

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento Agronómico de Frijol Ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en la
Producción de Ejote con Fertilización Química versus Orgánica en
Diferentes Dosis en Saltillo, Coahuila

Por:

GRACIELA SÁNCHEZ SÁNCHEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento Agronómico de Frijol Ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en la
Producción de Ejote con Fertilización Química Versus Orgánica en
Diferentes Dosis en Saltillo, Coahuila

Por:

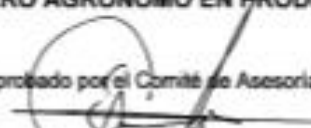
GRACIELA SÁNCHEZ SÁNCHEZ

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobado por el Comité de Asesoría:


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Asesor Principal


M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado
Coasesor


Dra. Ma. Elizabeth Gelindo Cepeda
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre, 2017

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** padre, por darme fuerza, salud y voluntad; Por concederme alcanzar mis metas planteadas y por permitirme lograr alcanzar lo que ahora tengo.

A mi **Alma Mater**, por brindarme un lugar para poder realizar mis estudios y prepararme como profesionista.

A mis **padres** por prepararme y enseñarme a volar hacia nuevos horizontes que me llevarían a ser una persona de bien, mil gracias a mis padres que siempre los traigo en mi corazón y mi mente en todo momento.

De igual manera agradezco las siguientes personas por su apoyo humano y profesional para que este trabajo se realizara exitosamente.

Al **Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo** por brindarme su apoyo en la revisión de este trabajo y sobre todo en el tiempo para llevar a cabo el proyecto.

Al **M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado** por haberme brindado su apoyo, conocimiento y sobre todo tiempo para poder llevar a cabo este proyecto de investigación.

A todos aquellos profesores quienes me compartieron sus conocimientos para lograr ser una profesionista.

De igual manera a mis amigos que apoyaron para que esta investigación se implementara, así como el apoyo que me brindaron en los buenos y malos momentos de mi vida. A Ramiro Crisóstomo, Roni, Roberto, Anacely y Silvia. De igual manera a los compañeros de la carrera por los momentos felices que pasamos,juntos.

DEDICATORIA

Especialmente a mis padres:

Sr. Juan Sánchez Gómez y

Sra. Esperanza Sánchez Gómez.

Con mucho cariño y aprecio, a ti Madre por tu ternura y comprensión, por el calor de amor que nunca me ha faltado, a ti Padre por tus sabios consejos y razones, gracias por cada día de sus vidas que lucharon para verme crecer, y educarme de la mejor manera y doy gracias a dios por todos los días y momento que estoy con ellos, los quiero mucho, espero no defraudarlos mientras Dios me regale más tiempo de vida.

A mis hermanos **Delfina, Humberto, Javier, Martin, Patricio y Francisco** aparte de apoyarme y ser tan entusiastas conmigo, quienes nunca me han dejado de dar consejos el estar unidos en las buenas y en las malas han sido mi motivación a seguir adelante y, por compartir su simpatía y alegría, me siento orgullosa de tener hermanos como ustedes donde solo se conoce el amor.

En especial a mi hermano **Francisco** que durante toda la licenciatura me brindó su apoyo emocional, en darme los consejos necesarios para echarle todas las ganas para alcanzar un sueño que con las personas más amada lo inicié.

A mi novio **Roberto Ruiz Solano** por dame todo su amor, apoyo y comprensión en los momentos felices y difíciles de mi vida, en cada paso y en cada momento de mi vida.

A todos mis amigos y compañero de la carrera quienes han estado conmigo en los momentos felices y difíciles de mi vida.

INDICE DE CONTENIDO

Descripción	Página
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
INDICE DE CONTENIDOS	III
INDICE DE CUADROS	V
INDICE DE FIGURAS	VI
RESUMEN	VIII
INTRODUCCION	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades del cultivo.....	4
Requerimientos climáticos y edafológicos.....	16
Preparación del terreno.....	18
Prácticas de cultivo.....	21
Principales plagas y enfermedades.....	23
Rendimiento del frijol ejotero.....	24
Fertilización del frijol.....	25
Los fertilizantes.....	28
MATERIALES Y METODOS	46

Localización del lugar del experimento.....	46
Material genético.....	47
Tratamientos.....	48
Control de plagas y enfermedades.....	50
Parámetros evaluados.....	50
Análisis estadístico.....	52
RESULTADOS Y DISCUSION.....	54
CONCLUSIONES.....	67
LITERATURA CITADA.....	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Descripción	Página
2.1	Las etapas de crecimiento para el ciclo del frijol, desde la siembra hasta la cosecha.....	8
2.2	Composición química del frijol ejotero.....	15
2.3	Peso y tamaño de las semillas.....	15
2.4	Variedades de frijol ejotero de acuerdo a condiciones climatológicas.....	16
2.5	Marcos de siembra.....	19
2.6	Principales plagas que atacan al frijol ejotero.....	23
2.7	Principales enfermedades que atacan el frijol ejotero.....	24
2.8	Producción agrícola de frijol ejotero en la región de Saltillo, Coahuila en el ciclo año agrícola OI + PV en la modalidad de riego + temporal del (2003-2008).....	24
2.9	Requerimiento de nutrimentos (kg) para producir una tonelada de grano.....	34
3.1	Principales características de la variedad utilizada.....	47
3.2	Descripción de los tratamientos del experimento.....	49
3.3	Productos químicos y dosis utilizados para el control de plagas y enfermedades.....	50
4.1	Cuadros medios del análisis de varianza en las variables evaluadas en frijol ejotero producidas en Saltillo, Coahuila.....	56
4.2	Cuadros medios del análisis de varianza en las variables evaluadas en frijol ejotero producidas en Saltillo, Coahuila.....	56

INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Descripción	Página
2.1	Hábitos de crecimiento del frijol ejotero.....	7
2.2	Etapas de desarrollo de la planta de frijol.....	8
2.3	Vaina del frijol ejotero.....	15
2.4	Principales estados productores de frijol, 2013-2015 (Miles de toneladas).....	25
3.1	Localización del área experimental.....	46
4.1	Comparación de medias de la variable clorofila en frijol ejotero en 2015.....	61
4.2	Comparación de medias de la variable cobertura de planta en frijol ejotero en 2015.....	61
4.3	Comparación de medias de la variable altura de planta en frijol ejotero en 2015.....	62
4.4	Comparación de medias de la variable peso fresco total en frijol ejotero en 2015.....	62
4.5	Comparación de medias de la variable vainas por planta en frijol ejotero en 2015.....	63
4.6	Comparación de medias de la variable de diámetro de vaina evaluada en frijol ejotero en 2015.....	63
4.7	Comparación de medias de la variable longitud de vaina	64

	evaluada en frijol ejotero en 2015.....	
4.8	Comparación de medias de rendimiento, peso fresco total (ton ha ⁻¹) de frijol ejotero evaluada en 2015.....	64

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Bajío de la UAAAN en Saltillo, Coahuila, México, durante el ciclo agrícola primavera - verano 2015, con el objetivo de evaluar los diferentes efectos de la fertilización química versus orgánica a partir de los derivados de lombriz (líquido) en su comportamiento agronómico y rendimiento en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de campo abierto. Se evaluaron las variables, clorofila, cobertura y altura de planta en cuatro fechas de muestreo, y vainas por planta, diámetro de vaina, longitud de vaina, peso fresco de vaina (peso total) y rendimiento en dos cosechas. Los resultados se analizaron con un diseño bloques completamente al azar. Los resultados presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en la fuente de variación fechas, observando que en la variable clorofila, cobertura y altura de planta presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variación fechas. En la variable clorofila presentó diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) en la fuente de variación tratamientos*fechas. Mientras que en las variables evaluadas de acuerdo a la fuente de variación cosechas; peso fresco de vaina (peso total) y longitud de vaina presentaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), observando que en vainas por planta y diámetro de vaina presentaron diferencias al $P \leq 0.01$. En rendimiento no se presentó diferencias

significativas en ninguna de las fuentes de variación evaluadas, sin embargo, en peso fresco de vaina (peso total), el T1 presentó el mayor rendimiento con 6.867 ton ha⁻¹, mientras que el T2 obtuvo el valor más bajo con 5.698 ton ha⁻¹, el T3 y T4 presentaron valores intermedios. Con esto se concluye que el T1 presentó el mejor rendimiento numéricamente.

Palabras Claves: Frijol ejotero, Black Valentine, fertilización química, fertilización orgánica, campo abierto.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es un cultivo tradicional en México que se ha consumido desde hace miles de años, es una excelente fuente de proteína y se complementa con el maíz. Sin embargo, los rendimientos unitarios que se obtienen en México son bajos debido a que en su mayor parte esta especie se cultiva en áreas de temporal errático, donde con frecuencia ocurren períodos de sequía, prevalecen por lo general en suelos pobres en nutrientes y bajo contenido de materia orgánica, así como baja capacidad de retención de humedad. Por otra parte, es importante considerar que el cultivo de frijol tiene gran importancia social porque de acuerdo a cifras oficiales (SAGARPA, 2010) existen 570,000 productores, además de que genera 76'000,000 de jornales que equivalen a 382,000 empleos permanentes en México.

Prácticamente el 80% de la superficie agrícola dedicada al cultivo de frijol se fertiliza en diversas fuentes y dosificaciones, dependiendo de la capacidad económica del productor; en la mayoría de los casos se aplican sin el rigor técnico requerido, lo que ha reflejado en que muchos productores apliquen cantidades desmesuradas de fertilizantes, principalmente de origen inorgánicos, ocasionando una baja rentabilidad del cultivo, lo que hace necesario impulsar la investigación para desarrollar nuevos insumos, con el fin

de proveer innovaciones tecnológicas que tiendan a maximizar el ingreso. Bajo estas condiciones, se presenta la alternativa de utilizar tecnologías compatibles con la actividad microbiológica para favorecer la nutrición de las plantas. De tal manera que una adecuada fertilización en cantidad, lugar y momento puede impactar en una mayor producción de granos en las vainas y mayor peso del grano. Es por esto que en la actualidad existe la preocupación entre los consumidores por preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial los degustados en fresco; una alternativa para la generación de este tipo de alimentos es la producción orgánica, método agrícola en el que no se deben de utilizar productos agroquímicos sintéticos (UE, 1991; IFOAM, 2003; USDA, 2004).

Bajo esta premisa, el uso indiscriminado de los fertilizantes químicos trae un desequilibrio ambiental, además de que sus costos se han incrementado. Por lo anterior se tiene la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas, aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de la agricultura (Ramírez, 2005), a la vez de que es una respuesta a una mejora en las prácticas agrícolas (Nieto *et al.*, 2002), a esto se le ha denominado agricultura orgánica, la cual ha sido impulsada favorablemente entre los consumidores quienes pagan un plus adicional a lo producido de manera inorgánica.

Dentro de la agricultura orgánica se encuentran sustratos derivados por la lombriz de tierra, frecuentemente denominados vermicompost, los cuales son de tamaño fino, con alta porosidad y por ende aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost comparado con la materia prima que lo genera tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico y un elevado contenido de ácidos húmicos totales (Ndegwa y Thompson, 2000), además de que es más económico y puede ser accesible al bolsillo del pequeño productor. Por todo lo anterior, el presente trabajo de investigación tiene como finalidad el siguiente:

Objetivo:

Evaluar los diferentes efectos de la fertilización química versus orgánica a partir de los derivados de lombriz en su comportamiento agronómico y rendimiento en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de campo abierto.

Hipótesis

- La fertilización química presentara mejores resultados de rendimientos que la fertilización orgánica de acuerdo a las dosis de fertilizantes empleados.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades del cultivo

Los estudios arqueológicos revelan que el frijol se origina en el continente americano. Según Paredes *et al.*, (2006) aún se trabaja para determinar con exactitud el origen y el proceso de domesticación que incluye a tres regiones principales: 1) sur de los Andes, que va desde el sur de Perú hasta San Luis, Argentina; 2) norte de los Andes, que comprende el occidente de Venezuela y el norte de Perú, y 3) Mesoamérica, que va desde la región de los valles, que conforman los ríos Pánuco y Santiago en México hasta el norte de Costa Rica. Lo que parece estar más claro es que el frijol fue domesticado en regiones de América Latina hace más de 7.000 años (Gepts y Debouck, 1991). Se argumenta que a principio del siglo XVI, durante la conquista española, fueron los españoles quienes llevaron a Europa las primeras semillas de frijol. Según Flores (2004), el desplazamiento de las primeras semillas al viejo continente se debe al propio Cristóbal Colón. Actualmente se cultiva en muchas partes del mundo, ya que se ha adaptado a diversos climas.

En el Banco de Germoplasma del Programa de Recursos Genéticos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, se conserva la colección de frijol más grande y diversa del mundo con cerca de 36.000 variedades de

Phaseolus spp. a la fecha, correspondientes a 44 taxas provenientes de 109 países.

El género *Phaseolus* consta de 183 especies aproximadamente, de las cuales 126 proceden del continente americano, 54 del sur de Asia y oriente de África, dos de Australia y una de Europa. El frijol ejotero con rendimientos entre ocho y 14 ton ha⁻¹, es una buena alternativa para la rotación de cultivos, debido a su buena aceptación en el mercado nacional como internacional. En el noroeste del país, se han llegado a sembrar hasta 248,000 has al año en condiciones de riego, humedad residual y temporal; dichas siembras se realizan generalmente en suelos de barrial, donde la mayoría presentan deficiencias de nitrógeno y en menor superficie son deficientes en fosforo.

En la región agrícola noroeste, un alto porcentaje de productores aplican fertilizantes nitrogenados, algunos también aplican fertilizantes a base de fosforo y son pocos los agricultores que no aplican abono al frijol, por lo que los rendimientos por hectárea son superiores a las medias de producción que se obtienen a nivel nacional (Camargo, 1999).

Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de acuerdo a FIRA (2001), es de la siguiente manera:

Reino: *Plantae*
Subreino: *Eucariota*
División: *Magnoliophyta*
Subdivisión: *Angiosperma*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Fabales*
Familia: *Leguminosae*
Subfamilia: *Papilionoideae*
Tribu: *Phaseoleae*
Subtribu: *Phaseolinae*
Género: *Phaseolus*
Especie: *Vulgaris L.*

Clasificación taxonómica del frijol, (*Phaseolus vulgaris* L.).

Descripción botánica

Inflorescencia

La planta cultivada se caracteriza por ser anual, produciendo una vegetación rápida, floreciendo y fructificando muy pronto. El crecimiento puede ser determinado o indeterminado (Figura 2.1); en el primer caso, el tallo principal acaba en racimo floral, mientras que en el segundo lo hace siempre en un ápice vegetativo, la planta es trepadora, enroscándose el tallo a un soporte, en el sentido contrario a las agujas del reloj (Sobrino y Sobrino, 1992).

Según Galván (1976), las variedades de crecimiento determinado son más resistentes a la sequía, tienen menos necesidades de nutrientes, luz, menor

incidencia de plagas, ciclo más corto y aunque los de tipo indeterminado tienen una mayor producción se consideran más apropiadas las variedades enanas para el cultivo comercial.

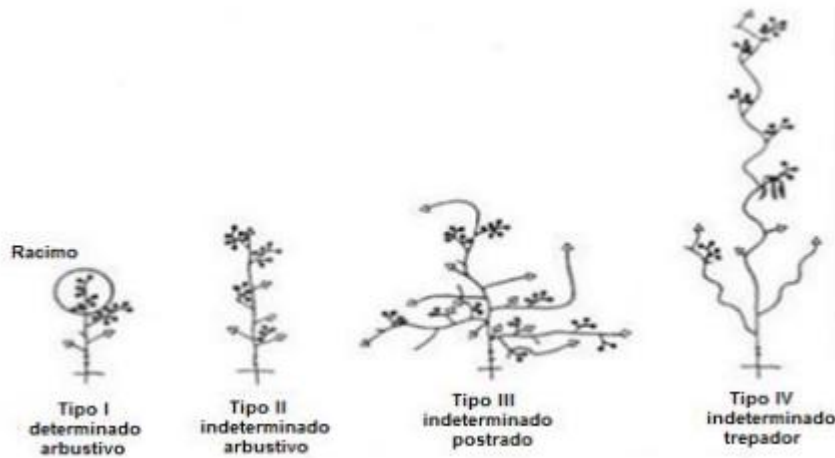


Figura 2.1. Hábitos de crecimiento del frijol ejotero

Ciclo vegetativo y fenología del frijol

El frijol es una planta herbácea anual. Su ciclo vegetativo puede variar entre 80 (variedades precoces) y 180 días (variedades trepadoras). Dicho lapso se encuentra determinado sobre todo por el genotipo de la variedad, hábito de crecimiento, clima, suelo, radiación solar y fotoperiodo (Ortiz, 1998). El CIAT (1982) ha establecido una escala para diferenciar las etapas de desarrollo del frijol, basada en la morfología de la planta y en los cambios fisiológicos que se suceden durante el desarrollo. Su ciclo biológico se divide en dos fases sucesivas: vegetativa y reproductiva. La fase vegetativa se inicia cuando se le brindan a la semilla las condiciones para iniciar la germinación, y termina

cuando aparecen los primeros botones florales. La fase reproductiva está comprendida entre la aparición de los primeros botones florales y la madurez de la cosecha. En el desarrollo de la planta de frijol se han identificado 10 etapas (CIAT, 1982), las cuales están delimitadas por eventos fisiológicos importantes, como se puede ver en la Figura 2.2. La identificación de cada etapa se hace en base a un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa particular (V= fase vegetativa, R= fase reproductiva). El número indica la posición de la etapa en la escala (Cuadro 2.1 y Figura 2.2).

Cuadro 2.1. Las etapas de crecimiento para el ciclo del frijol, desde la siembra hasta la cosecha.

Etapas	Días
Germinación	10-13
Germinación-Floración	35-45
Floración-1ª Cosecha verde	07-15
Floración- Recolección de semilla	35-38
Total	87-111

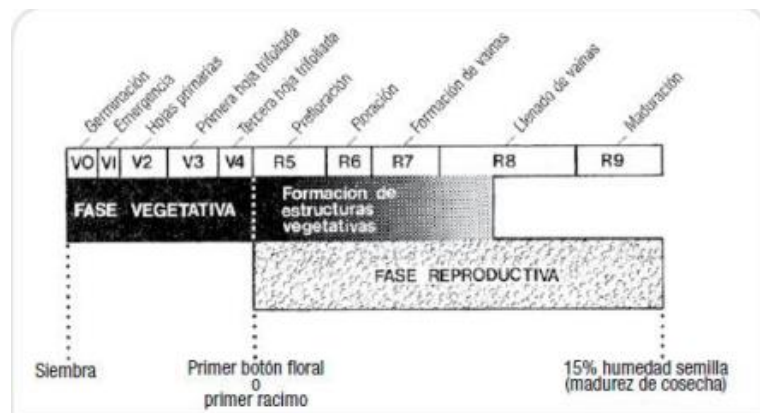


Figura 2.2 Etapas de desarrollo de la planta de frijol.

Fuente: Arias *et al.*, 2007.

Etapas de la fase vegetativa:

Etapa V0 (Germinación). La semilla absorbe agua y ocurren en ella los fenómenos de división celular y las reacciones bioquímicas que liberan los nutrientes de los cotiledones. Emerge luego la radícula, que posteriormente se convierte en raíz primaria al aparecer sobre ella las raíces secundarias; el hipocótilo también crece, y quedan los cotiledones al nivel del suelo.

Etapa V1 (Emergencia). Se inicia cuando los cotiledones aparecen a nivel del suelo. El hipocótilo se endereza y sigue creciendo, los cotiledones comienzan a separarse y luego se despliegan las hojas primarias.

Etapa V2 (Hojas primarias). Comienza cuando las hojas primarias de la planta están desplegadas. En un cultivo se considera que esta etapa se inicia cuando el 50% de las plantas presentan esta característica. Los cotiledones pierden su forma arrugándose y arqueándose.

Etapa V3 (Primera hoja trifoliada). Se inicia cuando la planta presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana. En un cultivo esta etapa se inicia cuando el 50% de las plantas han desplegado la primera hoja trifoliada.

Etapa V4 (Tercera hoja trifoliada). Comienza cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada. En un cultivo comienza esta etapa cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. A partir de esta etapa se hacen diferenciables algunas estructuras vegetativas como el tallo, las ramas y las hojas trifoliadas.

Etapas de la fase reproductiva:

Etapa R5 (Prefloración). Se inicia cuando aparece el primer botón floral. Para un cultivo se considera que esta etapa comienza cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. En las variedades determinadas los primeros botones se observan en el último nudo del tallo. En cambio, en las variedades indeterminadas se ven los nudos inferiores.

Etapa R6 (Floración). Se inicia cuando la planta presenta la primera flor abierta, y en un cultivo cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. La primera flor abierta corresponde al primer botón floral que aparece. En las variedades de hábito determinado la floración comienza en el último nudo del tallo y continúa en forma descendente. Por el contrario, en las variedades de crecimiento indeterminado, la floración comienza en la parte baja del tallo y continúa en forma ascendente. Una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita y la vaina inicia su crecimiento.

Etapa R7 (Formación de las vainas). En una planta, esta etapa se inicia cuando aparece la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida, y en condiciones de cultivo cuando el 50% de las plantas presenta esta característica. Inicialmente, la formación de las vainas comprende el desarrollo de las valvas. Durante los primeros 10 o 15 días después de la floración, ocurre principalmente un crecimiento longitudinal de la vaina y poco crecimiento de la semilla. Cuando las valvas alcanzan su tamaño final y el peso máximo, se inicia el llenado de las vainas.

Etapa R8 (Llenado de las vainas). Se inicia cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina. Comienza entonces el crecimiento activo de las semillas. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde, así comienzan a adquirir las características de la variedad.

Etapa R9 (Maduración). Esta etapa es la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración del cultivo. Se caracteriza por la maduración y secado de las vainas. Un cultivo inicia esta etapa cuando el 50% de las plantas por lo menos una vaina inicia su decoloración y secado. Las vainas, al secarse, pierden su pigmentación; el contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar del 15 al 20%, momento en el cual alcanzan su coloración típica.

Germinación

Para el caso del frijol, se considera un periodo de 10 a 13 días para alcanzar una germinación del 95 al 100% (De la Cruz, 1995).

Sistema radicular

El tipo de raíz del frijol, es pivotante y fibrosa, un eje principal con numerosas raicillas que se encuentran principalmente cercanas a la superficie. La raíz puede alcanzar hasta 1.2 m de profundidad, pero generalmente se encuentra entre los primeros 20-25 cm y en un diámetro de 5 cm (Galván, 1976). En general, 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. (CIAT, 1984).

Parte aérea

Tallo

Es el eje central de la planta, formado por la sucesión de nudos y entrenudos. Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. El tallo es epigeo, herbáceo y delgado, aunque de mayor diámetro que las ramas generalmente. Puede ser erecto, semipostrado y postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las

raíces y el primer nudo se llama hipocótilo. El epicotilo es la parte comprendida entre el primer y segundo nudo. El tallo presenta un desarrollo característico en su parte terminal, que depende del hábito de crecimiento de la variedad. Si es de crecimiento determinado el tallo termina en una inflorescencia que, al aparecer hace que cese su crecimiento. Si el hábito de crecimiento es indeterminado, el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo que le permite seguir creciendo (CIAT, 1984).

Ramas

Se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en las axilas, aunque también se localizan en la inserción de los cotiledones. Es el denominado complejo axilar o tríada, 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:

1. Completamente vegetativo: las tres yemas son vegetativas.
2. Floral y vegetativo: yemas florales y vegetativas.
3. Completamente floral: las tres yemas son florales.

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 primeras hojas son sencillas y nacen de entre los cotiledones, son de forma acorazonada con peciolo grueso y pubescente. Las hojas posteriores son alternas y trifoliadas, con foliolos cordiformes y de superficie pubescente y abullonada. El borde es entero y contiene nerviaciones bien desarrolladas. Las hojas tienen formas más o menos oval, de textura lisa o reticulada, su color varía desde amarillento hasta verde oscuro (Parsons, 1981).

Flor

De forma pediculada, las flores emergen del tallo en forma axilar o terminal, cáliz lobuloso con cinco gamosépalos, cinco pétalos en donde los colores principales son el blanco, violeta, rosa y amarillo, aunque a veces se presentan bicolores, los pétalos forman una corola especial con un estandarte en la parte superior, dos a las laterales generalmente ovaladas y dos pétalos posteriores más chicos, que están unidos por los bordes formando la quilla (Parsons, 1981). La estructura interior de la flor la componen 10 estambres de los cuales nueve están soldados y el restante libre, el estilo es largo y filiforme con filamentos, el estigma es oblicuo en relación al estilo y colocado en la parte interna de este.

Fruto

Una vaina generalmente de forma lineal, más o menos comprimida aunque a veces de sección circular, la cual es mejor en el ejotero; su forma es grueso y

color es variable. El tamaño de las vainas varía de seis a 20 cm de longitud, de 0.8 a 1.8 cm de diámetro, donde las delgadas y largas son de mejor calidad según Debouck e Hidalgo (1984). Las vainas con menos cantidad de fibra son las de mayor calidad en su consumo fresco. El número de semillas por vaina varía de tres a nueve, pero generalmente es de cuatro a siete (Parsons, 1981).

Cuadro 2.2. Composición química del frijol ejotero

Compuesto	%
Agua	89.0
Glúcidos	7.0
Prótidos	2.4
Minerales	1.4
Grasas	0.2
Total	100

Fuente: Parsons, 1981

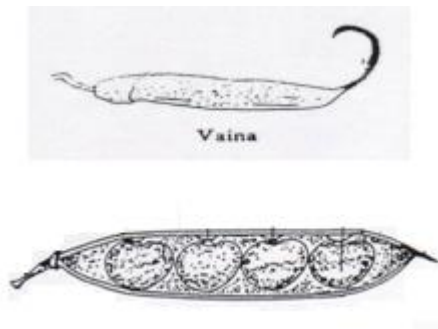


Figura 2.3. Vaina del frijol ejotero

Cuadro 2.3. Peso y tamaño de las semillas de frijol ejotero

No. De semillas	Tamaño	Peso (grs.)
100	Pequeñas	20-30
100	Medianas	40-50
100	Grandes	50-60

Fuente: Parsons, 1981

Requerimientos Climáticos y Edafológicos

Clima

Los requerimientos de clima difieren mucho con respecto a las especies del frijol, por ejemplo, el frijol común se desarrolla bien en regiones templadas y tropicales con lluvias abundantes, entre los 1000 y 1500 mm de precipitación anuales en promedio. Esta especie no es resistente a las heladas. Las lluvias durante la floración, puede provocar la caída de las flores. El clima mas propicio para su desarrollo es templado, entre 15-24°C, ausencia de vientos, las precipitaciones fuertes provocan daños físicos y fisiológicos en la planta. Aparte, se debe cultivar en épocas y regiones que estén al resguardo del frío y de los cambios bruscos de temperaturas, ya que también afecta fuertemente a la planta. El clima seco, afecta principalmente a la fructificación. En cuanto al frijol ejotero existen variedades adaptadas a diferentes condiciones climatológicas, como se puede apreciar en el Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4. Variedades de frijol ejotero de acuerdo a condiciones climatológicas

Variedad	Cálidas	Templadas
Labrador	✓	✓
Contender	✓	✓
Kentucky Wonder	✓	✓
Black Valentine	✓	✓
Stringless	✓	✓

Fuente: Casseres, 1981

Fotoperiodo

Requiere corta duración del periodo de luz o plantas de días cortos y aunque su efecto sobre la floración no es importante, ya que la mayoría de las variedades

que existen actualmente son indiferentes si afecta en forma indirecta los rendimientos si se cultivan en lugares de días largos, provocando un desarrollo vegetativo abundante, disminuyendo los carbohidratos utilizables para el desarrollo reproductivo (Messiaen, 1975).

