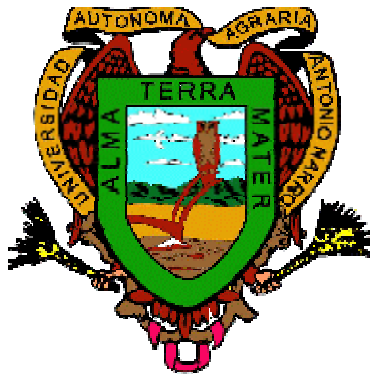


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



Análisis de crecimiento y desarrollo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad flor de mayo, cultivadas bajo diferentes condiciones de fertilización.

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Por:

ERICK ARROYO RAMÍREZ.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2009.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMIA.

Análisis de crecimiento y desarrollo de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad flor de mayo, cultivadas bajo diferentes condiciones de fertilización.

Por:

Erick Arroyo Ramírez

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado examinador, como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero en Agrobiología


Aprobada por:


Ing. Jose Angel de la Cruz Bretón

Presidente del jurado


M.C. Ramiro Luna Montoya

Sinodal


M.C. Leopoldo Arce González


Sinodal


Ing. José Noé Martínez Ramírez

Sinodal


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la dicha de seguir con vida hasta este momento de mi existencia, por ser la mano que me sostiene y empuja a seguir adelante a pesar de los altibajos encontrados en mi camino, por no olvidarse de mí a pesar de que muchas veces me he olvidado de él, por velar mis sueños, por ser la luz que persigo al final de mi historia, por guiarme y acompañarme en los momentos alegres de mi vida, pero sobre todo en los momentos más difíciles, por darme la oportunidad de ser un profesionalista aun cuando la corriente estuvo en mi contra. Por todo eso y tantas cosas más, mil gracias.

A mi “Alma Mater” por haberme permitido ser parte de ella durante los últimos 5 años de vida, por haberme dado la oportunidad de contribuir con ella y por darme el coraje y las herramientas para continuar por mi sendero, siempre te estaré agradecido.

Al Ing. José Ángel de la Cruz Bretón, por su amistad, confianza, dedicación, enseñanza y apoyo en la realización de este trabajo, muchas gracias.

Al Biol. Leopoldo Arce González, por depositar su amistad y confianza en mí, por el gran apoyo que me brindo a lo largo de mi carrera y por formar parte importante en la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Ramiro Luna Montoya, por su disponibilidad para ayudar mis causas en todo momento, y por contribuir con su experiencia y conocimientos en este trabajo.

Al Ing. José Noé Martínez Ramírez, por prestarme gran parte de su tiempo en la elaboración de este trabajo y por haber depositado su confianza en mí aun sin conocerme.

Al Dr. Manuel de la Rosa Ibarra, por guiarme paso a paso en la elaboración de este trabajo, por haber tomado especial importancia en mí y brindarme su amistad.

A la Biol. Sofía Comparan Sánchez, por apoyarme en todos mis proyectos, por soportarme como un alumno más y brindarme su amistad incondicional.

A todos los maestros presentes y pasados que han sembrado la semilla del conocimiento en mí y prepararon mis alas para emprender mi vuelo hacia adelante,

A todos

No me queda más que decirles, ¡gracias, muchas gracias!

DEDICATORIAS

A la Sra. María Josefa Ramírez Vázquez.

A ti, que me mantuviste con cariño en tus entrañas, a ti que con esmero me enseñaste a dar mis primeros pasos y a decir mis primeras palabras, a ti que me cobijaste en las noches de frío y con amor cuidaste mis noches de enfermedad, que diste gran parte de tu vida en formar mis valores, que ante la lluvia, viento y marea me sacaste adelante, que me enseñaste a ser humilde y noble pero una fiera antes las adversidades de la vida, que limpiaste mis lagrimas con una sonrisa tierna, a ti que me diste la fuerza para dar la frente a los duros golpes que da la vida, gracias por tus oraciones, a ti te dedico este documento como tu un día me dedicaste el tiempo suficiente para que yo pudiera aprender a mover las alas y volar, muchas gracias MAMÁ, que dios te bendiga siempre.

Al Sr, Ramón Arroyo Domínguez

Por haberme regalado el don de la vida, por haberme enseñado a trabajar y a ganarme la vida de forma honrada, porque un día soñé con ser grande para ver la vida desde tu punto de vista y ahora que lo soy te admiro y te respeto con todo mi corazón, porque me brindaste la oportunidad de vivir en tu hogar a lado de una familia que tu construiste, por tus consejos que me han llevado hasta esta etapa de mi vida, por tus desvelos en mis enfermedades, por tus manos callosas por trabajar para mi, y sobre todo muchas gracias por sacrificar 6 años de tu vida lejos de tu familia con el afán de sacarnos adelante, sin tu sacrificio nunca hubiera podido llegar hasta este logro que es por ti, por ser el motor de mi vida, por darme luz en la oscuridad y aliento en la tempestad, te quiero mucho papa y una vez más, gracias, que dios te bendiga.

A mis hermanas:

Aunque nuestras vidas año con año van tomando rumbos diferentes cada uno de nosotros buscando su propio bienestar, cuentan conmigo siempre, nuestros lazos de hermandad deben ser siempre muy fuertes, como nos enseñaron en casa, Vicky, mi compañera de juegos en la niñez, estas a mitad del camino, yo se que tu puedes cuida de ti y de tu nueva familia, siempre cuentas conmigo, Amairani, gracias por llegar a nuestras vidas y llenarlas de alegrías y sonrisas, eres mi adoración desde el día en que naciste, gracias por permitirme volver a ser niño cuando estoy a tu lado, ponle muchas ganas a tus proyectos que siempre estaré contigo, disfruta de mis padres que mucha falta me hacen.

Un agradecimiento especial a la Prof. Yesica Arroyo Ramírez, a ti que siempre fuiste mi inspiración para seguir adelante, te dedico este trabajo con mucho cariño y amor por ser parte de mi vida y por los momentos que hemos compartido, gracias por apoyarme moral, económica e intelectualmente, te quiero mucho, cuida de tu nueva familia, tu ya eres una profesionalista ahora voy yo, y juntos velaremos porque algún día seamos todos solo falta la mitad, una vez más, "gracias".

A la M.C. Yanci Anilú Guzmán Roblero,

Mi gran amor, mi inspiración, mi musa, mi fuente de alegría, mi esposa, que puedo decirte si tu eres mi confidente y mi mejor amiga, gracias por llegar a mi vida a componer mi camino, has sido para mí un gran apoyo en estos 5 años de carrera, te agradezco el haber confiado en mí, te admiro y algún día quiero ser como tú, gracias por regalarme días y noches a tu lado, por tus consejos y por haberme regalado el tesoro mas valioso y hermoso que tengo, a mi hija.

*A mi porción de cielo que bajó hasta acá para hacerme el hombre más feliz y realizado del mundo, gracias porque nunca pensé que de tan pequeño cuerpecito emanara tanta fuerza y entusiasmo para sacar adelante a alguien. **TE ADORO HIJA.** Y siempre voy a amarte, voy a estar siempre a tu lado ofreciéndote mi mano para que no tropieces, desde el día en que naciste en el vientre de tu mami te he tratado de ser el mejor padre y amigo para ti, perdóname si he tenido errores pero es que nadie me enseñó a ser padre, gracias por ser mi inspiración para terminar mis estudios, por ti, daría todo de mí, **TE AMO DANNA.***

A mis profesores:

A las personas que dedicaron su tiempo, sus regaños, sus alegrías y sobre todo un pedacito de su vida que créanme me lo llevo con todo cariño en mi alma y mi mente, los recuerdo con mucho cariño y admiración porque sin ustedes no habría podido llegar hasta donde estoy, que dios los bendiga.

