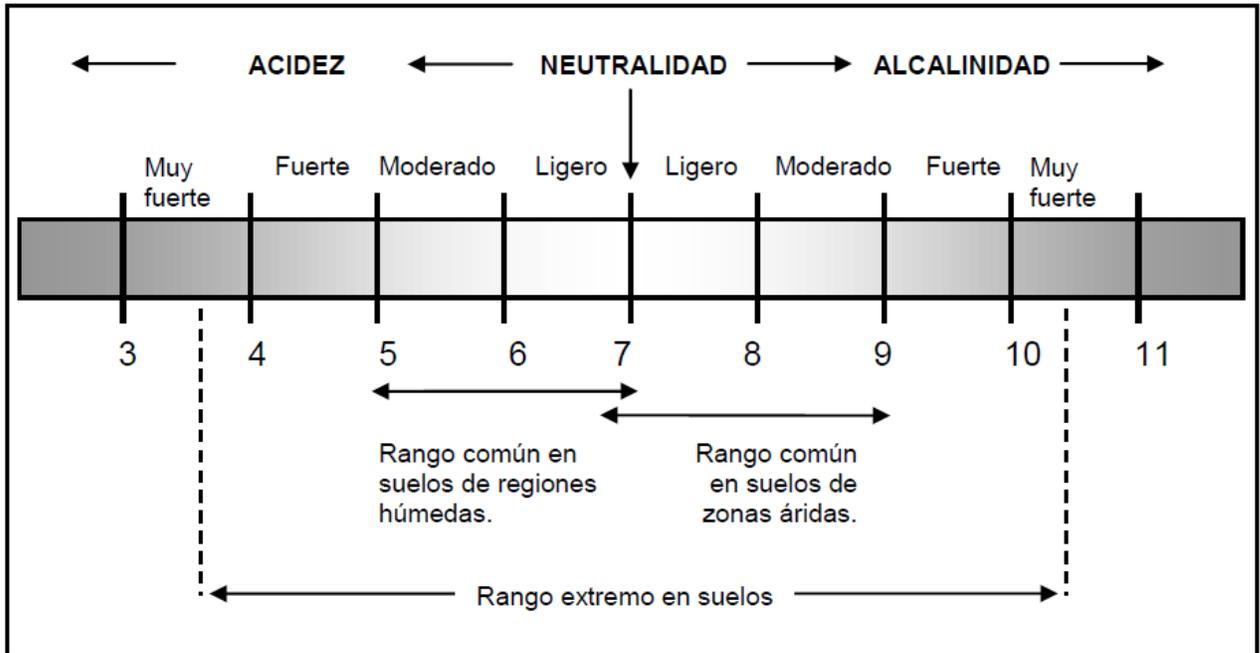


Figura 2.12 Clasificación del pH del suelo (tan. 1993)

Capacidad de intercambio catiónico (CIC). De los tres tipos de partícula que componen el suelo, la arcilla es el único que posee carga eléctrica negativa. Esta característica es importante porque permite retener en el suelo los nutrientes con carga positiva, como calcio, magnesio, potasio y nitrógeno amoniacal, entre otros (Tan, 1993). También retiene metales pesados evitando que se filtren hasta el acuífero. Esta propiedad se llama capacidad de intercambio catiónico (CIC) y puede expresarse en miligramos de carga positiva (+) que pueden ser retenidos por 100 g de suelo. La materia orgánica del suelo también aporta cierto valor de CIC (Huddleston and Ronayne, 1990).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar y fecha de establecimiento.

El proyecto se estableció en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la Col. Buenavista, a 7 kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila; con coordenadas  $25^{\circ} 21' 11.06''$  de latitud norte y  $101^{\circ} 01' 50.05''$  de longitud oeste una elevación de 1782m.

La fecha de establecimiento fue el 17 de Agosto del 2012.



Figura 3.1 Localización geográfica del área en estudio dentro del campus universitario.

### **3.2 Clima.**

El clima de Saltillo es templado semiseco con pocas lluvias en verano e invierno; con una temperatura promedio de 18.2°C. Los inviernos son frescos siendo comunes las temperaturas inferiores a los 0°C y con probabilidad de nieve. Los veranos son cálidos con temperaturas que pueden superar los 25.3°C algunos días y presentándose tormentas y lluvias principalmente en las tardes que son las más notable.

La evaporación promedio mensual de 156.4 mm. Siendo los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre los de mayor intensidad con 167.7 y los de menor intensidad 140.6 mm.

La precipitación media anual es de 369.3 mm y los meses más lluviosos son los comprendidos entre Julio, agosto y Septiembre, de los cuales el más lluvioso es el mes de agosto.

### **3.3 Tipo de suelo.**

La textura del suelo donde se realizó el experimento es migajón arcilloso que se determinó con el método de hidrómetro de boyoucus, con una densidad aparente de 1.38 g/cm<sup>3</sup>, el PH del suelo es de 8.32, estos nos indica que el suelo no es salino y la conductividad eléctrica es de 0.742.

La influencia de las variaciones ambientales es uniforme en la planta, no así en las diferentes estructuras con desarrollo secuencial, entre las que se encuentran los principales componentes del rendimiento, número de vainas y semillas por planta y el peso de la semilla. Así, se tiene que el tamaño de la semilla muestra poca plasticidad, a diferencia del número de vainas y, según las condiciones climáticas durante y después de la maduración, puede verse afectada la calidad de la semilla por factores

### 3.4 Materiales y equipos requeridos.

➤ **Materiales:**

- ❖ Acolchado plástico color negro
- ❖ Semillas de frijol flor de mayo saltillo azufrada del INIFAP.
- ❖ Vermicomposta (Heno de mota)
- ❖ Regla o metro
- ❖ Libreta de notas
- ❖ Recipientes para muestras y análisis de agua.
- ❖ Manómetro
- ❖ Terreno de 500 m<sup>2</sup>
- ❖ Solución madre dosificada de la siguiente forma
- ❖ Excel

Cuadro 3.1 Dosis de fertilización al cultivo de frijol.

# APLICACIÓN C/SEMANA	DOSIS kg NPK/ha EN RELACIÓN 1:1:1	DOSIS PARA EXPERIMENTO (g) C/U	TRIPLE17 PARA NPK EN SECCIONES A+C	FOSFATODIAMÓNICO + UREA PARA NP EN SECCIONES B+D
1	2:2:2	100	294	108+66
2	6:6:6	300	882	326+198
3	9:9:9	450	1324	489+298
4	12:12:12	600	1765	652+397
5	14:14:14	700	2059	761+463
6	14:14:14	700	2059	761+463
7	14:14:14	700	2059	761+463
8	12:12:12	600	1765	652+397
9	9:9:9	450	1324	489+298
10	6:6:6	300	882	326+198
11	2:2:2	100	294	109+66

➤ **Equipos:**

- ❖ Bomba para inyección de fertilizante
- ❖ Sistema de riego en goteo subterráneo

- ❖ Sistema de filtros.
- ❖ Juego de válvulas de paso.

La distribución de los tratamientos en el terreno fue de la siguiente manera:

