

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Evaluación de rendimiento en diferentes variedades de frijol con  
fertilización orgánica e inorgánica**

**POR**

**MIGUEL RUBIO GÓMEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TORREÓN, COAHUILA**

**DICIEMBRE DEL 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Evaluación de rendimiento en diferentes variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica

TESIS DEL C. MIGUEL RUBIO GÓMEZ QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL:



Dr. ALEJANDRO MORENO-RESÉNDEZ

ASESOR:



ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:



Dr. VICENTE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ



ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE LAS CARRERAS AGRONÓMICAS  
Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DEL 2010

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Evaluación de rendimiento en diferentes variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica**

**TESIS QUE PRESENTA EL C. MIGUEL RUBIO GÓMEZ QUE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**APROBADO POR**

**PRESIDENTE:**



**Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ**

**VOCAL:**



**ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**

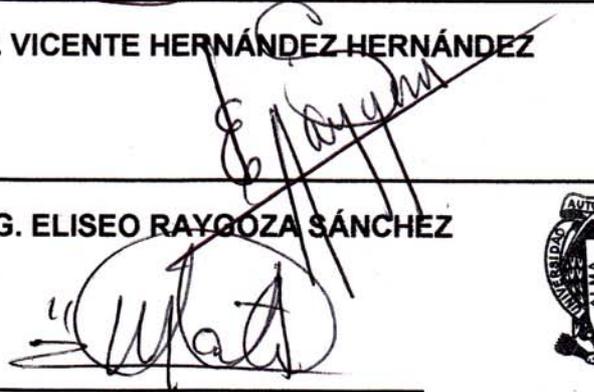
**VOCAL:**



**Dr. VICENTE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**VOCAL:**

**ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ**



**ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO**



**Coordinación de la División de Carreras Agronómicas**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE LAS CARRERAS AGRONÓMICAS**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO,**

**DICIEMBRE DEL 20010**

## **AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS** por darme la vida, sabiduría, paciencia y fuerza para culminar mis estudios.

**A MI ALMA MATER** por la enseñanza que me brindo y de hacer de mí una mejor persona y sobre todo por formarme como profesionista dentro de ella.

**A MI ASESOR** Ph. D. Alejandro Moreno Reséndez, con el respeto que se merece, por apoyarme para la elaboración de este estudio, por su sabiduría, enseñanza, comprensión y sobre todo por ser un buen amigo.

**ALOS INTEGRANTES DEL COMITÉ REVISOR** Ph. D. Vicente Hernández Hernández, Ing. Eliseo Raygoza Sánchez y M.C. Víctor Martínez Cueto, por sus valiosas sugerencias y correcciones realizadas al presente trabajo.

**A MIS COMPAÑEROS DE CARRERA** por su amistad, compañía y confianza brindada en el transcurso de mis estudios en nuestra alma mater.

**A TODOS MIS MAESTROS** por su valioso tiempo en que se empeñaron en enseñarnos toda su sabiduría y por brindarnos los conocimientos necesarios para nuestra vida futura.

**A TODOS ELLOS MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO Y APOYO.**

## **DEDICATORIAS.**

**A MIS PADRES** Que lamentablemente ya no los tengo conmigo pero sé que desde el cielo me están viendo y quiero decirles que no los defraude, que sus esfuerzos por sacarme adelante no fueron en vano. Mi mamita toñita y mi padre Delfino gracias porque me dieron su cariño incondicional.

**A MIS HERMANOS:** Daniel, Guadalupe, Carlos, Oscar, Eduardo, Rodolfo, Jesús y en especial a mi hermano Delfino que gracias a ellos logre culminar mis estudios, porque ellos fueron un aliento para seguir mis estudios.

**A MIS SOBRINOS:** Que lamentablemente no los puedo mencionar porque nunca acabaría, pero les doy las gracias porque ellos son parte de mi vida, por esos ánimos que me dieron para seguir día con día en mi vida y en mis estudios gracias mis chaparritos y chaparritas.

**A MIS AMIGOS:** por la confianza que brindaron en mí y también por ayudarme en momentos difíciles, pero sobre todo por todos esos momentos de locura que pasamos que nunca se nos olvidara.

## RESUMEN

El frijol (*phaseolus vulgaris L.*) destaca por su gran importancia económica, social, biológica y alimentaria además de ser el segundo cultivo en área sembrada después del maíz. El grano de frijol es un alimento básico que aporta proteínas complejas benéficas al ser humano y se cree que el mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dados los niveles de aceptación y consumo de este producto se cultiva mayoritariamente en América Latina, Asia y África.

En la Comarca Lagunera, se cultiva el frijol, pero por la falta de agua y la recurrencia de plagas y enfermedades en el cultivo, hacen que la producción de frijol sea nula o raquítica, con el impacto social y económico que ello implica. La agricultura orgánica es un medio adecuado de sustentabilidad económica y ambiental viable, de la cual se obtiene productos inocuos, por tanto los productos que se generan bajo este sistema tienen un mayor valor monetario que los cultivados con otros sistemas de producción. La finalidad del estudio es evaluar las ventajas del uso del vermicompost como fertilizante orgánico sobre el rendimiento y fenología del frijol.

Para la evaluación de los tratamientos se utilizó un factorial donde se tomaron en cuenta dos factores, el factor A son las variedades (Pinto Villa,

Pinto Nacional y Pinto Bayacora) y el factor B es el tipo de fertilización (orgánica e inorgánica) con dos repeticiones (debido a la reducida disponibilidad de semilla) y el la investigación consistió en la aplicación de vermicompost con una dosis de  $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , además una fertilización sintética con dosis de 60-0-0 NPK donde se aplico el fertilizante urea . Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño de bloques completamente al azar y para cada tratamiento se aplico el análisis de varianza para determinar los efectos obtenidos.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza indican que el uso del vermicompost es de gran ayuda para el crecimiento y desarrollo para del cultivo de frijol, ya que las variedades Pinto Villa y Pinto Nacional especialmente respondieron favorablemente en las variables evaluadas como son la altura de guía, el número de hojas y número de vainas, a este tipo de fertilizante orgánico. Al igual que al crecimiento de la planta el vermicompost también manifestó un resultado en el rendimiento del frijol por lo que se establece que la utilización del vermicompost favorece en todos los aspectos a la planta de frijol.

Las variedades que se recomienda establecer en la Comarca Lagunera son Pinto Villa y Pinto Nacional para obtener mejores rendimientos, y todo lo contrario para la variedad Pinto Bayacora.

**Palabras claves:** frijol, vermicompost, rendimiento, abonos orgánicos, sistema de producción sustentable.

## INDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATORIAS.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>III</b>
<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Clasificación taxonómica.....</b>	<b>5</b>
2.1.1. Descripción botánica .....	5
2.1.2. Variedades de frijol .....	7
<b>2.2. Producción .....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Producción de frijol a nivel mundial .....	8
2.2.2 Producción nacional de frijol.....	10
<b>2.3 Agricultura orgánica.....</b>	<b>14</b>
2.3.1 Agricultura orgánica en México.....	15
2.3.2 Importancia del compost.....	17
2.3.3 Papel de las lombrices para el vermicomposteo.....	20
2.3.3.1 Proceso de Vermicomposteo .....	22
<b>2.4 Métodos de fertilización en el frijol .....</b>	<b>23</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Características climáticas de la Comarca Lagunera .....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Localización del sitio experimental.....</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Preparación de terreno.....</b>	<b>26</b>

3.2.1 Barbecho .....	26
3.2.2 Rastreo .....	26
3.2.3 Nivelación .....	26
3.2.4 Trazado de surcos .....	27
<b>3.3 Siembra.....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Riegos .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Fertilización .....</b>	<b>27</b>
<b>3.6 Cosecha.....</b>	<b>28</b>
<b>3.7 Control de plagas y enfermedades .....</b>	<b>28</b>
<b>3.8 Variables de estudio .....</b>	<b>28</b>
<b>3.9 Registro de datos.....</b>	<b>28</b>
<b>3.10 Diseño experimental .....</b>	<b>29</b>
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1 Crecimiento de la guía.....</b>	<b>30</b>
<b>4.2 Numero de hojas.....</b>	<b>31</b>
<b>4.3 Numero de flores .....</b>	<b>33</b>
<b>4.4 Numero de vainas .....</b>	<b>34</b>
<b>4.4 Rendimiento .....</b>	<b>37</b>
<b>V CONCLUSIONES.....</b>	<b>39</b>
<b>VI LITERATURA CITADA .....</b>	<b>40</b>
<b>VII. APÉNDICE .....</b>	<b>49</b>

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. <b>Composición nutritiva del frijol (por 100g de materia comestible).</b> .....	6
Cuadro 2. <b>Cultivo de frijol en México y valor de la producción.....</b>	13
Cuadro 3. <b>Contaminantes que se degradan en el compost o durante el proceso de composteo.....</b>	19
Cuadro 4. <b>Exportación de productos orgánicos mexicanos. ....</b>	17
Cuadro 5. <b>Numero de hojas de tres variedades de frijol bajo fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2010.....</b>	32
Cuadro 6. <b>Numero de hojas de variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2010.....</b>	34
Cuadro 7. <b>Numero de vainas de variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL. Torreón Coah. 2010.....</b>	36
Cuadro 8. <b>Rendimiento de variedades de frijol expresado en t•ha-1. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2010.....</b>	37
Figura 1. <b>Producción y consumo de frijol a nivel mundial, 2003-2007. Fuente: (FIRA, 2008). ....</b>	10

**Figura 2. Superficie cultivada de frijol en el mundo, 1997-2006.  
Fuente:(INCARURAL,2008). ..... 11**

**Figura 3. Linea de regresion del crecimiento de guía de diferentes  
variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL.  
TORREÓN COAH. 2010. . ..... 31**

## I INTRODUCCIÓN

El frijol, pertenece a la familia de las Fabáceas y se dice que la región mesoamericana, que incluye a México, es considerada como centro primario de diversidad de las especies cultivadas del frijol entre la cuales incluyen cinco del género *Phaseolus* como son: *P. vulgaris* L. (frijol común), *P. acutifolius* (frijol tépari o escomite), *P. coccineus* (frijol ayocote, patol, botil), *P. polyanthus* (frijol acalate, botil, ibis) y *P. lunatus* (frijol lima, patachete), (López-Soto *et al.*, 2005). Al respecto, se han encontrado evidencias con antigüedad de 500 a 8 mil años en algunas regiones de México, Estados Unidos y Perú (Reyes-Rivas *et al.*, 2008).