A Saltillo, Coahuila, México, por su gente tan bondadosa que me tendió la mano aun sin conocerme y me cobijo 5 años de mi vida en este maravilloso estado, que diosito los bendiga

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCION.....	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Cultivo de frijol.....	4
Requerimientos del cultivo de frijol.....	4
Importancia del frijol.....	5
Importancia económica del frijol.....	6
Fertilizantes.....	7
Importancia de la fertilización.....	8
Fertilizantes orgánicos.....	10
Fertilizantes inorgánicos.....	12
Macronutrientes.....	13
Micronutrientes.....	13
Nitrógeno.....	15
Fósforo.....	16
Potasio.....	17

Función del N-P-K en el frijol.....	18
MATERIALES Y METODOS.....	20
Localización geográfica del área de estudio.....	20
Características del invernadero.....	20
Material genético.....	20
Material utilizado en campo.....	21
Explicación del experimento.....	22
Fase “A” (invernadero).....	22
Macetas.....	22
Distribución del experimento.....	23
Dosis de fertilización evaluadas.....	25
Aplicación de fertilizantes.....	25
Siembra.....	27
Aclareo.....	27
Reacomodo de las macetas.....	28
Riegos.....	28
Eliminación de malezas.....	28
Plagas.....	29
Muestreos.....	29
Variables evaluadas.....	30
Fase “B” (laboratorio).....	30
Pruebas de germinación.....	30
Variables evaluadas.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
Índices de crecimiento.....	34

Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	34
Tasa de asimilación neta (TAN).....	35
Relación de área foliar (RAF).....	36
Relación de peso foliar (RPF).....	37
Área foliar específica (AFE).....	38
Coefficientes de partición de biomasa.....	40
Raíz.....	40
Hoja.....	41
Flor.....	41
CONCLUSIÓN.....	44
LITERATURA CITADA.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Mapa de localización de tratamientos y repeticiones.....	24
Cuadro 2	Tratamientos a evaluar.....	25
Cuadro 3	Fertilizantes que se utilizaron como fuente de obtención de las dosis experimentales.....	25
Cuadro 4	Fechas de muestreo.....	29
Cuadro 5	Análisis de varianza y comparación de medias de la evalu- acion de los índices de crecimiento aplicado a un cultivo de frijol, bajo diferentes dosis de fertilización.....	39
Cuadro 6	Análisis de varianza y comparación de medias de la evalu- acion de los coeficientes de partición de biomasa, aplicado a un cultivo de frijol, bajo diferentes dosis de fertilización.....	42

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero dos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. En el que se evaluó el efecto de diferentes condiciones de fertilización en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) var. Flor de mayo bajo condiciones de invernadero, se utilizaron 4 tratamientos que tuvieron como dosis las siguientes; 00-00-00, 20-30-15, 30-40-25, 40-60-35. Se utilizó un diseño completamente aleatorio y los muestreos se realizaron cada 10 días después de tener un porcentaje de germinación del 50 % más uno. Las variables evaluadas fueron: la tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento relativo (TCR), relación de área foliar (RAF), relación de peso foliar (RPF) y el área foliar específica (AFE) y los coeficientes de partición de biomasa para raíces, hojas y flores que fueron los datos significativos. Se analizó los datos con el paquete de diseños estadísticos de la Universidad Autónoma de Nuevo León teniendo como resultado que la utilización de fertilizante mejora significativamente el crecimiento y desarrollo de plantas de frijol.

PALABRAS CLAVE: Análisis, crecimiento, desarrollo, frijol, condiciones y fertilización.

INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) constituye una fuente de proteína muy importante para los países pobres. En los últimos años se tiene que India preside la lista de producción de frijol, con una participación de 32%, seguido por Brasil (17%), México (7%), Myanmar (6%), China (5%) y Estados Unidos de América (3%), los cuales en conjunto aportan el 70% de la superficie total (www.tierrafertil.com).

El frijol en México se produce en los ciclos agrícolas primavera-verano y otoño-invierno. En el primero se siembra la mayor superficie (85%) y se obtiene el 72 % de la producción total, siendo los principales estados, Zacatecas, Durango Chihuahua, San Luis Potosí y Guanajuato, con aproximadamente el 78 % de la superficie total del ciclo y el 74 % de la producción del mismo, obteniéndose un rendimiento promedio de 0.56 ton/ha (Acosta y Pèrez, 2003).

La región del sur del Estado de Coahuila está ubicada dentro de las zonas semiáridas del país, que se caracterizan por una precipitación escasa y mal distribuida, no siendo suficiente para satisfacer adecuadamente los requerimientos hídricos de los cultivos bajo temporal. En esta región se encuentra ubicado el Distrito de Desarrollo Rural 04, el cual comprende los municipios de Saltillo, Arteaga, Ramos Arizpe, General Cepeda y Parras de la Fuente. En este distrito normalmente siembran bajo temporal cerca de 30,000 ha, la mayor superficie es ocupada por maíz y frijol y en menor escala avena y sorgo forrajero (Blanco y Ramírez, 1966., citado por Rodríguez, *et. al.* 2003).

Al igual que la mayoría de las plantas el frijol requiere de varios elementos para crecer y desarrollarse adecuadamente. Algunos de estos elementos como el Carbono, el Nitrógeno y Oxígeno son obtenidos de la atmosfera y del agua del suelo, los otros se dividen en macronutrientes y micronutrientes, según las cantidades relativas requeridas por el cultivo (Alcalde, 1980; SEP, 1990).

En la actualidad la mayoría de los productores utiliza el fertilizante para brindarle más nutrientes al suelo y con ello obtener un mayor rendimiento de lo normal, sin embargo el problema con que cuentan la mayoría de los productores es el desconocimiento de la cantidad de fertilizante que se deberían aplicar, este desconocimiento podría traer consigo desde una falta de fertilizante en el suelo hasta un desperdicio de fertilizante por la aplicación de una mayor cantidad de la necesaria para un adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo.

Los problemas de falta de información acerca de una dosis o dosis adecuadas que satisfaga las necesidades del productor económicamente y de producción llevan a la necesidad de analizar diferentes concentraciones de fertilización para proveer a los productores de la información necesaria acerca de las dosis adecuadas. Por lo tanto el siguiente trabajo se enfocara en encontrar una dosis económica y productiva adecuada para el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) variedad flor de mayo.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes dosis de fertilización en el crecimiento y desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) variedad flor de mayo, bajo condiciones de invernadero.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Encontrar de las dosis evaluadas la que más contribuya con el crecimiento y desarrollo de frijol, variedad flor de mayo.

Evaluar el efecto de la aplicación de las dosis de fertilización, 20-30-15, 30-45-25 y 40- 60-35, en frijol variedad flor de mayo.

HIPOTESIS

Al menos una de las dosis evaluadas en este trabajo mejorará el crecimiento y desarrollo en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) variedad flor de mayo.

REVISION DE LITERATURA

Cultivo de frijol

El frijol (*Phaseolus vulgaris L*) es nativo del área México-Guatemala y se ha venido cultivando en México por más de 4,000 años, según datos de restos arqueológicos encontrados en las cuevas de la región de Ocampo, Tamaulipas y en la cueva de Coxcatlan, Puebla (Miranda, 1976).

Las tribus de México empezaron a cultivar variedades de semilla pequeña, mientras que al mismo tiempo, los indios del Perú desarrollaban tipos de semillas grandes. Puesto que las tribus indias cruzaron el continente americano, estos frijoles y las prácticas de cultivo se propagaron poco a poco por toda América, a medida que los grupos de indios exploraban, emigraban y comerciaban con otras tribus. Cuando los conquistadores de la península ibérica llegaron al Nuevo Mundo, ya florecían diversas variedades de frijoles.

Los primeros exploradores y comerciantes llevaron posteriormente las variedades de frijol americano a todo el mundo, y a principios del siglo XVII, ya eran cultivados en Europa, África y Asia (www.es.wikipedia.org/wiki/Alubia#Variedades).

Requerimientos del cultivo del frijol

El frijol se adapta bien desde 200 hasta 1.500 msnm. Además de que el cultivo necesita entre 300 a 400 mm de lluvia. La falta de agua durante las etapas de

floración, formación y llenado de vainas afecta seriamente el rendimiento. El exceso de humedad afecta el desarrollo de la planta y favorece el ataque de gran número de enfermedades. Se recomienda que los suelos para el cultivo de frijol sean profundos, fértiles, preferiblemente de origen volcánico con no menos de 1.5% de materia orgánica en la capa arable y de textura liviana con no más de 40% de arcilla como los de textura franco, franco limosos y franco arcilloso ya que el buen drenaje y la aireación son fundamentales para un buen rendimiento de este cultivo. Se debe evitar sembrar en suelos ácidos, con contenidos altos en manganeso y aluminio y bajos en elementos menores. El pH óptimo para frijol está comprendido entre 6.5 y 7.5 aunque es tolerante a pH entre 4.5 y 8.2. Los terrenos deben ser preferiblemente ondulados o ligeramente ondulados (www.mag.go.cr).

Importancia del frijol

Este cultivo presenta muchas razones para tener importancia en el ámbito alimenticio, a continuación detallamos algunas de las razones:

- Son de mucha importancia en la canasta básica familiar por su alto contenido de proteínas, carbohidratos y minerales.
- Sus granos contienen proteínas (22 % - 28 %), vitaminas, minerales y fibras solubles (pectinas); las cuales poseen efectos en la prevención de enfermedades del corazón, obesidad y tubo digestivo. Es por ello que importantes instituciones médicas a nivel mundial vienen promoviendo su consumo convirtiéndolo en un producto comercialmente atractivo.

- La amplia adaptabilidad de algunas variedades facilitan la producción durante todo el año con lo cual es posible aprovechar las ventanas comerciales de mejores precios (www.monografias.com/1).