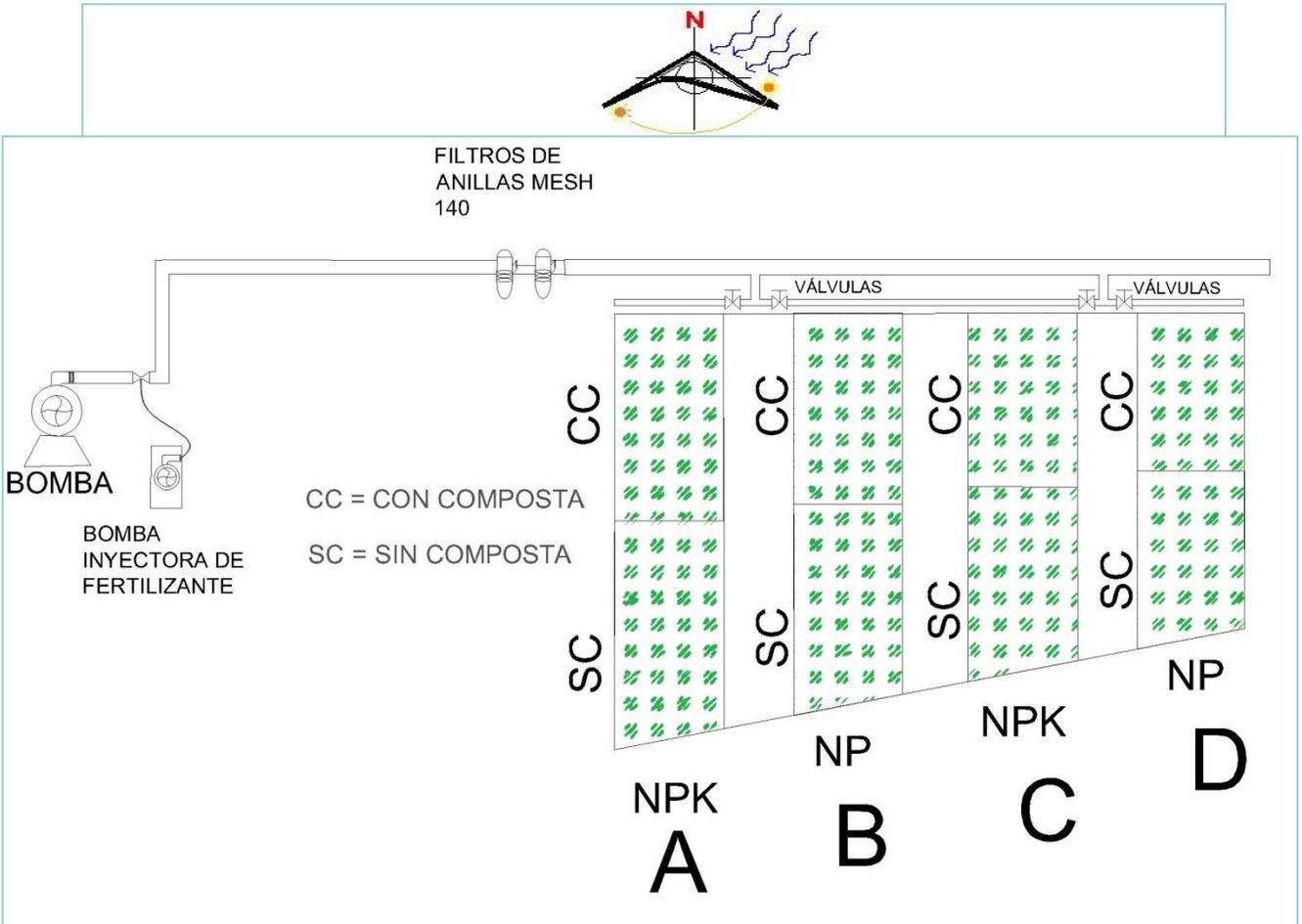


Figura 3.2 Localización del área en estudio y la forma de distribución de cada tratamiento

### 3.5 Tratamientos y variables de análisis

Los tratamientos realizados en este trabajo fueron los siguientes

Tratamiento 1 NPK Con Composta, la nomenclatura es **NPK CC**

Tratamiento 2 NPK Sin Composta, la nomenclatura es **NPK SC**

Tratamiento 3 NP Con Composta, la nomenclatura es **NP CC**

Tratamiento 4 NP Sin Composta, la nomenclatura es **NP SC**

### **Variables de crecimiento**

- ❖ Altura de la planta
- ❖ Largo de hoja
- ❖ Ancho de hoja
- ❖ Número de hojas
- ❖ Área foliar

### **Variables de rendimiento**

- ❖ Peso de vainas
- ❖ Numero de ejotes
- ❖ Peso de grano seco por planta
- ❖ Peso de 1000 granos

Se determinó el rendimiento de grano en kg/ha

### **Método de medición.**

Para la medición de las variables se escogieron cinco plantas al azar de cada unidad experimental (parcela) o repetición y se marcaron para seguir observando el transcurso de su crecimiento. La medición de longitud del cultivo de frijol se realizó con una regla de 30 cm, para cada planta, lo que fue el número de hojas, se realizó un conteo manual donde la información fue capturada a una libreta de campo, con un lápiz, realizando un borrador en general.

### 3.6 Contenido nutrimental de la vermicomposta

El heno de mota es un desecho sólido, que procesado y aplicado al suelo incrementa la productividad de los sistemas agrícolas y con el tiempo mejoran sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

Cuadro 3.2 Composición de la composta de *Tillandsia recurvata* L.

Macroelementos	Contenido	Microelementos	Contenido
Nitrógeno N	0.66%	Fe	3,903 ppm
Fosforo P	0.05%	Cu	9 ppm
Potasio K	0.35%	Zn	67 ppm
Sodio Na	Trazas%	Mn	102 ppm
Calcio Ca	1.62%	B	10 ppm
Magnesio Mg	0.09%	Cloruros	0.27 mg/L
PH	5.10	Potasio	7.5 mg/L
CE	2.7 ds/m		
Calcio	35.6 mg/L		
Magnesio	8.1 mg/L		
Sodio	0.1 mg/L		
componentes	Porcentajes (%)		
Cenizas	15 %		
Materia orgánica M.O.	85 %		
Carbono total CT	41 %		
Nitratos NO <sub>3</sub>	2 %		
Amonio NH <sub>4</sub>	68 %		

Fuente INIFAP Fundación Produce 2011.

Los residuos orgánicos procesados por las lombrices, frecuentemente denominados vermicompost (VC), son de tamaño fino, como el Peatmoss, con alta porosidad de aireación y drenaje y a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El VC,

Comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor CIC, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales. Debido a estas características, los CV tienen un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para los almácigos y las plantas. El VC o humus de lombriz, por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como abono orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de cultivos hortícolas y plantas ornamentales en invernaderos

Los antecedentes, el proceso de compostaje o composteo de heno de mota de los residuos sólidos, consiste en la descomposición o fermentación natural de la porción orgánica de los residuos, es decir por la acción biológica de los microorganismos presentes, dando origen a un producto denominado composta.

Esta es un producto orgánico estabilizado, cuyas propiedades la hacen particularmente útil como mejorador de la estructura y textura de los suelos.

La aplicación de este producto para el tratamiento de los residuos orgánicos ha sido muy utilizada en el mundo. Se aplica principalmente a residuos fácilmente degradables, como el estiércol y residuos vegetales; además se aplica a la fracción orgánica de los residuos de origen urbano.

Características morfológicas, en el composteo, la transformación de la materia orgánica se efectúa por la actividad de diversos microorganismos, tales como actinomicetos, bacterias y hongos, siendo las bacterias las que desempeñan el papel principal. La transformación de los residuos sólidos en humus, puede ocurrir de dos formas distintas: descomposición aerobia y anaerobia.

En cuanto a la digestión anaerobia, en esta variante biotecnológica, predomina la acción de los microorganismos cuyo metabolismo necesita de oxígeno libre para su subsistencia y desarrollo. Se favorece una mayor oxigenación si la masa de residuos se

revuelve en forma manual o por medios mecánicos, obteniéndose como productos principales, materiales orgánicos estabilizados, bióxido de carbono y agua, conforme a la siguiente ecuación:

**Materia orgánica + Microorganismos + O<sub>2</sub> --> Composta + H<sub>2</sub>O + Temperatura + CO<sub>2</sub> + Productos finales oxigenados**

Las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo durante el proceso aeróbico son exotérmicas y elevan la temperatura de la composta hasta cerca de 70°C, con lo cual se eliminan todos los agentes patógenos que puedan estar presentes en la masa inicial.

### **3.7 Producción y manejo de la vermicomposta**

#### **3.7.1 Selección del sitio adecuado**

El lugar que se seleccione para hacer la cama de lombrices debe estar protegido de animales que pueden causar daño, como es el caso de animales de granja, aves, roedores, etc.

Una característica muy importante que se debe tomar en cuenta es que el lugar esté sombreado (Figura 3.3). Si no se consigue un lugar así, se le debe proporcionar sombra artificial. Así mismo, es importante que el terreno tenga buen drenaje y abastecimiento de agua para proporcionarle la humedad necesaria



Figura 3.3. Lugar sombreado para hacer la cama de lombrices.

### **3.7.2 Manejo de los residuos**

Es necesario depositar los residuos en un lugar apropiado para su descomposición (composteo) con la finalidad de evitar que su fermentación afecte a las lombrices, además de ayudar a lograr un pH favorable y a que la temperatura se estabilice. Una vez que los residuos estén descompuestos, pueden ser utilizados para que las lombrices se alimenten de ellos, recomendándose cribar la composta para eliminar impurezas y así utilizarla para formar las camas de las lombrices (sustrato).

### **3.7.3 Preparación de la cama de siembra**

Las dimensiones de la “cama de siembra” están en función del volumen y método de producción. Las dimensiones de las camas varían de acuerdo al tipo de explotación: 3.60 en granjas más importantes donde se emplea un tractor con pala mecánica. El alto de las “cunas” no debe superar los 30 a 40 cm. Hay dos importantes razones: si las lombrices llegaran a ir hacia el fondo por alguna razón (frío, falta de alimento) llevaría más tiempo el atraerlas a la superficie y por otra parte, con alturas de más de 40 cm. de materia, la fermentación se hace un poco más anaeróbica.

Para calcular aproximadamente la cantidad de composta que se va a utilizar hay que multiplicar el volumen de la cama por dos. Por ejemplo, una cama de 1.80 por 3.60 por 0.30 (2 m<sup>3</sup>) requiere 4 m<sup>3</sup> de material.

Si no se cuenta con terreno, se pueden utilizar cajas de madera, tinas, botes, etc., los cuales se deben perforar en la parte de abajo para evitar que se acumule el agua. Además de esto, los recipientes no deben dejar pasar luz, ya que las lombrices de tierra no la toleran y sólo se alimentarían en la parte central del recipiente.

Antes de colocar las lombrices se recomienda colocar en el fondo de la cama tiras de periódico (que no sea a colores) para formar un colchón con la finalidad de proporcionarle refugio a la lombriz en el caso de sufrir cambios medioambientales en su medio de crianza.

