



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA

**“PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
ORGÁNICO Y CALIDAD DE SEMILLA”**

TESIS INDIVIDUAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO AGRÍCOLA

PRESENTA

ESCAMILLA HERNÁNDEZ BLANCA ESTHER

DIRIGIDA POR

Dr. JORGE ALBERTO ACOSTA GALLEGOS

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2013.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE QUÍMICA

**“PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)
ORGÁNICO Y CALIDAD DE SEMILLA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

QUÍMICO AGRÍCOLA

PRESENTA

ESCAMILLA HERNÁNDEZ BLANCA ESTHER

DIRIGIDA POR

Dr. JORGE ALBERTO ACOSTA GALLEGOS

SINODALES

Dr. JORGE ALBERTO ACOSTA GALLEGOS _____
DIRECTOR

Dr. JUAN RÁMIRO PACHECO AGUILAR _____
SINODAL

Dr. RAMÓN ALVAR MARTÍNEZ PENICHE _____
SINODAL

Ing. ALEJANDRO CAMACHO MORALES _____
SINODAL

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	
1. ANTECEDENTES	1
1.1 La producción orgánica	1
1.1.1 Definición de agricultura orgánica	1
1.1.2 Agricultura orgánica en México	2
1.1.3 Certificación y regulación de productos orgánicos	5
1.2 EL cultivo del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en México	7
1.2.1 Importancia	7
1.2.2 Requerimientos agroecológicos	11
1.2.3 Fertilización orgánica	12
1.2.4 Plagas del frijol	14
1.2.4.1 Principales especies	14
1.2.4.1 Manejo de plagas	18
1.2.5 Enfermedades del frijol	19
1.2.5.1 Principales especies	19
1.2.4.1 Manejo de enfermedades	22
1.2.6 Rendimiento e índice de cosecha	23
1.2.7 Calidad de las semillas de frijol	24
2.4.1 Calidad genética	25
2.4.2 Calidad física	26
2.4.3 Calidad fisiológica	26
2.4.4 Calidad sanitaria	27
2. HIPÓTESIS	28
3. OBJETIVOS	29

3.1 General	29
3.2 Específicos	29
4. METODOLOGÍA	30
4.1 Materiales	30
4.1.1 Ubicación del sitio experimental	30
4.1.2 Material biológico	30
4.2 Métodos	32
4.2.1 Siembra	32
4.2.2 Conducción del lote experimental	32
4.2.3 Cosecha	33
4.2.4 Determinación de la producción	34
4.2.4.1 Biomasa (Rendimiento biológico)	34
4.2.4.2 Rendimiento agronómico	34
4.2.4.3 Índice de Cosecha	34
4.2.5 Evaluación de la calidad de la semilla	34
4.2.5.1 Peso de semilla	34
4.2.5.2 Análisis fisiológico	34
4.2.5.3 Análisis sanitario de la semilla	35
4.3 Diseño del experimento	36
4.3.1 Análisis de datos	36
5. RESULTADOS	37
5.1 Fenología del cultivo	38
5.2 Incidencia de enfermedades	40
5.3 Evaluación de la producción	43
5.3.1 Biomasa aérea	43
5.3.2 Rendimiento agronómico	45
5.3.3 Índice de cosecha	47
5.4 Calidad de la semilla	49
5.4.1 Peso semilla	49
5.4.2 Análisis fisiológico	51

5.4.3 Sanidad de la semilla	53
5.4.3.1 Presencia superficial de bacteria en la semilla.	53
5.4.3.1 Presencia de bacteria infectando la semilla	54
5.5 Contenido de proteína	57
6. DISCUSIÓN	58
6.1 Fenología del cultivo e Incidencia de enfermedades	58
6.2 Evaluación de la producción	60
6.3 Calidad de la semilla	61
7. CONCLUSIONES	63
8. REFERENCIAS	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Importancia de la producción orgánica por cultivo con respecto a la superficie convencional, 2004-2005 y 2007-2008	9
2	Superficie agrícola orgánica en el cultivo de frijol, 1998-2008. Hectáreas.	9
3	Germoplasma de frijol común utilizado en el estudio. Celaya, Guanajuato, México 2012.	30
4	Peso de composta correspondiente al tratamiento colocado al fondo del surco.	32
5	Características físicas y químicas del suelo en los ambientes de prueba	37
6	Fenología del cultivo, número de días a la floración y madurez (DF, DM) en tres variedades de frijol establecidas en dos ambientes con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.	39
7	Comparación de medias entre dosis de composta para la evaluación de la fenología e incidencia de enfermedades en dos ambientes de producción. Datos promedio de tres variedades de frijol y cuatro repeticiones.	40
8	Comparación de medias entre variedades para las características de la fenológicas y reacción a la incidencia de enfermedades en dos ambientes de producción. Datos promedio de cuatro dosis de composta y cuatro repeticiones.	41
9	Número de plantas por parcela útil del ensayo de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra en dos ambientes de producción.	42
10	Porcentaje de incidencia de pudrición de raíz del ensayo de	43

tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.
Ambiente 1

11	Significancia de F de las fuentes de variación para cuatro características determinadas en tres variedades de frijol producidas bajo cuatro niveles de composta en dos ambientes de producción en el CEBAJ, Celaya, Gto. 2012.	44
12	Biomasa de tres variedades de frijol establecidas con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra en dos ambientes de producción.	45
13	Rendimiento en kg ha^{-1} de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.	46
14	Índice de cosecha de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.	48
15	Peso de 100 semillas en g de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.	50
16	Comparación de medias de dos características en tres variedades de frijol establecidas bajo cuatro niveles de composta en dos ambientes en el CEBAJ, Celaya, Gto.	51
17	Comparación de medias de cinco características bajo cuatro dosis de composta a través de tres variedades de frijol establecidas en dos sitios en el CEBAJ, Celaya, Gto.	52
18	Porcentaje de germinación de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.	52
19	Frecuencia de presencia de bacterias en agua de lavado de semillas de tres variedades de frijol bajo cuatro dosis de	53

	composta.	
20	Frecuencia relativa de presencia de <i>Xanthomonas campestris</i> pv <i>phaseoli</i> en la semilla de tres variedades de frijol producida bajo cuatro dosis de composta.	55
21	Frecuencia relativa de presencia de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> dentro de la semilla de frijol en tres variedades bajo cuatro dosis de composta.	56
22	Contenido de proteína (%) de tres variedades de frijol establecidas con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Estructura porcentual de la producción nacional de Frijol, 2000-2010	10
2	Esquema de la parcela experimental	33
3	Datos climáticos registrados en el temporal del CEBAJ, Celaya, Gto. durante 2012. Información presentada en períodos decenales.	39
4	Gráfica del rendimiento en kg ha^{-1} de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta en dos ambientes de producción.	47
5	Gráfica del índice de cosecha de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra en dos ambientes de producción.	49

RESUMEN

Los productores de frijol del Altiplano y la Mesa Central de México tienen interés por producir frijol orgánico, para obtener mayor precio de venta que el que se obtiene con el frijol producido de manera convencional. El objetivo de esta investigación fue determinar el nivel productivo del frijol y la calidad de la semilla bajo una nutrición orgánica en Celaya, Gto. Se probaron tres variedades: Pinto Saltillo, Negro 8025 y Flor de Mayo Eugenia bajo cuatro niveles de nutrición: 0, 1, 2 y 3 t ha⁻¹ de composta aplicada antes de la siembra debajo de la hilera de la semilla. Se utilizó un diseño factorial en parcelas divididas con cuatro repeticiones. El ensayo se estableció en dos diferentes ambientes. Se determinó la fenología, la reacción a enfermedades, el rendimiento de materia seca y de semilla. A la semilla de cada tratamiento se le determinó la calidad física, fisiológica y sanitaria. En ambos ambientes la dosis de composta de 1.0 t ha⁻¹ resultó, para la mayoría de las características determinadas en las tres variedades, similar o con menor valor que el tratamiento sin composta. Las dosis de 2.0 y 3.0 t ha⁻¹ de composta mostraron efecto positivo en el rendimiento y otras características de manera diferencial entre variedades; así, Flor de Mayo Eugenia mostró su mayor rendimiento en los dos ambientes de prueba con la dosis de 2.0 t ha⁻¹, mientras que Pinto Saltillo lo obtuvo con 3.0 t ha⁻¹. Negro 8025 mostró su mayor rendimiento en el ambiente 1 con 2.0 t ha⁻¹ y en el ambiente 2 su rendimiento fue similar a través de tratamientos de composta. Los resultados indican que es factible obtener altos rendimientos de frijol orgánico con nutrición basada en composta (2.0 a 3.0 t ha⁻¹ de composta) y control de insectos mediante productos autorizados para la producción orgánica.

1. ANTECEDENTES

1.1 La producción orgánica

1.1.1 Definición de agricultura orgánica

Existen distintas definiciones de agricultura orgánica, entre ellas las siguientes: la agricultura orgánica proscribiera el empleo total de plaguicidas y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad (Pérez y Landeros, 2009). Espinoza y col. (2007) señalan que la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que más que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo. Se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales. También en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa.

Por otro lado, Félix y col. (2008) señalaron que la agricultura orgánica es un movimiento que promueve la conversión de los desechos orgánicos procedentes del hogar, la agricultura, mercado, desazolve de drenes, entre otros. Estos se transforman en un material relativamente estable llamado humus, mediante un proceso de descomposición aeróbica bajo condiciones controladas, particularmente de humedad y aireación, en el cual participan bacterias, hongos y actinomicetos. Gómez y col. (2008) señalan que la agricultura orgánica surgió como una alternativa para proteger el medio ambiente y las diferentes especies de plantas y animales de los peligros de la agricultura convencional o moderna. En ese sentido, Nahed y col. (2009) mencionan que la agricultura orgánica fundamenta sus principios en la agroecología y en la agroforestería. En términos generales se describe: el impacto de carácter ambiental, la preocupación del hombre sobre la calidad de alimentos que consume, resultado de la actividad agrícola convencional. Ello ha dado pie a la implementación de sistemas de producción agrícolas ambientalmente amigables, cuya denominación genérica es agricultura orgánica (Moreno y col., 2009).

La agricultura orgánica se define mejor como aquellos sistemas holísticos de producción que promueven y mantienen la salud del agro ecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, evitando cualquier forma de contaminación (Márquez y col., 2010). Ésta prefiere el uso de prácticas de manejo dentro de la finca al uso de insumos externos a la finca, toma en cuenta las condiciones regionales que requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales, lo que se logra al utilizar en lo posible métodos culturales, biológicos y mecánicos en oposición a materiales sintéticos para satisfacer cualquier función específica dentro del sistema (Codex Alimentarius, 2007; Gómez, 2000). Así mismo, la rotación de cultivos es una práctica que favorece entre otros aspectos la salud del suelo y en consecuencia se debe considerar como parte de la agricultura orgánica.

1.1.2 Agricultura orgánica en México

Gómez y col. (2006) indican que a finales de la década de los 80, los países desarrollados comenzaron a demandar productos tropicales y de invierno producidos en forma orgánica, que en sus territorios no se pueden cultivar, estimulando de esta manera la práctica de la agricultura orgánica en México. A través de algunas comercializadoras, organizaciones no gubernamentales (ONGs) y grupos religiosos (Teología de la Liberación) se fomentó en México la apropiación de esta nueva forma de producir, para poder complementar y diversificar una demanda ya creada en el exterior.

En un inicio, agentes de países desarrollados se conectaron con diferentes actores en México, solicitándoles la producción de determinados productos orgánicos, así comenzó su cultivo, principalmente en áreas donde insumos de síntesis química no eran utilizados. Este fue el caso de las regiones indígenas y áreas de agricultura tradicional en los estados de Chiapas y Oaxaca. Posteriormente, compañías comercializadoras de los Estados Unidos influenciaron el cambio a la producción orgánica en la zona norte del país, ofreciendo a

empresas y productores privados financiamiento y comercialización, a cambio de productos orgánicos. Esto permitió a las compañías abastecer la demanda de los productos solicitados en los tiempos y temporadas específicas requeridas, a la vez que obtuvieron mejores precios por ellos.

El desarrollo de la agricultura ecológica en México ha sido sorprendente; surgió desde la década de los años ochenta en solo algunos lugares y en pocos años se ha extendido a muchos otros multiplicando su superficie e incursionando cada vez más en nuevos productos, constituyéndose en una opción económicamente viable para miles de productores campesinos e indígenas de escasos recursos (Pérez, 2004). Beltrán y col. (2009) mencionan que la práctica de la agricultura orgánica en Baja California Sur se inicio a mediados de los años 80's y en sus sistema de producción debían cumplir las normas del NOP de los Estados Unidos.

En 2002, en el censo agropecuario se estimó una superficie de 215,843 ha cultivadas bajo un sistema orgánico. Actualmente, se tienen más de 400,000 ha (Willer y Kilcher, 2008).

Existen cerca de 120,000 granjas orgánicas en nuestro país. Muchas de ellas son pequeñas y pertenecen a etnias indígenas. Éstas cuentan con certificados de cultivos comunitarios (Sistemas de Control Interno). Los productores se dividen en dos grupos principales. El primer grupo comprende a los productores a pequeña escala y de bajos ingresos: son campesinos y gente indígena que posee en promedio 2.25 hectáreas. Se asocian por cooperativas, usando sistemas de certificados grupales para disminuir el costo de la certificación y facilitar el comercio. El segundo grupo comprende a los productores a gran escala, son empresas privadas y cubren entre 100 y 2,000 hectáreas y operan independientemente. Los productores de pequeña escala y bajos ingresos constituyen el 98.6 % del total de productores, cultivando 84.1 % del total de la

superficie y obtienen el 68.8 % del dinero exterior ganado. El resto es obtenido por los productores a gran escala.

Más de la mitad de la superficie registrada como orgánica se dedica a la producción del café. Así pues, México es el productor más grande de café orgánico en el mundo y el café representa 80 % de los productos orgánicos. El café se exporta principalmente a los Estados Unidos y a Europa. Además, se produce cacao, miel, hortalizas, semillas de ajonjolí, maíz de color y maguey. También se produce en menor cantidad vainilla, plátano, papaya, aguacate, plantas medicinales, soya, palma americana y nueces. Las exportaciones orgánicas se estiman en alrededor de \$ 430,000,000 USD (Willer y Kilcher, 2008). Los principales estados productores de alimentos orgánicos son: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Chihuahua, Jalisco y Veracruz.

El mercado interno aún es pequeño. Sólo el café y algunas frutas y hortalizas se encuentran disponibles, aunque hay una creciente creación de productos como mermeladas de frutas y salsas picantes. También están presentes en algunas tiendas: hierbas, miel, leche y té. Menos de 5 % de los productos vendidos están en tiendas especializadas en las grandes ciudades (México, Monterrey y Guadalajara). Cerca de 10 % de la producción que no se exporta termina vendida en el mercado nacional como producto convencional.

Existe una feria de comercio orgánica llamada Exporgánicos, que busca reunir a todos los productores orgánicos y se promueve por el gobierno federal. Se organiza en conjunto con los gobiernos estatales en rotación. En la Ciudad de México (Distrito federal) hay ferias semanales llamadas "Tianguis" que también se encuentran desarrollando Sistemas Participativos de Garantía (PGS) (Willer y Kilcher, 2008).

1.1.3 Certificación y regulación de productos orgánicos

En México, la Ley 37 intentaba fungir como el reglamento nacional para la producción orgánica, pero no funcionó de forma eficaz. En noviembre del 2003, se presentó para su aprobación un marco regulatorio para productos orgánicos (Iniciativa de Ley de Productos Orgánicos) a los senadores mexicanos.

Existen diversos certificadores internacionales con oficinas en México, incluyendo OCIA México, Naturland México, Bioagricert, IMO, BCS, Óregon Tilth Certified Organic, Quality Assurance International y FVO. Certimex es la agencia de certificación local más importante. La Universidad Autónoma de Chapingo desarrolla investigación de cultivos orgánicos y Agricultura Ecológica Campesina (AECA) y desarrolla investigaciones dentro de granjas con pequeños productores. La secretaría de agricultura en colaboración con el Banco de México ha prometido financiar el 75 % de los costos de certificación a corto plazo (Willer y Kilcher, 2008).

Las entidades encargadas de hacer cumplir las normas y llevar a cabo la certificación son las agencias certificadoras, las cuales son de injerencia internacional o en algunos casos, solo nacional. Cabe señalar que existen algunas diferencias entre los lineamientos de las agencias certificadoras y es la razón para que cumplan con estándares nacionales y/o internacionales. Para que un producto se venda en el mundo como orgánico, se requiere de un sello, otorgado por una agencia certificadora y no, porque lo diga un productor o un técnico. La agencia certificadora, es un organismo que avala que el sistema de producción cumple los estándares definidos internacionalmente (Márquez y col., 2009).

Los sistemas de certificación fueron motivados originalmente por los agricultores y, en cierta medida, por los comerciantes que participaban en el mercado incipiente de productos orgánicos. En un esfuerzo por proteger su mercado del fraude y por garantizar la autenticidad del sello orgánico, los agricultores comenzaron a estructurar sistemas de autorregulación. Así aseguraron que los alimentos orgánicos del mercado correspondieran con las técnicas

ecológicas de producción y de preparación del suelo que le dan su significado al término (Gómez y Gómez, 2002; González y Nigh, 2005). La comercialización de los productos orgánicos implica inspección y certificación de los métodos de producción empleados. Estos métodos son realizados principalmente por agencias extranjeras. En 1998 las zonas de producción orgánica en el país fueron certificadas por OCIA, Naturland, QAI, Oregon Tilth, entre otras (Pérez, 2004). La certificación de productos y procesos orgánicos se realiza mediante toda una serie de trámites administrativos y revisiones de campo. Allí se verifica que efectivamente la producción, transformación y comercialización de bienes certificados ha respetado un conjunto de normas, estándares y procedimientos en las que se basan las prácticas de producción orgánicas (García y col., 2009).