Importancia económica del frijol

A nivel nacional el frijol se considera uno de los cultivos más importantes en razón de la superficie dedicada a su producción, la cantidad de grano que se consume y por la actividad económica que se genera. En México la superficie dedicada a este cultivo a llegado a superar los dos millones de hectáreas, aunque dicha cifra a sido variable a través de los años, principalmente a los estímulos de precio de garantía, a partir de 1971, cuando se registro la mayor superficie cultivada con frijol (1,965,126 has), el precio de garantía se mantuvo casi estable, ocasionando disminución en la superficie de producción hasta aproximadamente un millón de hectáreas en 1979, lo que repercutió en un déficit de este grano para el consumo nacional. El cultivo de frijol se practica en toda la república mexicana, sin embargo, existen regiones que destacan por la superficie destinada a su producción y por la cantidad de grano que aportan al consumo nacional; tal es el caso de los estados de Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Tamaulipas (Navarro 1983).

Fertilizantes

Hoy en día se conocen más de 100 elementos químicos. De estos se ha demostrado que solo 16 resultan esenciales para las plantas. Hasta ahora se ha demostrado que un número pequeño tiene la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas, tres de los elementos esenciales que toman del aire y el agua. Los otros 14 son absorbidos normalmente por las raíces de las plantas (California Plant Health Association, 2004).

Los fertilizantes están clasificados por su contenido: Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K). Cada macronutrientes tiene una función:

- Nitrógeno (N) — ayuda a que las plantas crezcan y estén más verdes.
- Fosforo (P) — estimula el crecimiento de flores y raíces.
- Potasio (K) — favorece el vigor de las plantas.

Además de los Macronutrientes, los fertilizantes también contienen:

- Nutrientes Secundarios: Calcio, Magnesio y Azufre.
- Micronutrientes: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Cloro y Molibdeno (www.miraclegro.com.mx).

Estas son sustancias o mezclas químicas naturales o sintéticas utilizadas para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal. Las plantas no necesitan compuestos complejos, del tipo de las vitaminas o los aminoácidos, esenciales en la nutrición humana, pues sintetizan todos los que precisan. Sólo exigen algunos

de elementos químicos, que deben presentarse en una forma que la planta pueda absorber (www.es.wikipedia.org/wiki/fertilizante).

En general los fertilizantes comerciales suministran uno o más nutrientes, a saber: Nitrógeno, Fosforo y Potasio. Igualmente aportan a las plantas otros nutrientes que entran en la formación de los mencionados. Se les suele usar a causa de los elementos nutritivos que contiene y que las plantas absorben directamente o que pueden fácilmente hacerse asimilable bajo la influencia de condiciones apropiadas del suelo (Manual de fertilización, 2006).

Importancias de la fertilización

La fertilidad natural de suelos es un fenómeno raro en todos los países del mundo. No es esto solo sino que diversos investigadores han podido observar amplias variaciones en la composición química de los tipos de suelos. Casi cada una de ella contiene cantidades limitadas de uno o varios elementos nutritivos esenciales para el óptimo crecimiento de las plantas de cultivo (Gilberart, 1958). Y para alcanzar el reto de poder incrementar la producción agrícola para abastecer al crecimiento de la población, únicamente existen dos factores posibles:

- Aumentar las superficies de cultivo, posibilidad cada vez más limitada sobre todo en los países desarrollados, lo que iría en detrimento de las grandes masas forestales.

- Proporcionar a los suelos fuentes de nutrientes adicionales en formas asimilables por las plantas, para incrementar los rendimientos de los cultivos.

Esta opción es posible mediante la utilización de fertilizantes minerales, con cuya aplicación racional se ha demostrado, en los ensayos de larga duración, el gran efecto que ha tenido en el incremento de los rendimientos de las cosechas, obteniendo a su vez productos con mayor calidad. Los fertilizantes, utilizados de forma racional, contribuyen a reducir la erosión, acelerando la cubierta vegetal del suelo y protegiéndolo de los agentes climáticos. Asimismo, la necesidad de obtener actualmente nuevas fuentes de energía abre un nuevo campo para la agricultura, y la aplicación adecuada de fertilizantes debe contribuir a conseguir este objetivo ya que la biomasa es una fuente principal para la obtención de energía renovable. En definitiva, gracias a los fertilizantes se alcanzan los siguientes retos:

- Asegurar la productividad y calidad nutricional de los cultivos, ofreciendo una seguridad alimenticia e incrementando el contenido de nutrientes de las cosechas.
- Evitar la necesidad de incrementar la superficie agrícola mundial, ya que sin los fertilizantes habría que destinar millones de hectáreas adicionales a la agricultura.
- Conservar el suelo y evitar su degradación y, en definitiva, mejorar la calidad de vida del agricultor y de su entorno.

- Contribuir a la mayor producción de materia prima para la obtención de energías alternativas (www.anffe.com).

Fertilizantes orgánicos

Un Abono orgánico son fertilizantes que no están fabricados por medios industriales, como los abonos nitrogenados (hechos a partir de combustibles fósiles y aire) o los obtenidos de minería, como los fosfatos o el potasio. En cambio los orgánicos provienen de fuentes orgánicas y naturales (www.es.wikipedia.org/wiki/Biofertilizante).

Ventajas: Los fertilizantes orgánicos son compuestos a base de carbono que incrementan la productividad de las plantas. Tienen además muchas ventajas sobre los fertilizantes químicos, entre las cuales se pueden citar:

- Alimentos no tóxicos: El uso de estos fertilizantes asegura que los alimentos producidos estarán libres de sustancias químicas perjudiciales para la salud. Como resultado de esto, quienes consumen estos alimentos, están menos expuestos a enfermedades como el cáncer, infartos y enfermedades de la piel.
- Auto-Producción: Los fertilizantes orgánicos, la mayoría de ellos, pueden ser elaborados localmente o en el mismo lugar de aplicación, como una granja o rancho. Por este motivo, el costo de los fertilizantes orgánicos es mucho más bajo que el de los fertilizantes químicos.

- Fertilidad del Suelo: Los fertilizantes orgánicos aseguran que el suelo permanecerá fértil por cientos de años. Las tierras de civilizaciones muy antiguas como la India y China, son todavía fértiles después de miles de años de explotación agropecuaria. La fertilidad de las mismas se debe a que, en el pasado, siempre han sido utilizados fertilizantes orgánicos sobre las mismas. Sin embargo, en la actualidad con el aumento del uso de fertilizantes químicos, la tierra está perdiendo rápidamente su fertilidad, obligando a los granjeros a utilizar una mayor cantidad de fertilizantes y en otros casos, dejar la agricultura como medio de vida (www.organicusa.net).

Desventajas. La mayoría de los fertilizantes orgánicos no pueden ser utilizados por las plantas inmediatamente. Como notamos anteriormente, la propiedad de ser de lenta liberación puede ser una ventaja. Pero, si hay una necesidad inmediata de nutrientes, los abonos orgánicos no pueden proveerlos de forma muy rápida. Además, la información sobre la cantidad de nutrientes y el número de elementos de dichos fertilizantes, por ejemplo sobre el estiércol, es muy difícil de obtener y eso hace que no se sepa calcular exactamente cuanto fertilizante usar. La posibilidad de gastar el Nitrógeno del suelo es otra desventaja de los abonos orgánicos. Debido a acciones bacterianas complejas, el agregado de grandes cantidades de material orgánico puede causar una disminución temporaria de Nitrógeno en las plantas (www.rocesocyeti.com).

Fertilizantes inorgánicos

Son compuestos químicos simples, hechos en fábricas o extraídos de las mismas que proveen nutrientes a las plantas y no son residuos de materia viviente animal o vegetal. En la mayoría de los países el término “fertilizante inorgánico” se aplica a materiales que proporcionan Nitrógeno, Fosforo y Potasio, a veces se incluyen en ellos los que proveen Calcio y con menos frecuencia los de Magnesio, sin embargo todos los nutrientes que se agreguen a la planta para beneficio de la misma se le llama fertilizante (Cooke, G.W, 1992).

Ventajas. La principal ventaja de dichos fertilizantes es que los nutrientes están disponibles para ser usados por las plantas de forma inmediata. Además, las cantidades exactas de cualquier elemento se pueden calcular y dicho nutriente puede ser suministrado a las plantas de forma cuantificada. Por ejemplo, un fertilizante que es “12-11-2” significa que 12% es N (Nitrógeno), 11% es P (Fosforo) y 2% es K (Potasio) (www.rocesocyeti.com).