Temperatura

El frijol ejotero por ser originario del trópico, es muy susceptible al frío, la temperatura mínima para su germinación es de 8-10°C y la velocidad con que esta se desarrolla está íntimamente relacionada con las temperaturas existentes. El desarrollo de la planta exige temperaturas superiores de 12-14 °C; a 2°C detienen su crecimiento y pueden morir. También las altas temperaturas pueden afectar el desarrollo vegetativo disminuyéndolo, ya que aumenta de gran manera su respiración, utilizando una cantidad excedente de energía para esta función y disminuyendo la existente para el desarrollo. La floración se desarrolla óptimamente a los 15°C, la polinización se presenta de 15-24°C viéndose muy mermada arriba de los 30°C. Las altas temperaturas afectan también al fruto, deformándolo. La temperatura más adecuada para la fructificación es aproximadamente a los 18°C (Messiaen, 1975).

Humedad

Uno de los factores más importantes que influyen para obtener productos agrícolas de buena calidad y de mejores características es el suministro

adecuado de humedad al cultivo y esto es muy importante en los productos que contienen un alto porcentaje de ella como lo son las hortalizas. Para el frijol ejotero, las necesidades de humedades principales son en floración y fructificación; faltando humedad en estas etapas, se cae la flor y se deforma la vaina respectivamente. El exceso provoca caída de flor y clorosis generalizada, además es propensa a desarrollo de enfermedades (Meza, 1995).

Suelo

En cuanto a textura, el frijol ejotero prefiere suelos de constitución mediana, de fácil escurrimiento, areno-arcilloso, pH 6 a 7.5, causando el exceso de acidez, un detenimiento del desarrollo y los suelos alcalinos, deficiencias de micronutrientes. Los principales elementos menores son el Hierro y el Zinc, generalmente falta en suelos alcalinos y donde abunda el Calcio. Otros elementos menores menos importantes son el Molibdeno, Calcio y Cobre (Bailey and Baley, 1956).

Preparación del terreno

Una buena preparación del terreno incluye barbecho, cruzado de rastras, nivelado y surcado para obtener una cama de siembra bastante mullida y preferentemente unas dos semanas antes de la siembra para que repose.

Siembra

Se debe contar con una semilla de buena calidad, libre de enfermedades y con un porcentaje de germinación no menor al 85%. Cuando se adquieren semillas certificadas, estas están tratadas con productos químicos que las vuelven resistentes a plagas y enfermedades. De no ser así, antes de la siembra se debe desinfectar la semilla para prevenir enfermedades y plagas de suelo. Los sistemas y densidades de siembra que más se utilizan en la zona se reflejan en el Cuadro 2.5.

Cuadro 2.5. Marcos de siembra

Surcos simples	60-70 cm distancia entre surcos
	20 cm entre golpes
Surcos dobles	40-50 cm distancia entre hileras
	80-90 cm entre pares de hileras
	20 cm entre golpes

Fuente: Valladolid, 2005.

Normalmente se depositan tres semillas por golpe. Cuando la siembra es mecanizada se utilizan de 15 a 18 semillas por metro lineal. En cuanto a la profundidad, se entierra a 2-4 cm de la superficie.

En el caso de siembra directa, la distancia sugerida entre hileras es de 40-75 cm, la cantidad de semilla va a depender de la variedad, por el tamaño de la semilla, entre más grande sea más serán los kilos necesarios de aplicar por hectárea, (variando de los 40 -100 kg de semilla) y la distancia recomendada entre planta y planta es de 10-20 cm, con una profundidad de 3-6 cm, esta

dependerá de las características presentes en el suelo (Meza, 1995). En los puntos o golpes, la distancia recomendada es de 40-50 cm entre surcos, el requerimiento de semilla es de 60-100 kg por hectárea, sembrando varias semillas cada 20 cm. Para ambos casos, antes de sembrar, es necesario realizar pruebas de germinación para estimar el número de plantas con el que se contara, además de un tratamiento previo a la siembra. Una de las practicas recomendables es la inoculación de la semilla con bacterias del genero *Rhizobium* principalmente, para asegurar una buena fijación de nitrógeno (Meza, 1995).

Rotación

La rotación se realiza para evitar la incidencia de plagas y enfermedades. El frijol ejotero se debe cultivar cada 5 años y cada 3 años como mínimo de tiempo en un terreno, se le considera en este aspecto, una planta renovadora del suelo por su exigencia en diferentes labores de ser apropiado para la rotación por su corto ciclo (De la Cruz, 1995).

Asociación

Se presta para diferentes asociaciones por diferentes aspectos, su corto ciclo, su modesto desarrollo aéreo, además de ser apto para convivir con diferentes especies vegetales, las de tipo determinado se cultivan entre espárragos y entre

frutales y las de enrame se asocian con plantas como maíz y calabacita, que además le sirven de soporte (De la Cruz, 1994).

Prácticas de cultivo

Deshierbes

El control de las malas hierbas puede hacerse de dos formas (Torres, 2006):

Control cultural: Mediante prácticas agronómicas (deshierbe manual). Normalmente se eliminan con un azadón en dos pases, una a los 15-20 días después de la siembra y la segunda 10 días después de la primera pasada.

Control químico: Es considerado siempre como la última opción, su manejo está sujeto al costo comparado con los beneficios que aporta. Cuando se lleva a cabo se aplican herbicidas pre y post emergencia. La escarda manual es a menudo utilizada en la agricultura de subsistencia, y es de gran importancia hasta la floración, cuando las malas hierbas pueden competir por la luz, nutrientes y agua (Graham y Ranilli, 1997).

Fertilización

Se aplica la mezcla de los fertilizantes simultáneamente con la siembra, si ésta se realiza con una sembradora abonadora, o a los ocho o 10 días después de la siembra, cuando las plántulas han emergido si se realiza manualmente. Se puede complementar con aplicaciones foliares durante la prefloración. Cuando se suministra estiércol, se debe incorporar mediante una arada superficial a una profundidad de seis a 10 cm.

Aporque

Es una operación que consiste en remover la tierra entre los surcos y levantarla de manera uniforme hasta la altura del cuello de las plantas, utilizando un azadón o pico, tratando de no maltratar las raíces ni el follaje. Esta labor es muy importante y tiene varios propósitos: Evita el crecimiento de malezas, determina la estabilidad de las plantas, es más accesible para el riego, controla algunas plagas y Airea y remueve el suelo. El aporque se realiza a los 25-40 días después de la siembra en plantas de hábito de crecimiento determinado, y en plantas de hábito de crecimiento indeterminado cuando se desarrollan las primeras guías (Torres, 2006).

Riego

Se debe tener presente las condiciones climáticas para realizar los riegos, el cultivo se puede desarrollar hasta con 250 mm o con tres riegos, siendo mejor de cuatro a seis riegos ligeros; el riego por aspersion no es recomendable, ya que tiene la incidencia de plagas y enfermedades. El riego por gravedad mediante surcos es recomendado. El agua se aplica al suelo directamente desde la cabecera y desde ahí es conducida por una serie de surcos delimitados por caballones. De esta forma se evita el contacto directo del agua con la planta. Los riegos normalmente se hacen en surcos rectos entre 50 a 100 metros de largo y el número de riegos varía según las condiciones climáticas y el tipo de suelo (Valladolid, 2005).

Cosecha

El frijol se cosecha en diferentes etapas de madurez, de acuerdo al destino del cultivo. La cosecha en verde, se realiza cuando las semillas ya han alcanzado su máximo tamaño, pero todavía son tiernas y la planta está verde (Valladolid, 2005).

Principales plagas y enfermedades

Plagas

Los insectos que comen las hojas, las vainas y las semillas del frijol constituyen plagas, de las cuales las más importantes se presentan en el Cuadro 2.6.

Cuadro 2.6. Principales plagas que atacan al frijol ejotero

Nombre Común	Nombre Científico
Conchuela o borreguillo	<i>Epilachna varivestis</i>
Chicharrita	<i>Empoasca ssp.</i>
Picudo del ejote	<i>Apion godmani</i>
Minador de la hoja	<i>Liriomyza spp</i>
Doradilla o lorito	<i>Diabrotica spp</i>
Mosquita blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>

Fuente: Diccionario de Especialidades Agroquímicas, PLM (2005).

Enfermedades

Las enfermedades que causan mayores daños al cultivo del frijol ejotero, constituyen además de baja calidad menor rendimiento, de las cuales las más importantes se presentan en el Cuadro 2.7.

Cuadro 2.7. Principales enfermedades que atacan el frijol ejotero

Nombre Común	Nombre Científico
Antracnosis	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>
Tizón bacteriano	<i>Diaporthe phaseolorum</i>
Roya o chahuistle	<i>Uromyces fabae</i>
Pudrición de la raíz	<i>Rhizoctonia ssp</i>
Cenicilla polvorienta	<i>Erysiphe polygoni</i>

Fuente: Diccionario de Especialidades Agroquímicas, PLM (2005).

Rendimientos del frijol ejotero

Los rendimientos de frijol ejotero pueden ser de 7 a 16 toneladas por hectárea (SIAP y SAGARPA, 2008), tal y como se observa en el Cuadro 2.8.

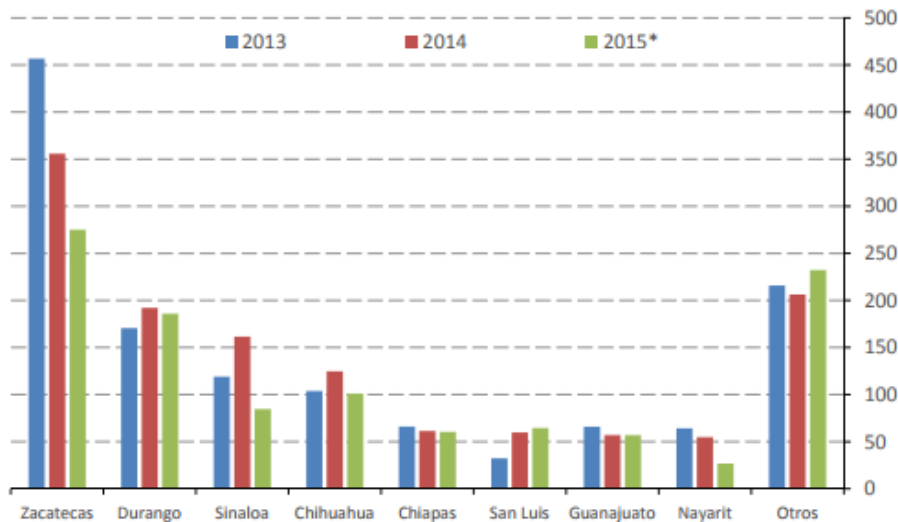
Cuadro 2.8. Producción agrícola de frijol ejotero en la región de Saltillo, Coahuila en el ciclo año agrícola OI + PV en la modalidad de riego + temporal del (2003-2008)

Año	Sub. sembrada	Sub. cosechada	Producción	Rendimiento	Precio Medio Rural	Valor Producción
	(Ha)	(Ha)	(Ton)	(Ton/Ha)	(\$/Ton)	(Miles de Pesos)
2003	2	2	26	13	2,500.00	65
2004	5	5	75.00	15	4,500.00	337.5
2007	2	2	32.6	16.3	4,850.00	158.11
2008	2	2	33.6	16.8	6,250.00	210

Fuente: SIAP, SAGARPA, 2008, Anuario estadístico de la producción agrícola 2003-2008.

Se muestran los principales estados productores de frijol durante el año 2013 – 2015, observándose las variaciones de siembras y cosechas según SIAP-SAGARPA (2016). Como se observa en la figura 2.4.

Figura 2.4 Principales estados productores de frijol, 2013-2015 (Miles de toneladas)



Fuente: SIAP-SAGARPA.*Estimado con base en el avance de siembras y cosechas a octubre de 2015.

Fertilización en frijol

Nitrógeno, Fósforo y Potasio

<http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3454/577423.pdf?sequence=1>

El cultivo de frijol requiere una aplicación de macronutrientes, tales como Nitrógeno, Fósforo y Potasio. En cuanto al Nitrógeno, normalmente tiene un mayor efecto en el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo que cualquier otro nutriente. Pero está claro que su uso excesivo puede ser un derroche económico y dar lugar a problemas. Por tanto, a la hora de realizar la fertilización nitrogenada hay que tener en cuenta tres aspectos fundamentales:

- 1.- Los requerimientos de nitrógeno por el cultivo.
- 2.- La cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar al cultivo.

3.- Los costos de los fertilizantes y el valor esperado de la cosecha.

El Nitrógeno disponible en el suelo es la cantidad de Nitrógeno (kg/ha de N) en el suelo que se encuentra disponible para la asimilación por el cultivo, desde el establecimiento hasta el final de la fase de crecimiento, teniendo en cuenta las pérdidas que se pueden dar (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2000). En lo que respecta al Fósforo y Potasio, el cultivo de frijol, también los necesita. El Fósforo tiene un papel importante en muchos procesos fisiológicos, principalmente durante la germinación y desarrollo de la plántula, desarrollo radicular, fecundación e inicio de la fructificación. Pero hay que tener cuidado para evitar llegar a niveles elevados de fósforo en el suelo, que son innecesarios. Esto supone un costo importante y aumenta la pérdida de fósforo de los suelos, lo que puede causar la contaminación de las aguas superficiales (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 2000).

En cuanto al Potasio, su mayor importancia está en el papel que juega como regulador fisiológico en varios procesos: permeabilidad de las membranas celulares, equilibrio ácido-básico intracelular, formación y acumulación de sustancias de reserva, regulador del estatus hídrico de los cultivos.