Existe una diferencia entre producción orgánica y orgánica certificada; comúnmente, los productores y en ocasiones, algunos técnicos, la mencionan indistintamente. No obstante, la diferencia básica es la certificación del proceso de producción. Existen, por ejemplo, productores y/o técnicos que mencionan que producen orgánicamente por el hecho de haber incorporado estiércol o composta a sus cultivos; sin embargo, lo anterior obedece únicamente a una fertilización orgánica, y no, a una producción orgánica y mucho menos, a una certificada. Lo anterior es debido a que durante el proceso de producción, solamente un componente de éste -la fertilización en este caso- fue orgánica. Mas no todos los componentes del sistema de producción fueron orgánicos, ya que generalmente se hace uso de pesticidas, productos no autorizados, etc. (Márquez y col., 2009). El término orgánico se aplica a los productos que han sido producidos siguiendo normas orgánicas a lo largo de la fase de producción, manipulación, elaboración y comercialización y que se han certificado por un órgano o autoridad de certificación debidamente constituida. Por consiguiente, el término orgánico se refiere más a un proceso holístico que a un producto. Con ello no debe entenderse necesariamente que los alimentos producidos sean más sanos, más inocuos o totalmente naturales. Simplemente significa que el producto se ajusta a las normas establecidas de producción y manipulación orgánica (Quintero y Gioanetto, 2006).

Existe un organismo internacional que inició la normalización en la Agricultura Orgánica en 1977, la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM por sus siglas en inglés), dicho organismo ha servido de base para la elaboración de normas en muchos países. Actualmente, en varios países rigen o se aceptan las normas de IFOAM, no obstante, en algunos países, se debe acatar la normatividad interna (Queitsch, 2004). Las siguientes Normas son algunos casos de lo anterior: EU (1991), USDA (2004) y JAS (2004). En cuanto a legislación en México, actualmente se cuenta con ley de productos orgánicos “Ley DOF 07-02-2006” y se cuenta también con la NOM 037 FITO 1995 (Márquez y col., 2009).

1.2 El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México

1.2.1 Importancia

Nuestro país es considerado como uno de los centros de origen de diversos tipos de frijol, siendo la especie más importante *Phaseolus vulgaris* L. (Delgado-Salinas, 2012). El frijol en México se considera un producto estratégico en el desarrollo rural y social del país, ya que representa toda una tradición productiva y de consumo, cumpliendo diversas funciones tanto de carácter alimentario como para el desarrollo socioeconómico. A lo largo de la historia, se ha convertido no sólo en un alimento tradicional, sino también en un elemento de identificación cultural, comparable con otros productos como el maíz y el chile, que son básicos para explicar la dieta alimentaria de la población mexicana (Secretaría de Economía, 2012).

En México existen cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. Por la preferencia del consumidor el frijol se clasifica en muy preferente: Azufrado, Mayocoba, Negro Jamapa, Peruano, Flor de Mayo y Junio; preferentes son las variedades Garbancillo, Manzano, Negro San Luis, Negro Querétaro y Pinto. Y por último los no preferentes que son Alubia Blanca, Bayo Blanco, Negro Zacatecas, Ojo de Cabra y Bayo Berrendo. En la zona noroeste de México se consume las

variedades de tipo azufrado, que se cultivan principalmente en Sinaloa mientras que una gran parte de frijol negro se cultiva en Nayarit y Zacatecas, con una demanda mayormente concentrada en las zonas centro y sur del país.

El frijol es una rica fuente de proteínas e hidratos de carbono, además de ser fuente de vitamina del complejo B como es la niacina, la riboflavina, el ácido fólico y la tiamina. Igualmente proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio y tiene un alto contenido en fibra. También es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados. Es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana, sobre todo para las clases más desprotegidas del país, ya que constituye la fuente principal de proteínas para ese sector, siendo un alimento que no puede sustituirse con algún otro.

Actualmente, esta leguminosa enfrenta cambios en el mercado, principalmente, en los hábitos alimenticios, a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo; así como el paso de una economía cerrada a una economía global, todo lo cual hace que su demanda *per cápita* tienda a disminuir (Carrillo, 2002).

De manera similar que con cualquier especie, las variedades de frijol para cultivar de manera orgánica, son seleccionadas por su adaptabilidad a las condiciones locales de suelo y clima, y por su tolerancia a plagas y enfermedades. Todas las semillas y material a utilizar en el control de patógenos, deberán estar certificados como orgánicos.

La planta de frijol es susceptible al ataque de un sin número de patógenos causantes de enfermedades (Hall, 1991), y de insectos (Cardona, 1989); es por ello, que las variedades para sistemas de producción orgánica, deben poseer resistencia múltiple a enfermedades y, de preferencia, producirse en áreas y fechas de siembra donde la presencia o presión por organismos dañinos sea mínima.

La superficie de frijol orgánico es reducida en comparación a la de otros cultivos (Cuadros 1 y 2.). Los principales estados que destinan una parte de superficie con manejo orgánico para el frijol son Tabasco, Michoacán y Guanajuato, mientras que Oaxaca, Veracruz, Chihuahua, Baja California Sur y el Distrito Federal lo cultivan pero en asociación con otros cultivos (Gómez y col., 2008).

Cuadro 1. Importancia de la producción orgánica por cultivo con respecto a la superficie convencional, 2004-2005 y 2007-2008.

Cultivo	Superficie (ha)		Participación en el total convencional (%)	Superficie (ha)		Participación en el total convencional (%)
	Convencional 2004 ¹	Orgánica 2004-2005 ²		Convencional 2007 ¹	Orgánica 2007-2008 ²	
Frambuesa	315.00	263.00	83.48	599.75	40.57	6.76
Vainilla	937.57	571.3	60.83	1,048.62	39.35	3.75
Coco	14,712.30	8,400.00	57.09	140,000.00	9,031.00	6.45
Yuca	1,335.90	500.00	37.43	1,513.2	500.00	33.04
Estropajo	97.00	36.00	37.11	404.00	36.00	8.91
Sábila	5,619.24	1,888.3	33.60	6,077.74	5,148.72	84.71
Cacao	81,964.11	17,313.86	21.12	77,995.00	14,795.68	18.97
Café	777,053.35	147,136.74	18.93	785,273.49	185,192.95	23.58
Frijol	1,822,604.5	140.00	0.01	1,809,679.7	859.31	0.05

Fuente: ¹SAGARPA, SIACON, 2008; ²CIESTAAM, 2008

Cuadro 2. Superficie agrícola orgánica en el cultivo de frijol, 1998-2008. Hectáreas.

Cultivo	1998	2000	2004-2005	2007-2008
Frijol	1241.00	1597.00	140.00	859.31

Fuente CIESTAAM, 2008.

El rendimiento obtenido en la producción de frijol diferenciado según la modalidad de riego o temporal indica que las tierras cultivadas bajo la implementación de técnicas de irrigación obtienen un rendimiento que llega a duplicar el rendimiento obtenido bajo condiciones de temporal. El rendimiento obtenido por modalidad de riego oscila entre 1.4 a 1.7 t ha⁻¹, mientras que el

rendimiento por temporal oscila entre 0.4 y 0.7 t ha⁻¹. Los bajos rendimientos que se observan obedecen a una serie de factores biológicos y meteorológicos que inciden sobre el cultivo del frijol. Entre estos, destacan las sequías en sus diferentes modalidades: retraso del temporal de lluvias, insuficiente precipitación pluvial, y distribución errática de la precipitación, y el ataque de plagas. Asimismo, las condiciones de fertilidad del suelo de algunas de las regiones productoras son deficientes en nitrógeno y fósforo, poco profundos, con bajo contenido de materia orgánica y baja capacidad de retención de humedad.

El cultivo de frijol puede producirse bajo casi todas las condiciones de suelo y clima. Por lo anterior, tienen presencia en las 32 entidades federativas, sin embargo, sólo siete las entidades que producen tres cuartas partes de la producción nacional, estas son: Zacatecas, Sinaloa, Durango, Chiapas, Chihuahua, Nayarit y San Luis Potosí (Figura 1). Estas entidades junto con Guanajuato conforman el sistema producto frijol a nivel nacional.

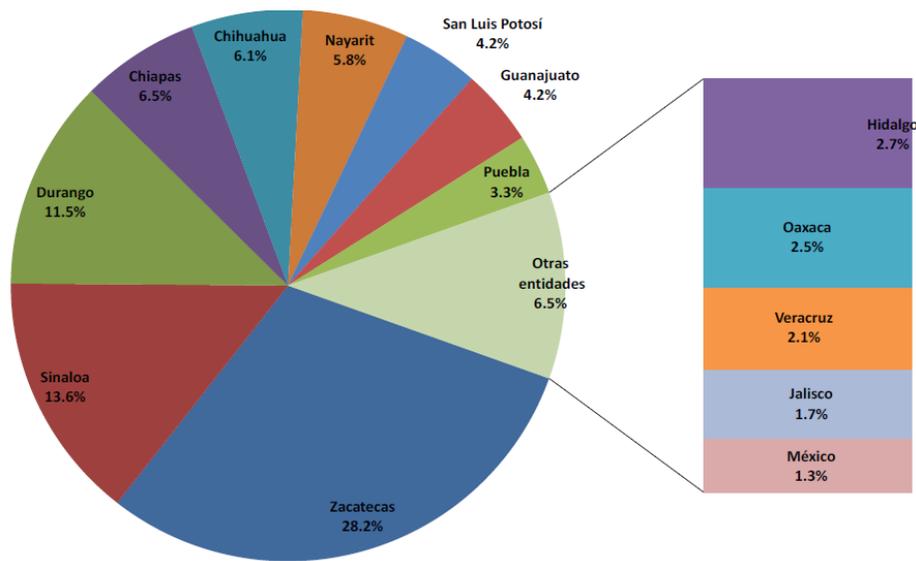


Figura 1. Estructura porcentual de la producción nacional de Frijol, 2000-2010 SIAP

Por lo anterior, el frijol ocupa el segundo lugar en importancia en superficie sembrada total a nivel nacional, sólo después del maíz. La región Centro-Norte donde se encuentran las entidades con mayor producción de frijol con 54.5 % del total nacional, son: Zacatecas, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí y Guanajuato, mismas que resultan beneficiadas por su clima templado-semiárido no conducente a un gran desarrollo de patógenos, sin embargo, pueden verse afectados por la escasez de lluvia, y los efectos de sequía son acentuados por el tipo de suelos predominantes, los que son poco profundos, con bajo contenido de materia orgánica y baja capacidad de retención de humedad. Por su parte, la región noroeste tiene un clima cálido con invierno seco, donde el frijol se produce bajo condiciones de riego y humedad residual (Lépiz y Navarro, 1983). Los principales estados productores son Sinaloa y Nayarit que aportan 18.9 % de la producción nacional de frijol (Secretaría de Economía, 2012).

1.2.2 Requerimientos agroecológicos

El cultivo de frijol se distribuye de 50° latitud norte a 45° latitud sur. Se adapta a regiones tropicales y subtropicales semiáridas frescas, así como zonas subhúmedas. Se le encuentra desde 0 a 2400 msnm. Requiere días cortos; los días largos tienden a demorar la floración y madurez; cada hora más de luz en el día puede retardar la maduración en 2 o 6 días; sin embargo algunas variedades pueden ser indiferentes a la duración del día (Martínez y col., 2008). En general, los genotipos más tardíos y de hábito de crecimiento indeterminado, son más sensibles al fotoperiodo que los de hábito determinado ó indeterminado de tipo mata o arbustivo (Ruíz y col., 1999)

El frijol se desarrolla bien de 15 a 27 °C; temperaturas bajas retardan el crecimiento, mientras que las altas lo aceleran (Martínez y col., 2008). La temperatura óptima para germinación está entre 16 y 29 °C. Las temperaturas altas inducen la abscisión de órganos reproductivos, reduciendo el rendimiento. Temperaturas de 5 ó 40 °C pueden provocar daños irreversibles. El cultivo puede

resistir variaciones extremas de 12 a 35 °C, aunque no por tiempos prolongados (Ruiz y col., 1999).

Este cultivo requiere de 300 a 500 mm de agua durante el ciclo (Martínez y col., 2008). Son convenientes 110-180 mm entre siembra y floración; 50-90 mm durante la floración e inicio de la fructificación. Las épocas más críticas por la necesidad de agua son 15 días antes de la floración y 18-22 días antes de la maduración de las primeras vainas. Los 15 días previos a la cosecha, deberían ser secos. Puede permitirse hasta un agotamiento de 40 a 50 % del total de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo (Ruíz y col., 1999).

El frijol tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8 a 10 % y una conductividad eléctrica hasta de 1 mmhos/cm; por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente (Ruíz y col., 1999).

Los mejores suelos para el frijol son de textura ligera como los franco-arenosos y los franco-arcillosos. Requiere de una profundidad mínima de 60 cm, sin embargo, puede prosperar en suelos delgados. Con relación al pH del suelo. El rango es de 5.3 a 7.5, con un óptimo de 5.5 a 6.5. Los suelos ácidos ocasionan bajo rendimiento, por el desarrollo de síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso y la baja solubilidad del fósforo, elemento que se vuelve limitante. En suelos con pH mayor de 8.2 se presenta toxicidad por sales y deficiencia de elementos menores (Martínez y col., 2008).

1.2.3 Fertilización orgánica

Un suelo saludable es la base de la agricultura orgánica. El agregar constantemente materia orgánica en forma de cultivos de cobertura, composta o estiércol, abonos verdes, polvo de rocas y subproductos de animales, tiene como objetivo aprovechar los ciclos naturales de los nutrientes en favor de la actividad biológica y la estructura del suelo; crea un suelo biológicamente activo, con una buena estructura y capacidad para retener los nutrientes y el agua.

Las técnicas más apropiadas de fertilización son: abonos orgánicos, abonos verdes; fijación natural de nutrientes por medio de plantas como: leguminosas, plátano, manzanilla, mostaza y otras; abonos foliares de origen natural tales como: fermentados de estiércol de ganado, gallinaza y compuestos vegetales; compuestos biodinámicos en general; incorporación de materia orgánica en general; rotación de cultivos, vegetación secundaria natural y/o cultivos de cobertura. Técnicas que favorecen el uso del flujo energético natural sin generar residuos tóxicos y contaminantes, y que además mejoran el suelo para lograr mejores rendimientos y decrementos en los costos por la reducción de insumos. De ser posible todo el material de origen animal (estiércol, gallinaza, orines y subproductos) deben provenir de animales criados orgánicamente, i.e. libre pastoreo (García, 2010).

El rotar entre diferentes familias de cultivos puede ayudar a prevenir la acumulación de patógenos causantes de enfermedades que hibernan en el suelo. La rotación con cosechas de diferentes granos, preferiblemente en terrenos que se usarán para una o más temporadas, disminuye la presencia de los organismos causantes de enfermedades, y también contribuye a una estructura de suelo saludable que promueve al crecimiento vigoroso de la planta. Las mismas prácticas son efectivas para prevenir la presencia de nematodos dañinos para las raíces en el suelo, pero hay que tener en cuenta que ciertos cultivos de granos también son huéspedes para algunas especies de nematodos. Rotar entre cultivos con épocas tardías y tempranas de siembra pueden prevenir el incremento de poblaciones de maleza (Seaman y col., 2012).

La producción orgánica de frijol involucra la aplicación de estiércol y otros materiales de liberación lenta de nutrientes que necesitan ser incorporados al suelo antes de la siembra. De 7.5 a 12.5 t ha⁻¹ de uno de los varios tipos de estiércol animal, tanto de ganado como de ave, serán suficientes para suministrar todos los nutrientes requeridos para el cultivo de frijol. Para que los productores hagan la

transición a la producción orgánica de frijol en suelos que requieran una gran aplicación de fósforo, potasio, zinc o posiblemente cal; puede ser más económico crear el fertilizante del suelo primero con fertilizantes sintéticos y enfocarse en el control de malezas y plagas antes del periodo de tres años de transición para la producción orgánica (Long y col., 2010).

Aguilar y col. (2012) estudiaron la producción de frijol bajo dos niveles de riego y vermicompost en condiciones controladas de invernadero. En ambas condiciones de riego y cultivares, 3 % de vermicompost incrementó en 16 % el número de vainas cosechadas y 33 % el rendimiento de semillas por planta. El efecto negativo de la suspensión de riego se observó en el número de vainas y semillas y en el rendimiento de semilla; sin embargo, con 3 % de vermicompost el cultivar susceptible y tolerante, incrementaron 17 y 15 % el número de vainas, 28 y 48 % el número de semillas, y 15 y 50 % el rendimiento de semillas respectivamente. El vermicompost en el sustrato disminuyó la reacción negativa al déficit de humedad del frijol, ya que incrementó significativamente el rendimiento. Así mismo, Abdel-Mawgoud (2006) estudio en condiciones de campo los efectos interactivos de diferentes niveles de riego combinados con tres dosis de compost en el rendimiento de ejote y su calidad en el cv. Paulista. El rendimiento de ejotes y el contenido de proteína respondieron positivamente a ambos factores.