Desventajas. Los fertilizantes químicos, especialmente el nitrógeno que ellos contienen, se “escurre” fácilmente por debajo de las raíces, debido a la lluvia o a riegos. Estos productos no poseen más nutrientes que los especificados en la etiqueta. Una aplicación que sea demasiado o muy cerca de las raíces puede causar que la planta sea “quemada” (en realidad un proceso de resecado por las sales químicas del fertilizante). Por último, aplicaciones excesivas de fertilizantes inorgánicos pueden resultar en un aumento de sales tóxicas en el suelo, creando con esto desequilibrios químicos (www.rocesocyeti.com).

Macronutrientes

Son elementos o compuestos que se necesita en cantidades relativamente grandes por un organismo. Las plantas de cultivo requieren desde unos pocos kilogramos hasta unos cientos de kilogramos por hectárea de Carbono, Hidrógeno y Oxígeno (tomados del aire) y Calcio, Nitrógeno, Potasio, Fosforo, Magnesio y Azufre (tomados del suelo).

Minerales que un organismo necesita en grandes cantidades para permanecer vivo. De manera específica, se refiere a las sales minerales que las plantas necesitan en cantidades mediales (Nitrógeno, Fosforo, Potasio).

Nutrientes que requieren las plantas en altas dosis. Entre estos están: C, H, N, O, Ca, Mg, S, P y K (www.infojardin.com).

Micronutrientes

Son los elementos que se encuentran en cantidades más pequeñas en las plantas y de igual manera en el suelo, compartiendo el complejo absorbente de las mismas. Los denominados microelementos son los siguientes:

Flúor, Estroncio, Cesio, Molibdeno, Bromo, Boro, Aluminio, Iodo, Litio, Zinc, Níquel, Arsénico, Manganeso, Rubidio, Cobre, Bario, Vanadio y Cobalto (Muñoz. D. 1983).

Los micronutrientes presentan dos características generales que les diferencian de los macronutrientes:

- El orden de magnitud de las concentraciones de micronutrientes en los tejidos vegetales es significativamente inferior a los de los macronutrientes.
- Los micronutrientes no participan en procesos que dependen de concentración, como los osmóticos, pH, antagonismo catiónico. Una excepción es el cloro que puede tener un papel osmótico. Tampoco suelen desempeñar funciones estructurales, a excepción del boro en la pared celular.

Los micronutrientes metálicos (Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni) tienen algunas características en común:

- Son metales de transición, con el orbital 3d sin completar y en el caso del Molibdeno, el 4d, que pueden participar en la formación del enlace metálico, y tienden a dar cationes en condiciones ambientales.
- Son menos electropositivos que alcalinos y alcalinotérreos aunque se comportan también como ácidos de Lewis (aceptan pares de electrones). Por tanto, pueden formar complejos con Bases de Lewis.

Las funciones de los micronutrientes metálicos en planta son más bien metabólicas, participando en la regulación enzimática, formando parte constitutiva de la enzima o actuando como coenzima, o en funciones redox (www.uam.es).

Nitrógeno

La aplicación de Nitrógeno aumenta en el grano el porcentaje de proteína, siendo particularmente efectivas las aplicaciones tardías. El aumento en proteína obtenido de este modo es útil cuando el grano se usa como alimento en las granjas, aunque aplicaciones tardías no aumentan el rendimiento tanto como las tempranas (Cooke, 1969).

Los complejos del Nitrógeno (N), son usados por la planta de frijol principalmente para mantener la turgencia de sus tejidos, sobre los cuales trabajan también gran número de bacterias del aire en forma directa. Los excesos de N afectan a la plantación por mucho crecimiento (vicio) en perjuicio de la producción o bien retardan la madurez uniforme del grano (Sáenz M. A, 1962).

La presencia del Nitrógeno es indispensable para promover el crecimiento de tallos y hojas en pastos, árboles, arbustos y plantas en general; corrige el "amarillamiento" (cuando este fenómeno se da por falta de Nitrógeno, pues también se puede dar por falta de Hierro (Fe). Corrige los suelos alcalinos dándoles mayor acidez, asimismo el Nitrógeno es un elemento fundamental en la nutrición de los microorganismos que existen en el suelo, mismos que son indispensables para la nutrición de las plantas; una planta o pasto con presencia de Nitrógeno es siempre un vegetal verde ya que éste promueve el verdor en todo tipo de plantas. De la misma manera, el Nitrógeno es indispensable para la producción de proteínas en vegetales comestibles.

El Nitrógeno se puede presentar en los fertilizantes de dos formas: Nitrógeno Nítrico y Nitrógeno Amónico; el primero no necesita transformarse químicamente en el suelo para ser aprovechado por las plantas, por consiguiente, su absorción es más rápida, por el contrario, el Nitrógeno Amónico requiere llevar a cabo efectos de transformación química en el suelo para convertirse en Nitrógeno Nítrico (asimilable para las plantas) (www.happyflower.com.mx).

Fósforo

En todos los tipos de suelos deficientes en Fósforo, el frijol responde bien al abonamiento fosfatado. Las aplicaciones estimadas del fosforo se determinaron más o menos entre 120-180 kg/Ha de P_2O_5 como término medio. (Sáenz M. A, 1962).

El Fosforo se encuentra en los suelos tanto en formas orgánicas, ligadas a la materia orgánica como inorgánicas que es la forma como la absorben los cultivos. La solubilidad de estas formas, y por lo tanto su disponibilidad para las plantas está condicionada por reacciones fisicoquímicas y biológicas, las que a su vez afectan la productividad de los suelos. Las transformaciones del Fosforo (P) entre formas orgánicas e inorgánicas están estrechamente relacionadas, dado que el Fosforo inorgánico es una fuente para los microorganismos y las plantas, y el Fosforo orgánico al mineralizarse repone el Fosforo de la solución.

Las plantas absorben el Fosforo casi exclusivamente en forma inorgánica, que está en el suelo. De esta manera, el P inorgánico disuelto satisface la demanda de

los cultivos por unas pocas horas durante el período de crecimiento, aún en suelos con un buen abastecimiento de este nutriente (www.fertilizando.com).

Potasio

El contenido de Potasio en los vegetales oscila entre el 0.5 y el 2.5 % de su peso seco, interviene en la fotosíntesis y es necesario para la formación de protoplasma celular (Fertilizante de liberación lenta, 1992).

El tercer elemento que las plantas necesitan en gran cantidad es el Potasio, y al igual que los anteriores, deberá estar bajo la forma de sales, combinado con otros elementos, para poder ser utilizado por las plantas. Al contrario que en el caso del Nitrógeno o el Fosforo, el Potasio no es utilizado en la formación de moléculas más complejas, sino que se encuentra normalmente disuelto en los líquidos celulares de las plantas en la misma forma iónica en que fue absorbido (K^+) sin sufrir modificaciones. El Potasio, por regla general, es un elemento que no se encuentra a niveles significativos en el suministro de agua potable, y tampoco hay un aportación natural (como en el caso del Nitrógeno y/o Fosforo).

Algunas de las funciones que realiza el potasio en las plantas se hallan relacionadas con:

La transformación del nitrógeno en los procesos metabólicos.
La producción y transporte de distintos azúcares dentro del organismo vegetal, el proceso respiratorio, entre otras funciones (www.geosities.com).

Función del N-P-K en el frijol

El suelo es un depósito de nutrientes que la planta absorbe con cada ciclo de cultivo, por lo tanto es necesario aplicar fertilizantes para obtener buenos rendimientos. Entre los nutrientes más importantes para lograr buenos rendimientos, tenemos el Nitrógeno, Fosforo y el Potasio, los cuales debemos suministrar tomando en cuenta el tipo de suelo. Los fertilizantes deben ser de rápida asimilación debido al breve ciclo vegetativo de la planta. En suelos de mediana a baja fertilidad, las plantas responden bien a la aplicación de dosis moderadas de Fosforo y Nitrógeno. En suelos arenosos y pobres, conviene aplicar pequeñas cantidades de nitrógeno desde el momento de la siembra (www.riie.com).

La finalidad de la fertilización es poner a disposición de la planta los nutrientes que necesita para un buen rendimiento. Para una adecuada fertilización se debe hacer un análisis previo del suelo para:

- Conocer el nivel de salinidad o acidez.
- Conocer la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.
- Determinar los tipos de fertilizantes y las dosis que deben ser aplicadas al suelo (www.monografias.com/2).

La fertilización del cultivo es esencial para la obtención de altos rendimientos y más en nuestros días donde la degradación de los suelos está avanzando aceleradamente (www.monografias.com/3).

La fertilización es uno de los factores que inciden en el rendimiento de la producción y la calidad del frijol, para su buen aprovechamiento es necesario considerar varios aspectos relacionados con el suelo como la pendiente, fisiología de la planta, el clima, disponibilidad de fertilizantes (www.sra.gob.mx).