El *P. vulgaris* L. destaca por su gran importancia económica , social, biológica y alimentaria además de ser el segundo cultivo en área sembrada después del maíz; el grano de frijol es un alimento básico que aporta proteínas complejas (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2004), además de ser consumido como semilla seca, la vaina tierna se aprovecha como verdura, la cual aporta al ser humano vitaminas y minerales que éste no sintetiza (Garduño-González *et al.*, 2009) y por ello se deriva su uso como ingrediente principal en la dieta de los mexicanos y en conjunto con el maíz son productos que forman más de dos terceras partes de los productos agrícolas del país (García-Zalazar *et al.*, 2006).

Asimismo se cree que el mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo, dado los niveles de aceptación y uso que de este producto se cultiva principalmente en América Latina, Asia y África (Reyes-Rivas *et al.*, 2008).

La producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. Entre 1961–2007 se produjo en promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituye una tasa media de crecimiento anual de 1.16 % durante dicho lapso (Reyes-Rivas *et al.*, 2008), ya que como en todos los cultivos se expone a factores que restringen su producción y disminuyen el rendimiento del cultivo e incrementa los costos de producción, por lo tanto no se opta por producir dicho cultivo (Mondragón-Pedrero *et al.*, 2001).

En los últimos años, el consumo de frijol en México ha tenido una tendencia decreciente, debido al cambio en preferencias de los consumidores por productos de mayor facilidad en el consumo. La producción de este grano ha ido descendiendo más en el ciclo primavera- verano, pero todo lo contrario en el ciclo otoño-inviernos, en el cual siempre se incrementa la producción y satisface la demanda nacional de frijol. Los principales estados productores son Zacatecas, Durango, San luís potosí, Sinaloa y Nayarit (FIRA, 2008).

La agricultura orgánica es una alternativa ante el incremento del precio de los fertilizantes sintéticos y la contaminación que se atribuye su utilización excesiva. Así, se ha vuelto necesario aplicar elementos nutritivos en forma racional, ya que con el paso de los años, se han hecho evidentes los riesgos

que implica el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas sintéticos sobre la salud humana (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007). Sin embargo debe considerarse que la agricultura orgánica no implica solo el hecho de fertilizar con abonos orgánicos (compost, fermento, vermicompost, entre otros) al suelo, sino que conlleva un cambio de conciencia que consiste en querer cambiar lo tradicional (Félix-Herrán *et al.*, 2008).

La incorporación de materia orgánica es de gran ayuda para el control de fitopatógenos del suelo ya que desde el punto de vista fitopatológico, los efectos más importantes tienen relación con la reducción en la incidencia y severidad de las enfermedades radicales, ya que las enmiendas orgánicas incrementan las poblaciones de los hiperparásitos y microorganismos antagonistas que producen enzimas y metabolitos tóxicos que afectan a los fitopatógenos (Villa-Briones *et al.*, 2008).

Los residuos orgánicos procesados por las lombrices, generan un producto de calidad con frecuencia denominado vermicompost, es un material finamente dividido como la turba o peat con un índice elevado de porosidad, aireación, drenaje, capacidad de retención de humedad y obtiene elementos nutritivos que se encuentra en forma más fácilmente asimilados por las planta (Atiyeh *et al.*, 2000; Atiyeh *et al.*, 2002).

Por lo que el uso del vermicompost, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono de alta calidad. Esto se fundamenta ante la demanda creciente de alimentos inocuos y el deterioro del ambiente, que obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos. Además, un fenómeno mundial es sin duda el

crecimiento en el consumo de productos orgánicos (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007)

### **Objetivos**

- Evaluar el rendimiento del cultivo del frijol, comparando la fertilización orgánica vs inorgánica.

### **Hipótesis**

- El vermicompost, considerado como abono orgánico, puede sustituir el empleo de los materiales sintéticos sin afectar el rendimiento en el cultivo del frijol.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Clasificación taxonómica

El frijol pertenece a la familia de las Fabáceas, subfamilia Papilionoideas, tribu Faseoleas, subtribu Faseolineas y género *Phaseolus*. Las principales especies que se cultivan en México son *P. vulgaris* L. (frijol común), *P. coccineus* L. (frijol ayocote), *P. lunatus* L. (frijol lima), *p. acutifolius* gray (frijol tepary), desde el punto de vista agrícola la especie más importante es *P. vulgaris* L (Robles-Sánchez., 1990).

#### 2.1.1. Descripción botánica

Es un cultivo anual, de germinación epígea, sistema radicular muy desarrollado fasciculadamente, que noduliza mediante asociación simbiótica con cepas de *Rhizobium phaseoli*. Sus tallos son delgados, de mayor o menor altura según que se trate de variedades de enrame o enanas. Hojas trifoliadas, dotadas de pequeñas estípulas en la base del peciolo. Inflorescencia en racimos terminales en las variedades enanas y auxiliares en las variedades en enrame. Coloreadas de color variable, blanco, amarillento, rosa etc.; quilla enrollada y estambre libre. Fecundación fundamentalmente autógama, con menos de un 5 % de alogamia. Fructificación en legumbres de sección, longitud y color variable. Las semillas, cuya forma oscila entre arriñonada y subglobulosa, poseen dimensiones variables y pueden ser de diversos colores

(marrón, negro, blanco, jaspeados, etc.). Su peso medio, aunque es variable, puede considerarse que, en forma aproximada, 1000 semillas pesan 500 g. La capacidad germinativa de las semillas de frijol es en término medio de tres años. La siembra se lleva a cabo directamente en el campo, y su éxito permite una cosecha continua. Desde el momento de la siembra hasta la cosecha transcurre un lapso de 50 a 120 días, dependiendo de la variedad a utilizar (Maroto-Borrego., 2002).

La cosecha se puede llevar a cabo en forma mecánica mediante las llamadas cosechadoras múltiples que permiten una mayor efectividad al realizar la actividad, pero también se puede hacer de forma manual, particularmente cuando la superficie es pequeña para que sea más rentable (Gordon-Halfacre y Barden., 1984). En el cuadro 1 se presenta la composición del grano de frijol.

**Cuadro 1.** Composición nutritiva del frijol (por 100g de materia comestible).

Componente	Concentración	Componente	Concentración
Agua .....	90.1%	Sodio.....	7 mg
Proteínas.....	1.9 g	Potasio.....	132 mg
Grasas.....	0.2 g	Vitamina A.....	600 UI
Hidratos de carbono total.....	7.1 g	Tiamina.....	0.08 mg
Fibra.....	1 g	Riboflavina.....	0.11 mg
Cenizas.....	7.0 g	Niacina.....	0.5 mg
Calcio.....	56 mg	Acido ascórbico.....	19 mg
Fósforo.....	4.4 mg	Valor energético.....	32 cal
Hierro.....	0.8 mg		

Fuente: (Maroto-Borrego., 2002)

### 2.1.2. Variedades de frijol

Durante la última década se han registrado y liberado, para las condiciones de temporal de la región semiárida, variedades de frijol pinto que son las principales clases comerciales que se explotan en la región (Acosta *et al.*, 1999), estas variedades son: Pinto Villa, Pinto Mestizo, Pinto Bayacora, Negro Altiplano, Negro Sahuatoba, Negro Durango, Bayo Victoria y Azufrado Namiqulpa. Las variedades mejoradas se caracterizan por un ciclo biológico corto, hábito indeterminado compacto, tolerantes a las enfermedades como son, pudriciones de raíz, causadas por *Fusarium* spp. y tizón ceniciento del tallo, causado por *Macrophomina phaseolina* y por un alto índice de cosecha (INIFAP, 2007).

La variedad pinto Villa tiene un ciclo biológico precoz que consta de 85 días después de la siembra (dds) y llega a la floración a los 28 dds. Dependiendo de la región en donde se siembre (Allende-Arrarás *et al.*, 2006), esta variedad al igual que el Pinto Bayacora y Pinto Nacional, va en aumento en cuestión a la demanda y en mucho se debe al precio que por varios años, principalmente 80 s y 90's, fueron cotizados como los más económicos, además de que su sabor y calidad culinaria es aceptable (INCA RURAL, 2010).

La variedad pinto Bayacora generada en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), desarrollada con el método de mejoramiento genético de pedigrí, tiene hábito de crecimiento indeterminado postrado, con plantas semierectas, muestra una altura del dosel de 65 cm y las guías pueden alcanzar los 91 cm, el número de días a floración es de 42 días y la madurez se presenta entre los 76 y 111 días, dependiendo

del sitio de siembra, tolera las enfermedades como antracnosis, roya y bacteriosis común, tiene testa de color crema sin manchas de color oscuro en el fondo, y fue desarrollada para solucionar el problema de comercialización que tienen las variedades tradicionales de tipo pinto (INIFAP, 2007).

Para la adopción de una nueva variedad de frijol no basta que ésta tenga buen rendimiento y alta tolerancia a enfermedades; además, debe competir con las variedades establecidas en el mercado, entonces es necesario tener en cuenta aspectos fundamentales, como: precio y aceptación, disponibilidad de semilla, tamaño de grano y color del mismo (Galindo-González and Zandate-Hernández, 2006).

## **2.2. Producción**

### **2.2.1 Producción de frijol a nivel mundial**

A nivel mundial se cultivan alrededor de 26.4 millones de hectáreas de frijol. La superficie ocupada por este cultivo es reducida en comparación con la de otros granos cultivados, pero la importancia de esta leguminosa a nivel mundial radica en que es la principal fuente de proteínas para una alimentación apropiada (FIRA, 2009) y el volumen al igual que la superficie sembrada de frijol producido son significativamente inferiores a comparación de otros granos como el trigo, maíz y arroz entre otros (INCA RURAL, 2008).

Este cultivo a nivel mundial ha sufrido un descenso en su superficie sembrada, esto, debido a los elevados precios de los cultivos alternativos, como la creciente demanda de maíz para la industria del etanol etc. (FPP, 2009);

también se le contribuye a otros factores sobre todo de tipo cultural que intervienen negativamente en su consumo y a la alta producción de otros granos (FIRA, 2008).

El consumo de frijol se localiza principalmente en países pobres o en desarrollo, regularmente de los continentes de América y África. Sin embargo, la importancia que tiene la población de origen latino en los Estados Unidos, ha hecho que en ese país se consuman crecientes volúmenes de esta leguminosa. Además, una parte de los volúmenes que allí se producen se destinan a cubrir el déficit de algunos países latinoamericanos consumidores (SIAP, 2005).

La producción global de esta leguminosa decreció de 20.7 millones de toneladas en 2003 a 19.3 millones de toneladas en 2007 (Figura 1). Lo cual, significó una reducción a una tasa media anual de 1.7 %, alcanzando un promedio de 19 millones de toneladas (FIRA, 2008), en una superficie promedio de 26 mil hectáreas, cabe resaltar, que la superficie cosechada presentan una tendencia positiva de crecimiento, por lo cual se esperará un aumento de producción de 0.54 %, y la superficie cultivada crecerá 1.7 % anualmente en los siguientes años (INCA RURAL, 2008).