En un estudio con composta derivada de diferentes fuentes, con y sin mezclado (6 veces) durante su preparación, y con y sin la adición de una dosis baja de fertilizante inorgánico a un suelo arenoso, Smith y col. (2001) encontraron que la mezcla de suelo-composta (25 y 50 % p/p), superaron al suelo solo en la producción de espinacas y frijol común. El rendimiento se incremento cuando la composta fue mezclada y no hubo incremento con la adición de fertilizante. El frijol mostró el mayor rendimiento cuando se utilizó composta derivada de residuos de jardín. Los cultivos mostraron diferente respuesta a las diferentes compostas, diferencias probablemente debidas a diferentes requerimientos de nutrientes y tolerancia a sales. Se concluyó que para maximizar el rendimiento, el material para

preparar la composta y el mezclado durante su preparación deben seleccionarse para obtener una composta adecuada a los requerimientos específicos de cada cultivo.

1.2.4 Plagas del frijol

1.2.4.1 Principales especies

Las plagas al igual que las enfermedades se convierten en factores que limitan la producción, ya que éstas manifiestan su daño en pérdidas de población de plantas, defoliación, daños a raíces, tallos, flores, botones y vainas, sin olvidar aquellos que al final producen daño al grano almacenado. La prevención en el manejo adecuado y oportuno de las plagas, resulta más efectivo y rentable, al compararlos con los controles que pudieran realizarse a última hora o sin ningún monitoreo de la plaga y la intensidad del daño (Danilo, 2011). De las plagas importantes en frijol de temporal son:

Chicharrita del frijol, *Empoasca kraemeri* Ross y Moore. Los adultos son de forma alargada, con su cuerpo en forma de cuña (más ancho en la cabeza y se va haciendo angosto hasta llegar a la punta de las alas), su tamaño varía de 2.4 a 2.5 mm, son de color verde claro con manchas blancas en la cabeza y el tórax. Los daños lo realizan tanto ninfas como adultos al succionar la sabia de las hojas, las venas se decoloran a los dos días, luego se produce un amarillamiento de los bordes y la punta central de los folíolos que avanza hacia la nervadura central; posteriormente, las hojas se deforman y enrollan hacia abajo; estas áreas cloróticas se vuelven necróticas e incluso puede haber defoliación en infestaciones fuertes. El achaparramiento, reducción del crecimiento entre nudos, caídas de flores y vainas, son otros síntomas típicos del daño causado por la chicharrita. Estos síntomas resultan de la combinación de un daño mecánico que es iniciado por la chicharrita al introducir su estilete, daño que luego es exacerbado por una toxina que inyecta al momento de alimentarse, con lo que se bloquea el floema y se distorsiona el xilema, además de que hay acumulación de fotosintatos arriba del punto de bloqueo, lo que ocasiona fitotoxicidad (Mena y Velázquez, 2010).

Trips, *Caliothrips phaseoli*. Los adultos miden de 1 a 2 mm, la hembra es de color marrón oscuro con el borde anterior a la cabeza amarilla. Son de gran movilidad. Viven principalmente en el envés de la hoja. Chupan la savia de las plantas; los huevecillos son insertados en los tejidos del envés de las hojas; las ninfas raspan y chupan las hojas produciendo cicatrices que en su conjunto le dan a la hoja un color cenizo. Posteriormente las hojas muy atacadas se tornan color cobrizo y después se acartonan, pudiendo ocasionar la defoliación prematura de la planta (Padilla y col., 2008).

Minador de la hoja, *Liriomyza trifolii*. El daño por minador de la hoja se reconoce porque las pequeñas larvas forman túneles serpenteados en las hojas a lo largo de las nervaduras principales y secundarias. Es común encontrar en los túneles presentes en las nervaduras, las pupas del minador. El ataque se inicia en las hojas inferiores o más viejas y pueden alcanzar la parte superior de la plántula. Los ataques por las larvas del minador se localizan a lo largo de las nervaduras, estas son de colores rojo claro y transparente cuando se observan a trasluz, similares a los síntomas causados por la antracnosis (Padilla y col., 2009).

Mosquita blanca, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Es un insecto hemimetábolo (metamorfosis incompleta), sus etapas de vida se resumen en huevo, cuatro instares ninfales y adulto. Estos estados de desarrollo se observan en el envés de las hojas. El adulto mide aproximadamente 1 mm de longitud, cuerpo de color amarillo limón, alas transparentes angostas en la parte anterior que se ensanchan hacia atrás. Los adultos y ninfas causan daños directos cuando se alimentan succionando la savia, como consecuencia del ataque, las hojas adquieren un aspecto clorótico y pueden llegar a secarse y caer, dependiendo del grado de infestación; así como reduce el vigor de la planta, calidad del producto y por lo tanto disminuye la producción. También causa daños indirectos por la excreción de una sustancia azucarada que recubre las hojas y funciona como

sustrato para el crecimiento de un hongo conocido como fumagina (Cardona y col., 2005).

Conchuela, *Epilachna varivestis* Mulsant. El adulto tiene cuerpo oval y convexo que mide aproximadamente 9 mm de largo, es de color café cobrizo y tiene 16 puntos negros en la cubierta de las alas; los adultos que colonizan el cultivo a principios del verano son de color café cobrizo, en tanto que la segunda generación son de un color amarillo cremoso a naranja. Las larvas son de color amarillo, tienen un cuerpo cubierto por seis hileras de espinas ramificadas con la punta de color negro. El cultivo de frijol es colonizado primeramente por los adultos que emigran de sus sitios de hibernación, generalmente una vez que inician las lluvias de verano (Mena y Velázquez, 2010). El daño que causa se observa claramente en las hojas de la planta, las cuales adquieren un aspecto característico de “descarnado”, donde quedan únicamente las nervaduras; cuando las poblaciones de esta plaga son abundantes, llegan a atacar las vainas y los tallos, con lo que aniquilan por completo la planta (Martínez y col., 2008).

Gallina Ciega, *Phyllophaga spp.* Los adultos, conocidos como mayates de mayo, miden 1.5 a 2.0 cm de largo, son de color café, poco brillantes. Las larvas, conocidas como gallinas ciegas, tienen la cabeza café, el tórax y el abdomen son de color blanco grisáceo a color crema. Los daños causados por las larvas al alimentarse de las raíces de las plantas en desarrollo, especialmente las larvas que están al final del segundo y tercer instar. Es común encontrar plantas con todo el sistema radicular destruido. Los síntomas que presenta una planta afectada por gallina ciega es un follaje amarillento, que posteriormente se vuelve marchito, para finalmente secarse, especialmente si las condiciones son cálidas y secas (Mena y Velázquez, 2010). En campos severamente afectados pueden ocurrir pérdidas hasta en un 100 % entre los 7 y 10 días de la germinación (Danilo, 2011).

Gorgojo, *Zabrothes subfaciatus* Boheman y *Acanthoscelides obtectus* Say. Los gorgojos destacan como unas de las plagas que afectan de manera

considerable el grano almacenado, causándole severos daños que impiden su consumo. Las pérdidas por estos insectos al frijol almacenado son irreparables, por el daño directo al grano. Se afecta adicionalmente la calidad del grano por la contaminación con las excretas y los cuerpos de los mismos insectos. Éstas pérdidas en calidad y cantidad se incrementan debido al ataque de microorganismos secundarios como hongos y bacterias, los cuales a su vez producen aflatoxinas de alto riesgo para el ser humano (Danilo, 2011).

1.2.4.2 Manejo de Plagas

El eficaz manejo de plagas depende de una identificación precisa de plagas e insectos benéficos, el entendimiento de su biología y ciclo vital, conocimiento de niveles económicamente importantes de daño de las plagas y familiaridad con la efectividad de prácticas de control permitidas, en otras palabras un Manejo Integrado de Plagas (MIP). La exploración regular y la identificación correcta de las plagas, son esenciales para el manejo efectivo de los insectos. Los límites usados para la producción convencional pueden ser inútiles para los sistemas orgánicos ya que hay típicamente un menor porcentaje de mortalidad y menos residuos de productos de control permitidos para una producción orgánica. El uso de trampas de feromonas u otras técnicas de monitoreo y pronóstico pueden dar una alerta temprana de problemas de plagas y ayudar de manera eficaz en los esfuerzos de control.

La contribución de las rotaciones de cultivos como estrategia de manejo de insectos depende mucho de la movilidad de las plagas. La rotación de cultivos tiende a tener un mayor impacto reduciendo poblaciones de plagas si éstas tienen una movilidad limitada. En casos donde los insectos tienen una alta movilidad, es mejor dejar una gran distancia entre cultivos pasados y actuales (Seaman y col., 2012).

1.2.5 Enfermedades del frijol

1.2.5.1 Principales especies

Tomando en consideración el variado número de ambientes en el país donde se cultiva el frijol, no resulta extraño encontrar reportes de daños económicos ocasionados por ataques de hongos, bacterias y virus (Danilo, 2011). Las enfermedades comunes que se presentan en el temporal son: roya, pudriciones de raíz, cenicilla y antracnosis causadas por hongos y tizón común y tizón de halo causada por bacterias (Martínez y col., 2008). Ocasionalmente otras enfermedades como moho blanco o el virus del mosaico común llegan a provocar epidemias severas (Mena y col., 2010).

Antracnosis, *Colletotricum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Lams-Scrib. La enfermedad puede dañar todas las partes aéreas de la planta aún los cotiledones pueden presentar pequeñas lesiones de color café oscuro a negro. Sin embargo es más común que las primeras lesiones se puedan descubrir en el envés de las hojas o en peciolo como lesiones angulares o lineales de color oscuro o rojo ladrillo o bien como pequeños cánceres hundidos en las venas de las hojas. El borde y la punta de la hoja pueden ser infectadas de manera que la hoja puede morir. La enfermedad es más notoria en las vainas; las primeras lesiones aparecen como lesiones de color naranja que se transforman en cánceres hundidos limitados por un anillo negro ligeramente elevado que a su vez se rodea por una franja de color café rojizo. En el centro de esas lesiones puede observarse el crecimiento del hongo de color café claro a rosa durante periodos muy húmedos. Se ha encontrado que el hongo prospera en un rango de temperatura que va desde 13 a 26 °C por el contrario, cuando la temperatura se eleva por encima de 33 °C la enfermedad se detiene.

Roya o chahuixtle, *Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus* Unger. El signo que caracteriza a la roya es la aparición en todas las partes aéreas de la planta pero principalmente en hojas y vainas verdes, de lesiones circulares de color café rojizo aunque inicialmente aparecen pequeñas manchas blancas, ligeramente

levantadas que se transforman en las lesiones café rojizas mencionadas. Estas lesiones contienen esporas microscópicas que son responsables de diseminar la enfermedad dentro de la parcela y entre parcelas de frijol. Después de cierto tiempo estas lesiones toman una coloración negra debido a la producción de esporas especiales para sobrevivir al invierno. Si el número de estas lesiones o su tamaño es muy grande, las plantas afectadas perderán sus hojas. El daño en las vainas será mayor si la enfermedad aparece al inicio del ciclo de cultivo. El desarrollo de la enfermedad requiere de temperaturas moderadas a frescas (17–27 °C) y de condiciones de humedad que permitan la presencia de una capa de agua sobre el follaje por periodos de 10-18 horas. Las temperaturas menores de 15 °C retardan el desarrollo del hongo mientras que temperaturas mayores de 32 °C pueden eliminarlo.

Tizón de Halo, *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. La bacteria puede afectar hojas, tallo, vainas y la semilla. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen como pequeñas manchas aguanosas en las hojas. En clima seco estas manchas toman una coloración bronceada y mueren. Alrededor de esas manchas se desarrolla un ancho halo de color verde amarillo y aspecto grasoso, de donde la enfermedad toma su nombre. Esta característica no se manifiesta si la temperatura es demasiado alta. Si la infección procede a través del tejido vascular las hojas jóvenes se doblan hacia abajo y toman una coloración amarillenta aún sin que las características manchas rodeadas por el halo estén presentes. Cuando la enfermedad es muy severa toda la planta manifiesta clorosis (amarillamiento). Los síntomas en las vainas consisten en manchas de color rojo o café o franjas del mismo color en la sutura de la vaina que pueden tener un aspecto aguanoso. El grano en formación en esas vainas puede podrirse o “chuparse” y decolorarse. El tizón de halo es considerado como una enfermedad de bajas temperaturas; su potencial para causar epidemias es mayor cuando la temperatura fluctúa entre 18 y 22 °C.

Tizón común, *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*. Los primeros síntomas de la enfermedad aparecen como manchas aguanosas que luego de agrandarse se marchitan o secan y finalmente toman una coloración negra. Estas lesiones, frecuentemente son rodeadas por una angosta zona de color verde amarillo pueden ser encontradas en el borde de las hojas o en el tejido entre las venas. Una vez que estas lesiones crecen y se unen las plantas afectadas toman un aspecto atizonado o quemado. En las vainas enfermas se desarrollan manchas circulares, ligeramente hundidas y de aspecto aguanoso. En el centro de esas lesiones pueden aparecer masas amarillas de bacterias, con el tiempo esas lesiones se secan y toman una coloración café rojiza. Las lesiones en las vainas provocan que la semilla se arrugue y presente manchas a través de la cubierta o en la región del hilum. Esta bacteria causa mayor daño cuando la temperatura varía entre 28 y 32 °C. La alta humedad y la lluvia favorecen el rápido avance de la enfermedad. Las temperaturas cercanas a 16 °C detienen el desarrollo de la epidemia (Mena y Velázquez, 2010).

Pudriciones de raíz, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Thielaviopsis*, *Sclerotium*, *Aphanomyces*, *Phymatotrichopsis* y *Macrophomina*. Existen varios tipos de pudriciones de la raíz en diversas áreas productoras de frijol en el mundo. Algunos factores como el cultivo continuo de frijol, rotaciones de cultivo inadecuadas y compactación del suelo han contribuido a hacer más grave la prevalencia y severidad de estas enfermedades. Es ocasionado por un complejo de hongos del suelo, que ocasionan pudrición en preemergencia o después de emergencia en las plántulas, los síntomas son una pudrición café, rojiza o negra a la altura del cuello o nivel del suelo con marchitez y secado de las plantas (Padilla, 2009). Inicialmente muestran un marchitamiento y amarillamiento de las hojas inferiores; al transcurso del tiempo estos síntomas se generalizan en toda la planta y finalmente el follaje se seca y las plantas adquieren una apariencia de “quemadas”. Cuando el ataque ocurre en plantas adultas, las vainas se marchitan y en muchas ocasiones no alcanzan a formar semillas (Martínez y col., 2008).

1.2.5.2 Manejo de enfermedades

En los sistemas orgánicos las prácticas culturales forman la base de los programas de manejo de enfermedades. Promover la salud de las plantas manteniendo un suelo biológicamente activo, bien estructurado, drenado y aireado adecuadamente; que provea una cantidad requerida y balanceada de nutrientes. La elección de variedades resistentes a una o más enfermedades importantes siempre que sea posible. Sembrar solo semillas limpias libres de enfermedades, manteniendo las mejores condiciones de cultivo posibles. La rotación es una práctica importante para manejar patógenos que hibernan en los restos del cultivo. Rotar entre familias de cultivos es útil contra muchas enfermedades, pero puede ser inefectivo contra patógenos con un amplio rango de huéspedes, tal como el moho blanco *Sclerotinia sclerotiorum* y la pudrición carbonosa causada por la *Macrophomina phaseolina*. La rotación de cultivos de grano, especialmente en un campo que se usará por una o más temporadas, priva de un huésped a los organismos causantes de enfermedades; también contribuye a tener un suelo estructuralmente saludable que promueve el crecimiento vigoroso de la planta. Las mismas prácticas son efectivas para prevenir la acumulación en el suelo de nematodos que dañan las raíces; pero debe tenerse en cuenta que ciertos granos de cultivo también hospedan algunas especies de nematodos.

La maximización del movimiento del aire y el secado de la hoja es un tema recurrente. Muchas enfermedades de las plantas empeoran con largos periodos de humedad en las hojas. Cualquier práctica que promueva un secado de la planta más rápido, como alinear los surcos con el viento predominante, aumentar el espacio entre las plantas o los surcos, puede retardar el desarrollo de enfermedades. Los campos rodeados por árboles o matorrales que tienden a retener la humedad tras la lluvia, la niebla o el rocío, deberán evitarse en la medida de lo posible.

La exploración semanal del campo es crucial para la detección temprana y evaluar las medidas de control. Entre más temprano se detecte una enfermedad,

más fácilmente será suprimida con fungicidas orgánicos. Cuando estén disponibles, los protocolos de exploración se hallan en las secciones abajo enumeradas para cada enfermedad individual. Al seguir un plan sistemático de exploración, vigile otras posibles enfermedades.

El remover plantas infectadas mientras se explora es posible en una operación pequeña. La identificación correcta de enfermedades, especialmente para discernir si son causadas por bacteria u hongo, es esencial para elegir una estrategia de control eficaz. El permitir que crezcan las poblaciones de patógenos puede llevar rápidamente a una situación donde haya poca o ninguna opción de manejo. Los fungicidas disponibles actualmente para la producción orgánica son protectores, lo que quiere decir que para prevenir efectivamente la infección, deben estar en la superficie de la planta antes de que los inoculantes de la enfermedad se presenten. No tienen control sobre los patógenos una vez que estos estén dentro de la planta. Unos cuantos fungicidas inducen resistencias de la planta y deben aplicarse con varios días de antelación a la enfermedad para ser efectivos. Los productos biológicos deben ser manejados con cuidado para mantener a los microorganismos activos vivos (Seaman y col., 2012).

1.2.6 Rendimiento e índice de cosecha

Yoshida (1972) estableció que el rendimiento de grano es el resultado de una adecuada combinación de variedad, medio ambiente y prácticas agronómicas y que, para determinar la mejor combinación de los tres factores, es necesario estudiar los procesos fisiológicos involucrados en la producción del grano, tales como el crecimiento vegetativo, la formación de órganos de reserva y el llenado de grano.