#### **3.7.4 Cantidad de lombrices a utilizar**

El volumen o número de lombrices que se deben utilizar está en función de la rapidez con que se necesite obtener el residuo descompuesto (vermicomposta). La densidad de siembra a nivel comercial puede ser de 4 mil a 25 mil lombrices por cama de 10 m<sup>2</sup>. Con la finalidad de disminuir gastos se utiliza la primera cantidad. Se ha comprobado que iniciar con ésta cantidad (4 mil) demora un mes respecto a una siembra utilizando 25 mil lombrices (Figura 3.4).



Figura 3.4. Preparación de la cama de siembra.

### 3.7.5 Cuando sembrar la lombriz

Antes de sembrar la lombriz se debe hacer una prueba con el alimento que se va a emplear, en una pequeña parte de la “cama” (10 x 10 cm.) procediendo de la siguiente forma:

1. Depositar 10 lombrices en una parte de “la cama” (Figura 3.5).
2. Observar que penetren en la composta.
3. Esperar cinco minutos, tiempo en el cual las lombrices deben enterrarse. Si éstas no se entierran, quiere decir que el alimento aún no está listo, por lo *que* hay que esperar a que se descomponga bien. Esta prueba se repite cada semana hasta que las lombrices penetren. Se puede partir de la base de que la materia tarda en descomponerse aproximadamente 45 a 60 días.



Figura 3.5 Prueba de alimentación.

### **3.7.6 Como se siembra la lombriz**

Una vez preparada la cama y realizada satisfactoriamente la prueba de alimentación, se recomienda observar las siguientes indicaciones:

1. La cama o sustrato debe estar totalmente mojada evitando, sin embargo, encharcamientos.
2. Manejar las lombrices con mucho cuidado.
3. Distribuir las bien en toda la cama (Figura 3.6).
4. Hacer pequeños hoyos en el “lomo” de la cama para depositarlas.
5. Asegurarse que penetren en el alimento (Figura 3.7).
6. Cubrir los hoyos con el composta.



Figura 3.6. Distribución de lombrices en la cama.



Figura 3.7. Penetración de la lombriz en el alimento.

### 3.7.7 Medidas de protección

Una vez sembrada la lombriz se requieren los siguientes cuidados:

1. Cubrir la cama con paja o malla sombra (Figura 3.8).

2. Mantener el contenido de humedad adecuado.
3. Mantenerla libre de enemigos naturales tales como las hormigas, que llegan cuando no se mantiene húmedo el sustrato o las aves que se acercan cuando las camas no están cubiertas.
4. Eliminar malezas.



Figura 3.8 Protección con malla sombra.

### **3.7.8 Cosecha de vermicomposta**

La terminación del vermicomposteo puede apreciarse cuando el material es de color oscuro, inodoro, y no se aprecian ya fragmentos del residuo original (Figura 3.9). Esto ocurre en un periodo aproximado de cuatro meses, tiempo en el cual la materia orgánica se ha descompuesto, obteniéndose un abono orgánico rico en nutrientes.

Una vez concluido el proceso, el producto obtenido se puede retirar y volver a ponerse más composta para reiniciar el proceso.

A nivel casero, la utilización del producto tiene una calidad aceptable para usarse en el jardín, como tierra para las macetas o para huertos familiares.



Figura 3.9. Apariencia de la vermicomposta.

### **3.8 Riego.**

En los experimentos o lotes con acolchado es indispensable que el riego sea con el sistema por goteo (cintillas). El cuándo y cuánto regar se hace con lecturas de tensiómetros que normalmente el riego se efectúa al llegar entre 17 y 25 kiloPascals dependiendo del cultivo y su etapa de crecimiento.

#### **3.8.1 Riego por goteo.**

El riego por goteo, se define como la aplicación artificial del agua al suelo, en pequeñas cantidades o bajas dosis en forma lenta pero de alta frecuencia, dirigidas directamente al suelo humedeciendo la zona radicular de las plantas; el agua es distribuida por una serie de tuberías que trabajan a una presión mayor que la atmosfera, generalmente es expresa en ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) el agua se suministra a través de pequeños orificios, denominados emisores o goteros de flujo gradual y uniforme que proporcionan descargas de 2 a 10 Lph (Peña, 1999).

El agua, los nutrientes solubles y otros productos agroquímicos pueden ser aplicados en la dosis que quiere la planta, estos elementos se distribuyen en el perfil del suelo, describiendo un patrón de humedecimiento ovoide llamado Bulbo de Mojado, cuyo contorno se extiende más en forma lateral que verticalmente en suelos arcillosos, mientras que en suelos arenosos se presenta más alargado en forma vertical que horizontal.

En los sistemas de riego por goteo, la aplicación del agua, mantiene el suelo en condiciones óptimas de humedad durante todo el desarrollo del cultivo, estos sistemas se pueden agrupar en dos grandes grupos, según el tipo de emisión: sistemas de emisión puntual (individual), que se utiliza principalmente en cultivos perenes y sistemas de emisión continua (cintilla), que se utiliza en el cultivo de hortalizas (Peña, 1999).

La calidad del agua es uno de los principales factores en el riego por goteo, ya que los emisores pueden ser obstruidos por materiales orgánicos (arenas, limos o arcillas), químicos (cal y hierro) y biológicos (algas y bacterias), creando problemas fuertes al sistema de riego (Peña, 1999).

### **3.8.2 Sistema de riego por cintilla.**

Los sistemas de riego por cintillas forman parte del riego por goteo y se caracterizan porque los productos utilizados, son de polietileno con espesores delgados que varían de 4 a 20 milésimas de pulgada, el cual tiene un orificio dentro y a lo largo de la cinta espaciados a intervalos reguladores establecidos durante los procesos de manufactura, para suministrar el agua a las plantas. (Rojas y Briones, 2001).

## **3.9 El acolchado plástico**

El uso de acolchado plástico es muy popular en algunas áreas de cultivo de hortalizas. Para impedir la transmisión de la radiación fotosintética se usa un plástico

opaco de modo de detener el desarrollo de las malezas. Las ventajas incluyen además una mejor conservación de la humedad del suelo y como consecuencia una menor necesidad de riego y menos lixiviado del nitrógeno, una mejor conservación de la estructura del suelo y un mayor rendimiento de las hortalizas, particularmente en las zonas áridas. Los inconvenientes se encuentran sobre todo en el precio del plástico -si bien puede ser rehusado y en los costos del trabajo. Algunas malezas perennes (p. ej., *Convolvulu sarvensis*, *Cyperus* spp.) no son controladas con este sistema y son necesarios cultivos intercalados o tratamientos específicos.

### **3.9.1 Acolchado de suelos agrícolas**

El acolchado de suelos agrícolas consiste en cubrir el suelo con una película plástica transparente, negra, opaca o de color y por lo regular se utiliza una maquina acolchadora. Con esta técnica la humedad del suelo se distribuye de una manera más homogénea, siendo el consumo optimizado por la planta. También incrementa la temperatura del suelo mejorando la asimilación de nutrimentos y reduciendo el ataque de insectos en la raíz, lo cual, trae como consecuencia un mejor conocimiento de la planta y precocidad de cosecha (Maldonado, 1991).

Ibarra y Rodríguez (1991), menciona que la disponibilidad de nutrientes bajo la técnica de acolchado es mayor que en un suelo no acolchado, esto se basa en que al incrementarse la temperatura del suelo el intercambio iónico es mayor, además de incrementar la nitrificación, para que este se realice se requiere una temperatura entre 25 y 45 °C y una saturación hídrica entre 60 y 80 por ciento, alcanzando estos valores mediante la técnica de acolchado. Mediante el acolchado del suelo con plásticos se logra elevar la temperatura y humedad del suelo, así como también, la concentración de CO<sub>2</sub> y disponibilidad de nutrientes, logrando reducir la evaporación, control de malezas y pudrición del fruto (Kromer, 1982).

### **3.9.2 Ventajas sobre el abono mineral**

El resultado, es un producto que cuenta con los beneficios de los abonos orgánicos y las ventajas de los abonos minerales; con un contenido equilibrado de N-P-K, además de un interesante valor agronómico, principalmente por su alto contenido en materia orgánica(40%), la cual favorece la estabilidad de la estructura del suelo agrícola, aumentando la porosidad y permeabilidad del suelo.

La materia orgánica está formada por ácidos fúlvicos y húmicos. Los ácidos húmicos se consideran la materia activa más importante del humus y son una excelente manera natural y eficaz de dotar a la planta y al suelo de nutrientes, vitaminas y micro elementos, además de producir numerosos beneficios.

Los ácidos húmicos producen tres tipos de efectos: físicos (mejoran la estructura del suelo, previene la pérdida de nutrientes, etc.), biológicos (defensa contra enfermedades, etc.), químicos (regulan el pH, facilitan la conversión de los nutrientes a formas asimilables, etc.).

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación se presentan las figuras y los resultados de las variables evaluadas en este experimento en las cuales se detallaran de qué forma fue la respuesta de la composta en cada uno de los tratamientos que se le hizo la aplicación, los gráficos representaran las diferencias significativas que se obtuvo en cada uno de los tratamientos así como también el comportamiento de cada variable en diferentes tomas de muestreos (fechas de toma de datos).

En las figuras siguientes presentan las barras y en las que se muestran las letras a, b, c y d como etiquetas, para cada uno de las barras, los cuales indican la clasificación de cada tratamiento que fueron calculados con el análisis de varianza estas letras indican el grado de significancia de cada tratamiento.