El rendimiento promedio mundial del frijol se encuentra aproximadamente en  $0.701 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (SIAP, 2005). Los principales productores de frijol a nivel mundial son: India, Brasil, Myanmar, México y China, del total de producción en el mundo. (FIRA, 2008; FIRA, 2009; INCA RURAL, 2008; SIAP, 2005). La superficie de frijol sembrada en el mundo del año de 1997-2006 se presenta en la figura 2, entre los que destacan también los países antes mencionados.

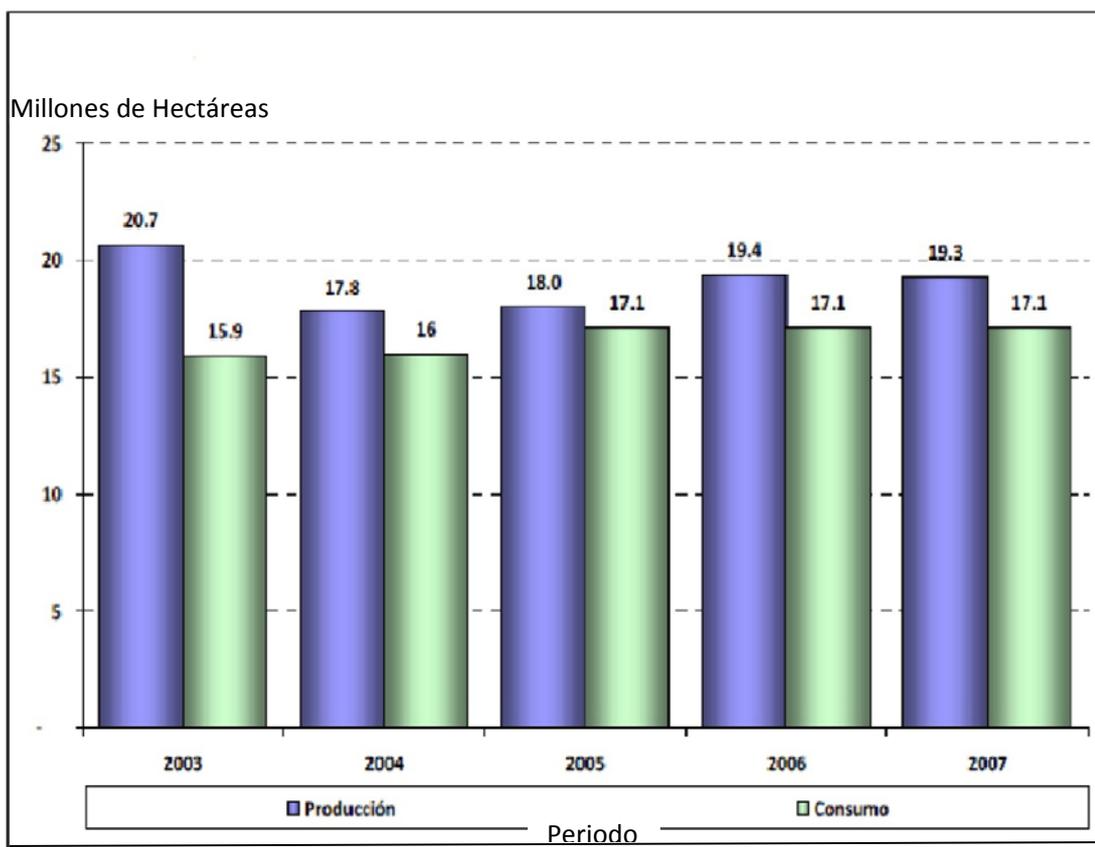
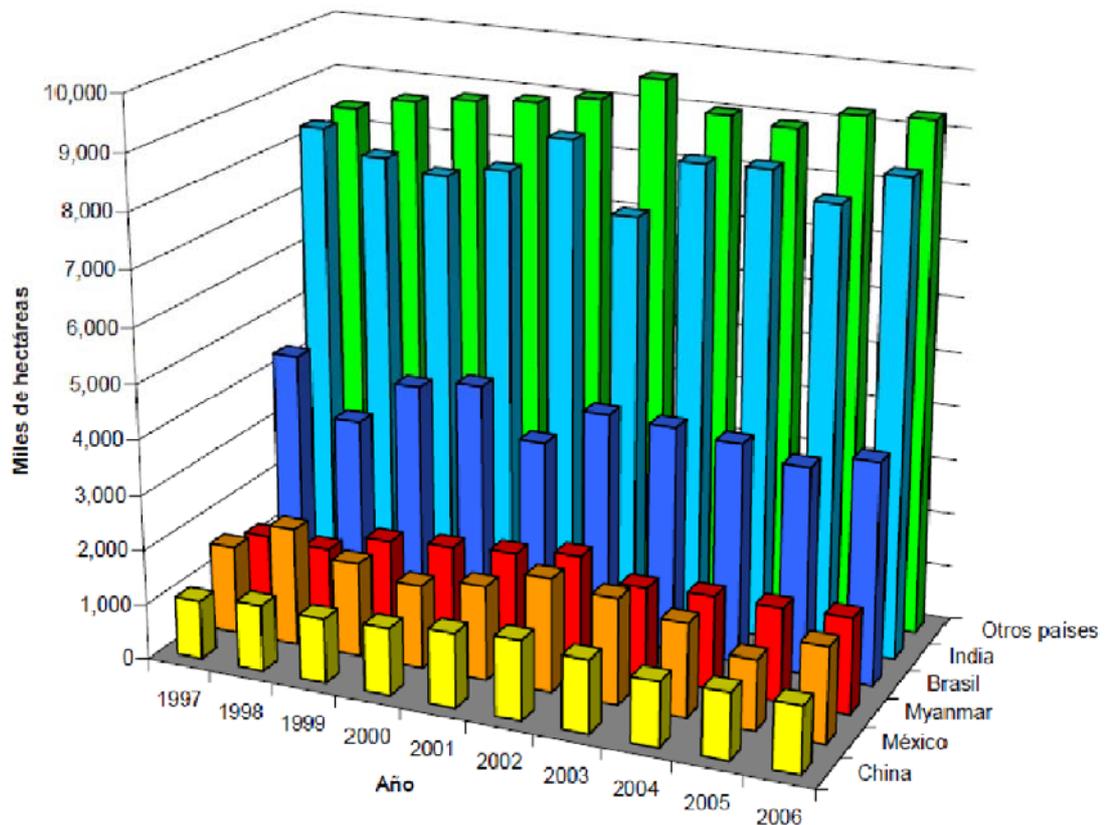


Figura 1. **Producción y consumo de frijol a nivel mundial, 2003-2007.**  
Fuente: (FIRA, 2008).

### 2.2.2 Producción nacional de frijol

En 2007 el cultivo de frijol en México ocupó el cuarto lugar en superficie después del maíz, pastos y sorgo grano (FIRA, 2008), por lo que esta leguminosa tiene gran importancia social ya que 570 mil productores se dedican a la siembra y viven de ella, y a que aproximadamente el 20 % de la cosecha se destina para el autoconsumo (Ayala-Garay *et al.*, 2008), lo que convierte a la producción de frijol en la segunda actividad agrícola más importante en México por el número de productores que ocupa (CEFP, 2004).



**Figura 2.** Superficie cultivada de frijol en el mundo, 1997-2006. Fuente: (INCA RURAL, 2008).

La superficie que se siembra con maíz y frijol a nivel nacional es cercana a los 10 millones de hectáreas; el maíz aporta el 70 % de los 36 millones de toneladas de granos que se producen anualmente en el país. El 48 % de los agricultores dedicados a la producción de frijol son propietarios de predios menores de cinco hectáreas (ASERCA, 2009). Entre 2003 y 2007 se sembró en México una superficie promedio de 1.8 millones hectáreas de frijol, con un volumen medio de producción de 1.2 millones de toneladas el cual no satisface la demanda de frijol en el país (FIRA, 2008).

Sin embargo en los últimos años, el consumo de frijol en México ha tenido una tendencia decreciente, debido al cambio en preferencias de los consumidores por productos de mayor facilidad en el consumo (alimentos preparados) o por el creciente consumo de productos avícolas (huevo y pollo), carnes de bovino y porcino, entre otros (FIRA, 2008), lo cual tiene como consecuencia la pérdida de competitividad en el contorno nacional a comparación de otros productos comestibles (García-Zalazar *et al.*, 2006).

En la actualidad México es el sexto país comprador en el mercado internacional y Estados Unidos es su principal abastecedor, lo que refleja también una reducción de la competitividad nacional (Ayala-Garay *et al.*, 2008), lo cual ocasiona dependencia y vulnerabilidad hacia las fluctuaciones de los precios internacionales (García-Zalazar *et al.*, 2006). En México el consumo de frijol en 2007 fue de 1.24 millones de toneladas, el cual prácticamente se encuentra estabilizado durante los últimos años (FIRA, 2008).

El frijol se cultiva en prácticamente todas las regiones del país, bajo todas las condiciones de suelo y clima (SIAP, 2005), y aunque este cultivo se siembra en las regiones centro y costera el 66 % de la producción total a nivel nacional se obtiene en el norte y noroeste de la república (Ayala-Garay *et al.*, 2008).

Los estados con mayor superficie cultivada de frijol son Zacatecas, Durango, Chiapas, Sinaloa, San Luis Potosí, Guanajuato, Chihuahua, Puebla y Nayarit los cuales concentran el 85 % de la superficie total (INCA RURAL, 2008) (Cuadro 2). Entre el 2003 y 2008 el reporte de rendimiento promedio a nivel nacional fue de  $0.58 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  en cultivo de temporal. En tanto, el rendimiento

en condiciones de riego es de 1.59 t•ha<sup>-1</sup>. En conjunto, se obtienen rendimientos promedio de 0.72 t•ha<sup>-1</sup> (FIRA, 2009).