El nitrógeno es un elemento muy importante en el cultivo de frijol pero se debe recordar que el cultivo es capaz de tomarlo del aire mediante los nódulos en su raíz. También necesita cantidades pequeñas de Fosforo; sin embargo, este elemento, en la mayoría de los casos, no se encuentra disponible en el suelo. El cultivo tiene necesidades grandes de Potasio y Calcio y requiere de una relación K:Ca de 15:1 en la parte apical. Estos elementos y otros se pueden suplir por medio del abonamiento con fórmulas comerciales (www.mag.go.cr).

Las opciones para agregarles valor al frijol varían desde calidad química y física de los fertilizantes que se utilizaron en su producción, hasta nutrientes de lenta liberación y de origen orgánico, características estas últimas que generalmente solo pueden ser aprovechables por la horticultura. Los fertilizantes de liberación lenta, especialmente los de liberación controlada han avanzado considerablemente durante los últimos veinte años y han aumentado su importancia no solo comercial, sino también en cuanto a los rangos de aplicación. Las presiones ejercidas por las instituciones de protección del medio ambiente y la demanda de los consumidores están incrementando las oportunidades para las fuentes de nutrientes orgánicas y podrían afectar a las fuentes convencionales. (www.redexperimental.gob).

MATERIALES Y METODOS

Localización geográfica del área de estudio

El presente trabajo de investigación se llevo a cabo en el periodo comprendido del 15 de Agosto al 21 de noviembre del 2008 en la cama dos del invernadero dos de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), localizada a siete kilómetros al Sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, con una latitud norte de 25° 21'19.86" y 101° 01'51.54" longitud oeste, con una altitud de 1743 msnm. El invernadero está orientado de sur a norte.

Características del invernadero

Es de tipo semicircular con 9.15 m de ancho por 30.5 m de largo y 4.75 m de alto. Cubierta de acrílico TR12, durante la conducción del experimento tenía el 60 % de intensidad de luz. Cuenta con dos extractores, pila de enfriamiento, termostatos y 8 camas de siembra cada una de un metro de ancho por 10 metros de largo, las cuales cuentan con tierra como sustrato (De la Cruz, 2008). Y una humedad relativa constante de 80 %, y una temperatura dentro del invernadero de 25-28 ° C \pm 3 ° C (noche/día).

Material genético

Se utilizaron semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad flor de mayo, obtenidas en uno de los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Ubicado en Sombrerete, Zacatecas, México. Sembrado

en Junio del 2005 y cosechado en Septiembre del mismo año. El nombre comercial de esta semilla es, “frijol flor de mayo AN2005”.

Material utilizado en campo

- Agua
- Balanza analítica BOSCH-S2000
- Bolsas de papel
- Bolsa plástica
- Calculadora
- Cinta maskintape
- Cinta métrica de 1.5 metros
- Estructuras de invernadero tipo túnel
- Estufa de secado vegetal Quicy Lab. Modelo 12-140
- Fertilizantes
- Hilo para tutorar
- Lápiz
- Libreta de campo
- Manguera para riego
- Marcador permanente
- Papel de germinación
- Probeta graduada de 50 mililitros
- Regla de 30 centímetros
- Semilla de frijol AN2005
- Sensores para la medición de humedad relativa y la temperatura

- Tijera
- Vasos de embalajes de poliestireno expandido (unicel) de 16 onzas
- Vernier Caliper

Explicación del experimento.

Se realizaron dos fases, la fase “A” que fue la correspondiente a las labores que se desarrollaron dentro del invernadero, y la fase “B”, la correspondiente a las labores desarrolladas en el laboratorio, a continuación se desglosan las actividades pertenecientes a cada una de las fases.

Fase “A” (invernadero)

Macetas

En la conducción de este trabajo se utilizó tierra de bosque como sustrato, con el cual se llenaron 80 macetas, 20 por tratamiento, utilizándose como macetas vasos de espuma de poliestireno de 16 onzas, con un diámetro de 14.8 centímetros, un radio de 7.4 centímetros y una circunferencia de 172.0340 cm^2 , mismos que fueron utilizados para tener un mayor control del experimento ya que la cama dos que fue donde se pusieron las macetas tenía tierra la cual se desconocían sus componentes químicos. A los vasos de poliestireno se le hicieron agujeros en la parte de abajo que fue la parte que estaría en contacto con la superficie de la cama, estos orificios sirvieron de orificios de drenaje.

Distribución del experimento

La investigación se estableció con una distribución completamente al azar, en el cual los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a las unidades experimentales con la finalidad de eliminar el efecto que pudo causar alguna variable perturbadora al llevar la experimentación a la práctica. Dichos datos se corrieron y analizaron con el paquete estadístico de diseños experimentales hecho en la Universidad Autónoma de Nuevo León. El modelo estadístico del diseño que seguirá la investigación está representado por el siguiente modelo:

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

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

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

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Error aleatorio. Donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

El diseño completamente al azar se obtuvo del sorteo de las posiciones de cada una de las plantas, se escribió la clave de cada una de las macetas en papeles pequeños y se colocó dentro de un vaso, posteriormente se sacaron los papeles uno por uno, y se obtuvo así un mapa de localización (cuadro 1) de plantas dentro del diseño completamente aleatorio el acomodo del experimento tuvo lugar el dos de septiembre del 2008.

Cuadro 1. Mapa de localización de tratamientos y repeticiones.

Posición	Línea 1	Línea 2	Línea3	Línea 4
1	T1 R15	T1 R1	T4 R18	T2 R20
2	T4 R4	T3 R19	T3 R16	T4 R9
3	T1 R11	T4 R6	T2 R9	T1 R10
4	T4 R 1	T4 R19	T1 R6	T2 R13
5	T4 R13	T4 R5	T3 R15	T3 R9
6	T4 R10	T3 R20	T1 R8	T3 R3
7	T1 R18	T4 R14	T2 R11	T3 R13
8	T3 R7	T4 R3	T1 R2	T4 R17
9	T4 R20	T2 R17	T3 R18	T2 R2
10	T3 R11	T3 R1	T2 R6	T2 R14
11	T2 R16	T1 R7	T1 R17	T3 R2
12	T3 R17	T1 R16	T4 R11	T1 R14
13	T2 R12	T2 R15	T3 R12	T1 R13
14	T4 R15	T3 R5	T3 R8	T2 R18
15	T2 R1	T3 R10	T2 R10	T1 R 20
16	T4 R2	T1 R19	T3 R6	T2 R19
17	T4 R12	T4 R7	T3 R4	T3 R14
18	T1 R12	T1 R9	T1 R5	T2 R8
19	T1 R4	T4 R8	T2 R4	T2 R5
20	T2 R3	T4 R16	T1 R3	T2 R7

T1= Tratamiento uno; T2=tratamiento 2; T3= Tratamiento 3; T4=tratamiento 4;

R1, R2, R3.....R20= repeticiones del 1 hasta la repetición 20.

Dosis de fertilización evaluadas.

Las dosis evaluadas fueron las siguientes (cuadro 2).

Cuadro 2. Tratamientos a evaluar.

Tratamiento	Formulación
Tratamiento 1	00-00-00
Tratamiento 2	20-30-15
Tratamiento 3	30-45-25
Tratamiento 4	40-60-35

Aplicación de fertilizantes.

Las dosis experimentales no se encontraban en fertilizantes comerciales así que se utilizaron fertilizantes comerciales como fuentes de obtención de las dosis a evaluar, los fertilizantes que se utilizaron como fuente de obtención de las dosis a evaluar fueron los siguientes: (cuadro 3).

Cuadro 3. Fertilizantes que se utilizaron como fuente de obtención de las dosis experimentales.

Fertilizante	Formulación
Nitrato de Potasio	14-02-46
Fosfato Monoamónico	11-52-00
Urea	46-00-00

Las dosis a evaluar se obtuvieron realizando conversiones de cada uno de los fertilizantes comerciales con una regla de tres simples, se obtuvieron las cantidades de aplicación por maceta y fueron multiplicadas por 20 macetas que era el total de macetas que se tuvieron, obteniendo los siguientes resultados:

El tratamiento uno fue el testigo, por lo tanto no se sometió a alguna aplicación, al tratamiento dos se le aplicó las siguientes cantidades:

1.12 grs. de Nitrato de Potasio.

1.94 grs. de Fosfato Monoamónico.

0.69 grs. de Urea.

Al tratamiento tres se le aplicó las siguientes cantidades:

1.868 de Nitrato de Potasio.

2.904 de Fosfato Monoamónico.

0.978 de Urea.

Al tratamiento cuatro se le aplicaran las siguientes cantidades:

2.616 de Nitrato de Potasio.

3.868 de Fosfato Monoamónico.

1.268 de Urea.

Las cantidades obtenidas para cada uno de los tratamientos fueron pesadas, y mezcladas homogéneamente y fueron diluidas en dos litros de agua destilada por cada una de las dosis. Se realizaron dos aplicaciones un litro por cada aplicación dividido entre las 20 macetas, aplicando 50 mililitros de la mezcla por maceta, la primera aplicación se llevo a cabo antes de sembrar (presiembrar), el uno de Septiembre del 2008. Y la segunda aplicación tuvo lugar el 29 de Septiembre del 2008 antes de la floración (prefloracion).