Y para cada una de las figuras en el eje horizontal nos menciona que representa los días después de siembra (DDS) que está representada por fechas la cual indica el ciclo vegetativo de la planta, en los cuales mencionan las fechas que fueron tomados cada uno de los datos graficados.

Las gráficas fueron elaboradas tomando como repeticiones las fechas de muestreos, ya que el análisis de varianza solo muestra los promedios y para obtener un mejor resultado se utilizaron todas las fechas, así es más apreciable la diferencia entre tratamientos, también se diferencia como influye la composta en las diferentes fases de crecimiento del cultivo, y así poder concluir si es más conveniente utilizar la composta.

➤ **Altura de la planta**

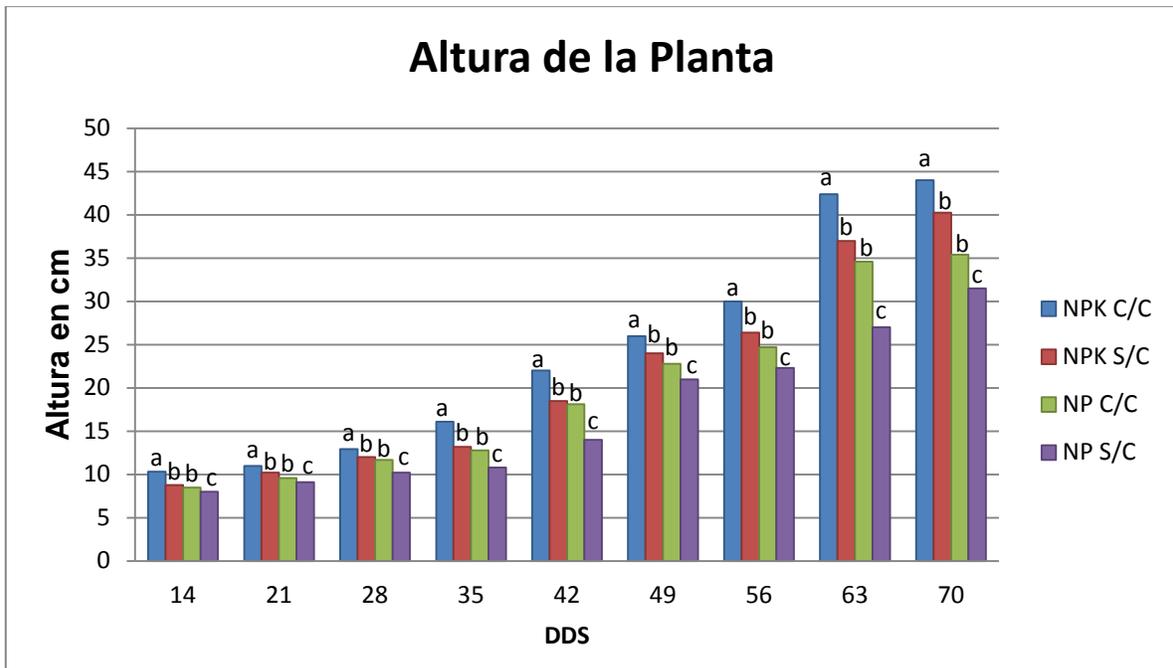


Figura 4.1. Altura de la planta con respecto a la fase vegetativa

En esta grafica lo que se observa es la diferencia de altura de la planta de frijol como influye más que nada la composta en cada tratamiento correspondiente a los días de crecimiento de la planta en los primeros tres muestreos se aprecia bien la diferencias significativas pero después del cuarto muestreo se empieza a notar la diferencia muy bien en el cual el tratamiento NPK CC sobrepasa rápidamente a los demás tratamientos y los tratamientos NPK SC y NP CC se muestran que no hay diferencia ya que se puede decir que la composta está sustituyendo el efecto del potasio a diferencia del tratamiento NP SC que nunca logra alcanzar a los demás tratamientos.

➤ **Largo de hoja**

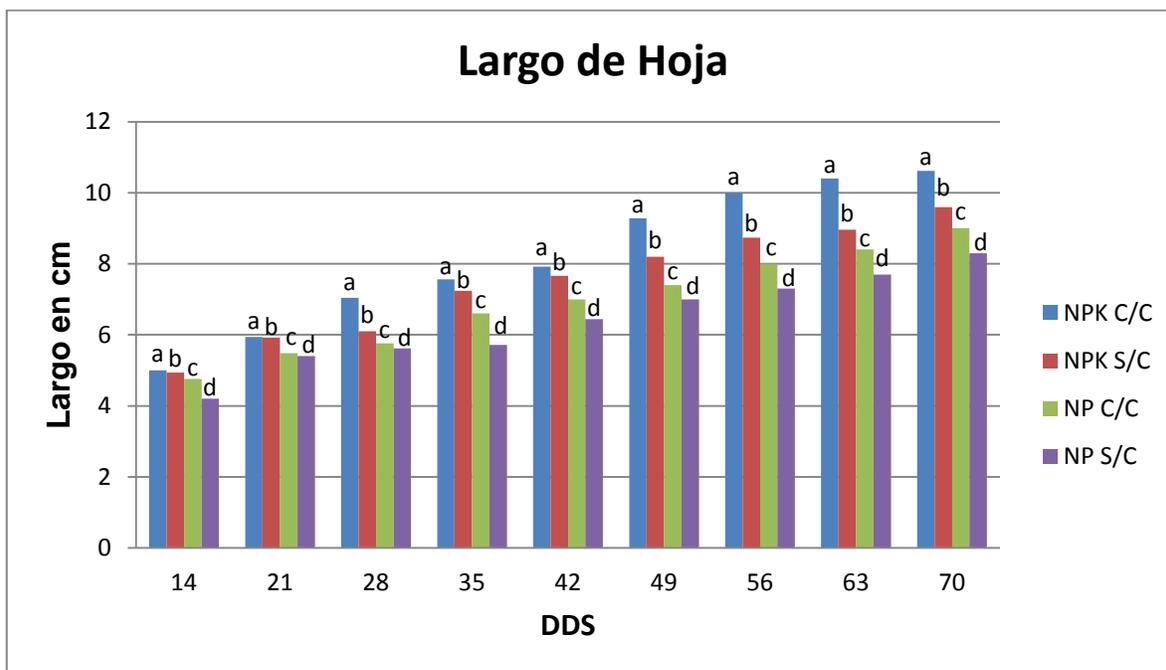


Figura 4.2. Largo de la hoja de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa

La grafica representa el largo de la hoja que se obtuvo en cada tratamiento en las nueve repeticiones que se realizó. Se observa como el tratamiento de NPK CC en cada una de las repeticiones es el mejor en los tratamientos, en caso de los otros tres tratamientos muestran una diferencia significativa fácil de apreciar aunque el tratamiento de NPK SC y NP CC estuvieron próximos pero sin diferencia significativa, esto quiere decir que la composta tuvo efecto en la ausencia del potasio, en general a los tratamientos que les fue aplicado la composta hubo un mayor crecimiento de la hoja, por lo que se concluye que esto es un abono con mucha ayuda en las plantas lo cual favorece al crecimiento.

➤ **Ancho de hoja**

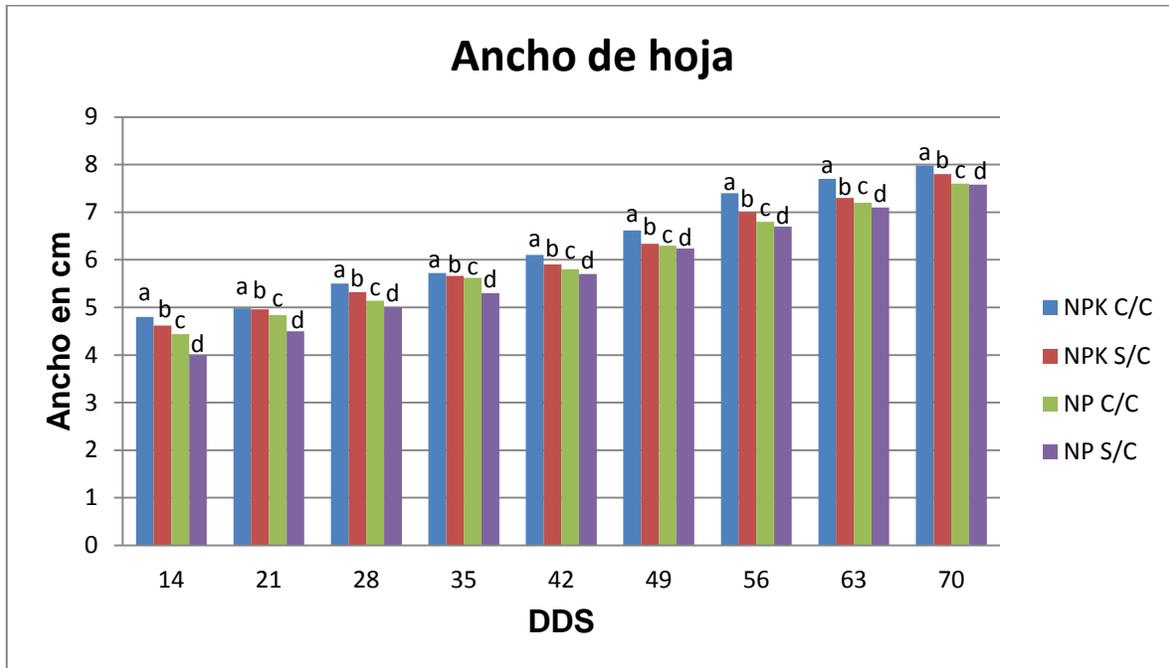


Figura 4.3. Ancho de la hoja de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa

En lo referente al ancho que se obtuvo de la hoja del frijol en cada uno de los tratamientos en base a los DDS, en la muestra hubo diferencia en cada uno de los tratamiento pero aun así en los tratamientos NPK CC y NP CC los que fueron aplicados la composta muestra la diferencia a los dos tratamientos sin composta (NPK SC y NP SC), los cuales se tomaron como testigo, para así ver la diferencia en el crecimiento de la hoja y así se puede decir que los efectos de la composta en los tratamientos aplicados son más notorias ya que se obtuvo un mayor ancho de la hoja.