**Cuadro 2. Cultivo de frijol en México y valor de la producción.**

Ubicación	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (ha)	Valor Producción (Miles de Pesos)
AGUASCALIENTES	145,234.00	67,272.00	1,688,444.38
CAMPECHE	234,165.15	216,004.53	1,867,279.46
CHIAPAS	1,404,119.23	1,376,128.78	15,620,442.19
CHIHUAHUA	1,051,299.41	1,017,182.91	15,408,534.54
COAHUILA	293,707.91	244,648.95	4,825,094.81
DISTRITO FEDERAL	22,681.55	22,676.45	1,207,920.64
DURANGO	708,721.15	671,096.68	5,903,915.97
GUANAJUATO	1,060,560.74	701,559.00	13,084,870.84
GUERRERO	861,417.09	840,869.70	8,328,844.48
HIDALGO	584,332.17	435,486.92	4,982,961.89
JALISCO	1,579,622.82	1,302,857.39	18,558,222.96
MEXICO	885,468.57	844,619.86	13,729,693.71
MICHOACAN	1,088,796.01	900,397.05	29,745,555.86
MORELOS	125,237.28	122,330.48	3,972,686.28
NAYARIT	383,242.89	368,755.01	6,501,110.29
NUEVO LEON	330,962.90	321,433.60	3,274,298.34
OAXACA	1,383,748.95	1,185,739.90	10,517,850.32
PUEBLA	994,398.78	629,790.36	10,174,471.47
QUERETARO	168,755.00	122,845.00	1,658,075.22
QUINTANA ROO	123,815.39	119,756.55	905,658.35
SAN LUIS POTOSI	733,021.91	438,249.89	6,855,927.14
SINALOA	1,305,331.55	1,157,032.07	29,603,467.35
SONORA	578,438.66	565,296.92	20,619,350.84
TABASCO	240,749.45	222,831.39	3,589,647.96
TAMAULIPAS	1,407,771.50	1,264,098.15	12,088,476.08
TLAXCALA	239,557.50	239,376.50	2,219,007.49
VERACRUZ	1,416,647.81	1,344,486.33	20,414,728.38
YUCATAN	780,170.22	701,228.98	2,023,598.24
ZACATECAS	1,280,744.63	853,942.85	10,167,501.14
	<b>21,832,754.02</b>	<b>18,688,834.79</b>	<b>294,661,930.59</b>

Fuente: (SIAP, 2009)

En la Comarca Lagunera (Estados de Coahuila y Durango) es común la siembra de frijol principalmente bajo condiciones de riego, aunque también se siembra en condiciones de temporal mediante el sistema de cosecha de aguas de ladera. Frecuentemente la asociación de la falta de agua con la recurrencia de plagas y enfermedades en el cultivo, hace que la producción de frijol sea nula o raquítica, con el impacto social y económico que ello implica (Pedroza-Sandoval *et al.*, 2010). Además que las temperaturas superiores a los 25 °C provocan una disminución drástica en el rendimiento del frijol de hasta de un 50 % (Núñez *et al.*, 2008).

Anualmente se siembran en esta región lagunera un promedio de 4,300 ha de frijol (Pedrosa-Sandoval and Samaniego-Gaxiola, 2003), fluctuando el rendimiento entre los 450 y 520 kg•ha<sup>-1</sup>, lo cual deriva en baja competitividad por parte de los productores de frijol nacionales y en especial en esta región (I D, 2010).

### **2.3 Agricultura orgánica**

La modernización de la agricultura demanda una gran variedad de insumos, fertilizantes, plaguicidas, nuevos equipos y maquinaria y la intensificación de la mecanización que viene afectando de manera peligrosa al ambiente y la calidad de los alimentos producidos (Cruz-Rodrigues *et al.*, 2003) por lo que se ha puesto vigente una reevaluación de las prácticas convencionales utilizadas desde los años 40s (Rippy *et al.*, 2004).

El uso excesivo de agroquímicos y la poca utilización de abonos orgánicos han provocado el deterioro de las propiedades físicas, químicas y

biológicas del suelo y se ha generado poca tecnología para utilizar la materia orgánica proveniente de la actividad pecuaria (Salazar-Sosa *et al.*, 2004). Un ejemplo es que durante largos períodos de tiempo el estiércol ha sido utilizado como una fuente orgánica de elementos nutritivos para las especies vegetales y la materia orgánica para mejorar las condiciones físicas y la fertilidad de los terrenos agrícolas y no se le ha dado interés al desarrollo de tecnologías para su utilización (Dao and Cavigelli, 2003).

La agricultura orgánica se caracteriza por no utilizar ningún agroquímico, se desarrolla bajo un sistema de insumos naturales y se instrumentan buenas prácticas agrícolas que protegen el ambiente, con el fin de generar un sistema de producción autosustentable en el largo plazo, y de obtener productos libres de residuos tóxicos, es por ello que estos agro alimentos tienen un mayor valor monetario que los cultivados con otros sistemas (ASERCA, 2008).

La agricultura orgánica representa una opción económica y comercial real para los pequeños agricultores ligados a la agricultura familiar, pero también, para aquellos productores y empresarios que desean incursionar en esta actividad, que contribuye a la conservación de los recursos naturales, la biodiversidad y a la mitigación del cambio climático, a la salud y la nutrición de los consumidores (SAGARPA, 2010).

### **2.3.1 Agricultura orgánica en México**

En México la agricultura orgánica está en franca expansión, ya que en los últimos 15 años la extensión cultivable ha pasado de 25 mil a 400 mil hectáreas, lo que ha generado divisas al país por cerca de 400 millones de

dólares por año (ASERCA, 2010). El 80 % de los alimentos producidos con este sistema en México proviene de las zonas indígenas, por lo que constituye una oportunidad de desarrollo (SAGARPA, 2010).

Los productos orgánicos han demostrado ser una alternativa muy prometedora para el campo mexicano, ya que cumple con los objetivos de la sostenibilidad: conservación y mejoramiento de los recursos naturales, mayores ingresos y mejor nivel de vida para los productores, principalmente pequeños y medianos (FIRA, 2010).

La aceptación de la agricultura orgánica a nivel nacional y los incrementos obtenidos se deben a la combinación de varios factores como son: la constante demanda y buen precio en el mercado internacional; la obtención de un mejor ingreso; la presencia de la agricultura tradicional lo cual ha facilitado los procesos de conversión a los métodos orgánicos y a la formación de promotores campesinos en las organizaciones de productores, lo que ha permitido la difusión de esta nueva tecnología (Gómez, 2004)

En lo que respecta a la certificación de los productos orgánicos, en México el 80 % de la superficie en producción orgánica se encuentra certificada y el resto se encuentra en proceso (FOCIR, 2005), y de los estados que se dedican a esta actividad, Chiapas ocupa el primer lugar abarcando el 24 % de la producción nacional, y también sobresalen Oaxaca, Querétaro, Guerrero, Tabasco, Sinaloa, Michoacán y Jalisco (SAGARPA, 2010).

Los principales productos orgánicos en México son: café (el cual abarca el 60 % de la producción orgánica total nacional), sábila, mango, aguacate, nopal, maíz, cacao, ajonjolí, guayaba, plátano, litchi y manzana, entre otros

como son las hortalizas, cuya producción es reciente y es bajo condiciones de invernadero (ASERCA, 2010). Se estima que entre el 80 o 90 % del total de la producción se exporta principalmente a la Unión Europea, EE.UU y Canadá (Cuadro 4) (FOCIR, 2005).

**Cuadro 4.** Exportación de productos orgánicos mexicanos.

PRODUCTO	DESTINO
Café	Alemania, Holanda, Suiza, Inglaterra, EU, Suecia, Austria, Italia, Japón, Dinamarca, Noruega, Bélgica y Canadá
Hortalizas	Alemania, Inglaterra, Italia, EU, Canadá y Japón.
Ajonjolí	Unión Europea y EU.
Banano	EU Y Japón.
Jamaica	Alemania
Vainilla	EU Y Japón
Mango	EU, Canadá, Japón, Inglaterra y Alemania.
Aguacate	Suiza, Inglaterra, Japón, Canadá y EU.
Litchie	EU.
Manzana	EU
Piña	EU
Cacao	Alemania y EU.
Maíz azul	EU.
Miel de maguey	Alemania.
Cardamomo	Alemania.
Albahaca	EU e Italia

Fuente: (FOCIR, 2005)

### 2.3.2 Importancia del compost

La generación de grandes cantidades de residuos orgánicos puede generar problemas de tipo ambiental y económico, por lo tanto la práctica del reciclado de este tipo de residuos en la agricultura se ha convertido en una solución apropiada para la recuperación de residuo (Amir *et al.*, 2003), el cual puede ser utilizado para obtener productos con valor agregado, mediante el composteo. Éste es un proceso biooxidativo de transformaciones microbianas en

condiciones controladas (Santamaría-Romero *et al.*, 2001), genera un producto seco, biológicamente más estable y más fácil de incorporar a los suelos a diferencia de los materiales originales no composteados (Sikora *et al.*, 2002).

Cuando el proceso de composteo se maneja adecuadamente, se logra inactivar organismos patógenos y semillas de maleza mientras se descomponen los residuos orgánicos en un producto útil para el suelo (Agnew *et al.*, 2003), esto se logra cuando alcanza altas temperaturas normalmente de 45 - 65 °C durante el proceso (Leal and Madrid de Cañizalez, s/f).

El compost fomenta la acción microbiana benéficas tales como los hongos micorrícicos arbusculares los cuales forman asociaciones simbióticas con las raíces de la mayoría de las plantas de interés agrícola, así como en el frijol. Dicha simbiosis promueve una mayor eficiencia en la absorción radical de nutrientes como N y especialmente aquéllos de lenta movilidad en el suelo como P, Cu y Zn, provocando en el frijol aumento en su rendimiento y por lo otro lado ayuda al crecimiento de la planta (Chefetz *et al.*, 1998; Millaleo *et al.*, 2006), también se ha demostrado que puede proporcionar ayuda para realizar el control biológico natural de enfermedades de las raíces así como del follaje de las plantas (Hoitink and changa, 2004).

Las ventaja que se obtienen en el suelo al usar el compost son: las mejoras de las propiedades hidráulicas y mecánicas ya que son importantes para las respuestas positivas de los cultivos (Sikora *et al.*, 2002), al mismo tiempo ayuda a mantener valores de pH óptimos para la agricultura, evita cambios extremos en la temperatura, controla la erosión aun teniendo suelos como de las zonas áridas y semiáridas, que tienen como característica, baja

fertilidad, materia orgánica, nutrimentos, capacidad de retención de agua y pH alcalino (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

Se ha reportado un amplio rango de contaminantes ambientales comunes que se degradan rápidamente en el proceso de compostaje o en el mismo compost (Cuadro 3), y una ventaja de este proceso es que se puede realizar en el campo con diseños sencillos, sin embargo no existe una tecnología de remediación apropiada para todos los contaminantes (Sauri-Riancho and Castillo-Borges, 2002).

Desde el punto de vista económico es atractivo su uso, ya que el costo a granel de compost representa aproximadamente el 10 % menos que el uso de fertilizantes sintéticos y al mismo tiempo se obtiene varios beneficios tanto en el suelo como en la planta (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

**Cuadro 3.** Contaminantes que se degradan en el compost o durante el proceso de composteo.

Clase contaminante	Ejemplos
Hidrocarburos del petróleo	Gasolina, combustible diesel, gasavion, aceite y grasa
Hidrocarburos aromáticos polinucleares	Preservadores de la madera, residuos de la gasificación de carbón, residuos de refinería
Plaguicidas	Insecticidas y herbicidas
Explosivos	TNT, RDX, nitrocelulosa

Fuente: (Sauri-Riancho and Castillo-Borges, 2002).