Siembra

Se realizo una siembra directa de forma manual, colocando tres semillas de frijol por maceta, a una profundidad de tres a cuatro centímetros, se sembró tres semillas por maceta para tener una mayor certeza de que por lo menos una de ellas emergería. La siembra fue el 3 de septiembre del 2008.

Aclareo

El 12 de septiembre las tres semillas por maceta emergieron por lo que se mataron dos de las tres plantas por macetas, obteniendo así una sola planta por maceta, misma planta que fue la que se quedo a lo largo del experimento y fue sometida como objeto de investigación.

Reacomodo de macetas

La superficie de debajo de las macetas estaba en contacto con el suelo de las camas y al tener en cada maceta orificios de drenaje se contaba con una cierta probabilidad de que las raíces de las plantas salieran hacia el sustrato de las camas ocasionando así que no se tuviera un buen control sobre el sustrato y el fertilizante aplicado, por lo que se elevó cada una de las macetas utilizando tres piedras por maceta, así tendríamos un espacio entre las macetas y el sustrato de las camas y las raíces no pasarían. Esta actividad se llevó a cabo el 12 de septiembre del 2008.

Riegos

Se aplicó un riego moderado cada tres días, ya que el frijol no necesita cantidades grandes de agua, además un exceso de agua en el cultivo generalmente provoca problemas ocasionados por hongos y podría reducir considerablemente la reacción de las plantas a los fertilizantes aplicados.

Eliminación de malezas

Se presentaron diversas malezas ocasionales en las macetas, mismas que fueron eliminadas de forma manual ya que tenderían a competir con las plantas que fueron objeto de estudio, las malezas fueron eliminadas conforme se fueron presentando.

Plagas

Se presentaron ocasionalmente especies de mosquita blanca de los invernaderos (MBI) (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), misma que fue controlada de forma manual ya que su presencia fue poca y no fue necesario un control químico.

Muestreos

A lo largo de este trabajo de investigación se llevaron a cabo cinco muestreos, cada muestreo con 10 días de margen uno del otro, se comenzó a muestrear el 19 de Septiembre, 10 días después de que el cultivo de frijol presentara más del 50 % de germinación (9 de Septiembre) que fue lo que se tomo como punto de partida para los muestreos, los muestreos con sus respectivas fechas se presentan en la siguiente tabla.

Cuadro 4. Fechas de muestreos.

Muestreo.	Fecha de muestreo
Primer muestreo	19 de septiembre
Segundo muestreo	29 de septiembre
Tercer muestreo	9 de octubre
Cuarto muestreo	19 de octubre
Quinto muestreo	29 de octubre

Variables evaluadas

- Altura de planta (AP): Se midió utilizando una regla de 30 centímetros, tomando la altura desde la base de la planta hasta la parte más alta, cada diez días, los datos se reportan en centímetros.
- Longitud de raíz (LR): Se midió utilizando una regla de 30 centímetros, tomando la longitud desde la base de la raíz hasta la punta de la misma, cada diez días, los datos se reportan en centímetros.
- Grosor de tallo (GT): Se midió utilizando un calibrador Vernier, tomando el dato en la base del tallo, cada diez días, los datos obtenidos se expresaran en centímetros.
- Numero de hojas (NH): Se conto de forma manual las hojas de cada planta por cada muestreo (cada 10 días).
- Numero de vainas por planta (NVP): se conto el numero de vainas que tenia cada planta, el conteo fue de forma manual en los últimos dos muestreos ya que fueron los últimos dos en los que se presento vaina.

Fase “B” (laboratorio)

Pruebas de germinación

Fueron realizadas en el laboratorio de semillas de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, se hicieron 3 “tacos” (papel de germinación enrollados), en cada taco se pusieron 25 semillas de frijol dando un total de

75 semillas, mismos tacos se enrollaron y se pusieron en una bolsa plastica y se metieron en un cuarto de germinación que se encuentra a 25 grados centígrados por 7 días, comenzando el jueves 21 de agosto, se realizo el primer conteo a los 4 días el lunes 25 de agosto, teniendo como resultado el 100% de las semillas germinadas, y posteriormente el conteo final fue el jueves 28 de agosto teniendo como resultado 74 plantas normales de 75 sembradas.

75 semillas----100 %

74 semillas---x= 98.66 % de germinación.

Con el 98.66 % de germinación se pudo comprobar que la semilla era viable, así que continuamos con esta semilla.

Variables evaluadas

- Área foliar (AF): Se dibujaron cada una de las hojas de la planta previamente disectadas en hojas blancas de máquina, y en base a una formula en la cual ya se había obtenido el peso de una hoja de 100 cm² se realizo una regla de tres simple y se obtuvo los centímetros cuadrados de

área foliar por cada planta, los resultados se presentaron en centímetros cuadrados.

- Peso seco de raíz (PSR): Se colocaron las raíces dentro de una bolsa de papel misma que se puso en una estufa de secado a 70 °C por 72 horas y subsecuentemente las raíces secas fueron pesadas en una balanza analítica, los datos fueron expresados en gramos.
- Peso seco de tallo (PST): Se pusieron los tallos dentro de una bolsa de papel y estas a su vez dentro de una estufa de secado a 70 °C por 72 horas y subsecuentemente los tallos secos fueron pesados en una balanza analítica, los datos fueron expresados en gramos.
- Peso seco de hoja (PSH): Se metieron las hojas dentro de una bolsa de papel y estas bolsas se colocaron dentro de una estufa de secado a 70 °C por 72 horas y subsecuentemente las hojas secas fueron pesadas en una balanza analítica, los datos fueron expresados en gramos.
- Peso seco de vaina (PSV): Se metieron las vainas de cada planta dentro de una bolsa de papel y estas bolsas se colocaron dentro de una estufa de secado a 70 °C por 72 horas y subsecuentemente las vainas secas fueron pesadas en una balanza analítica, los datos fueron expresados en gramos.
- Peso seco de flor (PSF): Se metieron las flores de cada una de las plantas dentro de una bolsa de papel y estas bolsas se colocaron dentro de una estufa de secado a 70 °C por 72 horas y subsecuentemente las flores secas fueron pesadas en una balanza analítica, los datos fueron expresados en gramos.

- Índices de crecimiento (IC): estos son datos que se obtienen en base a las variables agronómicas, los índices de crecimiento son:
 - Tasa de crecimiento relativo (TCR) ($\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$)
 - Tasa de asimilación neta (TAN) ($\text{g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$)
 - Relación de área foliar (RAF) ($\text{dm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)
 - Relación de peso foliar (RPF) ($\text{g}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)
 - Área foliar específica (AFE) ($\text{dm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)
- Coeficientes de bipartición de biomasa: esta variable se obtiene dividiendo el peso en gramos de algún órgano de la planta (raíz, tallo, hoja, etc.) por el peso total de la planta obteniendo así la cantidad correspondiente a cada uno de los órganos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

INDICES DE CRECIMIENTO

Tasa de crecimiento relativo (TCR)

Este índice de crecimiento se refiere a cada gramo de planta producido o nuevo por gramo de planta ya existente por día (De la Rosa, I.M, 2008).

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias (cuadro 5), se puede observar que en los primeros tres muestreos la tasa de crecimiento relativo permanece constante, para después bajar en los muestreos tres y cuatro y bajar aun mas de manera brusca para los últimos muestreos (cuatro y cinco), esto debido a que la planta en sus ciclos finales comienza con la producción de llenado de vainas y baja la producción de los gramos de planta en su afán de producir granos y continuar con su especie.

Presenta significancia solamente en el tercero y cuarto muestreo, observándose como mejores tratamiento al uno y dos, los coeficientes de variación para estos muestreos son bajos en comparación con los demás muestreos y con el análisis de varianza, esto nos dice que los resultados obtenidos son confiables.

Tasa de asimilación neta (TAN)

El índice de asimilación neta representa el aumento en peso seco por unidad de área foliar por tiempo y es un indicador de la eficiencia del cultivo en la producción de materia seca por unidad de área foliar. Por tratarse de un índice muy complejo. (Ascencio, J. y Sgambatti, L, 1975).

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias (cuadro 5), se puede observar los gramos por planta producidos por cada cm^2 por día tienden a ser bajos en el primero y segundo muestreo en comparación con los demás muestreos, ya que para el segundo y tercer muestreo los gramos producidos aumentan, y aumentan aun mas para el tercero y cuarto muestreo pero disminuyen bruscamente en los últimos dos muestreos (cuatro y cinco), esto debido a que al final del ciclo del cultivo de frijol, este inicia su fase de producción de vainas y llenado de granos y baja la producción de todos los demás órganos.