Otros elementos

El frijol es reconocido como sensible al exceso de boro y cloruro sódico. En un contenido superior a los 15.5 kg de bórax por hectárea, se producen lesiones

sobre la plantación (Fourel, 1970). Además, según Knott (1957), se atribuye al frijol el ser sensible a la carencia de varios oligoelementos, como:

- ✓ Cobre: Afecta la formación de los frutos.
- ✓ Molibdeno: Principalmente en suelo ácido.
- ✓ Manganeso: La carencia aparece en suelos calcáreos en razón del antagonismo Manganeso/Calcio.
- ✓ Zinc: Se le considera muy sensible a la carencia de zinc.

Sin embargo se tiene al frijol como poco sensible a la falta de Magnesio en el suelo.

Cantidades a aportar

En la realización de la práctica del abonado en las leguminosas, principalmente en lo que a fertilización nitrogenada se refiere, un problema adicional al ya complejo de la fertilización en otros cultivos, puesto que a través de sus nódulos formados con los respectivos *Rhizobium*, estas plantas fijan y toman nitrógeno atmosférico, pudiendo extraerlo del suelo mediante la absorción radicular, como es normal en las restantes familias de vegetales (Maroto, 2002). Los elementos secundarios y los micronutrientes se aplican solo cuando se notan deficiencias. Las nuevas variedades responden mejor a una mayor cantidad de fertilizantes que las variedades criollas (Valladolid, 2005).

Los Fertilizantes

¿Qué es un fertilizante?

Compuestos de origen natural o sintético (artificial), que proveen a las plantas uno o más nutrientes necesarios para su desarrollo, crecimiento, reproducción u otros procesos. En otras palabras es comida para plantas. El consumo de fertilizantes sintéticos data desde 1950 y ha crecido ininterrumpidamente hasta llegar al consumo actual de $4.0 \times 10^6 \text{ Mga}^{-1}$. Zapata (2002) menciona que la demanda de alimentos por la población mexicana está en constante aumento, solo puede ser satisfecha por la intensificación sostenible de la producción agrícola que permita incrementos económicos redituables en la productividad. Esto involucra el mejoramiento de la eficiencia en el uso de los fertilizantes y del reciclaje de nutrimentos, así como mejores técnicas en el uso del agua y en el empleo de genotipos de plantas más eficientes en el aprovechamiento de los nutrimentos. Por su parte Etchevers *et al.* (1991) reportan que las necesidades de fertilización de un cultivo son el resultado de la demanda de nutrimentos que este requiere, del suministro de nutrimentos por el suelo y de la eficiencia de recuperación del fertilizante por el cultivo.

Duxbury (1994) estimó que los cultivos absorben entre un 20 a 40% del fertilizante aplicado, el resto se pierde por diversos mecanismos, generando cuantiosas pérdidas económicas y contaminación ambiental, tal como la eutrofización de cuerpos de agua, lluvia, destrucción de la capa de ozono

estratosférica e incremento del efecto invernadero, mientras que la FAO (2008) menciona que la fertilización nitrogenada en cultivos no-leguminosos es una de los insumos más costosos en la agricultura.

Bowen y Rovira (1999) mencionan la importancia que tienen los microorganismos en la naturaleza y en sus relaciones con el hombre es cada día más evidente. Cuando la agricultura tiene la necesidad de adoptar medidas conservacionistas, los microorganismos utilizados como biofertilizantes tienen un papel sustancial. El desarrollo y uso de los biofertilizantes se contempla como una importante alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales. El mismo autor proporciona una serie de beneficios que representa el uso de microorganismos en la agricultura y que se presentan de la siguiente manera:

- a) Fito estimulantes, estimulan la germinación de las semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias.
- b) Biofertilizantes, incrementan el suministro de los nutrimentos por su acción sobre los ciclos biogeoquímicos, tales como la fijación de N_2 , la solubilización de elementos minerales o la de compuestos orgánicos.
- c) Mejoradores, mejoran la estructura del suelo por su contribución a la formación de agregados estables.
- d) Agentes de control biológico de patógenos, desarrollan fenómenos de antagonismo microbio-microbio.

e) Biorremediadores. Eliminan productos xenobióticos, tales como pesticidas, herbicidas y fungicidas.

f) Mejoradores. Incrementan la resistencia al estrés, tanto biótico como abiótico

Para Vessey (2003), la interpretación del término biofertilizantes es muy amplia, representando desde microorganismos, abonos verdes y estiércoles, hasta extractos de plantas. De manera sintetizada son productos que contienen microorganismos, que al ser inoculados pueden vivir asociados o en simbiosis con las plantas y le ayudan a su nutrición y protección. En este sentido, Caballero-Mellado *et al.* (1992) indican que estos microorganismos se encuentran de forma natural en el suelo y abarcan diversos grupos; sin embargo, su población es afectada por el manejo de suelo y uso excesivo de agroquímicos.

All-Taweil *et al.* (2009) mencionan que existe una gran variedad de biofertilizantes con diversas funciones y atendiendo al tipo de cultivo. En general, los biofertilizantes más difundidos se componen de hongos micorrícicos y bacterias, en este punto Abbott y Robson (1991) y Bowen y Rovira (1999) reportan que entre los factores agronómicos y ambientales que afectan la efectividad de la biofertilización se incluye la temperatura, humedad, acidez y otros componentes químicos del suelo, tales como el contenido de N, P, Ca, S, Mg, Mo, Fe y Co, estos pueden disminuir rápidamente la población de

cualquier especie microbiana introducida. Por lo general, la fertilización inhibe o disminuye la efectividad de la relación planta-microorganismo.

El uso a gran escala de los biofertilizantes en cualquier sistema de producción agrícola traería grandes beneficios sin ejercer un impacto perjudicial sobre el ambiente. Sin embargo, resulta preocupante que en México la tecnología relativamente simple de la biofertilización no ha sido transferida a la mayoría de los productores. Por lo que Díaz-Franco y Mayek-Pérez (2008) señalan que a corto y mediano plazo, la investigación deberá enfocarse en el desarrollo de inoculantes de mejor calidad y más económicos para los productores. En términos generales, se puede decir que los biofertilizantes tienen un costo para el productor de sólo 10% del costo de la fertilización química, y en la mayoría de los casos no debe representar más del 2 a 3% del costo de producción del cultivo.

Tipos de Fertilizantes

Los fertilizantes químicos/minerales

Los fertilizantes minerales son aquellos constituidos por compuestos inorgánicos (Saña *et al.*, 1996). La fertilización mineral pretende lograr un aumento de la productividad del sistema agrícola suministrando a las plantas algunos de los elementos esenciales que necesitan mediante productos químicos de síntesis.

Para Van Cleemput y Hera (1996) la fertilización química tiene una eficiencia limitada en la producción agrícola, ya que los cultivos solo absorben entre 10 y 50% del fertilizante aplicado. Para Adviento-Borve *et al.* (2007), el uso excesivo e inapropiado de fertilizante comercial nitrogenado al suelo no sólo puede ocasionar problemas graves ambientales y ecológicos, sino que además puede afectar negativamente la absorción por el cultivo de otros nutrientes como Zn, Ca y K, tal y como lo señala Yu-kui *et al.* (2009).

Carneiro *et al.* (2013) señala que la eficiencia de aprovechamiento de la fertilización nitrogenada en ambientes de clima puede ser errático si se presenta un ciclo lluvioso con dosis óptima de 180 kg ha⁻¹ de N en comparación a una temporada árida, en el cual el óptimo fue de un tercio o 60 kg ha⁻¹ de N. Para Bruulsema *et al.* (2008), García (2009) y Roberts (2007) la eficiencia del uso de los fertilizantes tiene variantes al usar el producto correcto, en el momento y manera a la demanda del cultivo y en ciertos casos hasta la tecnología industrial de fabricación de fertilizantes para evitar pérdidas por volatilización, lixiviación, fijación, precipitación, entre otras reacciones que se presenten en el suelo. En este sentido, la aplicación solo de N da un incremento significativo en rendimiento en suelos con alta fertilidad, así como la adición de P (fósforo) incrementa el rendimiento significativamente en suelos fértiles, pero en los suelos que tienen una fertilidad media se requiere adicionar cationes base (K y Ca) y micronutrientes (Zn y B). Es necesaria la adición de materia orgánica para incrementar la retención de agua y nutrientes, una mejor

sincronía entre la aplicación de fertilizantes y la demanda de nutrientes y mejorar la biodiversidad del suelo (Zingore, 2011).

Los consumidores están más interesados en el origen de los productos, como el de conocer el cómo fueron cultivados o si son seguros para comerse, así como del contenido nutricional enfatizando su preocupación por la posible contaminación con agroquímicos, especialmente por los de consumo en fresco (Winter and Sarah, 2006). Por lo que es necesario encontrar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a la no aplicación de agroquímicos, siendo uno de los caminos la agricultura orgánica (Álvarez *et al.*, 2005). Esta se define de forma general como un método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Sinha, 2008).

Robles (1990) menciona que la aplicación de fertilizante químico influye en los procesos de desarrollo al aumentar el número de hojas, número de vainas y acelerar la fotosíntesis en frijol ejotero. Por su parte Muñoz (1994) menciona que con respecto al número de vainas por planta no hay diferencias estadísticas altamente significativas entre la producción con fertilización química y con fertilización orgánica, obteniendo resultados similares.

En relación a la fertilización de los cultivos, esta tradicionalmente se lleva a cabo con fuentes inorgánicas debido a su mayor solubilidad, sin embargo,

éstos pueden originar un daño a la salud humana, además de incrementar los costos de producción de los cultivos.

Por lo tanto, la dosis de nutrimento a aplicarse se obtiene al considerar el suministro del suelo, la demanda del cultivo para el rendimiento esperado y la eficiencia de recuperación del fertilizante. Una guía general de las dosis de fertilización por cultivo, municipio, temporal o riego y ciclo agrícola se encuentra en la Guía Nacional de Fertilización y combate de plaga editada por FERTIMEX. En la actualidad, la determinación química de N en el suelo, es considerada una medición de la cantidad de N disponible para el cultivo.

Para otros nutrimentos existen publicaciones especializadas que indican la cantidad equivalente de nutrimento disponible para un cultivo determinado en función del análisis de suelo. En general, los requerimientos de nutrimentos se expresan en función de la cantidad de producción como se muestra en el Cuadro 2.9.

Cuadro 2.9 Requerimiento de nutrimentos (kg) para producir una tonelada de grano.

Cultivo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S
Maíz	23.8	10.2	23.8	5.8	2.9
Soya	87.5	16.1	56.9	6.7	5.6
Algodón	160.0	48.0	140.0	21.3	24.0
Trigo	34.6	11.2	38.3	3.5	4.2
Sorgo	29.8	10.5	30.0	5.0	4.8
Arroz	16.0	8.6	24.0	2.0	1.7
Cebada	31.3	11.5	31.3	3.5	4.2
Frijol	17.2	4.4	18.9	2.2	-

Ventajas de los fertilizantes químicos

De forma general, se tiende a transmitir a la sociedad, que generalmente desconoce la naturaleza de los abonos inorgánicos, la idea de que la aplicación de fertilizantes conlleva cultivos menos sanos o menos naturales y que su utilización no es necesaria. Este mito debe desecharse, en cuanto que los fertilizantes no agreden al medio ambiente ni a la salud cuando se aplican eficientemente y de forma racional. En relación con todo lo tratado, a continuación se enumeran diversas realidades sobre los fertilizantes inorgánicos que pueden ser de interés:

Los fertilizantes son necesarios y gracias en parte a ellos se obtienen grandes beneficios para la producción alimenticia y la obtención de energías renovables. Sin los fertilizantes se tendrían que cultivar millones de hectáreas adicionales a nivel mundial para poder alimentar a una población en constante crecimiento. Los fertilizantes contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza y por tanto no son obtenidos por el hombre. Estos nutrientes son exactamente los mismos que los incluidos en los abonos orgánicos, pero en formas que pueden ser asimiladas por las plantas, lo que sucedería también de forma natural pero en un periodo mayor de tiempo. El origen de los nutrientes que permiten a la planta producir alimentos de calidad es irrelevante, obteniendo las plantas los nutrientes siempre de la misma forma, independientemente del origen primario de los mismos.

Es necesario aportar nutrientes a los cultivos en forma fácilmente asimilable y de manera equilibrada, lo que se consigue con los fertilizantes minerales propiamente dichos, ya que se aportan las cantidades necesarias de nutrientes asimilables en los momentos adecuados. No existe ningún soporte ni evidencia científica que demuestre que la agricultura ecológica es nutricionalmente superior a la tradicional, aunque las palabras “natural” y “orgánico” así lo hagan creer a la sociedad. La realidad es que los fertilizantes permiten aportar los nutrientes necesarios a los cultivos y mejorar la calidad de las cosechas. El uso eficiente, racional y responsable de los fertilizantes, principio que siempre se ha fomentado desde el sector industrial, no es perjudicial para el medio ambiente, sino, por el contrario, mejora la fertilidad del suelo. Todos los excesos son malos, pero no por ello se debe cuestionar el consumo de un producto que aporta importantes ventajas a la sociedad: una intoxicación de medicamentos puede ser perjudicial para la salud, pero no por ello se cuestiona su consumo ni se fomenta prescindir de ellos.