Wallace y col. (1993) indicaron que en frijol las interacciones genotipo-ambiente son las que determinan los tres principales componentes fisiológicos del rendimiento, los cuales están genéticamente controlados y que son: la acumulación neta de biomasa, el índice de cosecha y el tiempo requerido por el cultivo para

alcanzar la madurez de la cosecha. Recomiendan el acoplar el ciclo del cultivo con las mejores condiciones ambientales en una región dada.

Por otra parte, la relación entre el rendimiento biológico (biomasa) y el rendimiento agronómico, se conoce como índice de cosecha (Donald y Hamblin, 1976). Este índice está dado por la siguiente expresión:

$$IC = \frac{\text{Rendimiento Agronómico}}{\text{Rendimiento Biológico}}$$

Este índice representa el porcentaje del rendimiento biológico que constituye el rendimiento agronómico y da una idea de la eficiencia de la planta en determinadas condiciones para producir lo que es de interés agronómico.

1.2.7 Calidad de la semilla de frijol

Es un hecho indiscutible que la semilla de buena calidad, producto de la investigación y desarrollo de variedades, representa el insumo estratégico por excelencia que permite sustentar las actividades agrícolas, contribuyendo significativamente a mejorar su producción en términos de calidad y rentabilidad.

Al tratar el tema de la calidad en semillas, en general se valoran las ventajas y beneficios que conlleva la utilización de semilla de alta calidad; sin embargo, no siempre se tiene un pleno conocimiento de los múltiples factores que determinan los atributos de calidad (Carrillo, 2002).

Las semillas de calidad intermedia o baja, producen una baja población de plantas; hecho que agrava la transmisión de enfermedades, en el caso de ser portadoras de patógenos. Por el contrario, el uso de semillas de alta calidad se refleja directamente en el cultivo resultante, en términos de densidad, uniformidad de población, ausencia de enfermedades transmitidas por semilla, emergencia rápida, alto vigor de plántulas y mayor rendimiento (Gally y col., 2004). La calidad

de la semilla se logra con una observación oportuna de la producción y cosecha en campo, un beneficio o proceso apropiado de la semilla y análisis de laboratorio (Araya y Hernández, 2007).

Al tratar de definir el concepto de calidad en semillas, se podría decir que es un conjunto de cualidades deseables que debe poseer la semilla, que permitan un buen establecimiento del cultivo con plantas vigorosas, sanas y representativas de la variedad en referencia. La calidad en semillas comprende muchos atributos, entre ellos se incluyen: la germinación, el vigor, la sanidad, la pureza física y varietal.

Para una mejor comprensión, la calidad en semillas puede entenderse como la integración de cuatro componentes a saber: genéticos, físicos, fisiológicos y fitosanitarios (Carrillo, 2002).

1.2.7.1 Calidad genética

Se entiende como valor genético el cúmulo de información determinada por el genotipo de una variedad que define entre múltiples características: la resistencia o tolerancia a enfermedades, adaptación a ambientes específicos, potencial de rendimiento, hábito de crecimiento, ciclo vegetativo, calidad industrial, etc. Mientras tanto, el concepto de calidad varietal se aplica al “porcentaje de pureza varietal” o sea el porcentaje de semilla que corresponde a la variedad en particular (Carrillo, 2002).

Las variedades disponibles en Guanajuato han sido desarrolladas bajo condiciones tanto de riego como de temporal en El Bajío, región con diferente clima y suelo en comparación, por ejemplo con el altiplano semiárido del norte del estado. Por lo general las siembras que se realizan en febrero, bajo riego, afrontan menor presión por enfermedades foliares que en temporal, de tal forma que variedades recomendadas para riego podrían no funcionar en temporal si las condiciones climáticas favorecen la presencia de enfermedades, o si se presenta una sequía

severa (Acosta y col., 2011). Sin embargo, la semilla de las variedades que se utilizan en condiciones de temporal, pueden ser producida bajo condiciones de riego.

1.2.7.2 Calidad física

Una semilla de calidad física es la que presenta un alto porcentaje de semilla pura y el mínimo contenido de semilla de malezas, de otros cultivos y materia inerte (Moreno, 1996).

Esta variable se refiere a las características físicas de la semilla, como contenido de humedad, peso volumétrico y pureza. Adicionalmente, se pueden considerar tamaño y forma de la semilla, peso de mil semillas, color y daño por hongos (Basra, 1995). El peso de la semilla es una propiedad que se relaciona con la dimensión y densidad de semilla de frijol. Una semilla de calidad contribuye a la mayor eficiencia productiva, ya que es capaz de emerger de manera rápida, uniforme y bajo diferentes condiciones ambientales (Moreno, 1996).

1.2.7.3 Calidad fisiológica

La calidad fisiológica se refiere a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan la capacidad de germinación, emergencia y desarrollo de estructuras esenciales para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Basra, 1995). La calidad fisiológica de la semilla incide en la emergencia, establecimiento y rendimiento del cultivo. Se ha encontrado que la baja calidad de la semilla puede afectar hasta 10 % de la productividad del cultivo (Aguirre, 1990). La calidad fisiológica es determinada por la variedad, manejo agronómico, condiciones de cultivo y, posteriormente, el almacenamiento de la semilla (Liu, 1995). La calidad fisiológica de la semilla está dada por el porcentaje de germinación y vigor, sin embargo la humedad de cosecha y manejo de la planta madre, afectan significativamente el porcentaje de germinación (Rivera, 2000). La semilla presenta el mayor vigor y potencial germinativo cuando alcanza la madurez fisiológica.

1.2.7.4 Calidad sanitaria

Se define calidad sanitaria como la presencia o ausencia de organismos causantes de plagas (gusanos e insectos) y enfermedades (bacterias, virus y hongos), pero también pueden estar involucradas condiciones fisiológicas, tales como deficiencias de micro nutrientes (Moreno, 1996). Las enfermedades afectan de forma directa o indirecta la producción de las semillas (Tadeo y Espinoza, 2002):

- Directa. El patógeno ataca a la semilla de alguna manera; en cualquier punto de las fases de la reproducción. Las consecuencias son visibles: decoloración, manchas, tamaño, forma, moho y calentamiento entre otras.
- Indirecta. Las enfermedades reducen la capacidad de un cultivo de elevar al máximo el rendimiento, así como la calidad del producto que se cosechará.

Las semillas también pueden ser un medio ideal para el transporte de inóculo de patógenos de origen viral, bacteriano o fungoso e inclusive nematodos, que afectan la germinación y consecuentemente la emergencia y población de plantas, o bien causar problemas patológicos en los cultivos una vez establecidos. De la misma manera, pueden diseminar enfermedades en determinadas regiones donde estaban ausentes (Navarrete y col., 2008).

En el caso del frijol cerca de 50 % de los agentes causantes de enfermedades pueden ser portados en las semillas, por ejemplo *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnosis), *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (tizón común) y *Presudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (tizón de halo), Virus del Mosaico Común (BCMV y BCMNV) (Navarrete y col., 2008; Lepe y col., 2012).

Estos ejemplos evidencian que la semilla es un medio de diseminación muy efectivo para determinados patógenos y su transmisión a la plántula puede provocar problemas agronómicos serios; de ahí que la utilización de semilla de alta calidad sanitaria proveniente de variedades resistentes o tolerantes, constituye el método más económico y eficiente para su combate (Navarrete y col., 2008), y para la producción de frijol convencional u orgánico.

2. HIPÓTESIS

Es factible producir frijol orgánico, en cantidad y calidad, bajo condiciones de temporal, con resultados comparables a los obtenidos mediante el sistema convencional en la región del Bajío.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Determinar la fenología, el rendimiento y la calidad de la semilla de tres variedades de frijol producidas bajo sistema orgánico.

3.2 Específicos

- a) Determinar la producción de biomasa y semilla de tres variedades de frijol bajo el efecto de distintas dosis de composta comercial.
- b) Determinar la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla de tres variedades de frijol producidas bajo un esquema orgánico.

4. METODOLOGÍA

4.1 Materiales

4.1.1 Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo se llevo a cabo en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Celaya, Guanajuato. Éste se localiza a 20° 35´ N y 100° 49´ O y con una elevación de 1765 msnm. El clima del área es semi-cálido (García, 1973), la temperatura media oscila de 18 a 22 °C y la precipitación pluvial anual es de 670.3 mm.

4.1.2 Material biológico

Se utilizaron tres variedades de frijol proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de frijol del CEBAJ-INIFAP, Celaya, Guanajuato, su semilla fue producida bajo condiciones de temporal en 2011. Las características generales de éstas se consignan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Germoplasma de frijol común utilizado en el estudio. Celaya, Guanajuato, México 2012.

Variedad	Raza ¹	Hábito de crecimiento ²	Tamaño de semilla	Reacción a fotoperíodo
Negro 8025	Mesoamericana	III	Pequeña	Neutral
Pinto Saltillo	Durango	III	Mediana	Sensible
Flor de Mayo	Jalisco	III	Mediana	Neutral
Eugenia				

¹ Singh y col., 1991

² III= Indeterminado, semipostrado o postrado (Fuente: Shoonhoven y Pastor-Corrales, 1987)

Negro 8025: El progenitor femenino de Negro 8025 es la variedad Jamapa, y el masculino es el compuesto Negro Chimaltenango (Rosales y col., 2004), que es

una de las fuentes de resistencia a roya más confiables a nivel mundial. Es de hábito de crecimiento indeterminado, de guías cortas y tamaño mediano. Su ciclo es intermedio y su madurez es de 100 a 105 días. Negro 8025 es resistente a roya y tolerante a antracnosis y bacteriosis. El tamaño del grano es pequeño; en promedio su peso es de 21 g por 100 semillas. En la región del bajío rinde hasta 1600 kg ha⁻¹ en temporal y 3300 kg ha⁻¹ en riego. Si el ambiente está muy seco no es conveniente dejar las plantas de esta variedad en el campo por más de una semana de la madurez y después del corte, porque puede ocurrir desgrane.

Flor de Mayo Eugenia. FME se derivó de una cruce interracial entre Flor de Mayo Anita (raza Jalisco) y Rayado Rojo (raza Nueva Granada). La planta es de hábito indeterminado postrado con guías cortas (Acosta y col., 2010). Es de ciclo intermedio; llega a la madurez en 100 a 105 días dependiendo de las condiciones del clima. FME es resistente a las razas de roya presentes en el Altiplano de México, al Virus del Mosaico Común (BCMV y BCMNV), a la raza 292 de antracnosis, y es tolerante a pudriciones de raíz y a bacteriosis. El rendimiento de FME en temporal varía de 800 a 2000 kg ha⁻¹, y bajo riego el rendimiento máximo alcanzado es de 3800 kg ha⁻¹. El peso promedio del grano en diferentes localidades en condiciones de temporal es de 32 g por 100 semillas, y de 36 g por 100 semillas en condiciones de riego.

Pinto Saltillo. La planta es de hábito de crecimiento indeterminado, de guías cortas y porte bajo. Su ciclo de cultivo es intermedio ya que madura entre 85 y 105 días dependiendo de las condiciones climáticas. La variedad es tolerante a roya, antracnosis y bacteriosis. El tamaño de grano es mediano, con un peso de 28 a 32 g por 100 semillas. En temporal rinde en promedio 1200 kg ha⁻¹, pero puede variar de 600 a 2200 kg ha⁻¹ en respuesta a la fecha de siembra, condiciones de fertilidad y al clima durante el ciclo. En condiciones de riego se llega a obtener de 2500 a 3300 kg ha⁻¹ (Acosta y col., 2011).

4.2 Métodos

4.2.1 Siembra

La cantidad de composta necesaria en proporción a los tratamientos que se aplicó en cada parcela por surco se muestra en el Cuadro 4, la cantidad es para un surco de 6 m de longitud por 76 cm de separación. La unidad experimental consistió de cinco surcos de seis m de longitud. Para la aplicación de la composta se abrió con tractor surcos de 20 cm de profundidad. Antes de la siembra, la composta se colocó en el fondo del surco a aproximadamente 15 cm de profundidad. En seguida se sembraron las variedades siguiendo el diseño experimental establecido con sembradora de labranza cero. Se utilizó este tipo de sembradora con la finalidad de evitar mover la composta del fondo del surco. La siembra se llevó a cabo depositando 15 semillas para posteriormente dejar 10 semillas por m lineal de surco.

Cuadro 4. Peso de composta correspondiente al tratamiento colocado al fondo del surco.

Tratamientos	1 t ha ⁻¹	2 t ha ⁻¹	3 t ha ⁻¹
Composta (kg)	0.45	0.9	1.35

4.2.2 Conducción del lote experimental

Se realizaron labores culturales recomendadas para el cultivo en la región en el momento que lo requirió el cultivo, como deshierbes manuales, cultivo mecánico y control de plagas y enfermedades con productos orgánicos.

Durante el ciclo del cultivo, los insectos y patógenos se controlaron con productos inocuos, siguiendo las recomendaciones para la producción orgánica de frijol. Para prevenir enfermedades se realizaron aplicaciones semanales de caldo bórdeles al 1 % durante la etapa vegetativa y para la prevención de plagas se aplicó extracto de ajo, chile y cebolla.

Se tomaron datos de las características agronómicas del cultivo, tales como: días a la floración y madurez (50 %) y se determinó la incidencia de enfermedades utilizando una escala de 1.0 a 9.0, donde 1.0 es sin síntomas y 9.0 planta muerta (Shoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

4.2.3 Cosecha

La cosecha se realizó después de la madurez fisiológica, tomando en cuenta el cambio en el color de la vaina, la defoliación de la planta, la humedad aparente del grano según las características fenológicas de cada variedad. La trilla se realizó de forma manual para así colectar la paja y el grano.

Para las evaluaciones posteriores se tomó de cada parcela una parte central que se consideró representativa para evitar efecto de bordo. La parcela útil en el Ambiente 1 fue de tres metros (m) lineales en la mitad de los tres surcos centrales de la parcela experimental (Figura 2), mientras que en el Ambiente 2, donde la parcela total consto de cuatro surcos, se cosecharon los dos surcos centrales de 3 m de longitud. Se realizó conteo de plantas de la parcela útil y el grano cosechado de esta se utilizó para la obtención de los datos de las evaluaciones y para evaluaciones en laboratorio.

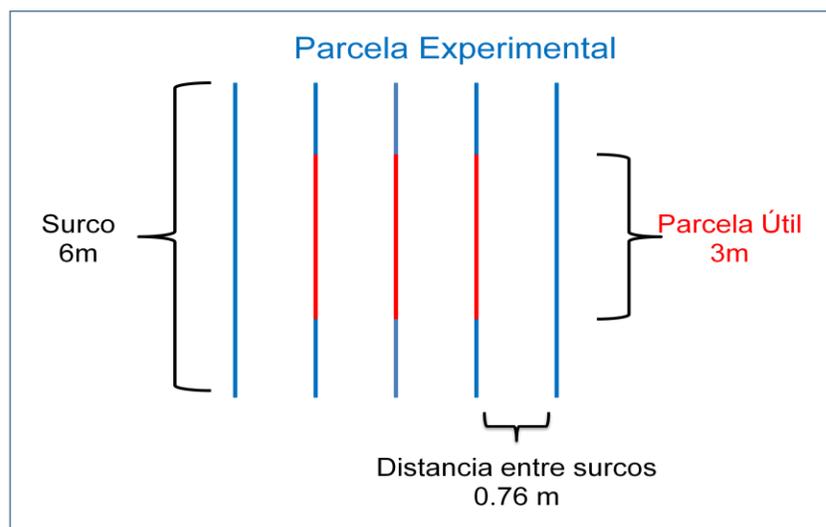


Figura 2. Esquema de la parcela experimental

4.2.4 Determinación de la producción

4.2.4.1 Biomasa (Rendimiento biológico)

Después de la cosecha se pesó la paja seca (hojas, tallos y raíz) con semilla en una balanza analítica. El pesado se realizó después de un secado previo de la muestra.

4.2.4.2 Rendimiento agronómico

Se limpio la semilla de paja de cada parcela útil y se pesó en una balanza analítica, con el peso y el área de la parcela útil se estimó el rendimiento en kg ha⁻¹.

4.2.4.3 Índice de Cosecha

Se determinó mediante el algoritmo establecido por Donald y Hamblin (1971) que consiste en dividir el rendimiento económico (semilla) entre la biomasa total (paja + semilla). Se expresa como porcentaje.

$$IC = \frac{\text{Rendimiento Agronómico}}{\text{Rendimiento Biológico}}$$

4.2.5 Evaluación de la calidad de semilla

4.2.5.1 Peso de semilla

Se determinó tomando al azar 100 semillas de la bolsa correspondiente a cada parcela.

4.2.5.2 Análisis fisiológico

Se utilizó el método “entre papel” (ISTA, 1996) con 100 semillas de cada variedad por parcela. La técnica consiste en extender dos toallas de papel germinador previamente humedecidas con agua destilada y cloro a 1% como desinfectante, sobre una superficie plana, y sobre las cuales se colocaran las semillas distribuidas uniformemente. Posteriormente se cubrieron con otras dos toallas húmedas y se doblaron para formar un rollo, acomodándolo en forma vertical en bolsas de plástico y se colocaron en cámaras de ambiente controlado.

Los conteos de plántulas se realizaron a los cinco días para determinar la velocidad de germinación y número de plántulas normales. Y a los nueve días se determinó plántulas normales, anormales, semillas duras y semillas muertas (ISTA, 1996). El porcentaje de germinación se calculó con la suma de las plántulas normales obtenidas en los dos conteos.

4.2.5.3 Análisis sanitario de la semilla

Para los siguientes análisis la semilla a utilizar se desinfectó; primero se lavó con agua destilada estéril y posteriormente con hipoclorito de sodio (NaClO) al 1 %, introduciendo la semilla en la solución y se agitó por dos minutos y se eliminó el exceso de la solución, posteriormente las semillas se secaron con papel absorbente.