### **2.3.3 Papel de las lombrices para el vermicomposteo**

Las lombrices de tierra juegan un papel primordial en la transformación de los residuos orgánicos (Francis *et al.*, 2003), ya que a nivel mundial han sido descritas más de 3000 especies (Hendrix and Bohlen, 2002). De todas estas especies, las lombrices *Eisenia fetida* (Savigny) y *andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae), estrechamente relacionadas, son las especies de lombrices más comúnmente utilizadas para el manejo de residuos orgánicos, son de fácil manejo gracias a su gran elasticidad y a su tolerancia a la temperatura y humedad (Domínguez *et al.*, 2005).

Tras las recientes preocupaciones mundiales relacionadas con la preservación del medio ambiente y con la recuperación de los suelos degradados se ha fomentado en las últimas décadas la técnica de la lombricultura o el vermicompostaje (de Lino-Vieira *et al.*, 2004), el proceso del vermicomposteo es utilizado exitosamente en diversos países por la disposición de los residuos orgánicos, con la finalidad de mitigar diversos problemas relacionados con la producción y acumulación de materia orgánica (Borges *et al.*, 2003).

Durante la alimentación, las lombrices fragmentan los diferentes residuos, acelerando así la velocidad de descomposición de la materia orgánica, alterando las propiedades físicas y químicas de los materiales, provocando un efecto de descomposición o humificación a través del cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada (Atiyeh *et al.*, 2000). El proceso de humificación se lleva a cabo por la acción de las enzimas generadas en el tubo digestivo de las lombrices y de la actividad de los microorganismos

que en él existen, tales como bacterias, hongos, actinomicetos, algas y protozoarios grandemente estimulados antes de ser excretados (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2003)

En atención a lo anterior, diversos estudios de investigación ya han demostrado la capacidad de algunas lombrices para consumir una amplia gama de residuos orgánicos tales como biosólidos o lodos de aguas negras, diferentes tipos de estiércol animal, residuos de diversos cultivos y desechos industriales (Atiyeh *et al.*, 2000); después de ingerir todos estos residuos, la mezclan con el material inorgánico del suelo, la pasan a través de su intestino y la excretan como vermicompost (Six *et al.*, 2004).

Por otro lado, en diversas actividades de investigación se ha evaluado el crecimiento de múltiples especies vegetales, sustituyendo los medios de crecimiento vegetal comerciales, con diferentes cantidades de vermicompost, y en todos los estudios, se ha confirmado que dicha sustitución logró incrementos significativos en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales evaluadas (Atiyeh *et al.*, 2002). Las características químicas y microbiológicas del compost y del vermicompost son muy semejantes. Sin embargo, la respuesta de los cultivos a la aplicación del vermicompost suele ser superior a la del compost convencional (Santamaría-Romero *et al.*, 2001).

Vega-Ronquillo *et al.*,( 2006) implemento la aplicación del vermicompost en el cultivo del frijol el cual le provocó un aumento en el rendimiento hasta un 50 % con respecto otros fertilizante organominerales. Además el uso del vermicompost en el frijol provoca el aumento de altura hasta un 23 %, 21 % en el desarrollo de la hoja, 67 % en el número de vainas, a comparación de otros

tipos de fertilizantes (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008). Por otra parte el vermicompost de estiércol de cerdo proporciona beneficios biológicos, tales como los reguladores de crecimiento dentro del medio de crecimiento de la especie vegetal provocando así un mejor funcionamiento de la planta para la obtención de buenos resultados (Atiyeh *et al.*, 2001).

### **2.3.3.1 Proceso de Vermicomposteo**

El vermicomposteo es una tecnología en la cual se utilizan lombrices para digerir materia orgánica y agregados de tierra, provocando su degradación, el producto derivado de este proceso digestivo, contiene elementos nutritivos en mayor concentración que el suelo, en virtud de que se mezcla con materia orgánica y secreciones intestinales y urinarias (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2003).

Durante este proceso se debe mantener la temperatura inferior a 35°C, ya que la exposición de las lombrices a mayores temperaturas, incluso durante cortos períodos de tiempo, provoca su muerte (Valadares-Veras and Povinelli, 2004). Otras variantes a considerar para la actividad de la lombriz son: el pH que se recomienda entre 5-9 y la humedad de 85-95% (Schuldt *et al.*, 2007).

Para favorecer un buen proceso de vermicomposteo es necesario crear las condiciones ideales para la actividad microbiana, como: la cantidad adecuada de agua, oxígeno y una alimentación balanceada. La intensa actividad microbiana durante este proceso provoca un aumento en la temperatura, por el cual se debe trabajar con camas de poca altura (Soto and Muñoz, 2002).

Aproximadamente se necesitan cuatro meses, desde que la lombriz se introduce al compost hasta la obtención del vermicompost (Anza *et al.*, 2004), y por cada metro cúbico de materiales orgánicos utilizado es reducido a un 60% de su volumen inicial, debido a la actividad de las lombrices (Francis *et al.*, 2003).

#### **2.4 Métodos de fertilización en el frijol**

La fertilización es importante en la producción de cualquier rubro agrícola. En el cultivo de frijol no es la excepción, ya que investigaciones realizadas han demostrado que el uso de fertilizantes desempeña un papel importante en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo y su aplicación debe hacerse únicamente cuando la recomendación del análisis de suelo indique que el elemento no se encuentra en cantidades suficientes en el suelo (Cedano *et al.*, 2000).

Hay fertilizantes que pueden ser utilizados para su aplicación a través del agua de riego, pero se deben contemplar determinadas características como son: un alto grado de solubilidad, compatibilidad, pureza, poder de corrosión, poder acidificante, posibilidad de taponamiento del sistema de irrigación, costo del producto y de aplicación (Fernandes and Testezlaf, 2002).

Otro método de aplicación de fertilizante es mediante la aplicación foliar, el cual debe utilizarse como una práctica especial para complementar requerimientos nutrimentales o corregir deficiencias de aquellos elementos nutritivos que no existen o no se pueden aprovechar eficientemente mediante la fertilización al suelo, pero cabe mencionar que este tipo de fertilización no

cubre el requerimiento de los elementos nutritivos en grandes cantidades (Trinidad-Santos and Aguilar-Manjarrez, 2000).

En el contexto actual de la agricultura, se ha observado que existe un mayor realce para los llamados biofertilizantes, o fertilizantes organominerales, producto de la inoculación de microorganismos sobre residuos de las más diversas naturalezas. Mediante el reciclado de los residuos orgánicos, se ha buscado su reaprovechamiento como fuente alternativa para la producción de fertilizantes, es una medida extremadamente estratégica, desde el punto de vista ambiental y económico. Estudios realizados demuestran que los fertilizantes organominerales, procedentes de la mezcla o combinación de fertilizantes minerales y orgánicos, son un excelente insumo agrícola (Fernandes and Testezlaf, 2002).

En la realización de la práctica del abonado para las leguminosas, ya no se toma en cuenta la cantidad de nitrógeno que requiere, ya que a través de sus nódulos en conjunto con las bacterias del género *Rhizobium* pueden fijar el nitrógeno atmosférico pudiéndose asimismo extraerlo del suelo mediante la absorción radicular. Para los demás elementos nutritivos su aplicación varía dependiendo de cada región en la que se cultive (Maroto-Borrego, 2002).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Características climáticas de la Comarca Lagunera**

El clima de la Comarca Lagunera, es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio entre 200 y 300 mm anuales en la mayor parte de la región y de 400 a 500 mm en la zona montañosa oeste, con una evaporación anual de 2,600 mm y una temperatura media de 20 °C. En este último aspecto, el área de la llanura y gran parte de la zona montañosa, presenta dos periodos bien definidos, el periodo de mayor temperatura comprende siete meses desde abril hasta octubre, en lo que la temperatura media mensual varía de 13.6 °C, el periodo con temperaturas bajas comprende los meses de diciembre y enero registrándose en este último, el promedio de temperatura más bajos es de 5.8 °C aproximadamente (CNA, 2005).

#### **3.2 Localización del sitio experimental**

El experimento se llevó a cabo en el ciclo otoño- invierno del año 2009 en el jardín botánico “Jerzy Rzedowski Rotter” de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, ubicada en periférico Raúl López Sánchez y Santa Fé Km. 1.5, Torreón Coahuila México, región mejor conocida como la Comarca Lagunera, localizada en las coordenadas geográficas 103°

25' 57" de latitud Oeste al meridiano Greenwich y 25° 31' 11" de latitud Norte con una altura de 1137 msnm.

## **3.2 Preparación de terreno**

### **3.2.1 Barbecho**

Se realizó el día 17 de julio del 2009, a una profundidad de 30 cm con un arado de discos con la finalidad de destruir e incorporar la maleza, remover el suelo, y darle uniformidad al terreno, aireación y por consiguiente contribuir en la prevención de plagas y enfermedades en el suelo.

### **3.2.2 Rastreo**

El 20 de julio se realizó el rastreo cruzado con la finalidad de desmenuzar los terrones que quedaron después de haber realizado el barbecho, esto para permitir el paso del aire y una buena absorción de agua, además ayudo a facilitar la preparación de los surcos

### **3.2.3 Nivelación**

De igual forma se realizó la nivelación el 21 de julio de 2009 con la finalidad de eliminar los altos y bajos del terreno para lograr una mejor distribución y eficiencia del riego.

### **3.2.4 Trazado de surcos**

Se trazaron 24 surcos a un distanciamiento de 0.65 m y 24 m de largo logrando así un total en superficie de 374.4 m<sup>2</sup> y se dividieron en dos parcelas para su mejor distribución y manejo, este procedimiento se llevó a cabo el 21 de julio del mismo año.

### **3.3 Siembra**

La siembra se efectuó en húmedo de forma directa el 22 de julio del 2009, depositando seis semillas por metro lineal para obtener una densidad de población de 92,400 plantas por hectárea.

### **3.4 Riegos**

Se aplicaron tres riegos de auxilio de forma rodada a lo largo del ciclo de cultivo, en las fechas: 15 y 28 de agosto y 16 de septiembre del 2009, estas fechas seleccionadas fue porque el cultivo lo fue requiriendo. El riego de aniego se efectuó 2 días antes de la siembra, con el fin de tener una humedad óptima para la germinación de la semilla.

### **3.5 Fertilización**

La fertilización del cultivo se llevó a cabo el 12 de agosto, en lo que respecta a lo orgánico se aplicó el vermicompost obtenido de la UAAAN-UL con una dosis de 20 t•ha<sup>-1</sup>. En la fertilización inorgánica se eligió una dosis de 60-0-0 (NPK) utilizando el fertilizante urea.

### **3.6 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual llegada la madurez fisiológica de la planta el día 25 de octubre del 2009 a los 101 dds, recolectando las vainas y con la mano se le fue quitando el frijol de cada vaina.