Aunque en las primeras cinco repeticiones o tomas de los datos casi no se aprecia mucho la diferencia de los tratamientos. Y en las últimas cuatro repeticiones es donde se notó más la diferencia del tratamiento NPK CC.

➤ **Números de hojas**

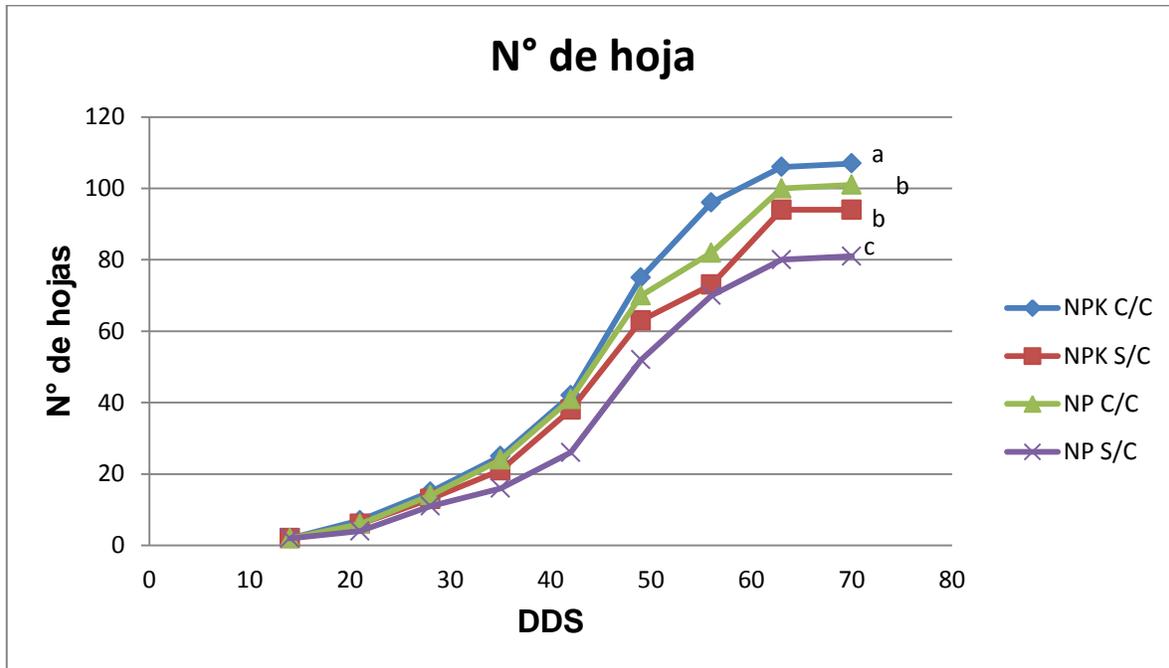


Figura 4.4. Numero de la hoja de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa

En esta grafica se observa la diferencia de los tratamiento que se le aplico composta y al testigo (la que no se le aplico composta) se aprecia la diferencia que existe en el tratamiento NPK CC contra la del NPK SC se obtuvo un mayor número de hojas en el tratamiento que le fue aplicado la composta el efecto también se visualiza claramente para el tratamiento NP CC contra el de NP SC, se puede decir que en las dos comparaciones los tratamientos que fueron evaluados con la composta tienden a ser más productivos a comparación a las que no fueron aplicado la composta, en si hubo una respuesta de la composta satisfactoriamente la cual hace que si es de mucha utilidad la aplicación de la composta a diversos cultivos.

## ➤ Área foliar

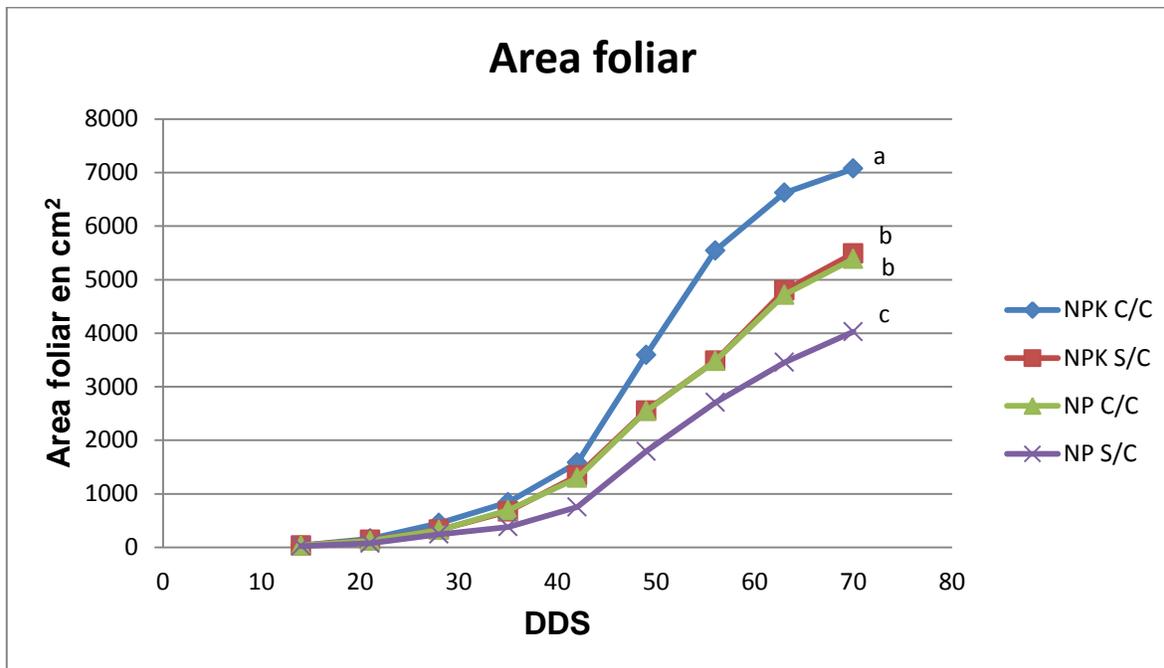


Figura 4.5. Área foliar de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa

El índice de área foliar fue uno de los parámetros donde es más notorio las diferencias entre los tratamientos con respecto a la composta, los dos tratamientos que se les aplicó la composta alcanzaron un mayor área foliar esto se debe más que nada al efecto que causó la composta en cada uno de los tratamientos como se muestra en la figura 4.5. en los primeros días casi no se mostraban tal diferencias es decir aún no se visualizaba el efecto de la composta pero ya después de varias semanas se empezó a notar tal diferencia en la que el tratamiento NPK CC y NP CC fácilmente se diferenciaron de los tratamientos NPK SC y NP SC.

Claramente se ve el efecto de la composta en el cultivo favoreciendo a los tratamientos que se les aplicó.

➤ **Peso de vainas**

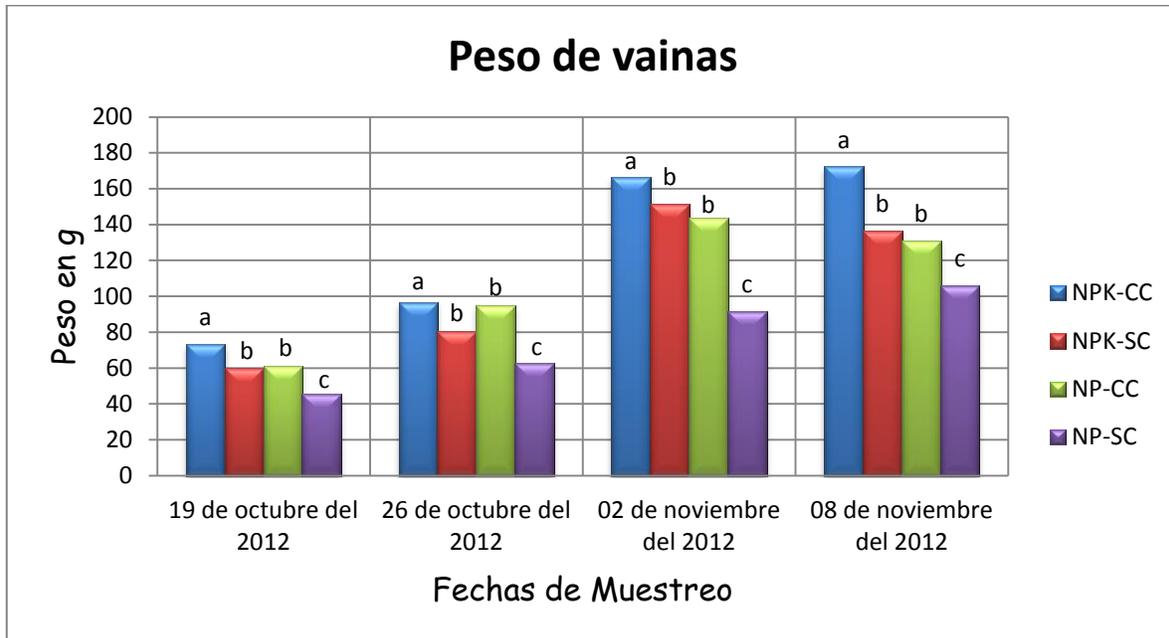


Figura 4.6. Peso de vainas de la planta del frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento.