Presencia superficial de bacterias en la semilla. Se realizó la siembra por estriado, para ello se utilizó el agua del lavado de las semillas, se tomó una alícuota y se colocó en medio agar nutritivo. Se determinó el desarrollo de bacterias a los tres días.

Presencia de bacterias dentro de la semilla. Después de ser tratadas 10 semillas con agua estéril y con NaOCl al 1 %, se colocaron en la superficie del medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Se sellaron las cajas para impedir algún tipo de contaminación por el ambiente. Se incubaron a 25 °C por dos días y tres días a 5 °C. (Moreno, 1996). Se aislaron las muestras para su incubación durante siete días a una temperatura de 25 °C para evaluar el desarrollo de los patógenos.

De las bacterias aisladas en ambos experimentos se evaluó la presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*) y de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*). Debido a que con frecuencia las semillas de frijol son atacadas por las bacterias inductoras de tizón común y de halo. Para definir la presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*) bacteria inductora del tizón de halo,

las bacterias aisladas fueron expuestas en una cámara de luz ultravioleta. Si las colonias presentan fluorescencia el resultado será positivo y si no cambian de coloración será negativa. Para identificar *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) responsable del tizón común, se usó el medio específico extracto de levadura y carbonato de calcio (YDC) Se aislaron muestras para su incubación durante dos días a una temperatura de 25 °C para evaluar el desarrollo.

De acuerdo a Moreno (1996), se revisaron y tomaron datos a los siete días para examinar cada semilla a simple vista con el fin de detectar la presencia de hongos y bacterias, para transferirla a un medio específico y observar su desarrollo.

4.3 Diseño del Experimento

El diseño de tratamientos fue un bifactorial (4 x 3) en arreglo de parcelas divididas y distribución en un diseño experimental de bloques completos al azar. Los dos factores evaluados fueron:

- A. Dosis de composta, cuatro tratamientos: 0, 1, 2, y 3 t ha⁻¹.
- B. Variedades, Tres tratamientos: 'Pinto Saltillo', 'Flor de Mayo Eugenia' y 'Negro 8025'.

El factor A se estableció en la parcela mayor y el factor B en parcela menor. Se establecieron cuatro repeticiones y la parcela útil constó de cinco surcos de 6 m de longitud.

4.3.1 Análisis de datos.

Se realizaron análisis de varianza siguiendo un modelo factorial y para la comparación entre tratamientos se utilizó la prueba de DMS con un nivel de significancia de 0.05 con el paquete SAS versión 9.1 (SAS Institute, 2006).

5. RESULTADOS

Para efectos de interpretación, y a pesar de que los sitios donde se estableció el ensayo están a 200 m de distancia dentro del CEBAJ, se pueden considerar que la conducción del ensayo se realizó en dos diferentes ambientes: ambiente 1 con fecha de siembra el 23 de Junio después de un riego de presiembra y suelo Franco Arenoso pobre en nutrientes, de pH ligeramente alcalino y ambiente 2 con fecha de siembra el 17 de julio y suelo Franco Arcillo-Arenoso, rico en nutrientes pero de pH alcalino; las características del suelo de ambos sitios se presentan en el Cuadro 5. Con excepción del riego de presiembra en el ambiente 1, ambos ensayos se condujeron con la humedad proporcionada por las lluvias (Figura 3).

Cuadro 5. Características físicas y químicas del suelo en los ambientes de prueba

Características	Ambiente 1 (Lote 9) FS: 27/06/2012	Ambiente 2 (Lote 3) FS: 16/07/2012
pH	7.18	8.29
Clase textural	Franco Arenoso	Franco Arcillo Arenoso
Punto de Saturación	28.0 %	33.0 %
Capacidad de Campo	21.0 %	17.5 %
Punto de Marchitez Permanente	11.0%	10.4 %
Densidad Aparente	1.32 g/cm ³	1.16 g/cm ³
Fertilidad		
MO	0.90 %	1.26 %
N Inorgánico	9.14 ppm	20.4 ppm
P-Bray	28.3 ppm	20.4 ppm
K	504 ppm	686 ppm
Ca	1474 ppm	2425 ppm
Mg	169 ppm	445 ppm
Na	87.4 ppm	296 ppm
Fe	5.09 ppm	4.94ppm
Zn	0.66 ppm	4.12 ppm
Mn	18.3ppm	9.76 ppm
Cu	0.34ppm	0.64 ppm
Salinidad-Sodicidad		
CEc	ND ds/m	0.48 ds/m
CIC	10.4 meq/100g	18.8 meq/100g
RAS	3.05	15.65
PSI	3.65	6.86

5.1 Fenología del cultivo.

La fenología de las variedades a través de los tratamientos de composta no mostró diferencias significativas, es decir las dosis de composta no influyeron en la respuesta fenológica de las variedades (Cuadro 6). Los días a la floración y madurez fueron ligeramente mayores en el ambiente 2, probablemente por la ocurrencia de temperaturas ligeramente más bajas durante el ciclo en comparación con el ambiente 1 (Figura 3). Se observa que durante la segunda decena de julio, que fue cuando se estableció el ensayo en el ambiente 2, la temperatura máxima bajo en comparación con la decena anterior y la posterior, disminución de temperatura debida a la abundancia de lluvias, con nublados frecuentes, registrados durante esa decena. En la Figura 3 también se observan dos períodos sin precipitación significativa, uno durante el mes de agosto y a partir de la tercera decena de septiembre, este último periodo de sequía probablemente causo la aceleración de la madurez, ya que las variedades utilizadas en el ensayo por lo general toman un mayor número de días para alcanzar la madurez fisiológica (Sánchez y col., 2004; Rosales y col., 2004; Acosta y col., 2010) que el mostrado en el ensayo (Cuadro 6).

En ambos ambientes de prueba la variedad Pinto Saltillo resultó significativamente ($p < 0.01$) más precoz para alcanzar la floración y la madurez fisiológica que Flor de Mayo Eugenia y Negro 8025 (Cuadro 7). Las diferencias en días a la floración y madurez entre Flor de Mayo Eugenia y Negro 8025 fueron mínimas pero significativas. Pinto Saltillo es de reacción sensible al fotoperíodo (Sánchez y col., 2004), mientras que FME (Acosta y col., 2010) y Negro 8025 (Rosales y col., 2004) son de reacción neutral, lo que también puede en parte explicar la precocidad de Pinto Saltillo al acortar la fase vegetativa en respuesta a la reducción del fotoperíodo conforme avanzo el ciclo del cultivo.

En el ambiente 2 la presencia de humedad durante la etapa reproductiva provocó la incidencia de roya que a su vez pudo contribuir a la madurez precoz de las variedades.

Cuadro 6. Fenología del cultivo, número de días a la floración y madurez (DF, DM) en tres variedades de frijol establecidas en dos ambientes con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.

Variedades	Dosis de Composta (t ha ⁻¹)								Promedio	
	0.0		1.0		2.0		3.0			
Fecha de siembra 23 de junio (Ambiente1)										
	DF	DM	DF	DM	DF	DM	DF	DM	DF	DM
FM Eugenia	43	82	44	82	44	83	44	83	44	83
Negro 8025	46	79	45	79	44	78	45	80	45	79
Pinto Saltillo	37	77	36	77	36	77	36	76	36	77
Promedio	42	79	41	79	41	79	41	80	41	79
Fecha de siembra 17 de julio (Ambiente 2)										
	DF	DM	DF	DM	DF	DM	DF	DM	DF	DM
FM Eugenia	44	82	44	82	44	82	44	82	44	82
Negro 8025	48	87	48	87	47	85	47	87	48	87
Pinto Saltillo	37	75	37	75	36	75	36	74	37	75
Promedio	43	81	43	81	42	81	42	81	43	81

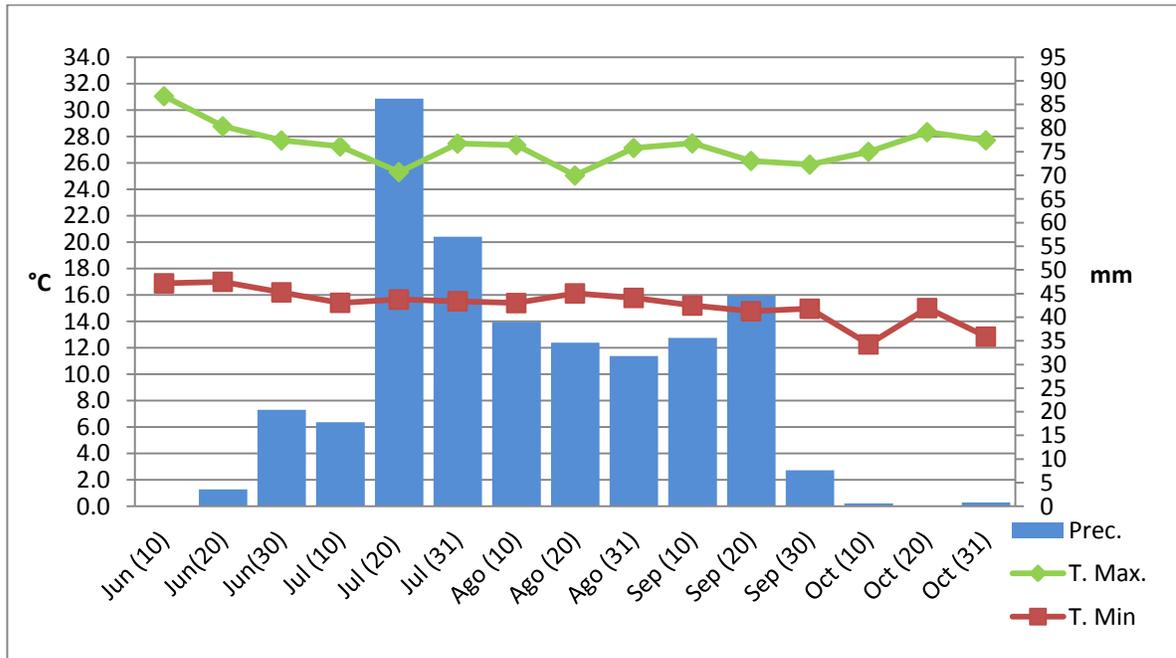


Figura 3. Datos climáticos registrados en el temporal del CEBAJ, Celaya, Gto. durante 2012. Información presentada en periodos decenales.

Cuadro 7. Comparación de medias entre dosis de composta para la evaluación de la fenología e incidencia de enfermedades en dos ambientes de producción. Datos promedio de tres variedades de frijol y cuatro repeticiones.

DC ¹	Fenología		Enfermedades ³		
	DF	DM	TC	TH	Roya
Ambiente 1					
0.0 t ha	41.8 a ²	79.4 a	3.0 a	3.0 a	1.1 a
1.0 t ha	41.4 a	79.2 a	3.1 a	3.6 a	1.0 a
2.0 t ha	41.2 a	79.1 a	2.7 a	3.1 a	1.1 a
3.0 t ha	41.2 a	79.6 a	2.9 a	3.6 a	1.0 a
DMS 0.05	0.82	0.63	0.86	1.37	0.2
Ambiente 2					
0.0 t ha	43.0 a	81.2 a	2.7 a	1.7 a	2.3 a
1.0 t ha	42.8 a	81.2 a	2.7 a	1.9 a	2.1 a
2.0 t ha	42.3 a	80.6 a	3.0 a	1.9 a	1.8 a
3.0 t ha	42.5 a	81.0 a	2.8 a	2.2 a	1.7 a
DMS 0.05	0.73	1.54	0.64	0.49	0.97

¹ DC Dosis de composta. DF y DM Días a floración y madurez, respectivamente.

TC tizón común, TH tizón de halo. ² Literales diferentes denotan diferencias significativas entre variedades.

³ Escala de 1.0 = sin síntomas a 9.0 = planta muerta (Shoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

5.2 Incidencia de enfermedades

En forma similar a la fenología, las dosis de composta no mostraron influencia significativa en la reacción de las variedades a la incidencia de las enfermedades ocurridas durante la etapa reproductiva (Cuadro 7, 8), es decir, la respuesta a la incidencia de patógenos fue intrínseca de los genotipos de frijol probados y la presión ejercida por los patógenos. Además de los tizones

bacterianos y la roya, también se observó incidencia de los patógenos causantes de pudriciones de raíz, principalmente *Fusarium oxysporum* en el ambiente 1, pero no se cuantificó su nivel de incidencia directa. Sin embargo, se determinó el número de plantas cosechadas por parcela útil, lo que da una idea del número de plantas que sobrevivieron, entre otros factores, a la incidencia de pudriciones de raíz (Cuadro 9). Negro 8025 mostro el mayor número de plantas por parcela y Pinto Saltillo el menor.

Cuadro 8. Comparación de medias entre variedades para las características de la fenológicas y reacción a la incidencia de enfermedades en dos ambientes de producción. Datos promedio de cuatro dosis de composta y cuatro repeticiones.

Variedad	Fenología			Enfermedades ³	
	DF ¹	DM	TC	TH	Roya
Ambiente 1					
FM Eugenia	43.5 b ²	82.6 a	2.6 b	3.0 b	1.1 a
Negro 8025	44.6 a	78.9 b	3.7 a	3.8 a	1.0 a
Pinto Saltillo	36.2 c	76.5 c	2.4 b	3.1 b	1.1 a
DMS 0.05	0.75	0.70	0.75	0.58	0.15
Ambiente 2					
FM Eugenia	44.2 b	82.8 b	2.6 b	1.7 b	2.3 a
Ng 8025	47.2 a	86.5 a	3.1 a	1.9 ab	2.0 ab
Pinto Saltillo	36.5 c	74.7 c	2.8 ab	2.2 a	1.7 b
DMS 0.05	0.59	1.14	0.38	0.316	0.543

¹ DF y DM Días a floración y madurez, respectivamente, TC tizón común, TH tizón de halo. ² Literales diferentes denotan diferencias significativas entre variedades.

³ Escala de 1.0 = sin síntomas a 9.0 = planta muerta (Shoonhoven y Pastor-Corrales, 1987).

Cuadro 9. Número de plantas por parcela útil del ensayo de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra en dos ambientes de producción.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
FM Eugenia	132.0	116.0	103.0	96.25	111.8
Negro 8025	148.3	141.0	111.5	157.8	139.6
Pinto Saltillo	104.3	105.0	99.8	93.5	100.5
Promedio	128.1	120.6	104.8	115.8	117.3
Fecha de siembra 17 de julio, Ambiente 2					
FM Eugenia	43.2	38.2	40.2	37.5	39.8
Negro 8025	41.2	41.7	40.5	39.7	40.8
Pinto Saltillo	23.2	39.5	40.5	40.2	35.8
Promedio	35.9	39.8	40.4	39.1	38.8

En el Ambiente 2 el número de plantas es menor por menor tamaño de la parcela útil, dos surcos centrales de 3 m de longitud y también por un mayor número de plantas afectadas por pudriciones de raíz temprano durante el ciclo por excesiva humedad durante la germinación en la segunda decena de julio (Figura 3). Así mismo, en las plantas cosechadas por parcela útil del Ambiente 1 se determinó el porcentaje de plantas que mostraban, en diferente grado, daño causado por los patógenos de la raíz (Cuadro 10). Entre variedades el porcentaje de plantas con síntomas de ataque por patógenos de la raíz fue mayor en Flor de Mayo Eugenia y negro 8025 que en Pinto Saltillo. Entre dosis de composta hubo diferencias importantes mostrando un mayor valor las plantas bajo el tratamiento de 1.0 t ha⁻¹ de composta sobre todo en las variedades Pinto Saltillo y Negro 8025 (Cuadro 10).

En las tres variedades se observó durante la etapa reproductiva incidencia de bacterias en el follaje y la variedad Negro 8025 fue la más afectada (Cuadro 8). En ambos ensayos, la presencia de las enfermedades tizones común y de halo ocurrió después de una lluvia acompañada de granizo, es probable que las bacterias hayan aprovechado las heridas para penetrar rápidamente y dañar en mayor proporción a la variedad susceptible en el follaje, Negro 8025.

Cuadro 10. Porcentaje de incidencia de pudrición de raíz del ensayo de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra. Ambiente 1.

Variedades	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio					
FM Eugenia	48.45	44.48	53.52	56.47	50.73
Negro 8025	40.28	61.15	46.82	48.53	49.2
Pinto Saltillo	55.56	68.57	31.01	34.35	44.87
Promedio	48.10	58.07	43.78	43.12	48.27

En laboratorio se verificó la presencia de bacterias y de otros patógenos en la semilla producida, esta información se presenta adelante. Estos análisis se llevaron a cabo para conocer la contaminación de la semilla por patógenos que se transmiten a través de la misma, ya que no se utilizaron agroquímicos para su control durante la conducción de los ensayos. Además de las bacterias, se observó incidencia de roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*), esta última enfermedad fungosa mostró menor incidencia que los tizones bacterianos.

5.3 Evaluación de la producción

5.3.1 Biomasa aérea

En el Cuadro 11 se observa que no hubo diferencias significativas entre los niveles de composta en ambos ambientes. Aunque no se realizó un análisis

combinado, en el Cuadro 12 se observa que la producción de biomasa del Ambiente 1 supero a la del Ambiente 2. En el ambiente 1 hubo diferencias significativas entre las variedades, Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo tuvieron mayor cantidad de biomasa superando a Negro 8025. Pinto Saltillo con dosis de 3.0 t ha⁻¹ tuvo la mayor cantidad de biomasa en el ambiente 1. En el ambiente 2 no hubo diferencias significativas entre las variedades y semejante el ambiente 1 Flor de Mayo Eugenia con 2.0 t ha⁻¹ tuvo la mayor cantidad de biomasa (Cuadro 12). En los ambientes 1 y 2 hay una variación de la biomasa aérea de la planta por la diferencia de plantas cosechadas en la parcela útil, pero se considera representativo de los tratamientos y variedades.