### **3.7 Control de plagas y enfermedades**

Durante el ciclo de cultivo se presentó la plaga de la mosquita blanca (*Trialeurodes sp; Bemisia tabaci*), y para el control de esta plaga se utilizó el producto orgánico Neem (*Azadirachta indica* A.Juss.) con dosis de 20 mL•5 L<sup>-1</sup> de agua, aplicando en dos ocasiones cuando se presento una gran población de la plaga, este producto fue para repeler la mosquita blanca y evitar la transmisión de enfermedades. Lo que respecta a enfermedades no se encontró ningún tipo de enfermedad en el cultivo.

### **3.8 Variables de estudio**

Las variantes registradas en el presente experimento fueron: crecimiento de guía (A), número de hojas (NH), número de flores (NF), número de vainas (NV) y rendimiento (R), de las variedades Pinto Villa, Pinto Nacional y Pinto Bayacora.

### **3.9 Registro de datos**

Este procedimiento se realizo en cuatro ocasiones, por la mañana para no dañar la planta con los movimientos bruscos que se hacían, en especial

cuidando las flores, se inició a los 40 dds y se siguió cada dos semanas hasta el termino del ciclo del cultivo.

### **3.10 Diseño experimental**

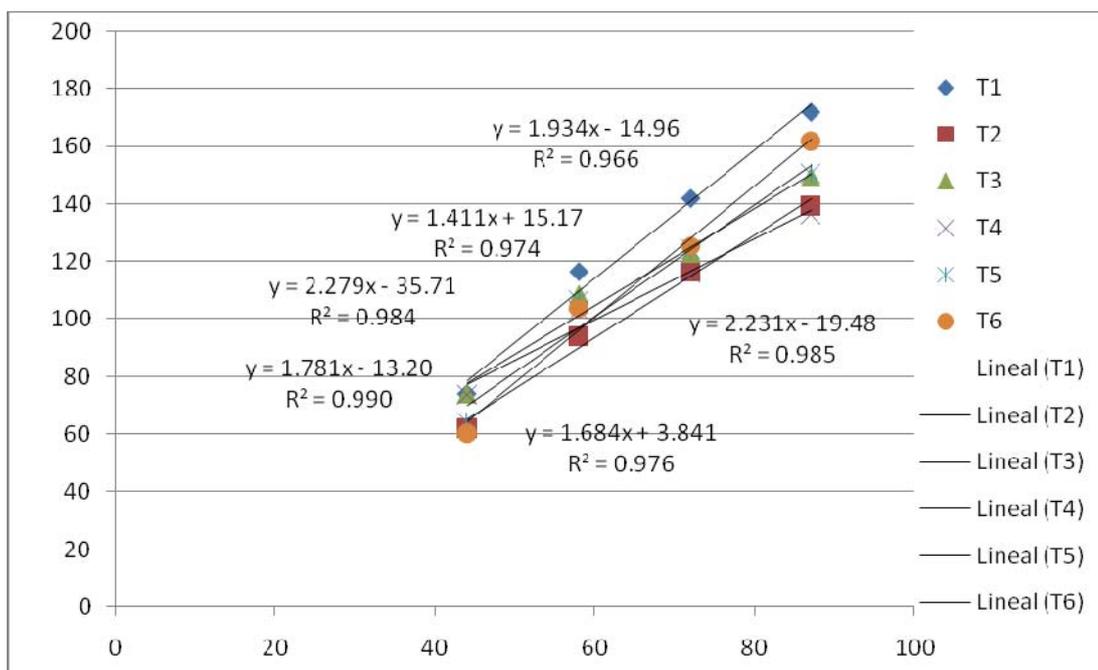
Se utilizó un diseño de bloques al azar, con dos repeticiones (debido a reducida disponibilidad de semilla) y para determinar el efecto de los tratamientos sobre la variables evaluadas se aplicó, en cada una de ellas, el análisis de varianza y en caso de registrarse diferencia significativa entre los tratamientos se aplicó la prueba DMS (5%), utilizando para estos análisis el paquete estadístico del SAS (1998).

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Crecimiento de guía

El T1 correspondiente a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica fue la que obtuvo un mayor crecimiento con respecto a las demás variedades con una la altura registrada de 172 cm, y el T6 que comprende la variedad Pinto Bayacora con fertilización inorgánico obtuvo una altura de la guía principal de 162 cm, estos dos tratamientos fueron los que tuvieron un mayor crecimiento de la guía principal a comparación de los otros tratamientos. (Figura 3), para la variedad Pinto Nacional orgánico obtuvo un crecimiento considerable lo que basto para superar a la fertilización inorgánica, por lo que en las variedades Pinto Villa y Pinto Nacional con la dosis aplicada de vermicompost basto para obtener mejores resultados a comparación con la fertilización sintética de las misma variedad

Pero por otro lado, el vermicompost no obtuvo buenos resultados en la variedad Pinto Bayacora que midió 150 cm y fue superado por la fertilización sintética en el crecimiento de la guía principal, esto se pudo deber a que la aplicación del vermicompost fue retardada para que el cultivo dispusiera de los elementos nutritivos, ya que la aplicación fue a los 21 dds por lo que esta variedad no logro aprovechar al máximo el vermicompost.



**Figura 3.** Línea de regresión del crecimiento de guía de diferentes variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica.

Nuestros resultados concuerdan con lo dicho por Gómez-Álvarez *et al.*, (2008) 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).

#### 4.2 Numero de hojas

De acuerdo con los análisis de comparación de medias mostró que el tratamiento T1 correspondiente a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica obtuvo una media de 142 hojas por planta, el T2 que corresponde a la

variedad Pinto Villa con fertilización inorgánica con una media de 132 hojas por planta y el T4 que corresponde a las variedad Pinto Nacional con fertilización inorgánica con una media de 130 hojas por planta, se registro diferencia significativamente en el número de hojas con respecto a los otros tratamientos. Los T3, T5 y T6 correspondientes a las variedades Pinto Nacional y Pinto Bayacora con fertilización orgánica, Pinto Bayacora con fertilización inorgánica respectivamente obtuvieron un menor número de hojas pero se generaron un promedio considerable (Cuadro 7).

Esto significa que el vermicompost produjo una mejor respuesta con la variedad Pinto Villa a diferencia de las variedades Pinto Nacional y Pinto Bayacora, esto se pudo deber a que la variedad Pinto Villa asimilo más rápidamente los elementos nutritivos que el vermicompost contiene a pesar de que la aplicación fue un poco retardada y con respecto a las otras dos variedades la fertilización inorgánica basto para tener un buen desarrollo de las hojas ya que la aplicación de nitrógeno sintético fue mejor asimilado, y por consecuente el desarrollo de las hojas fue mejor porque el nitrógeno tiene entre sus función el de producir mayor follaje.

**Cuadro 5.** Numero de hojas de tres variedades de frijol bajo fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2010.

Tratamientos	Media	Grupo de significancia
1	142.125	A
2	132.750	A
4	130.844	A
6	124.781	A B
3	112.063	B C
5	105.125	C

\*medias con la misma letra no son significativamente diferentes

El tratamiento T1 correspondiente a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica fue el que obtuvo más hojas por planta, no siendo así en las otras variedades con la misma aplicación orgánica, independientemente de estos resultados la aplicación del vermicompost favoreció en el número de hojas por planta en la variedad Pinto Villa comparándolo con Gómez-Álvarez *et al.*, (2008) que el uso del vermicompost ayuda a obtener hasta un 21 % más de hojas por planta en el cultivo de frijol en comparación a la fertilización sintética.

#### **4.3 Numero de flores**

De acuerdo con el análisis de varianza para la variante de número de flores arrojo no significativo pero en la comparación de medias, se obtuvo que el T1 correspondiente a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica sobresalió ante los demás tratamientos en un 22 % más a comparación al próximo productor de flores que fue el T2 que corresponde a la variedad Pinto Villa con fertilización inorgánica. Las variedades Pinto Villa con fertilización inorgánica, Pinto Nacional con fertilización orgánica e inorgánica y Pinto Bayacora con fertilización orgánica e inorgánica no registraron diferencia alguna entre ellos (Cuadro 8).

Por lo tanto, si se utiliza el vermicompost con las mismas dosis aplicadas en el experimento se obtendrá un resultado similar a la aplicación de fertilización inorgánica con la misma dosis, pero sin incluir la variedad Pinto Villa ya que fue el que obtuvo mayor producción de flores por planta. Por lo tanto bajo el resultado negativo que obtuvo en la aplicación del vermicompost en las variedades Pinto Nacional y Pinto Bayacora, se pudo deber a que en la etapa

de floración el vermicompost no mantuvo la demanda de fosforo que requiere la planta de frijol para producir las flores.

Por otro lado el uso del vermicompost tuvo efecto positivo solamente en la variedad Pinto Villa en la producción de flores, esto conlleva a que puede ayudar a obtener a un mayor rendimiento de frijol.

**Cuadro 6.** Numero de hojas de variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2010.

Tratamientos	Medias	Grupo de significancia
1	9.2700	A
2	7.2500	B
6	6.4688	B
3	6.4375	B
5	5.9688	B
4	5.6250	B

\*medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Dentro de la simbiosis de la raíz del frijol con los microorganismos del suelo que menciona Chefetz *et al.*, 1998; Millaleo *et al.*, (2006) uno de los elementos nutritivos que se obtiene en esta simbiosis es el P a pesar de su movimiento lento, ya que al aplicar el compost o tambien el vermicompost ayuda a que estos microorganismos se activen y beneficien al cultivo teniendo así una mayor producción de flores, similar al resultado obtenido en el numero de flores obtenidos por planta.

#### 4.4 Numero de vainas

De acuerdo con el análisis de varianza obtuvimos una respuesta altamente significativo para el T1 correspondiente a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica resulto el que obtuvo una producción de vainas con una media de 42 vainas por planta, lo que resulta un mayor número de vainas a

comparación a los demás tratamientos, por lo tanto si se utiliza el vermicompost con la misma dosis utilizada en el experimento funcionara positivamente especialmente en la variedad Pinto Villa tomando en cuenta el número de vainas producidas, porque en esta variedad con fertilización inorgánica se obtuvo una media de 18 vainas por planta, lo que representa un 66 % de mayor producción de vainas si se utiliza el vermicompost con dosis de  $20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

De los tratamientos restantes T3, T5, T6 Y T2 que corresponden a las variedades Pinto Nacional orgánico, Pinto Bayacora orgánico e inorgánico y Pinto Villa inorgánico respectivamente, no se obtuvo diferencia significativa entre ellos lo que representa, que si se utiliza la fertilización orgánica e inorgánica a las mismas dosis utilizadas en la investigación los resultados serán los mismos siempre y cuando prevalezcan las mismas condiciones edafológicas y climatológicas que caracteriza a la región, pero descartando a la variedad Pinto Villa ya que el orgánico supero a todos.