La Fertilización Orgánica

En su sentido más amplio, un abono orgánico es un residuo animal y/o vegetal más o menos transformado, que posee una cierta riqueza en materia orgánica y que usualmente también contiene elementos esenciales para las plantas. En las últimas décadas se ha retomado la importancia en el uso de abonos orgánicos debido al incremento de los costos de los fertilizantes químicos y al desequilibrio ambiental que estos ocasionan, además de la necesidad de

preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas, aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de la agricultura (Ramírez, 2005). El sustrato u abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos (Raviv *et al.*, 2005).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones; desde el punto de vista económico, el uso de sustratos orgánicos (abonos y productos) se ha fomentado por la agricultura orgánica que finalmente también es una respuesta a una mejoría en las prácticas agrícolas (Nieto Garibay *et al.*, 2002; Márquez *et al.*, 2008). Los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra, frecuentemente denominados vermicompost son de tamaño fino, con alta porosidad y por ende aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost comparado con la materia prima que lo genera tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico y un elevado contenido de ácidos húmicos totales (Ndegwa y Thompson, 2000). De acuerdo a Morales *et al.* (2009) el pH de un sustrato se prefiere que sea ligeramente ácido (5.5-6.5) y la conductividad eléctrica que no sea mayor de 2 dS m⁻¹. Bansal y Kapoor (2000), señalan que utilizar en la elaboración de abonos orgánicos el estiércol bovino a través de *Eisenia foetida* contribuye a mantener

una biodiversidad de organismos y se puede encontrar una buena relación carbono/nitrógeno.

Gómez *et al.*, (2008) menciona que utilizando el vermicompost se puede llegar a obtener hasta un 23% más de altura de la planta a comparación de la fertilización tradicional, así mismo la aplicación del compost (estrechamente relacionado con el vermicompost) ayuda que la actividad microbiana promoviendo una simbiosis, en la cual los elementos nutritivos como el N y otros de poca movilidad como el Cu y Zn sea aprovechada por la planta más fácilmente lo que provoca un aumento en la altura de la planta (Chefetz *et al.*, 1998. Millaleo *et al.*, 2006).

La materia orgánica incorporada al suelo es la responsable de los cambios físicos que se dan en este, particularmente en la estructura, aumento de la porosidad y permeabilidad y por ende la retención de agua. Sin embargo, los efectos de la materia orgánica sobre las propiedades físicas y biológicas de los suelos son debidas principalmente a la actividad de los organismos que están presentes en esta, y también a la de las poblaciones de organismos en el suelo que se ven afectadas por dicha materia orgánica (Castro *et al.*, 2009). La importancia de la materia orgánica en los suelos es grande, y no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de los cultivos. Los aportes de materia orgánica de plantas y animales están

sometidos a un continuo ataque por parte de los organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía y de materiales de recuperación frente a su propio desgaste (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). Mientras que García Aguilar (1992) sostiene que los ácidos húmicos ayudan a un mejor desarrollo temprano de la planta obteniendo mayor expansión foliar e incremento del sistema radicular.

Desventajas de la fertilización orgánica

La utilización correcta de los abonos orgánicos está sujeta a muchas más consideraciones que la de los fertilizantes minerales, dada su complejidad constitutiva. En primer lugar debe tenerse en cuenta que su materia orgánica podrá alterar el complejo de cambio y la estructura del suelo, así como las propiedades que se derivan de esta última. Otro aspecto a considerar es que su composición es muy irregular. El factor que más influye en ella es el origen del material. Asimismo su contenido en agua es muy cambiante, variando incluso dentro de un mismo material según la época del año. Todo ello conduce a que las cantidades de materia orgánica y de nutrientes incorporados al suelo con una misma masa de abono sean bastante inconstantes, por tanto, desde la perspectiva de una buena política de abonado sería conveniente someter estos productos a un análisis de composición antes de utilizarlos. Ahora bien, dado que en general esta práctica no suele ser viable o no existe la costumbre de realizarla, no queda otra solución que basar el cálculo del abonado en tablas de

composición media de abonos con un origen y unas características similares a las del material a emplear (Saña *et al.*, 1996).

Comparación entre la fertilización química y orgánico

Origen de los insumos

Fertilizante Químico

Las materias primas para la producción de fertilizantes químicos provienen principalmente de yacimientos mineros, cuyas extensiones son relativamente pequeñas, su extracción no afecta directamente las áreas de producción agrícola, lo cual constituye una fortaleza. Su debilidad es que estas fuentes son irrenovables.

Abono Orgánico

Los nutrientes contenidos en los materiales orgánicos son originarios del mismo suelo agrícola, excepto en aquellos casos relacionados con los depósitos de Turba y otros cuyas fuentes son procesos químico - biológicos. Lo anterior conlleva a que la utilización del A. O para enriquecer nutricionalmente un suelo de un área determinada hay que empobrecer el suelo de otra área.

En cuanto a la concentración de nutrientes y humedad

Fertilizante Químico

La elevada concentración de nutrientes y la baja humedad en los fertilizantes químicos, se constituyen en una de las fortalezas de estos productos. Estos dos factores generan una reducción de los costos para el transporte, su aplicación y manejo de forma general.

Abono Orgánico

La baja concentración de nutrientes y los elevados niveles de humedad presentes en los abonos orgánicos se constituyen en una de las debilidades de estos productos. Este hecho genera costos más elevados de transporte aplicación y manejo, sobre todo en áreas de ladera. Para mantener una productividad competitiva, las cantidades de abonos orgánicos a utilizar deben ser elevados, como elevada es la extracción de nutrientes con la cosecha.

Contenido, formulación y riesgos de contaminación

Fertilizante Químico

En la mayoría de los países, las formulaciones de los fertilizantes químicos no atienden a las necesidades específicas de la finca, sino más bien a situaciones promedio muy generales, lo que conlleva a que la eficiencia de estos no sea la más adecuada para situaciones específicas y se produzca un desperdicio o deficiencia de ciertos nutrientes. Si la situación anterior ocurre año tras año, se

ocurrirían deficiencias muy fuertes de ciertos nutrientes y exceso de otros, produciéndose lo que se llama comúnmente fertilidad del suelo en desequilibrio. Los nutrientes que se acumulan en el suelo, más allá de ciertos niveles pueden definirse como una contaminación. Los contenidos de nutrientes en los fertilizantes químicos son más fácilmente conocidos, fijables y controlables. Además, se pueden manejar más racionalmente, ya sea industrialmente o en mezclas, a nivel de la finca y así tener en los suelos concentraciones adecuadas de nutrientes que respondan a necesidades específicas.

Abono orgánico

Los abonos orgánicos presentan un contenido más variado de nutrientes, a pesar de sus bajas concentraciones. Esto puede considerarse como una ventaja. Por ejemplo, el suministro de abonos orgánicos puede eliminar las deficiencias de micronutrientes. Por otro lado, ciertos abonos orgánicos, principalmente los derivados de residuos urbanos, suelen presentar concentraciones peligrosas de metales pesados como el Plomo, Cadmio, Estaño y Mercurio, productos altamente contaminantes. Los contenidos de nutrientes en los abonos orgánicos son poco manejables y están en función de sus concentraciones en los residuos utilizados. Por ejemplo, la concentración de P en los residuos orgánicos es generalmente baja. En los suelos tropicales pobres en P. las necesidades de fertilización con P van más allá de las cantidades que pueden ser suministradas por un abono orgánico, esto si se utilizan cantidades factibles de ser manejadas. Esta desventaja se podría paliar

aumentando la eficiencia de suministro de P a las plantas de forma químico - biológica, aunque esta tecnología no está dominada del todo por la mayoría de los productores. El contenido y el comportamiento de los abonos orgánicos es muy variable de acuerdo a los materiales que se utilizan para producirlo, además existen muy pocas posibilidades de ejercer un control de su calidad a nivel de finca y a gran escala, esto si se quiere realizar un abonamiento racional y controlado. La utilización de los residuos orgánicos generados por la actividad agrícola y por el procesamiento de sus productos, es vital para el control de una fuente importante de contaminación de las aguas superficiales.

Eficiencia como abono y mejorador del suelo

Fertilizante Químico

Los fertilizantes químicos en general son solubles. Su solubilidad presenta la ventaja de que los nutrientes están más rápidamente disponibles para las plantas, por otro lado presentan la desventaja de que en condiciones de exceso de agua en el suelo gran cantidad de estos nutrientes puede ser desaprovechado, ya sea por su erosión o lixiviación, contaminando a la vez las aguas superficiales y subterráneas. Los fertilizantes químicos no son considerados como mejoradores del suelo, sus efectos en este sentido pueden ser indirectos a través del aumento de la producción de biomasa.

Abono Orgánico

Los abonos orgánicos son menos solubles, ponen los nutrientes a disposición de las plantas de manera más gradual. Al aumentar la CIC del suelo, pueden mantener más nutrientes absorbidos, reduciéndose por ende las pérdidas por su lixiviación. Los abonos orgánicos pueden ser catalogados como mejoradores del suelo, ya que tienden a mejorar su estructura, lo que adecua la infiltración del agua, facilita el crecimiento radical, posibilita una mejor aireación y contribuye al control de la erosión entre otros. Cabe señalar que para que los abonos orgánicos actúen como mejoradores, las cantidades que deben ser adicionadas al suelo anualmente, deben ser elevadas.

Facilidades de manejo y costos

Fertilizante Químico

Por la concentración de nutrientes, por la baja humedad y por la formulación granulada o en polvo, los fertilizantes químicos pueden ser más fácilmente adoptados para su aplicación mecánica, principalmente en zonas de ladera, con la utilización de pequeños equipos manuales. Lo anterior hace que los costos de transporte y mano de obra para el manejo y aplicación de los fertilizantes sean relativamente más bajos en relación con otros productos de concentraciones más bajas, y con niveles de humedad más altas.

Abono Orgánico

Los abonos orgánicos, además de los requerimientos de mano de obra en que implica su manejo y aplicación, requieren también de esta mano de obra para su fabricación (abono orgánico) o para su siembra y manejo (abonos verdes), generando costos adicionales. Estos costos pueden compensarse con la reducción de las necesidades de fertilizar químicamente y obtención de sobrepuestos de la venta de los productos producidos orgánicamente.

MATERIALES Y METODOS

Localización del lugar del experimento

El presente trabajo se realizó en los terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, los cuales se encuentran a una altitud sobre el nivel del mar de 1743 metros y se ubican en los 25° 23' de latitud N y en los 101° 02' de la longitud W.

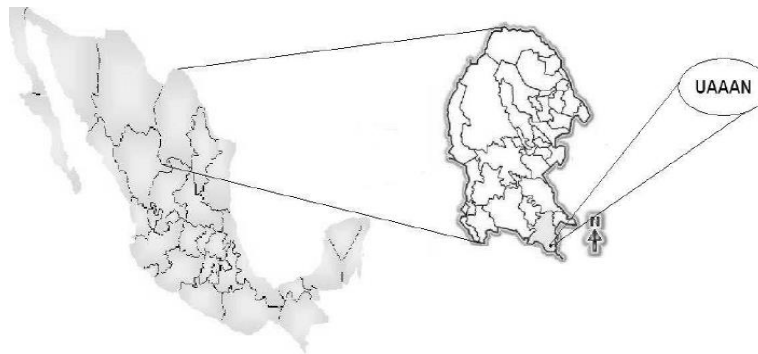


Figura 3.1. Localización del área experimental

La zona presenta un clima clasificado en muy seco, BW hw (x") (e); semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media va de 350-400 mm; la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco y una precipitación invernal

superior al 10% del total anual. La temperatura media anual es de 19.8°C. Las heladas comienzan en noviembre, no son muy severas en noviembre y diciembre, son más intensas en enero (hasta - 10°C). Terminan en marzo, mes que ni son muy intensas, ni se presentan frecuentemente, en algunas ocasiones, pueden presentarse ligeras heladas en abril. El suelo es de textura migajón y migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio. (Mendoza, 1983).

Material genético

Para desarrollar este trabajo se utilizó semilla de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris L.*), de la variedad de Black Valentine, ver las características de la variedad (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1. Principales características de la variedad utilizada

Características	Black Valentine
Origen	USA
Crecimiento	Determinado
Tamaño	2.5 cm
Color de testa	Negro
Forma	Arriñonada
Color de la flor	Violeta
Días de emergencia	8 – 12 días
Promedio de longitud de vainas	10 cm
Días a floración(a partir de la siembra)	45 días
Ciclo vegetativo	110 – 120 días
Dosis de siembra	75 – 80 kg/ha

Materiales utilizados

El material empleado durante el trabajo de campo fueron principalmente herramientas de campo como azadones, pala para regar, rastrillo, cinta de medir, Spad para tomar la clorofila de las hojas, regla para medir la altura de plantas, etiquetas para diferenciar los tratamientos, probeta graduada de 100 ml para aplicar la dosis del humus líquido, balanza analítica y balanza manual, bolsas de plásticos para guardar las muestras, así como productos de insecticidas.

Preparación del terreno

El trabajo experimental se estableció en el terreno denominado Bajío de la UAAAN, donde se realizaron la preparación del terreno como: barbecho, rastreo, nivelación, surcado y siembra. La siembra del frijol ejotero se inició el día 14 de agosto del 2015. La distancia entre surcos fue de 30 cm y la distancia entre plantas fue de 15 cm, se establecieron nueve surcos en toda la parcelas/variedad, el tamaño de la parcela fue de 12 metros de largo x 10 metros de ancho, dejando como referencia 50 cm de bordo. Los datos tomados para la evaluación fueron tomadas de cinco plantas al azar para las evaluaciones de la variedad.

Tratamientos

Se evaluaron los efectos de tres diferentes fuentes de fertilización, orgánica (humus líquido), (humus sólido), y química (triple 17), para evaluar los efectos

de rendimiento a campo abierto, sobre plantas de frijol ejotero de la variedad Black Valentine (Cuadro 3.2).