En el ambiente 1 el bajo nivel de biomasa promedio de la variedad Negro 8025 pudo deberse a las enfermedades, sobre todo en el tratamiento de 1.0 t ha⁻¹ de composta, en especial por la pudrición de raíz pues esta no permite el crecimiento de la planta, la que apenas sobrevive por la aparición de raíces adventicias. En el ambiente 2 tampoco hubo diferencias en ninguno de los factores en evaluación.

Cuadro 11. Significancia de F de las fuentes de variación para cuatro características determinadas en tres variedades de frijol producidas bajo cuatro niveles de composta en dos ambientes de producción en el CEBAJ, Celaya, Gto. 2012.

Fuente de variación	Rendimiento kg ha ⁻¹	Biomasa Kg ha ⁻¹	Índice de Cosecha %	P100S g
Ambiente 1				
Nivel de composta	1.49 NS	1.85 NS	1.42 NS	0.48 NS
Variedad	5.04 NS	3.06 NS	8.73 **	289.53 **
NC X Variedad	0.74 NS	1.10 NS	0.21 NS	0.66 NS
Ambiente 2				
Nivel de composta	0.14 NS	0.04 NS	2.51 NS	2.56 NS
Variedad	10.69 **	1.98 NS	52.01 **	460.19 **
NC X Variedad	1.09 NS	1.29 NS	0.27 NS	1.01 NS

Cuadro 12. Biomasa (kg ha^{-1}) de tres variedades de frijol establecidas con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra en dos ambientes de producción.

Variedades	Dosis de Composta t ha^{-1}				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Ambiente 1					
FM Eugenia	3.1	2.8	3.6	2.8	3.1
Negro 8025	2.5	1.9	2.4	3.2	2.5
Pinto Saltillo	2.8	2.5	3.4	3.6	3.1
Promedio	2.8	2.4	3.1	3.2	2.9
Ambiente 2					
FM Eugenia	0.8	0.8	1.0	0.9	0.9
Negro 8025	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8
Pinto Saltillo	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
Promedio	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

5.3.2 Rendimiento agronómico

El rendimiento promedio obtenido en el ambiente 1 resultó significativamente superior al obtenido en el ambiente 2, 2312 vs 1947 kg ha^{-1} (Cuadros 13 y 11). El cultivo en el ambiente 1 tuvo, además de la humedad proporcionada por las lluvias, un riego de presembrado que permitió el adelanto de la siembra. Además de la fecha de siembra, hubo diferencia en algunas características importantes del suelo, el del Ambiente 1 es franco arenoso, no fue propenso a encharcarse bajo fuerte precipitación en comparación con el otro suelo más arcilloso. Las diferencias en el suelo junto con la fecha de siembra y un riego de presembrado en uno de los sitios estuvieron asociadas a las diferencias en el rendimiento promedio de dosis de composta y variedades entre un ambiente y otro.

En el ambiente 1 el mayor rendimiento se observó en la combinación Pinto Saltillo con 3.0 t ha^{-1} de composta, mientras que el menor se obtuvo con Negro 8025 y 1.0 t ha^{-1} de composta (Cuadro 13). En cuanto a las variedades, el mayor

rendimiento lo obtuvieron Pinto Saltillo y Flor de Mayo Eugenia, que resultó similar entre ellas y significativamente superior al de Negro 8025.

En las tres variedades el nivel de composta con el menor rendimiento fue el de 1.0 t ha⁻¹, incluso menor que el del tratamiento sin composta (0.0 t ha⁻¹). En las tres variedades el rendimiento se incremento con 2.0 y 3.0 t ha⁻¹ de composta, con excepción de Flor de Mayo Eugenia que mostró una disminución al pasar de 2.0 a 3.0 t ha⁻¹. Así, Flor de Mayo Eugenia obtuvo su mayor rendimiento con 2.0 t ha⁻¹ de composta, mientras que Negro 8025 y Pinto Saltillo con 3.0 t ha⁻¹ (Cuadro 13).

Cuadro 13. Rendimiento en kg ha⁻¹ de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
Flor de Mayo Eugenia	2564	2304	2855	2357	2520
Negro 8025	1865	1458	1797	2410	1883
Pinto Saltillo	2290	2068	2721	3050	2532
Promedio	2240	1943	2458	2606	2312
Fecha de siembra 16 de julio, Ambiente 2					
Flor de Mayo Eugenia	1827	1724	2102	1787	1860
Negro 8025	1771	1840	1684	1654	1737
Pinto Saltillo	2442	2289	2018	2236	2246
Promedio	2013	1951	1934	1892	1947

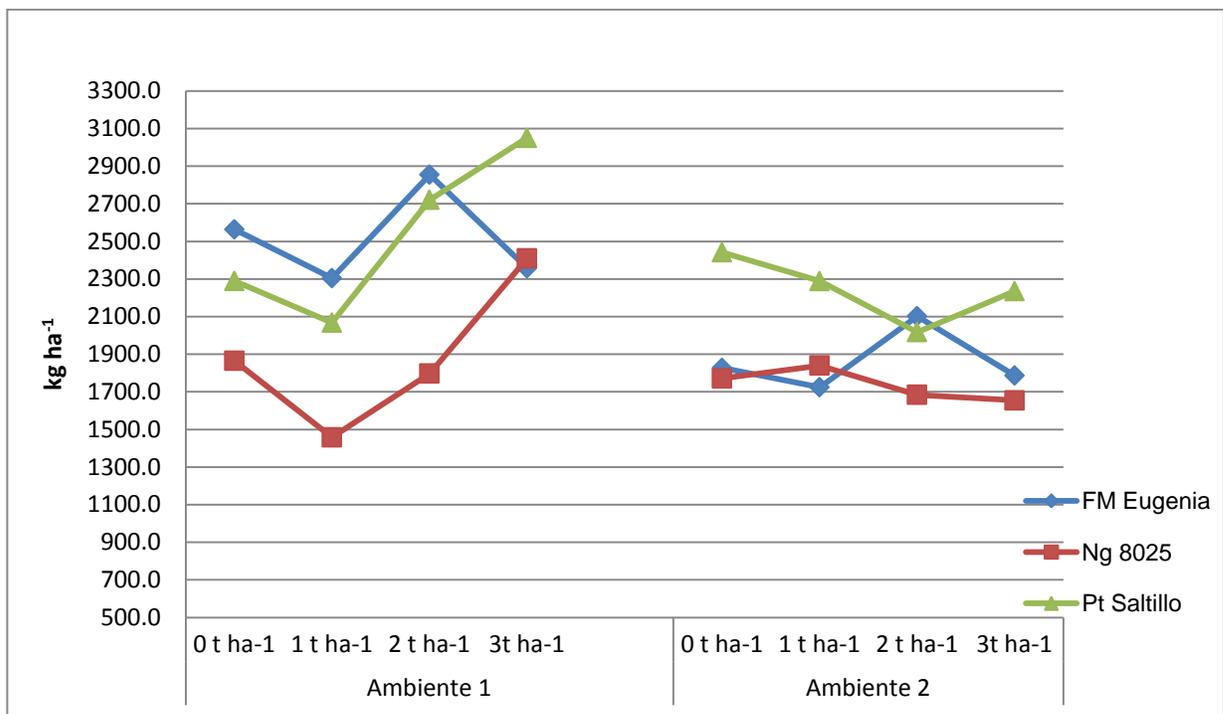


Figura 4. Gráfica del rendimiento en kg ha⁻¹ de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta en dos ambientes de producción.

El ambiente 2, es un suelo con cantidad media de materia orgánica y alto nivel de fertilidad, en éste el cultivo fue estrictamente de temporal. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos de composta y su interacción con las variedades. Entre variedades hubo diferencias significativas (Cuadro 11), el mayor rendimiento numérico se observó con Pinto Saltillo con 0.0 t ha⁻¹ de composta y el menor con Negro 8025 con 3.0 t ha⁻¹ de composta (Cuadro 13).

5.3.3 Índice de cosecha

En general, el índice de cosecha de la variedad Pinto Saltillo fue superior al de Flor de Mayo Eugenia y Negro 8025, sobre todo en el Ambiente 2 (Cuadro 14).

En el ambiente 1 las tres variedades presentaron un mayor índice de cosecha bajo la dosis de 3.0 t ha⁻¹ de composta (Cuadro 14). En contraste, en el

ambiente 2 el mayor índice de cosecha se obtuvo con la dosis de 0.0 t ha⁻¹ de composta y el índice tendió a disminuir con los incrementos en la adición de composta; esta respuesta probablemente se relacionó con la fecha de siembra, i.e. días más cortos durante la etapa reproductiva y una baja asignación de asimilados hacia las estructuras reproductivas. Ambas variedades, Negro 8025 y Flor de Mayo Eugenia mostraron una respuesta similar a través de dosis de composta.

Los valores para el frijol del índice de cosecha normalmente están entre un rango de 0.5 a 0.6; índices más bajos indican una pobre formación de vainas o semillas en relación con el desarrollo vegetativo del cultivo (CIAT, 1988). Lo anterior puede deberse a una condición de sequía terminal o bien el ataque de alguna enfermedad que afecte el follaje y en consecuencia la asignación de asimilados a las estructuras reproductivas.

Cuadro 14. Índice de Cosecha de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
Flor de Mayo Eugenia	0.55	0.54	0.52	0.56	0.54
Negro 8025	0.48	0.50	0.49	0.50	0.49
Pinto Saltillo	0.55	0.56	0.53	0.56	0.55
Promedio	0.53	0.53	0.52	0.54	0.53
Fecha de siembra 16 de julio, Ambiente 2					
Flor de Mayo Eugenia	0.51	0.59	0.48	0.45	0.48
Negro 8025	0.50	0.48	0.48	0.45	0.48
Pinto Saltillo	0.59	0.56	0.55	0.54	0.56
Promedio	0.53	0.51	0.50	0.48	0.51

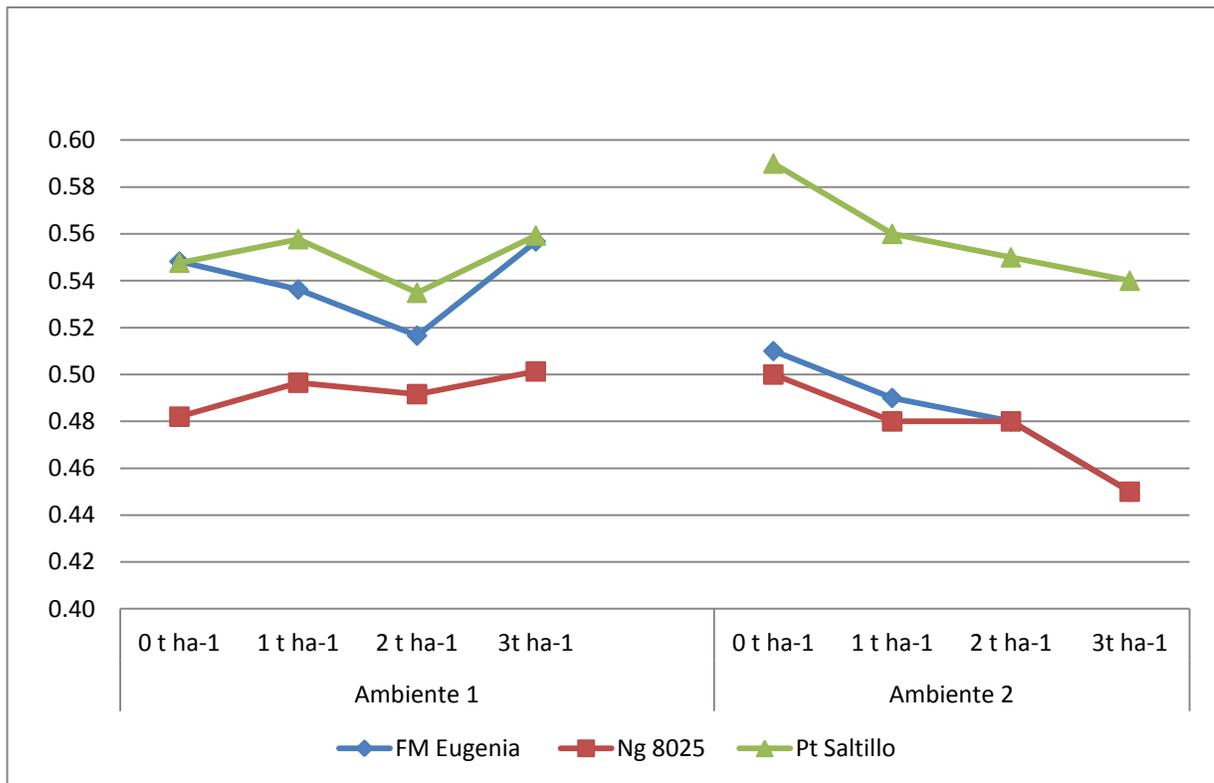


Figura 5. Gráfica del índice de cosecha de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra en dos ambientes de producción.

5.4 Calidad de semilla

5.4.1 Peso de semilla.

En las tres variedades ocurrió una disminución en el peso de 100 semillas al pasar del ambiente 1 al 2, disminución acentuada en la variedad Negro 8025 (Cuadro 15). En ambos ambientes el mayor peso fue para Flor de Mayo Eugenia, seguida de Pinto Saltillo. Hubo un efecto de interacción dosis de composta por variedad ya que con excepción de Negro 8025 que lo obtuvo con 2.0 t ha⁻¹ de composta en el ambiente 1 (siembra en junio), el mayor peso de la semilla se observó con la dosis mayor cantidad de composta.

Cuadro 15. Peso de 100 semillas en g de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.

Variedades	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
FM Eugenia	36.6	37.7	37.1	37.9	37.3
Negro 8025	23.6	24.4	24.4	23.6	24.0
Pinto Saltillo	33.3	33.9	35.2	35.6	34.5
Promedio	31.2	32.0	32.2	32.4	31.9
Fecha de siembra 17 de julio, Ambiente 2					
FM Eugenia	35.3	35.1	34.3	36.4	35.3
Negro 8025	19.4	19.8	19.7	19.9	19.7
Pinto Saltillo	34.7	33.0	31.6	34.5	33.5
Promedio	29.8	29.3	28.6	30.3	29.5

Entre las variedades se observó diferencias significativas del peso de la semilla (Cuadro 16), pero no hubo tal diferencia entre las dosis de composta (Cuadro 17). Siendo Flor de Mayo Eugenia la variedad con mayor peso, seguida de Pinto Saltillo y Negro 8025. En este último se observa una gran disminución de peso al pasar del ambiente 1 al 2. Mientras que Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo en ambos ambientes tuvieron casi el mismo peso. Para estas dos variedades, en el ambiente 1 se observó un ligero incremento del peso conforme incrementó la dosis de composta (Cuadro 15). Mientras que en el ambiente 2 este efecto sólo se observó para Flor de Mayo Eugenia, pues Pinto Saltillo y Negro 8025 no presentaron incremento.

Cuadro 16. Comparación de medias de dos características en tres variedades de frijol establecidas bajo cuatro niveles de composta en dos ambientes en el CEBAJ, Celaya, Gto.

Variedad	P100S	Germinación	P100S	Germinación
	g	%	g	%
	Ambiente 1		Ambiente 2	
FM Eugenia	37.3 a ¹	97.6 ab	35.3 a	97.5 a
Negro 8025	24.0 c	98.4 a	19.7 c	98.3 a
Pinto Saltillo	34.51b	95.9 b	33.5 b	95.9 b
DMS 0.05	1.20	1.90	1.15	1.90

¹Medias con la misma letras son estadísticamente iguales y letras distintas indican diferencias significativas (DMS $P \leq 0.05$).

De acuerdo al peso se expresa el tamaño de la semilla (Guzmán y col. 1995), así, Negro 8025 es de semilla pequeña, mientras que Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo son de tamaño mediano. De acuerdo a Acosta y col. (2011) el peso promedio de 100 semillas en condiciones de riego para Flor de Mayo Eugenia es de 32 g, por lo tanto hubo un aumento del peso para esta variedad en ambos ambientes, siendo mayor en el ambiente 1.

5.4.2 Análisis fisiológico

En el Cuadro 16 se observó una diferencia significativa entre las variedades para el porcentaje de germinación, teniendo en el ambiente 1 Flor de Mayo Eugenia el mayor porcentaje seguida de Negro 8025 y Pinto Saltillo. Sin embargo, en el ambiente 2 Negro 8025 superó a Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo. La comparación entre las dosis (Cuadro 17) se observa que no hay diferencia significativa entre éstas. Para el ambiente 1, Negro 8025 con dosis 0.0 t ha⁻¹ fue el que mostró el mayor porcentaje de germinación, al igual que en el ambiente 2. En promedio de los dos ambientes de prueba, Pinto Saltillo mostró menor germinación de las otras variedades, resultados similares a los mencionados por Mendoza

(2012) quien señalo que Pinto Saltillo y Azufrado mostraron menor calidad de semilla que Flor de Junio Marcela y Flor de Mayo Anita.

Cuadro 17. Comparación de medias de dos características bajo cuatro dosis de composta a través de tres variedades de frijol establecidas en dos sitios en el CEBAJ, Celaya, Gto.