Como se puede apreciar en la figura 4.6 el tratamiento de mejor respuesta es NPK-CC ya que nos da un peso promedio de 127 g, el tratamiento que menor respuesta tubo es NP-SC teniendo en promedio un peso de 76.3 g. Los dos tratamientos (NPK-SC, NP-CC) nos reportan resultados similares en promedios (107.1, 107.4 g), como se puede apreciar los tratamientos NPK con y sin composta indican una ligero aumento con respecto al peso en vainas, mientras que los tratamientos NP con y sin composta indican gradualmente un aumento en peso (g).

➤ **Numero de vainas por planta**

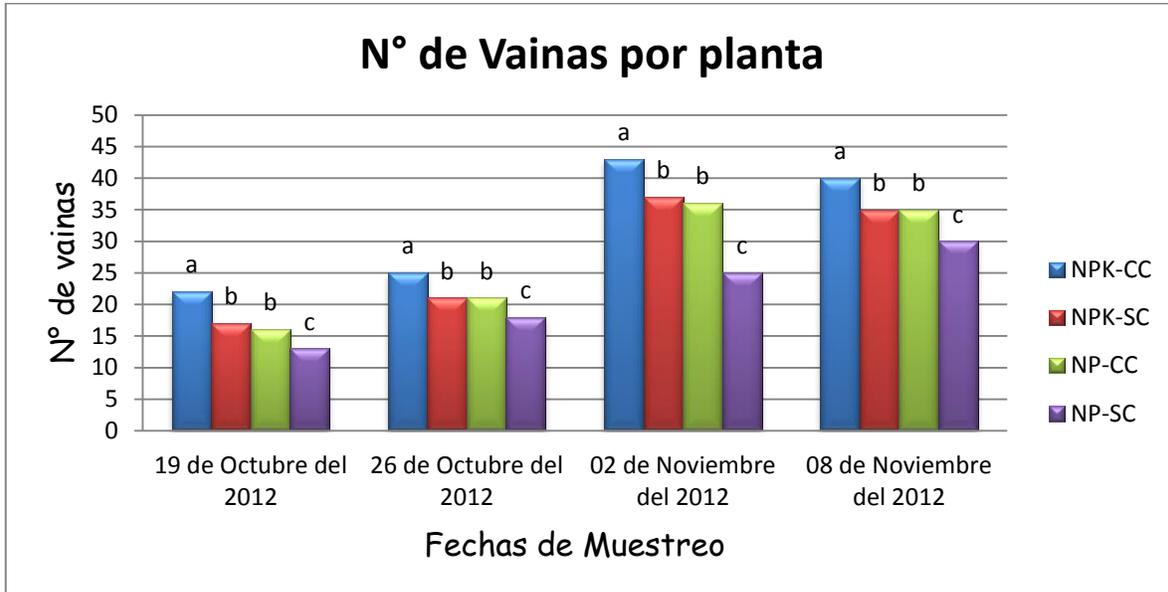


Figura 4.7. Número de vainas por planta de frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento.

En la figura 4.7 en las dos primeras fechas de corte no se observan cambios significativos sin embargo en la tercera semana se observó un incremento superior a los cortes anteriores.

Como se observa el mejor tratamiento es NPK-CC teniendo en promedio 33 vainas y NPK-SC tiene 28 vainas.

En los tratamientos de NP con y sin composta en promedio existe una diferencia de seis vainas. Los tratamientos que tienen una respuesta similar son NPK-SC y NP-CC esto es importante para evitar pérdidas económicas con respecto a la producción.

➤ **Peso de grano seco por planta**

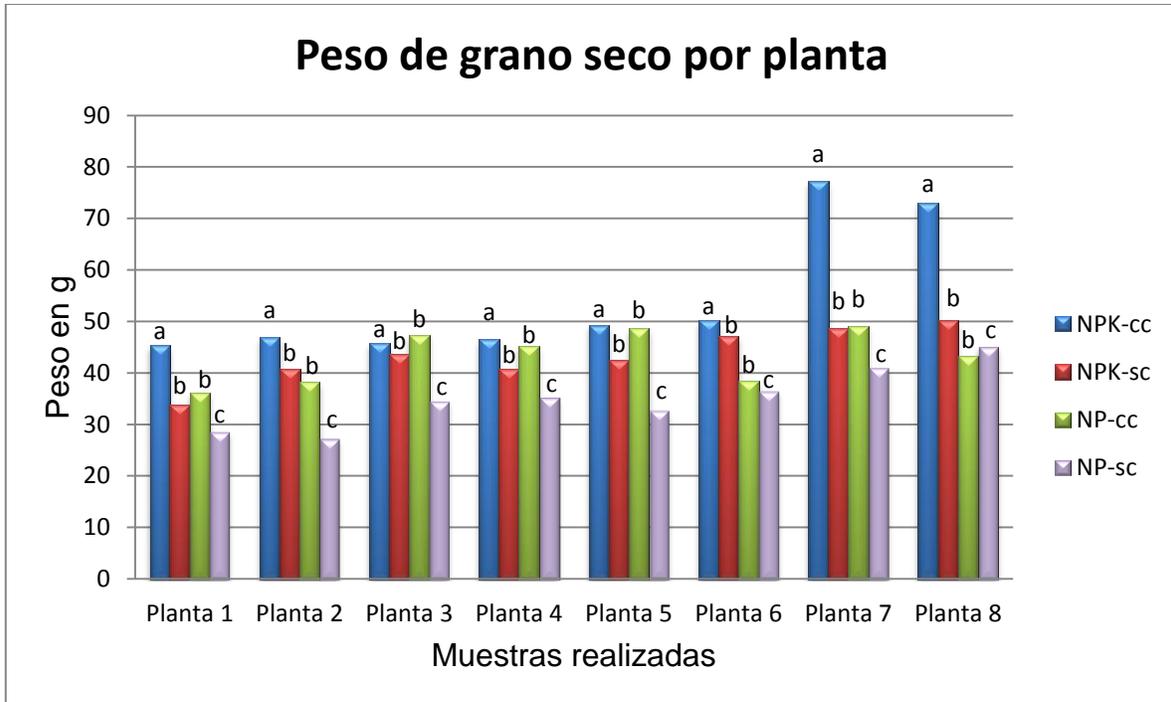


Figura 4.8. Peso de grano seco por planta del frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento.

El mejor tratamiento es NPK-CC teniendo un promedio de 54.3 g, los tratamientos NPK-SC y NP-CC en promedio tienen 43.4 y 43.2 g respectivamente lo que nos dice que estos dos tratamientos no tienen cambios significativos. El tratamiento NP-SC es el de menor respuesta teniendo tan solo 35 g de promedio. Entre los tratamientos NPK con y sin composta existe una diferencia en promedios de 11 g, los tratamientos NP con y sin composta tienen una diferencia de 8 g. Con esta grafica podemos tomar decisiones y elegir el tratamiento que mejor se ajuste a lo que deseamos obtener con respecto a la producción de frijol y evitar pérdidas económicas.