Se utilizaron nueve surcos de 12 metros de longitud, seccionados en 3 m para obtener así cuatro repeticiones, la distancia entre surcos fue de 0.3 m. y la distancia entre planta y planta fue de 20 cm, esto para tener una población de 21 plantas por surco y 21,000 plantas ha⁻¹, se sembraron dos semillas por golpe y no se eliminó ninguna. Los tratamientos fueron distribuidos al azar en las parcelas y aplicados en el lomo del surco, esto fue realizado el mismo día de la siembra (viernes 14 de Agosto de 2015), excepto por el humus líquido que se aplicó 15 días después de la siembra. Anteriormente ya se había dado un riego por rodado y se esperó a que el suelo estuviera a capacidad de campo para realizar la siembra. La dosis de fertilización química fue de 17-17-17 y se aplicó Urea 40-40-00, como fuente de fósforo. El humus sólido se adicionó a una dosis de 10 toneladas por hectárea, se aplicó una sola vez al momento de la siembra, al igual que la fertilización química que solo se aplicó una sola vez, al momento de la siembra, el humus líquido se aplicó varias veces contando 15 días después de la siembra y se estuvo aplicando cada 15 días con una dosis de 50 litros por hectárea.

Cuadro 3.2. Descripción de los tratamientos del experimento.

Tratamiento	Descripción
1	Fertilización química
2	Fertilización orgánica- humus líquido
3	Fertilización orgánica- humus sólido
4	Sin fertilizar (testigo)

Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizó con mochila de aspersión con las siguientes dosis y productos (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Productos químicos y dosis utilizados para el control de plagas y enfermedades.

Plaga	Producto	Dosis	# de aplicaciones
Diabrotica	Diazinon	1-1.5 lt/ha	2
Mosquita blanca	Pounce	1 ml/lt	1
Enfermedad	Producto	Dosis	# de aplicaciones
Roya	Cloratalonil	1.5-3 kg/ha	1

Parámetros evaluados

Cobertura vegetal

Este carácter varietal fue medido en centímetros y se consideró desde los lados verticales y horizontales del follaje de la planta, se multiplicaron los lados horizontales y verticales. El muestreo se realizó cada 15 días por seis semanas.

Cantidad de clorofila por planta

Para determinar la clorofila presente en las plantas seleccionadas se tomaron medición de dos hojas de una sola planta (H1 y H2), esto con la ayuda de un Spad 504.

Altura de planta

Con la ayuda de una regla métrica se tomó la altura de cada planta durante seis semanas, esto se realizó cada 15 días.

Cosecha

Vainas

Se define a la vaina como el fruto de la planta de frijol. Según la variedad va a ser el color que se presente, sea en estado joven, madura o completamente seca.

Número de vainas por planta

En este parámetro se contaron todas las vainas que tenían cada planta evaluada durante todo su ciclo fisiológico.

Peso fresco de vainas (peso total)

En este parámetro se pesaron el número total de vainas que tenían cada planta, con una balanza analítica en kg.

Diámetro de vaina

Este parámetro se midió con un vernier cada una de las vainas de cada planta, tomada en mm.

Longitud de vaina

La obtención de la longitud de vaina se realizó con un vernier tomada en unidad de medición en cm.

Rendimiento

Pará determinar el rendimiento de cada variedad se utilizó la fórmula siguiente:

$$\text{Rend} = \frac{\text{plantas/m}^2 \cdot \text{vainas/plantas} \cdot \text{semilla/vainas} \cdot \text{peso de 100 semilla}}{\text{manejo gramos (0.7)} \cdot 100} \cdot \text{factor}$$

Análisis Estadístico

El diseño experimental aplicado para esta investigación fue bloques completamente al azar con tres tratamientos y 25 repeticiones (plantas). Se realizó el análisis estadístico con el paquete SAS versión 9.2. El modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + G_k + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable observada.

μ : = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

G_k = Efecto del k -ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental.

Comparación de medias

Se realizó la prueba de comparación de medias para cada una de las variables estudiadas utilizando la prueba de Tukey al 0.05% de probabilidad con la siguiente fórmula:

$$T_o = q\alpha S\bar{x}$$

$$T_o = q\alpha \sqrt{\frac{S^2}{r}}$$

Dónde:

$q\alpha$ = Valor tabular, que es un valor de t modificado.

$S\bar{x}$ = Error estándar.

S^2 = Cuadrado medio del error.

r = Número de repeticiones.

Así mismo, se calculó el coeficiente de variación para cada una de las características estudiadas, con el fin de precisar la exactitud de la conducción del experimento, se utilizó la siguiente fórmula:

$$C. V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{X} \times 100$$

X

Dónde:

$CMEE$ = Cuadrado medio del error experimental.

X = Media general.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 4.1 se presentan los cuadros medios, nivel de significancia y coeficiente de variación de las variables físicas evaluadas en el cultivo de frijol ejotero, producidas en Saltillo, Coahuila en 2015. Se aprecia en dicho cuadro que, en la fuente de variación de tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas para clorofila, cobertura de planta y altura de planta, mientras que en la fuente de variación fechas se registraron diferencias significativas a nivel de $P \leq 0.01$ para la variable clorofila, cobertura de planta y altura de planta. Para la interacción Tratamientos*fechas se registraron diferencias significativas al nivel de $P \geq 0.01$ para la variable de clorofila. Los coeficientes de variación oscilaron entre 4.58 a 14.24 por ciento, correspondiendo valores de variación inferiores al 20% para las variables de clorofila y cobertura de planta, los cuales podemos decir que son valores confiables en la toma de datos, mientras que, en la variable altura de planta, el coeficiente de variación oscilo entre 22.56%, lo que representa diferencias medias, posiblemente debido a los tipos de las variables evaluadas. En términos generales, consideramos que estos coeficientes de variación son aceptables en el presente trabajo de investigación.

En el Cuadro 4.2 se presentan los cuadros medios, nivel de significancia y coeficiente de variación de las variables físicas evaluadas en el cultivo de frijol

ejotero, producidas en Saltillo, Coahuila en 2015. Se aprecia en dicho cuadro que, en la fuente de variación de tratamientos no se encontraron diferencias estadísticas para peso fresco de planta, vainas por planta, diámetro y longitud de vaina y rendimiento de vainas, mientras que en la fuente de variación cosechas se registraron diferencias significativas a nivel de $P \leq 0.01$ para la variable vainas por planta y diámetro de vaina. En cambio, para las variables peso fresco y longitud de vaina se registraron diferencias significativas a nivel de $P \leq 0.05$. Para la variable rendimiento no presento diferencias. Para la interacción Tratamientos*cosechas no se registraron diferencias significativas. Los coeficientes de variación oscilaron entre 6.45 a 7.16 por ciento para diámetro y longitud de vainas, los cuales podemos decir que son valores confiables en la toma de datos, mientras que, en las variables de peso fresco de vainas, peso de vainas y rendimiento los coeficientes de variación variaron entre 29.11 a 46.74%, lo que representa diferencias medias a altas, posiblemente debido a los tipos de las variables evaluadas. En términos generales, consideramos que estos coeficientes de variación son aceptables en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 4.1. Cuadros medios del análisis de varianza en las variables evaluadas en frijol ejotero producidas en Saltillo, Coahuila.

F.V	G.L	Clorofila	Cobertura	Altura
TRAT	3	3.4729861	0.186944	22.353611
FECHAS	3	72.7013194**	956.078056**	2975.236389**
TRAT*FECHAS	9	9.5318750**	7.924907	27.620278
E.EXP	32	3.1537500	11.371875	36.74313
C.V (%)		4.58	14.27	22.56
MEDIA		38.70	23.62	26.56

F.V = Fuente de variación; G.L.= Grados de libertad ** Altamente significativo ($P \leq 0.01$);

* Significativo ($P \leq 0.05$)

Cuadro 4.2. Cuadros medios del análisis de varianza en las variables evaluadas en frijol ejotero producidas en Saltillo, Coahuila.

F.V	G.L	PFRESCO	VAINAS/P	DIAMETRO	LONGITUD	RTha
TRAT	3	0.00003151	2.71722222	0.0004888	0.34993333	0.6947 5875
COSECHA	1	0.00089548*	63.37500**	0.0192666**	3.52666667*	
TRAT*COS	3	0.00008336	5.58388889	0.0003777	0.23297778	
E.EXP	16	0.00019526	2.9266667	0.0025333	0.61115000	6.7692 7658
C.V (%)		46.74	29.11	6.45	7.16	41.44
MEDIA		0.02	5.87	0.78	10.90	6.27

F.V. = Fuente de variación; G.L. = Grados de libertad ** Altamente significativo ($P \leq 0.01$);

* Significativo ($P \leq 0.05$)

Comparación de medias

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de varianza, a continuación, se presenta la comparación de medias de las variables, haciendo referencia principalmente para todas aquellas que mostraron diferencias significativas a los niveles de probabilidad de $P \geq 0.01$ y 0.05 . Como por ejemplo, en la Figura 4.1 se presenta la comparación de media de la variable clorofila durante las cuatro fechas de muestreo realizadas a los cuatro tratamientos, observándose que el tratamiento de Humus solido (T3) a través de las fechas (F1, F2 y F3) de muestreo registraron los valores más altos, mientras que el tratamiento cuatro (testigo) registro el valor más alto en la fecha F4, por lo tanto, el tratamiento de humus liquido (T2)) registro los valores más bajos a través de las muestreos F3 y F4, seguido del tratamiento químico (T1) con los valores aún más bajos durante las fechas de muestreo, por lo tanto, el tratamiento testigo (T4) presento numéricamente la media más alta en comparación del resto de los tratamientos.

Para la variable cobertura de planta, se observa que tanto en la primera y cuarta fecha de muestreo, el tratamiento de humus sólido, tuvo el valor más alto y diferente al tratamiento de humus líquido y testigo quienes presentaron los valores más bajos durante las cuatro fechas de muestreo, por lo tanto se observó que en la fecha dos y tres de muestreo, el tratamiento químico, fue el que obtuvo los valores más altos estadísticamente, de acuerdo a la comparación de medias, numéricamente se observó que el tratamiento testigo

fue el que presentó el valor más alto en comparación del resto de tratamientos, tal como se observa en la Figura 4.2.

Para la variable altura de planta se observó que el tratamiento de humus líquido presentó los valores más altos, tanto en la fecha uno, tres y cuatro de muestreo realizadas, a diferencia del tratamiento de humus sólido, que fue el que presentó los valores más altos en la fecha dos, a comparación de los tratamientos químicos y testigo, quienes fueron los que presentaron los valores más bajos en todos los muestreos realizados. Numéricamente el tratamiento de humus sólido fue el que presentó el valor más alto, como se observa en la Figura 4.3.

En peso fresco de vaina, se observó que, en la primera cosecha, el tratamiento de humus líquido presentó el valor más alto, siendo superior a los valores de los otros tratamientos, en la cosecha dos, el tratamiento testigo presentó el valor más alto siendo superior al resto de los tratamientos. En la comparación numérica, el tratamiento de humus líquido presentó la media más alta, observándose esto en la Figura 4.4.

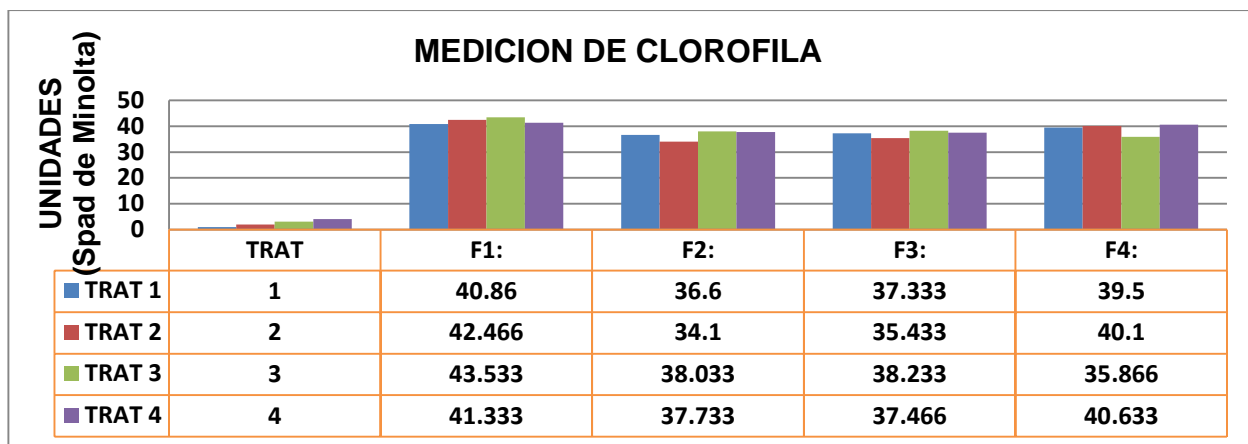
Para el número de vaina por planta, se observó que en la primera cosecha el tratamiento químico presentó el valor más alto en comparación de los otros tratamientos. Por lo tanto, el tratamiento de humus líquido presentó el valor más

alto en la segunda cosecha, siendo los tratamientos de humus sólido y testigo los que obtuvieron los valores más bajos durante las dos cosechas. Numéricamente el tratamiento químico obtuvo el valor más alto, siendo superior al resto de los tratamientos, como se presenta en la Figura 4.5.

En el diámetro de vaina, se observó que en el tratamiento de humus sólido en la primera cosecha presentó el valor más alto, siendo superior al resto de los tratamientos, mientras que, en la segunda cosecha, tanto el tratamiento químico, humus líquido y testigo obtuvieron los mismos valores y estadísticamente fueron los valores más altos, siendo el tratamiento químico quien presentó el valor más bajo a través de las dos cosechas. Numéricamente el tratamiento químico presentó el valor más bajo a diferencia de los otros tratamientos, como se observa en la Figura 4.6.