Dosis	P100S	Germinación	P100S	Germinación
	g	%	g	%
	Ambiente 1		Ambiente 2	
0 t ha	31.2 a ¹	97.1 a	29.8 a b	98.0 a
1 t ha	32.0 a	97.2 a	29.3 a b	98.2 a
2 t ha	32.2 a	96.6 a	28.6 b	97.8 a
3 t ha	32.4 a	98.2 a	30.3 a	98.2 a
DMS 0.05	2.44	1.96	1.47	1.16

¹Medias con la misma letras son estadísticamente iguales y letras distintas indican diferencias significativas (DMS $P \leq 0.05$).

Cuadro 18. Porcentaje de germinación de tres variedades de frijol establecido con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de la siembra.

Variedades	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
FM					
Eugenia	96.5	98.5	97.5	97.75	97.5
Negro 8025	99.5	96.2	98.5	99.2	98.3
Pinto					
Saltillo	95.2	97.0	93.7	97.75	95.9
Promedio	97.1	97.2	96.6	98.2	97.2
Fecha de siembra 17 de julio, Ambiente 2					
FM					
Eugenia	97.8	99.3	98.0	98.0	98.3
Negro 8025	99.5	97.8	99.5	99.0	98.9
Pinto					
Saltillo	96.8	97.8	96.0	97.5	97.0
Promedio	98.0	98.2	97.8	98.2	98.1

5.4.3 Sanidad de semilla

5.4.3.1 Presencia superficial de bacteria en la semilla

A pesar del lavado, se observó gran presencia de bacterias sobre la testa de las semillas, posiblemente también en el polvo adherido a las mismas. Es importante mantener libre de patógenos la semilla pues a pesar del pre tratamiento (desinfección) para la siembra no todos los productos eliminan las bacterias que pueden provocar daños en el cultivo.

En el Ambiente 1 la presencia de bacteria sobre la semilla fue alta en las variedades Negro 8025 y Pinto Saltillo y menor en Flor de Mayo Eugenia (Cuadro 19), mientras que en Ambiente 2 la semilla de las tres variedades mostraron alta frecuencia de bacteria sobre la misma. La presencia de la bacteria puede haber llegado a la parte exterior de la semilla con el polvo y restos de hoja y vainas que entran en contacto con la misma durante la trilla, o bien a través de la infección natural durante el desarrollo de la semilla en la planta. La primera opción es factible en el caso de la variedad Flor de Mayo Eugenio que mostro reducida contaminación interna en la semilla.

Cuadro 19. Frecuencia de presencia de bacterias en agua de lavado de semillas de tres variedades de frijol bajo cuatro dosis de composta.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
FM Eugenia	1/4	0	0	2/4	3/16
Negro 8025	1/4	1/4	4/4	3/4	9/16
Pinto Saltillo	2/4	3/4	3/4	1/4	9/16
Promedio	4/12	4/12	7/12	6/12	
Fecha de siembra 16 de julio, Ambiente 2					
FM Eugenia	1/4	3/4	3/4	2/4	9/16
Negro 8025	2/4	2/4	2/4	1/4	7/16
Pinto Saltillo	2/4	3/4	2/4	2/4	9/16
Promedio	5/12	8/12	9/12	5/12	

5.4.3.1 Presencia de bacteria infectando la semilla

A través de tratamientos de composta y variedades, la semilla producida en el Ambiente 1 mostro mayor incidencia de bacterias (se determinó la presencia de dos, *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* y *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*). La mayor incidencia en este ambiente probablemente relacionada con una leve granizada ocurrida al inicio de la etapa reproductiva cuyo daño facilito la entrada de bacterias por las heridas en el follaje, aunada a la distribución planta a planta durante eventos lluviosos por salpique (Navarrete y col., 2008). El hecho de que no se detectara la presencia de la bacteria en la semilla de las tres variedades producida en ambos ambientes bajo la dosis de 3.0 t ha⁻¹ de composta sugiere que una adecuada nutrición de la planta confiere protección en contra de esos patógenos (Agrios, 1999).

En semilla de ambos ambientes de prueba se detecto la presencia de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) en la variedad Negro 8025, seguida de Pinto Saltillo. Con anterioridad se había reportado la presencia de la bacteria en semilla de la variedad Pinto Saltillo producida en Durango (Navarrete y col., 2007). Por el contrario, en la semilla de Flor de Mayo Eugenia no se encontró la bacteria bajo ninguno de los tratamientos de composta probados, lo que sugiere resistencia de este genotipo a la bacteria a nivel de vaina, ya que se ha mencionado que la resistencia en hoja, vaina y cotiledón es independiente entre órganos (Eladio y col., 1994). Para Tizón de halo se noto mayor contaminación de la semilla en el ambiente 1. Esto pudo haberse dado por la mayor incidencia de Tizón de Halo que tuvo la planta durante el ciclo en este ambiente en comparación con el ambiente 2. Así también la mayor trasmisión de esta bacteria en la variedad Negro 8025 por su inherente susceptibilidad a *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (Rosales y col., 2004).

La variedad Flor de Mayo Eugenia presenta una reacción intermedia a bacteriosis en el follaje (Acosta y col., 2010) y en esta investigación resulto ser la más resistente de las tres variedades; por su parte, Pinto Saltillo presenta

tolerancia a esta enfermedad en el follaje (Sánchez y col., 2004). La susceptibilidad mostrada por esta variedad en la presente investigación puede deberse a la diversidad patogénica de la bacteria entre localidades de producción. Se observó que en la mayor dosis de composta no hubo presencia de esta bacteria (Cuadro 20).

Cuadro 20. Frecuencia relativa de presencia de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* en la semilla de tres variedades de frijol producida bajo cuatro dosis de composta.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
Flor de M. Eugenia	0	0	0	0	0
Negro 8025	0	1/4 ¹	2/4	0	3/16 ²
Pinto Saltillo	1/4	0	0	0	1/16
Promedio	1/12 ³	1/12	2/12	0	
Fecha de siembra 16 de julio, Ambiente 2					
Flor de M. Eugenia	0	0	0	0	0
Negro 8025	1/4	1/4	1/4	0	3/16
Pinto Saltillo	0	1/4	1/4	0	2/16
Promedio	1/12	2/12	2/12	0	

¹ Presencia de la bacteria en semilla de una de cuatro repeticiones. ² Presencia de bacteria en la semilla de tres de 16 repeticiones (4 tratamientos x 4 repeticiones). ³ Presencia de bacteria en la semilla de una de doce repeticiones (3 variedades x cuatro repeticiones).

Se observó menor presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*) dentro de la semilla cosechada en el Ambiente 2, comparándolo con el Ambiente 1. En este último ambiente las variedades afectadas de poca consideración fueron Negro 8025 y Pinto Saltillo, mientras que en el ambiente 2 solo fue Negro 8025 y en menor frecuencia. Para esta prueba la dosis de composta que no tuvo presencia de esta bacteria fue la de 1.0 t ha⁻¹ (Cuadro 21).

Pseudomonas syringae pv. *phaseolicola* mostro presencia en la semilla proveniente de las dosis de 1.0 y 3.0 t ha⁻¹ de composta en comparación con el

tratamiento de 1.0 t ha⁻¹ cuya semilla no tuvo presencia de la bacteria. De igual manera en el ambiente 1, la variedad Negro 8025 al tener una mayor lectura de incidencia también tuvo la mayor presencia de bacteria en la semilla. A pesar que Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo en el ambiente 1 tuvieron alta reacción a Tizón de Halo no fue alta su contaminación en la semilla.

La variedad Flor de Mayo Eugenia presentó resistencia al tizón de halo, mientras que Pinto Saltillo y Negro 8025 presentaron tolerancia. De las dos bacterias observadas en el cultivo y en la semilla, el tizón de halo se observa en el cultivo antes que el tizón común cuando la humedad es alta, y puede infectar a la semilla si su ataque se inicia en etapas tempranas (Navarrete y col, 2008), a pesar que así fue en el ambiente 1, no logró una gran transmisión a través de la semilla.

Cuadro 21. Frecuencia relativa de presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* dentro de la semilla de frijol en tres variedades bajo cuatro dosis de composta.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de siembra 23 de junio, Ambiente 1					
Flor de M. Eugenia	0	0	0	0	0
Negro 8025	0	0	1/4 ¹	2/4	3/16 ²
Pinto Saltillo	0	0	1/4	0	0
Promedio	0	0	2/12 ³	2/12	
Fecha de siembra 16 de julio, Ambiente 2					
Flor de M. Eugenia	0	0	0	0	0
Negro 8025	1/4	0	0	0	1/16
Pinto Saltillo	0	0	0	0	0
Promedio	1/12	0	0	0	

¹ Presencia de la bacteria en semilla de una de cuatro repeticiones. ² Presencia de bacteria en la semilla de tres de 16 repeticiones (4 tratamientos x 4 repeticiones). ³ Presencia de bacteria en la semilla de una de doce repeticiones (3 variedades x 4 repeticiones).

5.5 Contenido de proteína

El contenido de proteína en el grano, aunque relativamente bajo, estuvo dentro del rango reportado para el frijol y sin diferencias significativas ni entre dosis de composta ni entre variedades. El grano cosechado en el ambiente 2 tuvo un contenido ligeramente mayor que el del ambiente 1. El contenido más alto en el ambiente 1 fue el de la dosis de 1.0 t ha⁻¹ de composta y entre las variedades el de Negro 8025. En el ambiente 2, Flor de Mayo Eugenia y Negro 8025 mostraron mayor contenido de proteína que Pinto Saltillo y la dosis de 3.0 t ha⁻¹ de composta superó a las demás dosis. El hecho de que el contenido de proteína aumentara ligeramente con la dosis de composta aplicada sugiere que el nitrógeno en el suelo no fue suficiente para la obtención de niveles mayores de proteína en el grano o la limitación impuesta por un pH ligeramente alcalino como fue el de los suelos en ambos sitios de prueba (Cuadro 5).

En ambos ambientes la variedad Negro 8025 mostró un contenido ligeramente mayor que Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo. El menor contenido en ambos sitios y tratamientos lo mostró Pinto Saltillo en el ambiente 2 bajo la dosis de 1.0 t ha⁻¹ (17.1%), mientras que el mayor fue de Negro 8025 en la dosis de 3.0 de t ha⁻¹ en el ambiente 2.

Cuadro 22. Contenido de proteína (%) de tres variedades de frijol establecidas con cuatro dosis de composta incorporada al suelo en el hilo de siembra.

Variedad	Dosis de Composta t ha ⁻¹				Promedio
	0.0	1.0	2.0	3.0	
Fecha de Siembra 23 de junio 2012, Ambiente 1					
Flor de Mayo Eugenia	18.6	19.0	18.7	19.2	18.9
Negro 8025	18.4	20.1	19.4	19.0	19.2
Pinto Saltillo	18.7	18.9	18.9	18.9	18.9
Promedio	18.6	19.3	19.0	19.0	19.0
Fecha de Siembra 16 de julio 2012, Ambiente 2					
Flor de Mayo Eugenia	19.5	19.8	19.9	21.5	20.2
Negro 8025	19.9	19.1	21.3	22.0	20.6
Pinto Saltillo	17.4	17.1	18.3	18.7	17.9
Promedio	18.9	18.7	18.8	20.7	19.5

6. DISCUSIÓN

En México algunos productos de la agricultura como el café han evolucionado rápidamente hacia la producción orgánica, de tal forma que la producción en la mayor parte de la superficie dedicada al cultivo se realiza bajo este sistema, siguiendo normas que permiten la certificación y exportación de café orgánico al mercado internacional (Gómez y col., 2006). En el caso del frijol, cuya importancia nacional es de carácter social más que económico, la producción de frijol orgánica es incipiente en cantidad. Sin embargo, la mayor parte del frijol que se produce bajo condiciones de temporal en el Centro-Norte del país, incluyendo al estado de Guanajuato, se realiza con un reducido uso de insumos industriales, de tal forma que algunos grupos de productores organizados de esta región podrían convertirse, siguiendo normas de producción establecidas, en productores de frijol orgánico.

6.1 Fenología del cultivo e Incidencia de enfermedades

Al seguir las normas para la producción orgánica, incluyendo un suelo en el que no se produjo frijol por 10 años, libre residuos de agroquímicos (Ambiente 1), el cultivo respondió de manera normal en cuanto a su crecimiento y desarrollo. El menor número de días a floración y madurez observado, en comparación con la descripción de las variedades utilizadas (Sánchez y col., 2004; Rosales y col., 2004; Acosta y col., 2010) posiblemente se vio modificado por la temperatura y las precipitaciones erráticas que se presentaron en el ciclo del cultivo. Se ha reportado que la sequía en la etapa reproductiva acelera la madurez en este cultivo (Rosales y col., 2004).

También la fenología se puede ver afectada por las la incidencia de plagas o enfermedades. Como es el caso del ambiente 1, pues antes de la floración el cultivo presento daños en las hojas por granizo y este fue un punto de entrada para las bacterias que provocaron tizón de halo y común, que a su vez pudo acelerar la defoliación y en consecuencia la madurez de la planta, sobre todo en la

variedad susceptible Negro 8025. El hecho de la precocidad de las variedades tiene como ventaja la reducción de riesgos del cultivo por exposición prolongada a factores adversos del medio. Sin embargo la aceleración de la madurez limita al cultivo en su capacidad biológica, ya que un ciclo corto limita la fotosíntesis total y hasta cierto punto el potencial del rendimiento.

Además, la variedad Negro 8025 también pudo disminuir los días de madurez por el gran número de plantas afectadas por hongos del suelo, principalmente *Fusarium oxysporum*, que provocaron la pudrición de raíz y que en ausencia de precipitación la planta se seca rápido, ya que si hay precipitación las plantas pueden sobrevivir a través de raíces adventicias superficiales; las otras variedades no fueron afectadas tanto como Negro 8025 por esta enfermedad. Con base en estos resultados, es necesario que las variedades para producción bajo sistema orgánico posean resistencia múltiple a enfermedades, sobre todo cuando la producción se realice en la época lluviosa. Por lo anterior, la producción masiva de frijol orgánico podría iniciarse en las áreas de riego durante la época seca, mientras que se determinan paquetes tecnológicos integrales, incluyendo el control de enfermedades.

Un requisito que deben cumplir las variedades de frijol, principalmente cuando el objetivo es la producción orgánica de grano o semilla, es que deben poseer resistencia múltiple a enfermedades para evitar la aplicación de productos (botánicos, aceites, etc.) para su control, ya que éstos aún no logran un control efectivo (Seaman y col., 2012). También es muy importante sembrar en la época de menor presión por enfermedades que es la época seca cuando se siembra bajo riego en la región.

En el paquete tecnológico para la producción de frijol orgánico se debe considerar información sobre la rotación de cultivos entre diferentes familias, lo que puede ayudar a prevenir la acumulación de patógenos causantes de enfermedades que hibernan en el suelo; así mismo se puede rotar con cultivos que se incorporen

al suelo y contribuyan a incrementar la materia orgánica del mismo. La rotación con cosechas de diferentes granos, preferiblemente en terrenos que se usarán para una o más temporadas, disminuye la presencia de los organismos causantes de enfermedades, y también contribuye a una estructura de suelo saludable que promueve al crecimiento vigoroso de la planta. Rotar entre cultivos con épocas tardías y tempranas de siembra pueden prevenir el incremento de poblaciones de maleza (Seaman y col., 2012).

6.2 Evaluación de la producción

En promedio de los tratamientos de composta probados las variedades Flor de Mayo Eugenia y Pinto Saltillo mostraron en ambos ambientes de prueba, rendimientos superiores a 2.0 y 1.5 t ha⁻¹ en los ambientes 1 y 2, respectivamente. Dos factores pudieron haber influido en los resultados, la fertilidad del suelo del sitio y la fecha de siembra posterior que no permitió la expresión del potencial de rendimiento de las variedades y si una presión temprana por los patógenos causantes de las enfermedades ocurridas durante el ciclo (Cuadros 7 y 8), incluyendo las pudriciones de raíz por *Fusarium oxysporum*. El hecho de que las variedades alcanzaran su mayor rendimiento con diferentes niveles de composta indica la presencia de interacción dosis por genotipo y sugiere la necesidad de determinar el nivel óptimo de composta por variedad.

Tentativamente, y sin considerar un análisis beneficio/costo, se puede señalar que es factible obtener altos rendimientos de frijol orgánico con nutrición basada en composta (2.0 a 3.0 t ha⁻¹ de composta en la hilera de la siembra) y control de insectos con productos autorizados para la producción orgánica.

En cuanto al índice de cosecha, que indica la eficiencia de la planta para dirigir asimilados hacia las estructuras reproductivas, una característica típica de las variedades de tipo pinto de raza Durango (Singh y col., 1991), como lo es Pinto Saltillo y que mostro superioridad en comparación con las otras dos variedades estudiadas, es que aún siendo de hábito indeterminado presentan una rápida

transición entre las fases vegetativa y reproductiva, lo que las conduce a una rápida formación de vainas y llenado de grano. En el caso de las variedades de la raza Jalisco, como lo es Flor de Mayo Eugenia, estas por lo general son de ciclo más largo, de mayor capacidad para producir biomasa y en condiciones de estrés al final del ciclo del cultivo, presentan un índice de cosecha menor que las variedades de tipo pinto, esto sin necesariamente mostrar un menor rendimiento.

6.3 Calidad de semilla

En años recientes han ocurrido incrementos de producción de alimentos por unidad de superficie, eso en parte se debe a la mecanización de las cosechas y al uso de semilla de alta calidad. En el caso del frijol común o de producción tradicional en México, el uso de semilla certificada es reducido y para el caso de la producción orgánica no solo se debe partir de semilla de alta calidad sanitaria, sino que debe también ser orgánica. En esta investigación, sin importar la variedad y tratamiento de composta, se observó un alto porcentaje de germinación, en parte debido a que la trilla se realizó en forma manual, sin ser expuesta al daño mecánico que ocurre con el uso de trilladoras mecánicas (Romano y col., 2010; Mendoza, 2012). Un mayor porcentaje de germinación puede implicar un buen establecimiento del cultivo y a su vez ser reflejado en el rendimiento. Este parámetro es positivo pues al productor le conviene utilizar semilla de alta calidad física y sanitaria, tomando en cuenta la variedad conveniente para su localidad y sistema de producción. La viabilidad de la semilla también se puede ver afectada por el daño causado por enfermedades o daño físico de esta durante la trilla, tal y como lo mencionó Mendoza (2012).