➤ **Peso de 1000 granos**

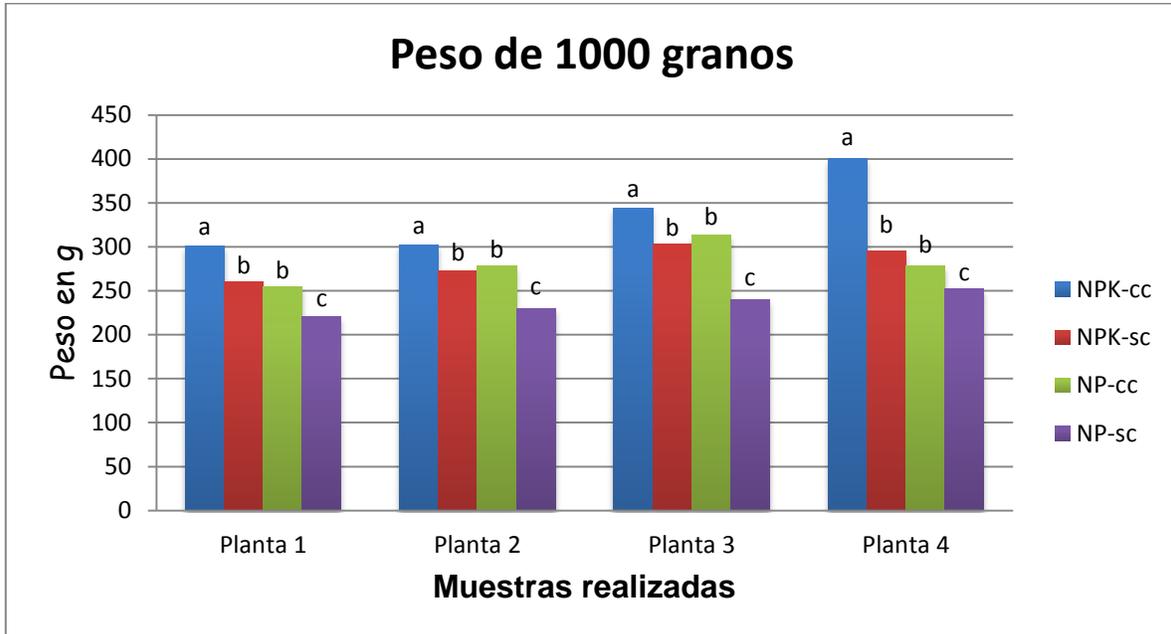


Figura 4.9. Peso de 1000 granos de frijol con respecto a la fase vegetativa para obtener el rendimiento.

En esta figura podemos observar fácilmente el efecto que tuvo la aplicación de la composta en cada uno de los tratamientos, en los cuatro tratamientos el que tuvo mayor peso fue el tratamiento NPK CC es decir que si favoreció la aplicación de la composta, en el caso del tratamiento PNK SC y NP CC se observa que se mantuvo constante el rendimiento por lo cual la composta sustituyo al potasio y por ultimo al comparar los tratamientos NP CC y NP SC podemos observar la diferencia significativa en estos dos tratamientos también la composta ayudo para incrementar el rendimiento y así en conclusión la composta dio una buena respuesta con respecto al rendimiento.

Se confirmó que la composta de heno de mota, incorporada al suelo promueve mejores beneficios en el cultivo de frijol, igualando el beneficio de un estiércol, dado que los nutrientes que contiene la composta se liberaron en el suelo durante las aplicaciones del riego por goteo dando oportunidad a que se extiendan dentro del bulbo húmedo facilitando la absorción del nitrógeno, potasio y calcio en las raíces del cultivo.

En cada uno de las variables evaluadas se visualizaron claramente las diferencias significativas de cada tratamiento en respuesta a la composta esto se ve reflejado al aumento de rendimiento de granos y así poder decir que la variable en el hipótesis  $H_0$  es rechazada y tomado como aceptado el  $H_1$  en base a estos resultados obtenidos vemos claramente que la composta tuvo efectos favorables al cultivo.

Las pruebas estadísticas que se utilizó para analizar dicho estudio fue por bloques al azar utilizando el método de Tukey y el de Diferencia Mínima Significativa (DMS) analizando las pruebas de medias y así visualizar las diferencias significativas para cada uno de los parámetros estudiados la cual se mostraran en los cuadros del apéndice.

## V. CONCLUSIONES

Con la información analizada se puede concluir que la vermicomposta ofrece innumerables ventajas, y a que mediante la producción de vermicomposta podemos transformar residuos orgánicos contaminantes en productos y servicios útiles al hombre, tal como ha sido mencionado anteriormente.

1. Al hacer uso de los residuos orgánicos en forma ordenada, el mecanismo de transformación de la materia orgánica por medio de la lombriz de tierra, inhibe la liberación de productos contaminantes de suelo, agua y aire, que son generados por la descomposición de dicha materia.

2. Con el consumo de la materia orgánica por la lombriz se obtienen fertilizantes orgánicos de alta calidad y a bajo costo para la producción de alimentos en el campo, contrarrestando el deterioro de suelos agrícolas por el uso de fertilizantes químicos.

Considerando la problemática ambiental y de salud que los grandes volúmenes de desechos representan actualmente, se considera urgente cambiar pautas que atentan contra la calidad ambiental y la salud de la población. En este sentido, los centros educativos (escuelas de nivel básico, medio o superior) pueden ser centros generadores de estos cambios, creando conciencia en los estudiantes acerca de este problema e introduciendo los conceptos y prácticas de reciclado, composteo, lombricultura, abonado y cultivos naturales, entre otros.

Ya que es muy importante el uso de fertilizantes orgánicos para favorecer la producción de los cultivos, siempre y cuando se le dé un manejo adecuado al sistema junto con los fertilizantes químicos ya que así se obtienen un mejor rendimiento

## VI. RECOMENDACIONES

- Promover el uso de fertilizantes orgánicos como la vermicomposta aplicando junto con productos químicos en diferentes cultivos para evaluar la producción ya que ya que el consumo de la población es cada vez mayor.
- Evaluar el producto de vermicomposta de heno de mota (*Tillandsia recurvata*) en diferentes tipos de suelos.
- Evaluar el efecto de la vermicomposta heno de mota en diferentes regiones variando la calidad del agua y aplicando junto con los fertilizantes químicos.
- Probar la composta heno de mota con otros cultivos para ver su respuesta a así poder ampliar su uso en la agricultura
- Probar la composta de heno de mota (*Tillandsia recurvata*) en el cultivo de frijol, pero ahora en suelos sin acolchar.
- Evaluar el efecto de la composta en diferentes variedades del frijol para saber en cuál es la que se presenta mayor respuesta en rendimiento siempre y cuando agregar los fertilizantes químicos para incrementar el rendimiento.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ambler, J. E. and Brown, J. C. 1969. Cause of differential susceptibility to Zn deficiency in 2 varieties of navy beans (*P. vulgaris*). *Agron. J.* 61: 41-43.
- American Society of Agronomy. 1989. Decisions reached on sustainable Agriculture. *Agronomy News*, enero
- Sánchez Rodríguez, G., Manríquez Núñez J., Martínez Mendoza F., López Ibarra, L. 2001 El Fríjol En México Competitividad Y Oportunidades de Desarrollo FIRA Núm. 316 Volumen XXXIII 9a. Época Año XXX.
- Astier Calderón M. 1994. Hacia una agricultura ecológica en México: El problema de la transición para el productor campesino. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropriada, Documento de Trabajo Núm. 11. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Astier M 1995. Guía práctica de utilización de Materiales Orgánicos como Fertilizantes 13.p Grupo interdisciplinario de tecnología rural apropiada.
- Bohn, H.L., McNeal, B.L. and O'Connor, G.A. 1993. Química del suelo. Ed. Limusa. México, D.F.
- Bourlang y Dowswell, 1994. Feeding a human population that increasingly crowds a fragile planet, keynote lecture *In*: 1-15 Supplement to transactions.15th World Soil Science Society Congress. Acapulco México.
- Castellanos R., J.Z. y Peña C., J.J. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra* 8(1):113-126.

Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. COVECA, 2010. Monografía del Frijol. Gobierno del Estado de Veracruz, México. pp 24. En línea: <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCFIVOSPDI/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20FRIJOL2010.PDF>

CONASUPO (SAGARPA) 2003. Situación actual y perspectiva de la producción de Frijol en México 1990 – 2003.

Chaney, D.E., Drinkwater, L.E. and Petty grove, G.S. 1992.Organic soil amendments and fertilizers. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21505.36 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1984. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común: Contenido Científico: Fernández Fernando, Gepts, Paul. Guía de estudio CIAT. 26p Serie 04SB-09.03

Cynthia A. Grant, Gary A. Peterson and Constantine A. Campbell.(2002). Nutrient considerations for diversified cropping systems in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94:186-198.

CWEA. 1998. Manual of good practice for agricultural land application of biosolids. California Water Environment Association. Oakland, CA

Debouck, D. y R. Hidalgo.1991. Morfología de la planta de frijol común. En: Frijol: Investigación y Producción. López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds). pp: 7-42.

Dornbos, D. L.; Mullen, R, E. 1991. Influence on stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. *Can. J. Plant Sci.* 71:373–383.

- Desai, B. B.; Kotecha, P.P.I.M. and Salunkhe, D. K. 1997. Seed handbook, biology, production, processing, and storage. Marcel Dekker, INC. USA.
- Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. Agron. J. 94:128-135.
- FAO 1991 Manejo del suelo: Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales Boletín de suelos. H. W Dalzell Centro Agrícola Medak India 177 p
- Fernández, F., P. Gepts y M. López. 1991. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. En: Frijol: Investigación y Producción. López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds). pp: 61-78.
- FIRA. 2001. Boletín informativo. El frijol en México competitividad y oportunidades de desarrollo. Núm. 316 Volumen XXXIII, 9a. Época Año XXX.
- Flores L., H. E., Martínez S., J. A., Ramírez V., H., Alemán M., V., Díaz M., P. y Ruiz C., J. A. 1997. Diagnóstico Agroclimático y Edafológico de la cuenca hidrológica "El Jihuite", México. En: Resúmenes del III Congreso Interamericano sobre el Medio Ambiente: Avances y aplicación de la solución de problemas ambientales. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Flor C. A. 1985 Revisión de algunos criterios sobre la recomendación de fertilizantes en frijol CIAT Investigación y Producción pp 287-312
- Flor C. A. 1979. Diagnóstico y corrección de problemas de microelementos en frijol. En "Curso de adiestramiento en investigación para la producción de frijol, 1979" Centro Internacional de Agricultura Tropical 27 p.