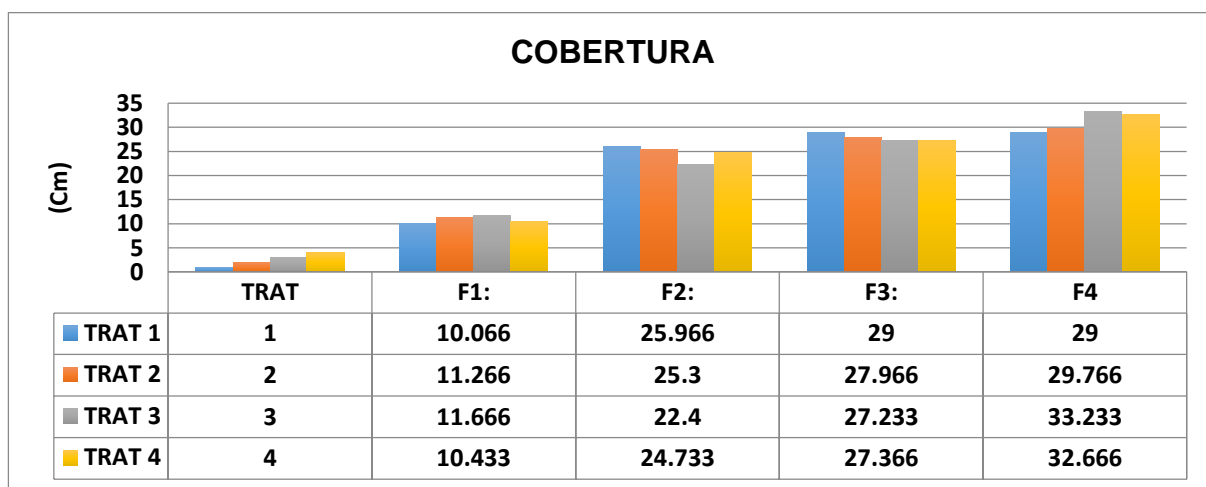
Con respecto a longitud de vaina, se observó que, en la primera cosecha, el tratamiento de humus líquido presentó el valor más alto, mientras que en la cosecha dos, el tratamiento químico fue el que obtuvo el valor más sobresaliente. Correspondiéndole tanto los tratamientos de humus sólido y testigo los valores más bajos a través de las dos cosechas. Numéricamente el tratamiento 2 presentó el valor más alto, como se aprecia en la Figura 4.7.

En la Figura 4.8 se aprecia las medias obtenidas numéricamente de Rendimiento en $t\ ha^{-1}$, donde se observa que el T1 presento mayor rendimiento con un valor de $6.867\ t\ ha^{-1}$, seguida del T4 con un rendimiento de $6.307\ t\ ha^{-1}$, mientras que el T3 presento un rendimiento de $6.23\ t\ ha^{-1}$ y finalmente el T2 con un rendimiento de $5.698\ t\ ha^{-1}$.



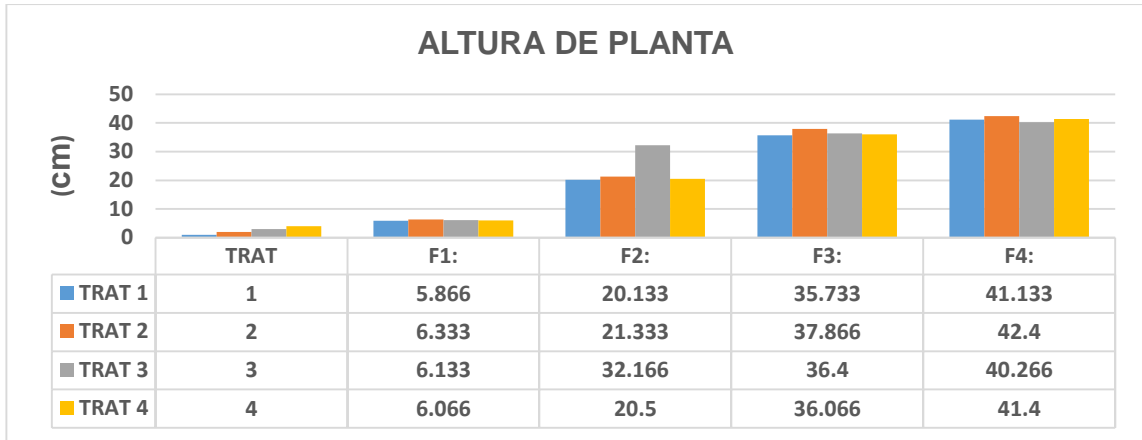
TRAT 1 = Fertilizante químico	TRAT 3 = Humus solido
TRAT 2 = Humus liquido	TRAT 4 = Testigo

Figura 4.1. Comparación de medias de la variable de clorofila evaluada en frijol ejotero en 2015.



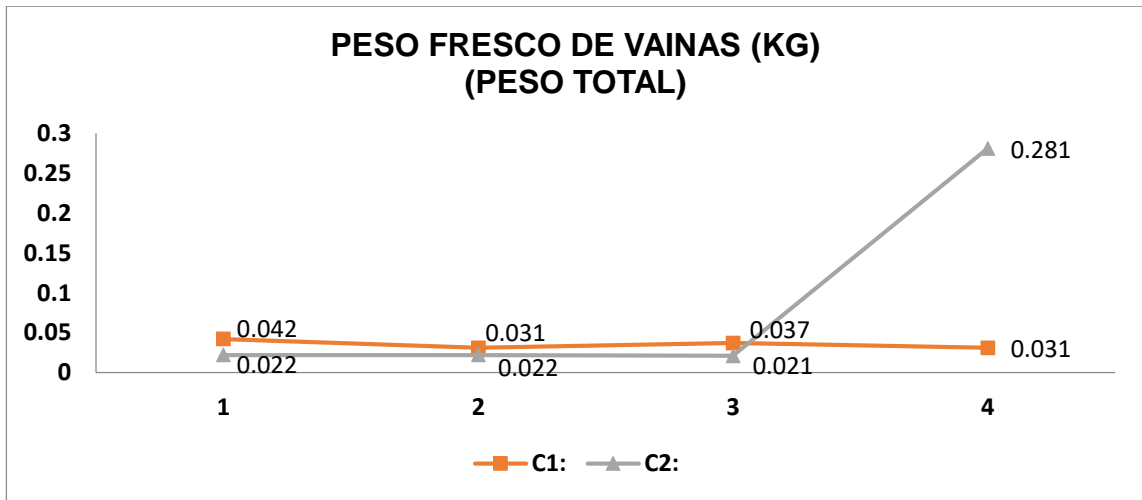
TRAT 1 = Fertilizante químico	TRAT 3 = Humus solido
TRAT 2 = Humus liquido	TRAT 4 = Testigo

Figura 4.2. Comparación de medias de la variable de cobertura evaluada en frijol ejotero en 2015.



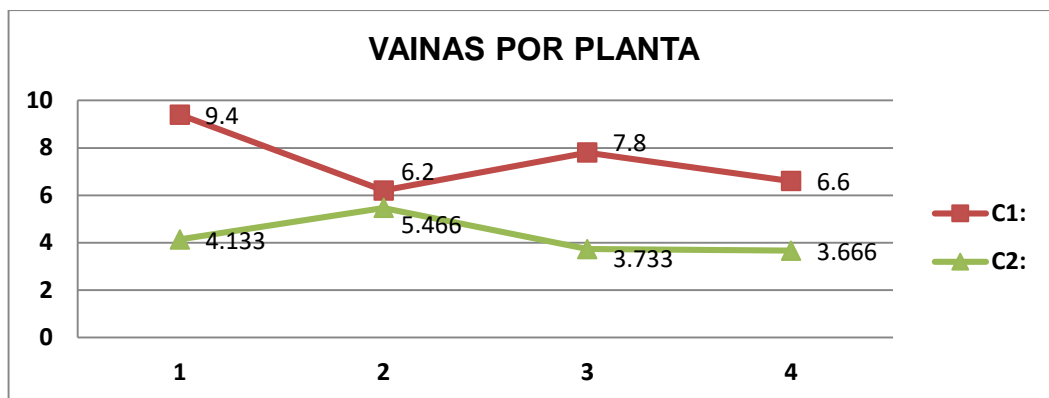
TRAT 1 = Fertilizante químico	TRAT 3 = Humus solido
TRAT 2 = Humus liquido	TRAT 4 = Testigo

Figura 4.3. Comparación de medias de la variable de altura de planta evaluada en frijol ejotero en 2015.



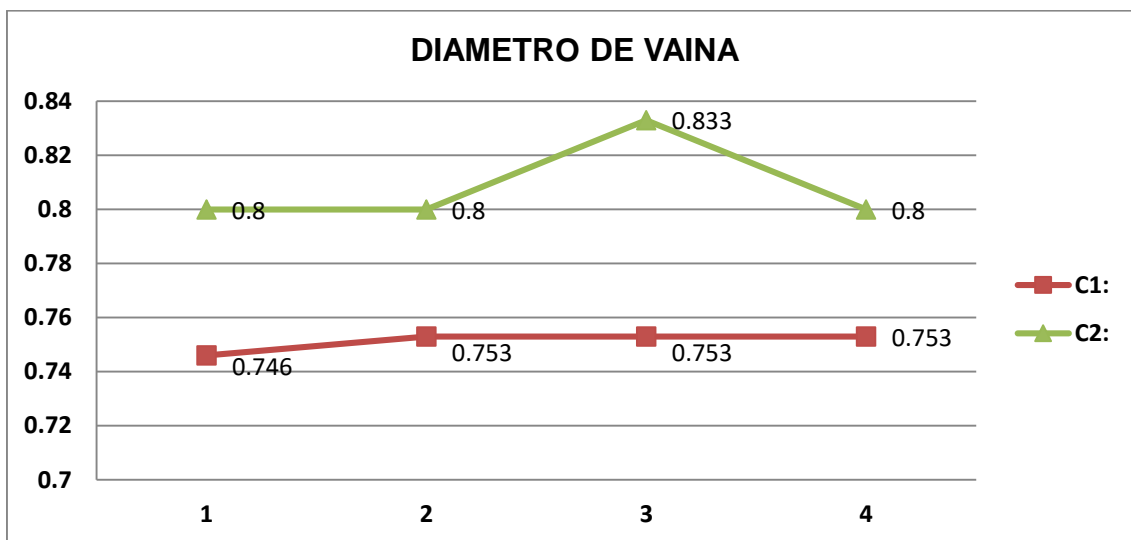
TRAT 1 = Fertilizante químico	TRAT 3 = Humus solido
TRAT 2 = Humus liquido	TRAT 4 = Testigo

Figura 4.4. Comparación de medias de la variable de peso fresco de vaina (peso total) en kg evaluada en frijol ejotero en 2015.



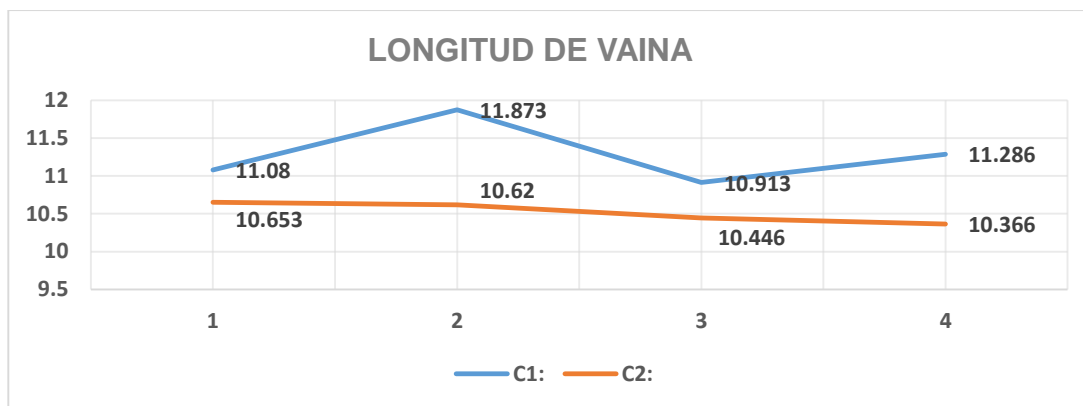
TRAT 1 = Fertilizante químico	TRAT 3 = Humus solido
TRAT 2 = Humus liquido	TRAT 4 = Testigo

Figura 4.5. Comparación de medias de la variable de vainas/ planta evaluada en frijol ejotero en 2015.



TRAT 1 = Fertilizante químico	TRAT 3 = Humus solido
TRAT 2 = Humus liquido	TRAT 4 = Testigo

Figura 4.6. Comparación de medias de la variable de diámetro de vaina evaluada en frijol ejotero en 2015.



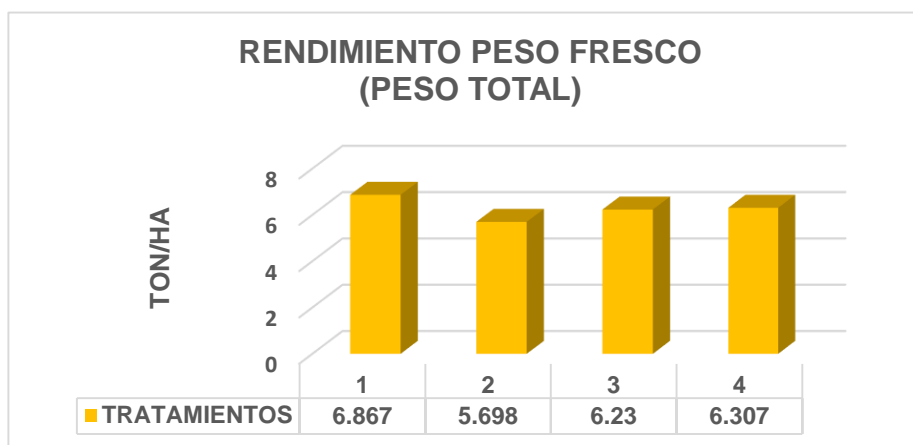
TRAT 1 = Fertilizante químico

TRAT 3 = Humus solido

TRAT 2 = Humus liquido

TRAT 4 = Testigo

Figura 4.7. Comparación de medias de la variable de longitud evaluada en frijol ejotero en 2015.