El tratamiento T4 correspondiente a la variedad Pinto Nacional con fertilización inorgánica resulto el más bajo con una media de 14 vainas por planta, Por lo que se fue superada por la fertilización orgánica en un 37 % decir que si se utiliza el vermicompost en esta variedad se obtendrá una mejor respuesta en el número de vainas a comparación de la fertilización inorgánica para esta variedad.

**Cuadro 7.** Numero de vainas de variedades de frijol con fertilización orgánica e inorgánica. UAAAN-UL. Torreón Coah. 2010.

Tratamiento	Media	Grupo de significancia
1	42.438	A
3	22.344	B
6	21.594	B
5	21.594	B
2	18.875	B
4	14.156	C

\*medias con la misma letra no son significativamente diferentes

La variedad más sobresaliente con fertilización orgánica en el número de vainas a comparación con la fertilización inorgánica fue Pinto Villa ya que hubo un aumento del 66 % al que se le aplicó el vermicompost, esto concuerda con Gómez-Álvarez *et al.*, (2008) estableciendo que al usar el vermicompost obtendremos hasta un 67 % más de vainas a comparación de una fertilización sintética.

El tratamiento T1 correspondiente a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica superó en todas las variables en consideración durante la investigación y el T3 correspondiente a la variedad Pinto Nacional con fertilización orgánica solo respondió positivamente en las variables de crecimiento de la guía principal y en el número de vainas. Esto concuerda con lo dicho por Atiyeh *et al.*, (2002) mencionando que en diversas actividades de investigación se ha evaluado el crecimiento de múltiples especies vegetales, sustituyendo los medios de crecimiento vegetal comerciales, con diferentes cantidades de vermicompost, y en todos los estudios se ha confirmado que dicha sustitución logró incrementos significativos en el crecimiento y desarrollo de las especies vegetales evaluadas.

Unas de la ventajas que menciona Atiyeh *et al.*, (2001) es que parece probable que el vermicompost de estiércol de cerdo proporciona otros beneficios biológicos, tales como los reguladores de crecimiento dentro del sustrato de crecimiento, pero que esto todavía necesita ser corroborado, por lo cual podría decirse que sea uno de los motivos por los que se obtuvo un desarrollo adecuado de la variedad Pinto Villa, ya que en el proceso de vermicomposteo, que se realizó, se utilizaron diferentes tipos de estiércol cabra, conejo y caballo principalmente.

#### 4.4 Rendimiento

De acuerdo con los datos obtenidos del análisis de varianza no se encontró una diferencia significativa entre los tratamientos que se evaluaron. Pero en la comparación de medias indica que el T1 que corresponde a la variedad Pinto Villa con fertilización orgánica obtuvo un rendimiento de 0.775 t•ha<sup>-1</sup> Y T3 correspondiente a la variedad Pinto Nacional con fertilización orgánica, genero un rendimiento de 0.753 t•ha<sup>-1</sup>, lo que representa para estas dos variedades un rendimiento más alto a comparación de los otros tratamientos, las medias de los seis tratamientos se muestran en el cuadro 10.

**Cuadro 8.** Rendimiento de variedades de frijol expresado en t•ha-1. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2010.

Tratamiento	t•ha <sup>-1</sup>
1	0.775
2	0.482
3	0.753
4	0.423
5	0.429
6	0.291

En el T1 se obtuvo un rendimiento de  $0.775 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  y en el T3  $0.753 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , llegando a igualar la media nacional del rendimiento de frijol como lo menciona SIAP (2005) que la media nacional en el rendimiento de frijol se encuentra en  $0.72 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , pero por otra parte se supero por un margen más alto al rendimiento de la comarca lagunera que es de  $0.520 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  ID (2010), así llegando a superarlo en un 7%, la diferencia no es muy marcada, pero en conjunto con la fácil obtención del vermicompost y el uso nulo de productos químicos hace que este producto obtenga un valor agregado como orgánico y así aumenta su precio en el mercado lo que conlleva a un mejor ingreso y por consecuente más gente llevara a cabo esta técnica y se contribuirá a la conservación del medio ambiente (ASERCA, 2008)

Por lo tanto resulta una buena alternativa de producción del frijol para aquellos pequeños agricultores que deseen superarse e incursionar en el ámbito orgánico y además de la ayuda a la conservación del suelo que resulta benéfico para ellos mismo y para su producción futura (FIRA, 2010.)

## V CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de las variables evaluadas, se puede resaltar que el vermicompost resulto un suplemento adecuado como fertilizante orgánico contribuyendo de manera positiva en el crecimiento y desarrollo del cultivo de frijol, en este caso en las variedades Pinto Villa y Pinto Nacional de los que se tuvo mejores resultados.

Las ventajas del vermicompost no solo se manifiestan en la planta sino que también en el suelo, ya que no se contamina al utilizar este abono orgánico y además, gracias a su lenta liberación de los elementos nutritivos que contiene ayudara a las siembras posteriores durante un buen lapso de tiempo.

Las variedades más adaptadas a esta región independientemente del tipo de fertilización son las variedades Pinto Villa y Pinto Nacional ya que se obtuvo los mejores resultados.

La variedad Pinto Bayacora de acuerdo con todos los resultados que se obtuvo no se recomienda para establecerlo en la Comarca Lagunera ya que no se adaptó completamente al tipo de suelo y clima.

## VI LITERATURA CITADA

- Acosta, J.A., Acosta, E., Padilla, S., Goytia, M.A., Rosales, R., López, E., 1999. Mejoramiento de la resistencia a la sequía del frijol común en México. *Agronomía Mesoamericana* 10, 83-90.
- Agnew, J.M., Leonard, J.J., Feddes, J., Feng, Y., 2003. A modified air pycnometer for compost air volume and density determination. *Can. Biosys. Eng.* 45, 27-35.
- Allende-Arrarás, G., Acero-Godínez, M.G., Padilla-Ramírez, J.S., Mayek-Pérez, N., 2006. Comportamiento agronómico y características físico-químicas del grano de frijo en Aguascalientes. México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29, 89-93.
- Amir, S., Hafidi, M., Bailly, J.-R., Revel, J.-C., 2003. Characterization of humic acids extracted from sewage sludge during composting and of their Sephadex® gel fractions. *Agronomie* 23, 269-275.
- Anza, G., Burgos, C., Castillo, C., Cordero, V., Dávila, A., Díaz, P., Escarpulli, B., Escobar, E., Galván, E., García, A., Gordillo, J., López, F., Martínez, A., Michel, M., Narcía, A., Pascacio, J.M., Pola, F., Suastegui, M., Vidales, R., Zebadua, L., Pérez, F., 2004. La basura un recurso aprovechable. *Episteme* 2. Disponible en: [http://www.uvmnet.edu/investigacion/episteme/numero105/jovenes/a\\_basura.asp](http://www.uvmnet.edu/investigacion/episteme/numero105/jovenes/a_basura.asp). Fecha de consulta 9 de octubre de 2010.
- Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria (ASERCA). 2008. *Agricultura orgánica*. SAGARPA. Pág. 21. Disponible en: <http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/boletin--2008-01.pdf>. Fecha de consulta 30 de septiembre de 2010.

- Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria (ASERCA). 2009. Arranca en Chiapas el programa nacional de maíz y frijol 2009. SAGARPA. Disponible en: [http://www.aserca.gob.mx/artman/publish/article\\_1827.asp](http://www.aserca.gob.mx/artman/publish/article_1827.asp). Fecha de consulta 20 de octubre de 2010.
- Apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria (ASERCA). 2010. Exporgánicos 2010. SAGARPA. Pág. 6. Disponible en: [http://www.infoaserca.gob.mx/mexbest/Proyectos2010/PROYECTO\\_EXP\\_ORGANICOS\\_2010.pdf](http://www.infoaserca.gob.mx/mexbest/Proyectos2010/PROYECTO_EXP_ORGANICOS_2010.pdf). Fecha de consulta 6 de noviembre de 2010.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., Metzger, J.D., 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.* 75, 175-180.
- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., Metzger, J.D., 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78, 11-20.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Metzger, J.D., 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.* 81, 103-108.
- Avendaño-Arrazate C. H, Ramírez-Vallejo P, Castillo-González F, Chávez-Servia J. L, G., R.-E., 2004. Diversidad isoenzimática en poblaciones nativas de frijol negro. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27, 31-40.
- Ayala-Garay, A.V., Schwentesius-Rindermann, R., Gómez-Cruz, M.A., Almaguer-Vargas, G., 2008. Competitividad del frijol Mexicano frente al de Estados Unidos en un contexto de liberalización comercial. 20, 38-62.
- Borges, S., Hubers, H., Bayron, R., 2003. In search for an appropriate species for vermicomposting in Puerto Rico. *Caribbean J. Sci.* 39, 248-250.
- Cedano, J., D., d.I.R., Alfonsina Sánchez, A., Oviedo, F., 2000. Fraccionamiento de nitrógeno en frijol, (*Phaseolus vulgaris* L.) en el valle de san juan. *Agronomía mesoamericana* 11, 151-154.

- Centro de Estudios de las Finanzas Publicas (CEFP). 2004. Impacto de las importaciones de maíz blanco y de frijol originarias de EUA en el mercado interno de México. 29 p. Disponible en: <http://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0542004.pdf>. Fecha de consulta 28 de octubre de 2010.
- Cruz-Rodrigues, V., de Almeida-Theodoro, V.C., de Andrade, I.F., Neto, A.I., do Nascimento-Rodrigues, V., Villa-Alves, F., 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. Ciênc. Agrotec. Lavras. 27, 1409-1418.
- 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.
- Dao, T.H., Cavigelli, M.A., 2003. Mineralizable Carbon, Nitrogen, and Water-Extractable Phosphorus Release from Stockpiled and Composted Manure and Manure-Amended Soils. Agron. J. 95, 405-413.
- de Lino-Vieira, M., Soares-Ferreira, A., Lopes-Donzelle, J., 2004. Digestibilidade da farinha de minhoca para suínos. B. Indúst. Anim 61, 83-91.
- Domínguez, J., Velando, A., Ferreiro, A., 2005. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* Bouché (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? Pedobiologia 49, 81-87.
- Félix-Herrán, J.A., Saduño-Torres, R.R., Rojo-Martínez, G.E., Martínez-Ruiz, R., Olalde-Portugal, O., 2008. Importancia de lo abonos orgánicos. Ra Ximhai 4, 57-67.
- Fernandes, A.L.T., Testezlaf, R., 2002. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 6, 45-50.
- Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura (FIRA). 2008. El mercado del azúcar, maíz, frijol y leche ante la apertura comercial del TLCAN. Pág. 44. Disponible en: [http://www.fira.gob.mx:8081/sas/docs/InformacionEconomica/Notas\\_de\\_Analisis/EI%20Mercado%20del%20Azucar,%20Maiz,%20Frijol%20y%20](http://www.fira.gob.mx:8081/sas/docs/InformacionEconomica/Notas_de_Analisis/EI%20Mercado%20del%20Azucar,%20Maiz,%20Frijol%20y%20)

Leche%20ante%20la%20Apertura%20Comercial%20del%20TLCAN.pdf.