- Gallopín, Gilberto C. 1990 Prioridades ecológicas para el desarrollo sostenible en América Latina, Latinoamérica, Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios e investigaciones Sobre el medio ambiente (IEIMA) Buenos Aires Argentina.
- González Ch., M, C. Ferrera Cerrato, R. and García, R. 1990b. VA mycorrhizae in a sustainable agroecosystem in the humid tropics of México. Eight North American Conference on Mycorrhizae. Jackson, Wy, USDA. pp. 120.
- Haag, H. P, E. Malavolta, H. Gargantini y García Blanco. 1967. Absorcao de nutrientes pela cultura do feijoeiro. *Bragantia* 26(30): 381-391.
- Hanger, B. C. 1979. The movement of calcium in plants. *Soil science and plant analysis*. 10(182), 171-193.
- Herrera Odenthal J, Cira J y Ramírez P. 1999. Propuestas para el desarrollo de un modelo de agricultura sustentable en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. Centro de Estudios Sociales y Ecológicos, A. C. CONACYT. México.
- Howeler, R. y C.J. Medina. 1978 La fertilización en el frijol *Phaseolus vulgaris* elementos mayores y secundarios. En curso de adiestramiento en investigación para la producción de frijol Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Huddleston, J.H. and Ronayne, M.P. 1990. Guide to soil suitability and site selection for beneficial use of sewage sludge. Manual 8. Oregon State University Extension Service. 76 pag.
- Ibarra L, y A. Rodríguez 1991. Ensayos de acolchados hortalizas y granos. Manual de Agroplásticos 1. Acolchado de cultivos Agrícolas p 1-20 CIQA

INIFAP- SAGARPA. Tecnología de producción de frijol de temporal en el Altiplano de San Luis Potosí. 8 p.. 2004. Diagnóstico del Sistema Producto Frijol. Comité Estatal del Sistema Producto Frijol. 201. P

Jakobsen, S. T. 1979. Interaction between phosphate and calcium in nutrient uptake by plant roots. *Soil sci. And analysis*. 10(1-2), 141-152.

Kromer, K. H. 1982. Intensive growing using plastic mulches. A summary of experimental results. *Horticulture Abstracts*. 53 (1): 30.

Maldonado, S. J. A. 1991. Efecto de las cubiertas flotantes y el acolchado plástico en el rendimiento, calidad y control de virosis en la calabacita (cucurbita pepo). Tesis de licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila México.

Martínez R.,J.G., Castellanos R.,J.Z. y Ortega, A. 2001. Determinación de la vulnerabilidad del acuífero de Ciudad Juárez, Dgo. A la contaminación por nitratos mediante GIS. XIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. Pag. 47-52.

Miller, R.W. and Donahue, R.L. 1995. *Soils in our environment*. 7th ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.

Messina M. 1999. Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *Am J Cl Nut* 1995; 70 (3 Suppl.) 439S-450S

Moore, D.P. 1974. Physiological effects of pH on roots. In: E.W. Carson (ed). *The Plant Root and its Environment*. P. 135-151. University Press of Virginia, Charlottesville.

Ozane, P. G. 1980. *Phosphate Nutrition of Plants*. A. General treatise. The Role of Phosphorus in Agricultura. Madison Wisconsin USA. Pp 559-603

Peña, P.E. y Guajardo, P. 1999. Panorama de los métodos de riego en México. IX Congreso Nacional de Irrigación. Culiacán, Sin. pp. 1-4.

Revista del Consumidor 2001. Preferencias del consumidor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México: factores y características que influyen en la decisión de compra diferenciada por tipo y variedad

Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos 1992. Propuestas de la Asociación Mexicana de Agricultores Ecológicos -AMAE- para la construcción de la agricultura sustentable

Rojas, P. L. y Briones S. G. 2001. Diseño y operación de sistemas de riego. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila. Primera edición

SIAP -SAGARPA 2007. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Frijol., SIACON, Anuario Agrícola por Municipio. Consulta de Indicadores de Frijol. [www.siap.sagarpa.gob.mx](http://www.siap.sagarpa.gob.mx).

SAGAR. 1998. Situación actual y perspectiva de la producción de Frijol en México 1990 – 1998.

Sánchez Rodríguez, G. Manríquez Núñez J., Martínez Mendoza F. López Ibarra, L. 2001. El Fríjol En México Competitividad Y Oportunidades de Desarrollo FIRA. Núm. 316 Volumen XXXIII 9a. Época Año XXX.

Singh, S. P., P. Gepts and D. G. Debouck. 1991. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany* 45(3):379-396.

- Tan, K.H. 1993. Principles of soil chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York, NY. Thung, 1980 Requerimiento de los elementos nutricionales en frijol. En Curso intensivo de adiestramiento en investigación para la producción de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT 97 p.
- White, J. 1991. Conceptos básicos en fisiología de frijol. En: Frijol: Investigación y Producción. López, M., F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds). pp: 43-60.
- White, J. and Izquierdo, J. 1989. Physiology of yield potential and stress tolerance. In: Common Bean: Research for Crop Improvement. Van Schoonhoven, A. and O. Voysest (eds.). pp: 287-382.

## VIII. APENDICE

### Altura de la planta

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTO	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	213.895	71.298	17.339	0	NPK CC	23.861	a
Bloques	8	3739.615	467.452	113.678	0	NPK SC	21.149	b
Error	24	98.689	4.112			NP CC	19.8	b
Total	35	4052.199				NP SC	17.1	c
						Método de Tukey=	2.638	

### Largo de hoja

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	15.818	5.27	39.07	0	NPK CC	8.196	a
Bloques	8	78.204	9.776	72.473	0	NPK SC	7.484	b
Error	24	3.237	0.135			NP CC	6.933	c
Total	35	97.251				NP SC	6.409	d
						Método de Tukey=	0.478	

### Ancho de hoja

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	1.294	0.431	45.222	0	NPK CC	6.311	a
Bloques	8	41.52	5.19	544.25	0	NPK SC	6.1	b
Error	24	0.229	0.01			NP CC	5.971	c
Total	35	43.043				NP SC	5.791	d
						Método de Tukey=	0.127	

### Numero de hojas

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	1074.972	358.324	14.243	0	NPK CC	52.778	a
Bloques	8	46897.556	5862.194	233.021	0	NPK SC	48.889	b
Error	24	603.778	25.157			NP CC	44.889	b
Total	35	48576.306				NP SC	38	c
						Método de DMS=	4.88	

### Índice de área foliar

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	8706982.4	2902327.5	9.136	0	NPK CC	2878.548	a
Bloques	8	146512355	18314044	57.648	0	NPK SC	2093.002	b
Error	24	7624540.7	317689.2			NP CC	2067.109	b
Total	35	162843878				NP SC	1496.084	c
						Método de DMS =	548.409	

### Peso de vainas

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	5270.585	1756.862	12.287	0.002	NPK CC	127.05	a
Bloques	3	18372.61	6124.203	42.829	0	NPK SC	107.1	b
Error	9	1286.915	142.991			NP CC	107.425	b
Total	15	24930.11				NP SC	76.325	c
						Método de DMS =	19.126	

### Numero de vainas

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	242.75	80.917	17.035	0.002	NPK CC	32.5	a
Bloques	3	1060.25	353.417	74.404	0	NPK SC	27.5	b
Error	9	42.75	4.75			NP CC	27	b
Total	15	1345.75				NP SC	21.5	c
						Método de Tukey =	4.806	

### Peso de grano seco por planta

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	1478.708	492.903	15.279	0	NPK CC	54.3	a
Bloques	7	1133.75	161.964	5.02	0.002	NPK SC	43.425	b
Error	21	677.479	32.261			NP CC	43.263	b
Total	31	3289.937				NP SC	35.175	c
						Método de Tukey=	7.919	

### Peso de 1000 granos

FV	GL	SC	CM	FC	SIG	TRATAMIENTOS	MEDIA	0.05
Tratamientos	3	20584.188	6861.396	16.339	0.001	NPK CC	336.75	a
Bloques	3	6233.188	2077.729	4.948	0.027	NPK SC	282.5	b
Error	9	3779.563	419.951			NP CC	281	b
Total	15	30596.938				NP SC	235.5	c
						Método de Tukey=	45.186	

### Resumen de los análisis de varianza

VARIABLES DE ESTUDIO	TRATAMIENTOS				MÉTODO ESTADÍSTICO
	NPK CC	NPK SC	NP CC	NP SC	
ALTURA DE LA PLANTA	a	b	b	c	Tukey
LARGO DE HOJA	a	b	c	d	Tukey
ANCHO DE HOJA	a	b	c	d	Tukey
NUMERO DE HOJAS	a	b	b	c	DMS
ÁREA FOLIAR	a	b	b	c	DMS
PESO DE VAINAS	a	b	b	c	DMS
NUMERO DE VAINAS	a	b	b	c	Tukey
PESO DE GRANO SECO POR PLANTA	a	b	b	c	Tukey
PESO DE 1000 GRANOS	a	b	b	c	Tukey