Se observa significancia en los últimos tres muestreos, pero para los muestreos tres y cuatro se observa como mejores tratamientos al cuatro, dos y tres, y para los muestreos posteriores únicamente se observa como mejores tratamientos al tres y cuatro. Los coeficientes de variación son cantidades bajas, entonces se puede asegurar que los datos observados son confiables.

Relación de área foliar (RAF)

De acuerdo al análisis de varianza y comparación de medias (cuadro 5), se puede observar que para el muestreo uno y dos la relación área foliar es muy elevada. Sin embargo esta expansión de las hojas no continua, ya que para el muestreo dos y tres tiende a bajar ligeramente. Para los muestreos tres y cuatro disminuye bruscamente en comparación con los anteriores y este tiende a aumentar ligeramente en los últimos muestreos (cuatro y cinco).

Esto debido al inicio de la fase reproductiva del cultivo y también por aumento del peso seco total de las plantas debido a la producción de frutos (Ascencio, J. y Sgambatti, L, 1975).

En los muestreos iniciales la relación de área foliar entre los datos de un mismo muestreo se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo los datos obtenidos en los muestreos tres y cuatro se observan diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo el valor más alto el tratamiento uno (testigo) y dos, en comparación con los demás. Para el muestreo cuatro y cinco también se observan diferencias significativas y de igual forma el tratamiento uno y dos siguen teniendo los resultados más altos.

Cabe mencionar que los coeficientes variación son aceptables así que los datos obtenidos son confiables

Relación de peso foliar (RPF)

En base al análisis de varianza y comparación de medias (cuadro5), se puede observar que para el muestreo uno y dos la cantidad de hoja ganada por gramo de planta ya existente es alta, manteniéndose de en forma constante en el muestreo dos y tres, pero en los siguientes muestreos (tres y cuatro), la cantidad baja bruscamente y para los últimos dos muestreo vuelve a subir a la misma cantidad de los muestreos iniciales, esto debido a que en el muestreo tres y cuatro la planta empieza a producir flores y frutos, produce menos cantidad de hojas, y tal como menciona (Ascencio, J. y sgambatti, L, 1975). que menciona que hacia el final del ciclo del cultivo el valor promedio de la RPF se mantiene relativamente bajo debido a la producción de frutos que aumentan el peso seco total de la planta.

Para los muestreos uno y dos se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos, para los muestreos dos y tres, se observa que existe diferencia significativa, dando como mejores resultados el tratamiento tres y cuatro en comparación con el testigo, para el muestreo tres y cuatro también existe diferencia significativa pero en este caso se observa un solo tratamiento como el mejor con respecto al testigo, este tratamiento es el tres. Y para los últimos dos muestreos (cuatro y cinco) nuevamente se observa a dos tratamientos como mejores y estos son el tratamiento dos y tres.

El análisis de coeficiente de variación tiene en todos los muestreos valores bajos, por lo tanto los datos mencionados son de gran confiabilidad.

Área foliar específica (AFE)

La importancia de la utilización de este índice se refiere a consideraciones relativas al espesor de las hojas de la planta en cada período de crecimiento, ya que el área foliar específica se calcula en función del área foliar por unidad de peso seco total de la hoja lo cual tomado al inverso representa los gramos de peso seco por unidad de área foliar, esto es el espesor de las hojas (Ascencio, J. y Sgambatti, L, 1975).

En base al análisis de varianza y comparación de medias (cuadro5), se puede observar que en los muestreos iniciales (uno, dos y tres), los valores de el área foliar específica son altos (hoja mas delgada), pero tiende a bajar bruscamente en los muestreos tres y cuatro, en donde la hoja se vuelve más gruesa, y posteriormente en los siguientes tratamientos (cuatro y cinco) la hoja se vuelve aun más gruesa, esto debido a que en las últimas etapas del ciclo del cultivo la planta empieza la producción de frutos y baja la producción de hojas por lo tanto las hojas existentes tienden a hacerse más gruesas.

Los resultados significativos se presentaron en los últimos muestreos, y los resultados por tratamiento son iguales, observándose como mejores tratamientos al uno y dos en ambos casos. Ya que el análisis de los coeficientes de variación son bajos, se cuenta con la confiabilidad de los resultados.

Cuadro 5. Análisis de varianza y comparación de medias de la evaluación de los índices de crecimiento aplicado a un cultivo de frijol, bajo diferentes dosis de fertilización.

Tratamiento	Variable	Números de muestreos			
		1-2	2-3	3-4	4-5
TESTIGO	TCR (g*g ⁻¹ *día ⁻¹)	0.044200 A †	0.055567 A	0.488 A	0.013 A
20-30-15		0.062833 A	0.076533 A	0.486 A	0.022 A
30-45-25		0.076400 A	0.092267 A	0.473 B	0.012 A
40-60-35		0.074167 A	0.0881333 A	0.4642 B	0.007 A
C.V (%)		47.01 NS	28.05 NS	1.29 *	73.43 NS
TESTIGO	TAN (g *dm ⁻² *día ⁻¹)	0.008767 A	0.096330 A	1.003 B	0.013 B
20-30-15		0.008000 A	0.010000 A	1.055 AB	0.013 B
30-45-25		0.008600 A	0.011867 A	1.020 AB	0.015 A
40-60-35		0.008367 A	0.011733 A	1.085 A	0.016 A
C.V (%)		19.00 NS	9.48 NS	2.38 *	6.22 *
TESTIGO	RAF (dm ² * g ⁻¹)	143.720825 A	127.660866 A	67.371 A	74.279 AB
20-30-15		163.811661 A	140.597855 A	59.338 AB	77.844 A
30-45-25		158.610336 A	130.030228 A	51.039 B	64.497 BC
40-60-35		160.899490 A	130.95337 A	49.595 B	58,509 C
C.V (%)		7.14 NS	8.94 NS	7.23 *	8.69 *
TESTIGO	RPF (g ⁻¹ * g ⁻¹)	0.392033 A	0.374100 B	0.201 B	0.382 B
20-30-15		0.426233 A	0.398733 AB	0.208 B	0.436 A
30-45-25		0.412400 A	0.437433 A	0.243 A	0.443 A
40-60-35		0.447367 A	0.433867 A	0.212 B	0.414 AB
C.V (%)		4.80 NS	5.83 *	7.43 *	5.60 *
TESTIGO	AFE (dm ² * g ⁻¹)	366.019989 A	342.028351 A	269.93 A	193.63 A
20-30-15		389.848907 A	357.548859 A	232.87 AB	179.19 A
30-45-25		385.099274 A	307.135040 A	177.63 B	145.87 B
40-60-35		360.052338 A	299.284882 A	189.81 B	141.02 B
C.V (%)		8.21 NS	12.93 NS	12.48 *	10.0 *

† Promedios seguidos de la misma letra, en las columnas, no son estadísticamente diferentes. (Tukey, p=0.05).

*, NS=diferencias significativas (p=0.05), altamente significativa (p=0.01) y no significativa.

C.V.=Coeficiente de variación.

COEFICIENTES DE PARTICION DE BIOMASA

Raíz

En base al análisis de varianza y comparación de media de la evaluación de los coeficientes de partición de biomasa (cuadro 6), se puede observar que la cantidad de masa enviada por la planta hacia la raíz en los primeros tres muestreos es relativamente alta en comparación con los demás muestreos, ya que para muestreo tres y cuatro baja considerablemente y para el cuarto y quinto baja aun mas, esto debido a que la planta en los principios de su ciclo biológico aumentan rápidamente sus raíces, esto para poder asirse al suelo y tener una mayor zona de obtención de agua y nutrientes, y al conseguir estas características baja la cantidad de masa enviada hasta este órgano y la planta se enfoca en las producción de hojas y posteriormente de fruto.

Existe significancia solamente para los muestreos tres y cuatros, observándose como mejor tratamiento al número uno (testigo) en comparación con los demás, y dado que el coeficiente de variación para estos muestreos es relativamente pequeño se puede decir que los datos son confiables.

HOJA

En base al análisis de varianza y comparación de media de la evaluación de los coeficientes de partición de biomasa (cuadro 6), se puede observar que las cantidad de biomasa enviada por la planta hacia las hojas tiende a permanecer constantes en todos los muestreos, sin embargo existe significancia para el segundo y tercer muestreo, observándose como mejor resultado el tratamiento cuatro con respecto al testigo y dado que el coeficiente de variación es bajo el resultado obtenido se considera confiable.

FLOR

Este órgano de la planta se presento en los últimos muestreos (tres, cuatro y cinco) por lo que solamente se presentan resultados en estos muestreos, a pesar de que solamente son dos datos existe significancia para el tercero y cuarto muestreo, observándose como mejor resultado el de el tratamiento cuatro el cual es mucho mayor al testigo, pero dado que el coeficiente de variación es muy alto el resultado obtenido es dudoso.