TRAT 1 = Fertilizante químico

TRAT 3 = Humus solido

TRAT 2 = Humus liquido

TRAT 4 = Testigo

Figura 4.8. Comparación de medias de Rendimiento Peso fresco (peso total) ton ha^{-1} de frijol ejotero evaluada en 2015.

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general, donde la fertilización química presentara mejores resultados de rendimientos que la fertilización orgánica de acuerdo a las dosis de fertilizantes empleados. De acuerdo a cobertura de planta con lo obtenido en este trabajo, estos resultados guardan relación con lo que sostiene García Aguilar (1992) quién menciona que los ácidos húmicos ayudan a un mejor desarrollo temprano de la planta obteniendo mayor expansión foliar e incremento del sistema radicular.

Los resultados obtenidos en de altura de planta con la fertilización orgánica, concuerdan con lo dicho por Gómez-Álvarez *et al.*, (2008) quienes utilizaron el vermicompost obteniendo hasta un 23% más de altura de la planta en comparación de la fertilización tradicional, así mismo la aplicación del compost (estrechamente relacionado con el vermicompost) ayuda que la actividad microbiana promoviendo una simbiosis, en la cual los elementos nutritivos como el N y otros de poca movilidad como el Cu y Zn sea aprovechada por la planta más fácilmente lo que provoca un aumento en la altura de la planta (Chefetz *et al.*, 1998. Millaleo *et al.*, 2006).

De acuerdo a número de vainas por planta de los resultados obtenidos en este trabajo guardan relación con lo mencionado por Muñoz (1994) que con respecto al número de vainas por planta no hay diferencias estadísticas altamente significativas entre la producción con fertilización química y con fertilización orgánica, obteniendo resultados similares. En cuanto a los resultados obtenidos de longitud y diámetro de vainas. De acuerdo con lo reportado por Debouck e Hidalgo (1984), señala que el tamaño de la vaina es de 6 a 20 cm, donde las delgadas y largas son de mejor calidad, lo anterior concuerda con lo obtenido en este trabajo. En relación a los resultados obtenidos en peso fresco de vainas la aplicación de fertilizante químico fue favorable para la producción de frijol, ya que le proporcionó un mayor peso en vainas y un mayor llenado de grano, lo cual incrementó su rendimiento aunque no significativamente, siendo el T4 quien sobresalió en la C2 y el químico en la C1. Esto concuerda con lo mencionado por Robles (1990) quien mencionó que la aplicación de fertilizante químico influye en los procesos de desarrollo al aumentar el número de hojas, número de vainas y acelerar la fotosíntesis en frijol ejotero.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación de acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados se determinó las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre la evaluación de los diferentes efectos de la fertilización química vs orgánica a partir de los derivados de lombriz en su comportamiento agronómico y rendimiento en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de campo abierto, se observó que de acuerdo a las características físicas evaluadas como en cobertura, vainas por plantas y longitud de vaina, tanto la fertilización química como la orgánica registraron un comportamiento agronómico similar, la fertilización orgánica agronómicamente fue superior en las variables clorofila, altura de planta y diámetro de vaina. Mientras que el fertilizante químico y el testigo mostraron un comportamiento similar en peso fresco de vainas, pero en cuanto al fertilizante químico, este sobresalió en el rendimiento en peso fresco total. Con lo anteriormente mencionado se concluye que las diferencias entre los tipos de fertilizantes empleados no fueron muy marcadas en cuanto a la mayoría de las características agronómicas evaluadas. Siendo el fertilizante químico quien sobresalió en cuanto a rendimiento en peso fresco total de vainas en frijol ejotero bajo condiciones de campo abierto.

LITERATURA CITADA

- Abbott, L. K. and A. D. Robson. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosystems Environ.* 35: 121-150.
- Adviento-Borve, M. A. A.; M.L. Hadrix, D.L. Binder, D.T. Walters. and A. Dovermann. 2007. Soil greenhouse gas fluxes and global warming potential in four high-yielding maize systems. *Glob. Change Biol.* 13:1972-1988.
- Álvarez-Rivero, J. C.; Díaz-González, J.A. y López-Naranjo, J. I. 2005. Agricultura orgánica vs agricultura moderna como factores en la salud pública. *Horizonte Sanitario.* 5:28-40.
- All-Taweil, H. I., M.B. Osman, A.A. Hamid and M.W. Yusoff W. 2009. Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth. *Am. J. Agric. Biol. Sc.* 4:79-82.
- Arias, J. H., M. Jaramillo y T. Rengifo. 2007. Manual Técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol voluble. Gobierno de Antioquía (Colombia), MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva", FAO. P. 21.
- Bailey, L.H. y E.Z. Bailey. 1956. *Hortus second-A dictionary of gardening General, horticulture and cultivated plants in Nort America.* The Mac Millan Co. New York. 541p.
- Bansal, S. and Kapoor, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residue and cattle dung with *Eiseniafoetida*. *Bio. Technol.*73:95-98
- Bowen, G. D. and A.D. Rovira. 1999. The rizhosphere and its management to improve plant growth. *Adv. Agron.* 66: 1-102.
- Bruulsema, T. W.; Witt, C.; García, F.; Li, S.; Rao, T. N.; Chen F. and Ivanova, S. 2008. A global framework for fertilizer BMPs. *Better Crops.* 92(2):13-15.
- Caballero-Mellado, J., M.G. Carcaño-Montiel and M.A. Mascarua Esparza. 1992. Field inoculation of wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum brasilense* under temperate climate. *Symbiosis.* 13: 243-253.

- Camargo, M.E. 1999. Efecto nematostático de un producto orgánico líquido en frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. P. 18.
- Carneiro, A.; Telmo, J.; Villalba, H.; Oswin, E.; Pivotto, B. R.; Santi, A. L.; Benítez, L.; Asterio E.; Menefee, D. and Kunz, J. 2013. Efficiency of nitrogen fertilizer applied at corn sowing in contrasting growing seasons in Paraguay. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo, Sociedade de Brasileira de Ciencia do Solo.* 37(6):1641-1650.
- Castro, A.; Henríquez, C. y Bertsch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agron. Costarricense.* 33:31-43.
- Casseres, E. 1981. Producción de hortalizas. Tercera Edición. Ed. IICA. México. P. 26.
- CIAT 1982. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. P. 21.
- CIAT 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Colombia. P. 17-18.
- Chefetz, B., Hadar y., Chen, Y., 1998. Dissolved Organic Carbon Fractions Formed during Composting of Municipal Solid Waste Properties and Significance. *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 26, 172-179.
- De la Cruz, B.J.A. 1994. Apuntes de cultivos básicos. Licenciatura UAAAN. P. 29.
- De la Cruz, B.J.A. 1995. Apuntes de cultivos básicos. Licenciatura UAAAN. P. 21-24, 29.
- Debouck D., G. R. Hidalgo H. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía de estudio 2nd. CIAT. Serie 04sb-09.01. Cali, Colombia. 55 p.
- Díaz-Franco, A. y N. Mayek-Pérez. 2008. La biofertilización como tecnología sostenible. Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México. 260 pp.
- Duxbury, J. M. 1994. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. *Fert. Res.* 38: 151-163.
- Etchevers B., J., D. J. Rodríguez S. y A. Galvis S. 1991. Generación de recomendaciones de fertilización mediante un enfoque sistémico racional. *Terra* 9:3-10.
- FAO. 2008. Tendencias y perspectivas mundiales de los fertilizantes hasta 2011/2012. FAO. Italy, Rome. 171 p.

- FIRA. 2001. Boletín informativo. El frijol en México, competitividad y oportunidades de desarrollo. 316 (XXXIII), 9a. época Año XXX.
- Fourel, A. 1970. La judía verde: economía, producción, comercialización. INVUFLEC (Institut National de Vulgarisation pour les Fruits, Legumes et Champignons). Ed. Acribia D. L. París. Fuentes consultadas. P. 25.
- Galván, C.F. 1976. Descripción botánica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Seminario técnico. SAG-INIA-CAERIB.20-22 pp.
- García, A. J. 1992. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa, Cv Atlantic en la región de Galeana N.L. Tesis de Licenciatura UAAAN. Pág. 19.
- García, M. J. P. 2009. Manejo eficiente de nutrientes en el cultivo de maíz. (Ed.) Fenlace, Colombia. 59 p
- Gepts, P. y Debouck 1991. Origin, domestication and evaluation of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). En: A. Van Schoonhoven and O. Voysest, (eds) Common bean research for crop improvement. C. A. B. int. Wallingford, UK and CIAT, Cali, Colombia. P. 16.
- Gómez – Álvarez, R., Lazano – Jerónimo, G., León - Nájera, J.A., 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhabanus sativus* L.). Universidad y Ciencia 24, 11-20.
- Graham, P. H. y Ranilli, P. 1997. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research. 53(1997): 131-146.
- Julca-Otiniano, A.; Meneses-Florian, L.; Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. IDESIA, 24:49-61
- Knott, J. E. 1957. Handbook for vegetable growers. (Guide pour les cultures maraicheres). Londres
- Maroto, J. V. 2002. Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. P. 26.
- Márquez Hernández, C.; Cano Ríos, R. y Rodríguez Dimas, N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agric. Téc. Méx. 34:69-74.
- Mendoza, H. J. M., 1983. Boletín meteorológico para la Zona de Influencia de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México. Pp. 1-5.

- Messiaen, C.M. 1975. Las hortalizas, técnicas agrícolas. Ed. Blume Distribuidora, S.A. México. 238p
- Meza, M.A. 1995. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el cultivo de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.), en Buenavista, Saltillo. Tesis. Licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp. 27-28.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 2000. Fertilizer recommendations for Agricultural and horticultural crops. Londres. P. 24.
- Millaleo, R., Montesinos, C., Rubio, R., Contreras, A., Borie, F., 2006. Efecto de la adición de compost sobre propagulos micorrizicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. R. C. Suelo Nutr. Veg. 6, 26-39.
- Morales Munguía, J. C.; Fernández Ramírez, M. V.; Montiel Cota, C. y Peralta Beltrán, A. B. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*). BIOtecnia. 21:19-26.
- Muñoz, R. 1994. Abonamiento orgánico y químico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en suelos aluviales de clima medio. En: Suelos Ecuatoriales. 24(45):10-12.
- Nieto-Garibay, A., B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral y J. L. García-Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del Chile (*Capsicum annuum* L.) en Zonas áridas. Interciencia. 27:417- 421.
- Ndegwa, P. M. and S.A. Thompson. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Bioresour. Technol. 75:7-12.
- Ortiz, V. M., 1998. El frijol en el estado de Zacatecas. Gobierno de Estado de Zacatecas. Pp. 21.
- Paredes, L. O., F. Guevara y L.A. Bello. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas. Fondo de cultura económico. P. 16.
- Parsons, D.B. 1981. Manual de educación agropecuaria, frijol y chícharo. Primera Edición. Editorial SEP-Trillas, México. P. 22.
- PLM, 2005. Diccionario de especialidades agroquímicas Ed. Ediciones PLM S.A. de C.V. México D.F. P. 32.
- Ramírez, H. 2005. Producción sostenible de hortalizas. *In*: Curso-taller introductorio producción sostenible de hortalizas. Posgrado en Agronomía

Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Estado de Lara. 1-51 pp.

Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *BioTechnol.* 96:419-427.

Robles, R. I. 1990. Respuesta de tres variedades de frijol p.v. a tres sistemas de labranza en Villaflores, Chiapas. Tesis Profesional Universidad Autónoma de Chiapas, Campus V. Villaflores, Chiapas. Pp 8.

Roberts, T. L. 2007. Right product, right rate, right time, right place. The foundation of BMPs for fertilizer. IFA Workshop on Fertilizer Best Management Practices (FBMPs). Brussels, Belgium. 432 p

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 1983. Guía técnica para la descripción varietal en cultivos de arroz, frijol, maíz y sorgo. Pp. 49-50, 62-63. México. D.F. Cobertura vegetal.

SAGARPA, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 2015. Avances de la Producción Agrícola. P 11.

Saña, J., Moré, J. C. y Cohí, A. 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. España. Pp. 27.

Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). D. F., México. Pág. 394.

SIAP. 2008. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA.

Sinha, R. K. 2008. Organic farming: an economic solution for food safety and environmental. Security; *Green Farming-International J. Agric. Sci.* 1:42-49.

Sobrino, E. y E. Sobrino. 1992. Tratado de Horticultura Herbácea 2. Hortalizas de legumbre-tallo-bulbo y tuberosas. Editorial AEDOS. Barcelona. España. Pp. 133-141.

Torres, E. 2006. A producir: "Producción y comercialización de frijol- Mollepata". Micro corredor socio económico Tayacaja-Huancavelica. FONCODES. Huancayo, Perú. pág.38, 40.

- United States Department of Agriculture (USDA). 2004. National Organic Program. USA. 554 p. Unión Europea (UE). 1991. Boletín oficial de la Comunidad Económica Europea. Reglamento CEE No. 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. 24 de junio.
- Valladolid, A. R. 2005. Cultivos con potencial de exportación. Cit Informa. N° 003. 2005. Ministerio de Agricultura del Perú. Centro de Información tecnológico. Pp. 26, 39-41.
- Van Cleemput, O. and Ch. Hera. 1996. Fertilizer nitrogen use and efficiency in different cropping systems. Terra 14:40-58.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant Soil. 255:571-586.
- Yu-kui R., J. Shi-ling, Z. Fu-suo and Sh. Jian-bo. 2009. Effects of nitrogen fertilizer input on the composition of mineral elements in corn grain. Agrociencia, 43(1):21-27
- Winter, C. K. and Davis. F. S. 2006. Organic foods. J. Food Sei. 71:117-124.
- Zapata, F. 2002. Contribucion de las técnicas nucleares al desarrollo de prácticas de manejo integrado del suelo, agua y nutrimentos para el incremento de la producción agrícola. Terra 20:1-6.
- Zingore, S. 2011. Better crops with. Plant Food. 95(1):4-6.
- <http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3454/577423.pdf?sequence=1>