Fecha de consulta 1 de noviembre de 2010.

Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura (FIRA). 2008. Impacto de la apertura comercial del TLCAN-FRIJOL. Pág 15. Disponible en: <http://www.fira.gob.mx/SAS/Docs/InformacionSectorial/Productos%20TLCAN/Productos%20TLCAN%20FRIJOL%20segundo%20trimestre%202008.pdf>. Fecha de consulta 5 de octubre de 2010.

Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura (FIRA). 2009. FRIJOL. Pág. 23. Disponible en: [www.fira.gob.mx/InfEsp/INC/Open?app=IECO&tema=9&doc](http://www.fira.gob.mx/InfEsp/INC/Open?app=IECO&tema=9&doc). Fecha de consulta 1 de noviembre de 2010.

eliminar espacio en blanco

Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura (FIRA). 2010. Alimentos orgánicos. Disponible en: [www.fira.gob.mx/InfEsp/INC/Open?app=EXOP&tema](http://www.fira.gob.mx/InfEsp/INC/Open?app=EXOP&tema). Fecha de consulta 2 de noviembre de 2010.

Fondo de capitalización e inversión del sector rural (FOCIR). 2005. Los productos orgánicos en México. SHCP. Disponible en: <http://www.focir.gob.mx/documentos/boletin/Infocirjun17.pdf>. Fecha de consulta 6 de noviembre de 2010.

Francis, F., Haubruge, É., ç, Frédéric Francis., Éric Haubruge., Pham Tat Thang., La Van Kinh., Philippe Lebailly., Charles Gaspar., 2003. Technique de lombriculture au Sud Vietnam. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 7, 171-175.

Fundación Produce Puebla. (FPP) 2009. Análisis estratégico de transferencia de tecnología e innovación en las cadenas prioritarias para el Estado de Puebla. pp. 32-44. Disponible en: <http://www.cofupro.org.mx/Publicacion/Archivos/agenda21.pdf>. Fecha de consulta 1 de noviembre de 2010.

- Galindo-González, G., Zandate-Hernández, R., 2006. Adopción de variedades de frijol en el noroeste de Zacatecas. *TERRA Latinoamericana* 24, 141-147.
- García-Zalazar, J.A., Rodríguez-Licea, G., Sáenz-Torres, A., Rebollar-Rebollar, S., 2006. Política para mejorar la competitividad de la producción de maíz y frijol en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29, 115-121.
- Garduño-González, J., Morales-Rosales, E.J., Guadarrama-Valentín, S., Escalante-Estrada, J.A., 2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 15, 33-39.
- Gómez, M.A., 2004. La agricultura orgánica en México y en el mundo. *Biodiversitas* 55, 13-15.
- Gómez-Álvarez, R., Lázaro-Jerónimo, G., León- Nájera, J.A., 2008. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rabano (*Rhabanus sativus* L.). *Universidad y Ciencia* 24, 11-20.
- Gordon-Halfacre, R., y Barden, J. A. 1984. *Horticultura*. Edit. A.G.T. 1ª edición. 566 P. México DF.
- Hendrix, P.F., and Bohlen, P.J., 2002. Exotic Earthworm Invasions in North America: Ecological and Policy Implications. *BioScience* 62, 801-811.
- Hoitink, H.A.J., Changa, C.M., 2004. Production and utilization guidelines for disease suppressive composts. *Acta Horticulture* 635, 87-92.
- Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP). 2007. Programa regional de transferencia de tecnología del nodo norte-centro de la red de frijol y otras leguminosas de grano. SAGARPA. Pág. 12. Disponible en: [http://www.inifap-nortecentro.gob.mx/files/nodos/TT\\_Frijol.pdf](http://www.inifap-nortecentro.gob.mx/files/nodos/TT_Frijol.pdf). Fecha de consulta 16 de noviembre de 2010.
- Instituto Nacional Para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA RURAL). 2008. Sistema producto frijol. SAGARPA. Pág. 75. Disponible en:

[http://sisprofrijol.org.mx/descargas/P\\_RECTOR\\_S\\_P\\_F\\_DIC\\_2007.pdf](http://sisprofrijol.org.mx/descargas/P_RECTOR_S_P_F_DIC_2007.pdf).

Fecha de consulta 1 de noviembre.

- Instituto Nacional Para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural (INCA RURAL). 2010. Diagnostico inicial base de referencia estructura estratégica. SAGARPA. Pág. 30. Disponible en: [http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/PRector/PR\\_Frijol.pdf](http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/PRector/PR_Frijol.pdf).
- Investigación y Desarrollo (ID). 2010. Mejora genética en frijol aumenta productividad. Disponible en: <http://invdes.com.mx/index.php>. Fecha de consulta 16 de noviembre de 2010.
- Leal, N., Madrid de Cañizalez, C., s/f. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agron. Trop.* 48, 335-357.
- López-Soto, J.L., Ruiz-Corral, J.A., Sánchez González, J.J., Lépiz-Ildefonso, R., 2005. Adaptacion climática de 25 especies de frijol de frijol silvestre (*phaseolus ssp*) en la republica Mexicana. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28, 221-230.
- Maroto-Borrego J. V. 2002. Horticultura. Herbácea especial. Edit. Mundi-Prensa. 5ª edición. Pág. Consultadas 634-638. Madrid, España.
- Millaleo, R., Montecinos, C., Rubio, R., Contreras, A., Borie, F., 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de chile. *R. C. Suelo Nutr. Veg.* 6, 26-39.
- Mondragón-Pedrero, G., Serrano-Covarrubias, L.M., Ruiz-Sánchez, E., 2001. Habilidad competitiva del frijol contra la maleza. *Revista Fitotecnia Mexicana* 24, 155-160.
- Nieto-Garibay, A., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Larrinaga-Mayoral, J.A., García-Hernández, J.L., 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27, 417-421.
- Núñez, A., Sánchez, E., Ibave, J.L., NeSmith, S., 2008. The effect of global warming on dry bean and maize production on the highlands of Mexico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4, 194-198.

- Pedrosa-Sandoval, A., Samaniego-Gaxiola, J.A., 2003. Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Mexicana de Fitopatología 21, 272-277.
- Pedroza-Sandoval, A., Samaniego-Gaxiola, J.A., Chávez-Rivero, J.A., 2010. Fitosanidad en tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones favorables y desfavorables de humedad edáfica. Revista Chapingo 9, 53-59.
- Reyes-Rivas, E., Padilla-Bernal, L.E., Pérez-Veyna, O., López-Jáquez, P., 2008. Historia, naturaleza y calidades alimentarias del frijol Revista investigación científica (4), 21.
- Rippy, J.F.M., Peet, M.m., Louws, F.J., Nelson, P.V., Orr, D.B., Sorensen, K.A., 2004. Plant Development and Harvest Yields of Greenhouse Tomatoes in Six Organic Growing Systems. HortSci. 39, 1-6.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., Paul-Álvarez, V.d., Palomo-Gil, A., Márquez-Hernández, C., Moreno-Reséndez, A., 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. Revista Chapingo, Serie Horticultura 13, 185-192.
- Salazar-Sosa, E., Vázquez-Vázquez, C., Leos-Rodríguez, J.A., Fortis-Hernández, M., Montemayor-Trejo, J.A., Figueroa-Viramontes, R., López-Martínez, J.D., 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial. Int. J. Experimental Bot., 259-273.
- Santamaría-Romero, S., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J., Galvis-Spinola, A., Barois-Boullard, I., 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. Agrociencia 35, 377-384.
- Sauri-Riancho, M.R., Castillo-Borges, E.R., 2002. Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. Ingeniería Revista Académica 6, 55-60.

- Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L.A., Mayo, J.P., 2007. Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie (Vermiculture. Development and adaptation to diverse climatic conditions). RED VET 8, 10.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Agricultura orgánica mexicana. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2010B404.aspx>. Fecha de consulta 6 de noviembre de 2010.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Reportan productores mexicanos venta por más de 13 MDD en la feria de orgánicos más importante a nivel mundial. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/Paginas/2010-B099.aspx>. Fecha de consulta 6 de noviembre de 2010.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México (SIAP). 2005. Situación actual y perspectiva de Frijol en México. SAGARPA. Pág. 34. Disponible en: [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/Frijol00-05.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/Frijol00-05.pdf). fecha de consulta 4 de noviembre de 2010.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, México (SIAP). 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. SAGARPA. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/aagricola\\_siap/icultivo/index.jsp](http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp). Fecha de consulta: 1 de noviembre de 2010.
- Sikora, L.J., Filgueira, R.R., Fournier, L.L., Rawls, W.J., Pachepsky, Y.A., 2002. Soil surface properties affected by organic by-products. Int. Agrophysics, 289-295.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K., 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil Till. Res. 79, 7-31.

- Soto, G., Muñoz, C., 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica), 123-129.
- Statistical Analysis System (SAS). 1998. Software v 6.2. Cary, N.C. USA
- Trinidad-Santos, A., Aguilar-Manjarrez, D., 2000. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. TERRA 17, 247-255.
- Valadares-Veras, L.R., Povinelli, J., 2004. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. Eng. Sanit. Ambient. 9, 218-224.
- Vega-Ronquillo, E., Rodríguez-Guzmán, R., De Cárdenas-López, M., San-Miguel, A.A., Serrano-González, N., 2006. Abonos orgánicos procesados como alternativa de sustrato de cultivos organopónicos de invernadero. Naturaleza y Desarrollo 4, 24-35.
- Villa-Briones, A., Zavaleta-Mejía, E., Vargas-Hernández, M., Gómez-Rodríguez, O., Ramírez-Alarcón, S., 2008. Incorporación de vermicomposta para el manejo de *Nacobbus aberrans* en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Chapingo, Serie Horticultura 14, 249-255.

## VII. APÉNDICE

Variable dependiente: Número de hojas

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	28	15411.97917	550.42783	1.89	0.0761
Error	19	5529.39063	291.02056		
Total correcto	47	20941.36979			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NH Media
0.735959	13.68967	17.05932	124.6146

Variable dependiente: NF

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	28	145.9348417	5.2119586	1.52	0.1734
Error	19	65.1952250	3.4313276		
Total correcto	47	211.1300667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NF Media
0.691208	27.09485	1.852384	6.836667

Variable dependiente: NV

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	28	5021.718750	179.347098	10.99	<.0001
Error	19	310.031250	16.317434		
Total correcto	47	5331.750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NV Media
0.941852	17.18930	4.039484	23.50000