Cabe mencionar que los índices de partición de biomasa de la vaina y el tallo nos fueron presentados ya que se observan datos muy similares tanto en tratamientos como en repeticiones por lo tanto no presentan ningún nivel de significancia.

Cuadro 6. Análisis de varianza y comparación de medias de la evaluación de los coeficientes de partición de biomasa, aplicado a un cultivo de frijol, bajo diferentes dosis de fertilización.

Tratamiento	C.P.B.	Fechas de los cinco muestreos.				
		19/09/08	29/09/08	09/10/08	19/10/08	29/10/08
TESTIGO	RAIZ	0.264 A †	0.257 A	0.190 A	0.155 A	0.122 A
20-30-15		0.241 A	0.239 A	0.145 B	0.136 A	0.107 A
30-45-25		0.293 A	0.214 A	0.124 B	0.103 A	0.095 A
40-60-35		0.275 A	0.225 A	0.157 AB	0.114 A	0.097 A
C.V (%)		15.67 NS	17.73 NS	12.84 *	29.80 NS	12.03 NS
TESTIGO	TALLO	0.030 A	0.392 A	0.411 A	0.381 A	0.330 A
20-30-15		0.293 A	0.373 A	0.443 A	0.332 A	0.389 A
30-45-25		0.275 A	0.391 A	0.394 A	0.371 A	0.340 A
40-60-35		0.279 A	0.324 A	0.424 A	0.362 A	0.335 A
C.V (%)		8.63 NS	8.64 NS	7.03 NS	16.56 NS	8.41 NS
TESTIGO	HOJA	0.434 A	0.349 B	0.398 A	0.393 A	0.378 A
20-30-15		0.465 A	0.386 B	0.410 A	0.479 A	0.392 A
30-45-25		0.430 A	0.394 B	0.488 A	0.467 A	0.419 A
40-60-35		0.444 A	0.449 A	0.417 A	0.423 A	0.405 A
C.V (%)		6.05 NS	6.31 *	7.53 NS	10.56 NS	5.30 NS
TESTIGO	FLOR	0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.051 B	0.052 A
20-30-15		0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.125 B	0.004 A
30-45-25		0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.418 B	0.037 A
40-60-35		0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.998 A	0.050 A
C.V (%)		0.0 NS	0.0 NS	0.00 NS	69.11 *	121.35 NS
TESTIGO	VAINA	0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.067 A	0.115 A
20-30-15		0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.047 A	0.101 A
30-45-25		0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.040 A	0.106 A
40-60-35		0.0 A	0.0 A	0.0 A	0.049 A	0.109 A
C.V (%)		0.0 NS	0.0 NS	0.0 NS	31.84 NS	8.53 NS

† Promedios seguidos de la misma letra, en las columnas, no son estadísticamente diferentes. (Tukey, $p=0.05$).

*, NS=diferencias significativas ($p=0.05$), altamente significativa ($p=0.01$) y no significativa.

C.V.=Coeficiente de variación.

C.P.B.=Coeficientes de partición de biomasa.

En base a los datos obtenidos en el análisis de varianza y comparación de medias de la evaluación de los índices de crecimiento (cuadro 5) y los obtenidos en el análisis de varianza y comparación de medias de la evaluación de los coeficientes de partición de biomasa (cuadro 6), se puede observar como mejor tratamiento al número cuatro (40-60-35), ya que es el tratamiento que aparece como mejor resultado en la mayoría de los datos con significancia, y la mayoría de los coeficientes de variación en donde se observa como el mejor son pequeños por lo que los resultados son confiables.

CONCLUSION

La hipótesis planteada en este trabajo de investigación es aceptada ya que el uso de fertilizante en el cultivo de frijol, mejora el crecimiento y desarrollo del mismo.

Sin embargo las dosis que en este trabajo fueron evaluadas no mejoraron significativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas de frijol, por lo tanto se deberán evaluar dosis más elevadas de fosforo y potasio para ver si con ellas se obtiene una contribución significativa, ya que por naturaleza las plantas de frijol son fijadoras de nitrógeno.

LITERATURA CITADA

Acosta, G. J. A. y P. Pérez H., 2003. La situación del cultivo del frijol en México. Producción e investigación. Programa de frijol del INIFAP; www.cnpaf.ambrapa.br/negocios/ser_doc/anais/palestras/mesa1a.pdf

Alcalde, B.C, 1980. Nutrición vegetal. Apuntes mimeografiados. Colegio de posgraduados. Chapingo, México.

Ascencio, J. y Sgambatti L., 1975. Análisis de crecimiento en tres cultivares de caraotas venezolanas (*Phaseolus vulgaris* L. cv 'Coche', cv 'Cubagua', cv 'Tacarigua'), en condiciones de campo. *Agronomía tropical* 25(2):125-147

California Plant Health Association, 2004. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. Ed. Limusa. México

Cooke, G.W., 1969. Fertilizantes y sus usos. Ed. Continental, S.A. México.

Cooke, G.W., 1992. Fertilización para rendimientos máximos. Ed. Continental, S.A. de C.V. México.

De la Cruz, J.A., 2008. Comunicación personal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de compras. Área de invernaderos. Saltillo, Coahuila, México.

De la Rosa, I.M., 2008. Comunicación personal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de fisiología vegetal. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Fertilizantes de liberación lenta, tipos, evaluaciones y aplicaciones, 1992. Ed. Mundiprensa. Madrid.

Gilbeart, H.C., 1958. Fertilizantes comerciales, sus fuentes y uso. Ed. Salvat editores S.A. México.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Alubia#Variedades>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Biofertilizante>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fertilizante>

<http://redexperimental.gob.mx/descargar.php?id=477>.

<http://riie.com.ve/?a=21651>

<http://www.anffe.com/noticias/2008/2008-06->

[02%20La%20importancia%20de%20los%20fertilizantes%20en%20una%20agricultura%20actual%20productiva%20y%20sostenible/LA%20IMPORTANCIA%20DE%20LOS%20FERTILIZANTES.pdf](http://www.anffe.com/noticias/2008/2008-06-02%20La%20importancia%20de%20los%20fertilizantes%20en%20una%20agricultura%20actual%20productiva%20y%20sostenible/LA%20IMPORTANCIA%20DE%20LOS%20FERTILIZANTES.pdf)

<http://www.fertilizando.com/articulos/Importancia%20del%20fosforo%20organico%20del%20suelo.asp>

<http://www.geocities.com/lawebdetodospecies/pag23.html>

http://www.happyflower.com.mx/Guia/05_Fertilizantes.htm#EFECTOS_DEL_NITRÓGENO_EN_LAS_PLANTAS:

<http://www.infojardin.net/glosario/loam/macronutriente-macronutrientes.htm>

http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_frijol.pdf

<http://www.miracle-gro.com.mx/fertilizantes.html>

1.-<http://www.monografias.com/trabajos4/elfrijol/elfrijol.shtml>

2.-<http://www.monografias.com/trabajos4/elfrijol/elfrijol.shtml?relacionados>

3.-<http://www.monografias.com/trabajos55/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso/biofertilizante-frijol-suelo-arenoso.shtml>

<http://www.organicusa.net/beneficios-fertilizantes-organicos>

<http://www.rosesocietyuruguay.com/fertilizantes.htm>

http://www.sra.gob.mx/internet/informacion_general/programas/fondo_tierras/manuales/Produccion_Frijol.pdf

<http://www.tierrafertil.com.mx/word/TF.doc>.

<http://www.uam.es/docencia/museovir/web/Museovirtual/fundamentos/nutricion%20mineral/micronutrientes.htm>

Manual de fertilización y productividad del suelo agrícola, 2006. Una guía pasó a paso. –México trillas. México.

Miranda, C.S., 1976. Mejoramiento genético en México en producción de granos y forrajes. Ed. Limusa México.

Muñoz, D.J.G., 1983. Usted, la tierra, los abonos y los frutos. Ed. Diana. México.

Navarro, F.J., 1983. Marco de referencia del área en Frijol en el noreste de México (tecnología de producción). Ed. Impre-jal, S.A. México.

Rodríguez, G.R. *et. a.*, 2003. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en sistemas agrícolas que aprovechan escurrimientos. Universidad Autónoma agraria Antonio Narro, México.

Sáenz, M.A., 1962. Curso técnico sinóptico de algunos cultivos de Costa Rica. El frijol común. Universidad de Costa Rica, Serie agronomía No. 4. Costa Rica.

Secretaria de Educación Pública (SEP), 1990. Manuales para la educación agropecuaria. Frijol y chícharo. Área de producción vegetal. Basado en el trabajo de David B. Parsons. Ed. Trillas. 2^a ed. México.