Además, el peso de la semilla de las distintas variedades resultó normal de acuerdo con la descripción para cada variedad (Rosales y col., 2004; Sánchez y col., 2004; Acosta y col., 2010). El tamaño de la semilla es uno de los componentes del rendimiento que solo puede ser afectado por las condiciones que ocurran en la fase final de llenado del grano, siendo de esta manera uno de los componentes del rendimiento que presenta menor interacción ambiental. Se ha demostrado en frijol

que el tamaño de la semilla es un factor que puede afectar la germinación y emergencia de las plántulas, las de menor tamaño, por la reducida cantidad de reservas pueden tener menor éxito en los procesos de germinación y emergencia (Celis y col., 2010).

Dado que las bacterias de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) y *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*), pueden ser transmitidas por semilla, como contaminantes y/o infectando la semilla, es importante determinar su presencia para definir la necesidad de un tratamiento de control y evitar primero la dispersión de bacterias y la protección al cultivo que se establecerá a partir de esa semilla. Se estima que una semilla infectada en 10,000 es capaz de iniciar, bajo condiciones favorables para su desarrollo, una epifitía de tizón común (Navarrete y col., 2008). A pesar de que no se realizó un análisis de varianza para la presencia de bacterias infectando la semilla, los resultados se expresan como frecuencias de presencia de bacterias de un número posible de muestras, se infiere de los resultados del Cuadro 22 la presencia de interacción ambiente de producción por dosis de composta o bien la presencia de diferentes razas de la bacteria en los ambientes de prueba, como lo observaron Lamppa et al., (2002) en Dakota del Norte. Para la certificación de semilla, en Estados Unidos hay una tolerancia de de 0.05% de incidencia en campo y ninguna semilla infectada; en otros países, la tolerancia es menor a 8% (Navarrete y col, 2008).

A pesar que se tienen variedades de semillas con resistencia a ciertas bacterias y hongos de las diferentes regiones, es importante e indispensable planear un manejo orgánico adecuado para obtener semillas de calidad.

7. CONCLUSIONES

Es factible obtener altos rendimientos de frijol orgánico con nutrición basada en composta (dos a tres toneladas por hectárea de composta en la hilera de la siembra) y control de insectos con productos autorizados para la producción orgánica.

Las diferentes dosis de composta no mostraron efectos significativos para diversas características de las variedades, las principales diferencias fueron entre ambientes de producción y si hubo diferencia entre variedades de acuerdo con su tipo de grano comercial.

Entre las enfermedades observadas durante el ciclo del cultivo, el tizón común y las pudriciones de raíz mostraron mayor incidencia y severidad, es decir, no fue posible su erradicación total con el control orgánico utilizado.

La producción masiva de frijol orgánico podría iniciarse en las áreas de riego durante la época seca, mientras que se determinan paquetes tecnológicos integrales, incluyendo el control de enfermedades.

Es posible la producción de semilla de frijol bajo el sistema orgánico utilizado ya que la capacidad germinativa de la semilla resultó alta en las variedades y bajo las dosis de composta probadas.

8. REFERENCIAS

- Abdel-Mawgoud**, A.M.R. Growth, yield and quality of green bean (*Phaseolus vulgaris*) in response to irrigation and compost applications. *J. Appl. Sce. Res.* **2006**. 2(7): 443-450
- Acosta** G. J. A., Y. Jiménez H., B. M. Sánchez G., F. M. Mendoza H., M.G. Herrera H., R. A. Salinas P., y M. M. González Ch. Flor de Mayo Eugenia, nueva variedad de frijol para riego y temporal en el centro de México. *Rev. Mex. Ciencias Agríc.* **2010**; 1(1):751-757.
- Acosta** G. J.A., B.M. Sánchez G., y Y. Jiménez H.. Variedades de frijol y producción de semilla en Guanajuato. INIFAP-CIRCE-CEBAJ Celaya, Guanajuato. **2011**:32. (Folleto Técnico Núm. 14)
- Agrios** G. N. Fitopatología. Segunda edición. Editorial Limusa. México. **1999**.
- Aguilar** B. G., Peña V.C., García N.J.R., Ramírez V. P., Benedicto V. G., y Molina G J.D. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia.* **2012**; 46:37-50
- Aguirre**, R. Efecto de la humedad en el almacenamiento hermético a corto plazo de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agronomía.* **1990**. 14(1):17-24.
- Araya**, R., Hernández J.C. Protocolo para la producción local de semilla de frijol. San José, Costa Rica. **2007**: 42.
- Badgley**, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Aviles-Vazquez, K., Samulon, A., and Perfecto, I. Organic agriculture and the global food supply. *Ren. Agric. and Food Systems.* **2007**; 22(2):86-108.
- Badgley**, C.; Perfecto, I.; Cassman, K., and Hendrix, J. "Can organic agriculture feed the world?" *Ren. Agric. and Food Systems.* **2007**; 22(2):80-85
- Basra** A.S. Seed quality, basic mechanism and agricultural implications. Food Products Press. New York, USA. **1995**:389.
- Beltrán** M. F. A., Ruiz E. F. H., Fenech L. L., Zamora S. S., Loya R. J., Lozano R. J. M., Orona C.I., Salazar S. E. y Duarte O. J D. Los abonos verdes y sistemas de labranza en la agricultura orgánica de baja California sur, México. En: Orona C.I.,

Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ-UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. **2009**:504.

Cardona, C. Insects and other invertebrate bean pests in Latin America. *In*: Schwartz, H. F. and Pastor-Corrales, M. A. (eds). Bean production problems in the tropics. 2nd. Edition. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. **1989**:505-570.

Cardona C., Rodríguez I. V., Bueno J. M., y Tapia X. Biología de la Mosca Blanca *Trialeurodes vaporariorum* en habichuela y frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. **2005**:50.

Carrillo A. O. Certificación de semillas y control de calidad [monografía en internet]. Oficina Nacional de Semillas. San José, Costa Rica. **2002**. [consultado 2012 octubre 16]. Disponible en:

http://www.ofinase.go.cr/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=44&catid=63&Itemid=108&lang=es.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Conceptos básicos de la fisiología del frijol: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia. Series 04SB-07.01. **1988**:56.

Celis-Vázquez R., Peña-Valdivia, C B., Luna-Cavazos M., y Aguirre R J R. Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. Rev. Fac. Agron. **2010**; 27:61-87.

Codex Alimentarius. Organically Produced Food. World Health Organization. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. ISSN 0259-2919. **2007**:51.

David D. Tarkalson, a Von D. Jolley, C. W. Robbins, and R. E. Terry.. Mycorrhizal colonization and nutrient uptake of dry bean in manure and compost manure treated subsoil and untreated topsoil and subsoil. J. Plant Nutr. **1998**. 21(9):1867-1878 .

Donald, C.M and Hamblin J. The Biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Adv. Agron. **1976**;28:361-405.

- Danilo** E., N. El cultivo del frijol. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Tegucigalpa, M.C. D. Honduras, C. A.. **2011**:36.
- Delgado-Salinas**, A. La historia natural del frijol (*Phaseolus*). 7-17. En: El Frijol – Un Regalo de México al Mundo. Fundación Herdez. México D.F, México. **2012**:108.
- Eladio** A. S., Coyne D.P., Eskridge K.M., Vidaver A.K. Inheritance; Low correlations of leaf, pod, and seed reactions to common blight disease in common beans; and implications for selection. J. Ameri. Soc. Hort. Sci. **1994**; 119(1):116-121
- Espinoza** V. J. L., Palacios E. A., Ávila S. N., Guillén T. A., De Luna P de la R., Ortega P. R. y Murillo A. B. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. Interciencia. Caracas, Venezuela. **2007**; 32 (6): 385-390.
- Félix** H. J. A., Sañudo T. R. R. Rojo M. G. E., Martínez R. R. y Olalde P. V. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai. **2008**; 4 (1): 57-67.
- Gally** T., Pantuso F., González B. Emergencia de plántulas de soya *Glycine max* (L) Merrill de semillas tratadas con fungicidas en tres periodos agrícolas. Rev. Mex. Fitopatol. **2004**; 22(3): 377-381.
- García**, E.. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. 2ª. Ed. UNAM, México, D. F. **1973**
- García**, H J. L., E. Salazar S., I. Orona C., M. Fortis H., y H. I. Trejo E. Agricultura Orgánica, Tercera parte. Universidad Juárez del Estado de Durango. **2010**:438.
- García** H. J. L., Valdez C. R.D., Salazar S. E., Fortis H. M., Preciado R. P., Márquez H. C., Rueda P. E. y Troyo D. E. Regulación y certificación orgánica en México. En: Orona C.I., Salazar S.E., Fortis H. M., Trejo E. H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Figueroa V. R., Zúñiga T. R. Preciado R. P. y Chavarría G. J. A. (Eds). Agricultura orgánica. FAZ-UJED. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. COCYTED. Gómez Palacio, Dgo. México. **2009**:504.
- Gómez** C. M. A., Schwentesius R. R., Ortigoza R. J. y Gómez T. L. Datos Básicos de la Agricultura Orgánica de México, 2008. Universidad Autónoma de Chapingo. CIIDRI, CONACYT. México. **2008**:53.

Gómez C. M. A., Schwentesius R. R. y Gómez Tovar, L. Agricultura Orgánica en México. En: Agricultura Orgánica de México. Ed. CIESTAAM-UACH, CONACYT, SAGARPA, RAPAM, Falls Brook Centre, Soyitz. México. **2006**:194.

Gómez A. R., Lázaro J. G. y León N. J. A. Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y de rábano (*Rhabanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. Universidad y Ciencia. **2008**; 24 (1): 11-20

Gómez, A. Agricultura Orgánica en el Codex Alimentarius. Seminario Protección del Consumidor desde las ONG ´s y el Codex Alimentarius. CEADU. Montevideo. **2000**. Disponible en: <http://internet.com.uy/rusinek/tf/04agroecologia/agr01.htm>

Gómez T.L. y Gómez C.M.A.. Desafíos de la agricultura orgánica: certificación y comercialización. Ed Mundi-Prensa. México. **2001**:52

Gómez T. L. y Gómez C. M. A. "La importancia de la agricultura orgánica en México y su sector hortofrutícola", En M. A. Gómez Cruz y R. Schwentesius Rinderman. Frutas y hortalizas: estado actual y nuevas alternativas en México. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. **2002**:321-323

González A.A. y Nigh R. ¿Quién dice que es orgánico? La certificación y la participación de los pequeños propietarios en el mercado global. Gaceta Ecológica. **2005**; 77:19-33

Hall H. Compendium of Bean Diseases. Ed. APS Press. The American Phytopathological Society. **1991**:4- 32.

International Seed Testing Association (ISTA) International rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. 24 Supplement. **1996**: 243.

Lammppa, R.S., P.L. Gross and L.E. del Rio. Races of *Pseudomonas syringae* pv. phaseolicola in North dakota. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. **2002**; 45:104-105

Lepe S. D., Sanchez G.B.M., Jiménez H.Y., Salinas P. R.A., García N. M.A., González L.D., Becerra L. N.E., Acosta G. J.A., Silva R.L. Presence of BCMV and BCMNV in five dry bean-producing states in México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. **2012**; 15: 313-321.

Lepiz I. R. y Navarro S.F.J. Frijol en el noreste de México: Tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Juan José Ríos, Sinaloa. **1983**: 159-193.

Liu, K. Cellular, biological, and physicochemical basis for the hard to cook defect in legume seeds. Food Science and Nutrition. **1995**; 35(4): 263-298.

Long R., S. Temple, J. Schmierer, M. Canevari, R. D. Meyer. Common Dry Bean Production in California. Agriculture and Natural Resources. Publication 8402. University of California. **2010**: 16.

Márquez H. C., Cano R. P., Rodríguez D. N., Moreno R. A., De La Cruz L. E., García H. J. L., Preciado R. P., Castañeda G. G. y García Peña C. de la Producción en invernadero de tomate orgánico. En: Cano R. P., Orona C.I. y Reyes J. I. Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah., Mex. **2009**.

Márquez H. C., Cano R. P., García H. J. L., Rodríguez D.N., Preciado R. P., Moreno R. A., *et al.* Agricultura Orgánica: el caso de México. En: García H. J. L., Salazar S. E., Orona C.I., Fortis H. M., Trejo E.H.I. Agricultura Orgánica, Tercera parte. Durango, México. UAJD, **2010**: 1-28.

Martínez, G., M. A., E.S. Osuna C., J. S. Padilla R., J.A. Acosta G. y C. Loredo O.. Tecnología para la producción de frijol en el Norte Centro de México. Libro Técnico No. 4. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. **2008**: 206.

Mena, C. J. y R. V. Velázquez. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Folleto Técnico No.24. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. **2010**: 83.

Mendoza H. F.M. Calidad de la semilla de frijol asociada a la cosecha mecánica. Tesis de Maestría en Ciencias Instituto Tecnológico de Roque, Celaya, Guanajuato. **2012**: 82.

Moreno R. A., Cano R. P. y Rodríguez D. N. Producción orgánica de melón bajo condiciones de invernadero. En: Cano R. P., Orona C.I. y Reyes J. I. Simposio nacional sobre producción moderna de melón y tomate. XIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. 17 – 21 agosto. Torreón, Coah., Mex. **2009**.

- Moreno** M.E. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. 3^{ra} Edición Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. **1996**: 393.
- Nahed** T. J., Calderón P. J., Aguilar J. R., Sánchez M. B., Ruiz R. J. L., Mena Y., Castel J. M., Ruiz F. A., Jiménez F. G., López M. J., Sánchez M. G. y Salvatierra I. B. Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Agropecuaria*. **2009**; 13 (1): 45-58.
- Navarrete** M., R. Acosta G, J.A., Ibarra P., F.J., Cuellar, R.E.I., y Rosales S.R. Bacteriosis Común del frijol inducida por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* en el Altiplano Mexicano. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. Folleto Técnico Núm. **2008**:36.
- Navarrete** M.R., Brena G. D., Acosta G. J.A., Navarrete M. J., Cuellar R. I., Ibarra P. F. Seed quality of dry bean produced at a semiarid location in the highlands of México. En: Kelly D. James. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. **2007**; 50: 111-113.
- Padilla** V. I., N. Castillo T., J. A. Ramírez A., I. Armenta C., F. Cabrera C., M. Madrid C., J. E. Ortiz E. Manual para la producción de frijol en el sur de Sonora. Folleto Técnico No. 69. Campo Experimental Valle del Yaqui. CIRNO-INIFAP. **2009**: 122.
- Pérez** C.J. Agricultura ecológica: una alternativa al desarrollo sustentable en el campo mexicano. *El Cotidiano*. **2004**; 20 (127): 95-100.
- Pérez** V. A. y Landeros S. C. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos: Ciencia y cultura*. **2009**; 16 (73): 19-25.
- Queitsch** K.J.. Preguntas y respuestas sobre la agricultura ecológica. Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Agroecología. Serie Testimonios Núm 2. Chapingo, México. México. **2004**: 20.
- Quintero** R. y Gioanetto F.. Agricultura orgánica en México. En: Gioanetto F. y Quintero R. (eds.). Agricultura orgánica. Fundación Produce Morelos. Cuernavaca, Mor. **2006**: 550.

Rivera M.M.A. Evaluación de factores abióticos que afectan la germinación del sorgo sureño. Carrera de Ciencias y Producción Agropecuaria. Tesis de Licenciatura. Zamorano, Honduras. **2000**: 1-45.

Romano S A., Teves I., Cazon L. Behaviour of mechanically damaged seeds on the development and yield of normal and abnormal bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. IDESIA (Chile) **2010**; 28(2):1-31

Rosales S R., Acosta G. J. A., Muruaga M.J., Hernández C. M., Esquivel E. G., Pérez H. Variedades mejoradas de frijol del INIFAP- Campo Experimental Valle de México. Texcoco, México. **2004a**:16. Libro Técnico Núm. 16

Rosales–Serna, R.; Kohashi–Shibata, J; Acosta–Gallegos, J. A.; Trejo–López, C.; Ortiz–Cereceres, J. and Kelly, J. D. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought–stressed common bean cultivars. Field Crops Res. **2004b**; 85:203–211.

Ruiz C., J.A.; G. Medina G.; I.J. González A.; C. Ortiz T.; H.E. Flores L.; R. Martínez P. y K.F. Byerly M. Requerimientos agroecológicos de cultivos. Libro Técnico No. 3. SAGAR-INIFAP-CIR del Pacífico Centro. México. **1999**: 324.

Sánchez V. I., Acosta G. J. A., Ibarra P. F. J., Rosales S. R., Singh S. P. Registration of Pinto Saltillo common bean. Crop Sci. **2004**; 44:1865-1866.

SAS Institute Inc. Vase SAS®, Version 9.1.3. Prodedures Guide. Second edition. Volumes 1,2,3 and 4. Cary, NC: SAS Institute Inc., **2006**.

Santos, G.M.; Oliveira, A.P.; Silva, J.A.L.; Alves, E.U.; Costa, C.C. Características e rendimento de vagem do feijão-vagem em função de fontes e doses de matéria orgânica. Horticultura Brasileira, Brasília, Brazil. **2001**;19(1):30-35.

Seaman A., M. Kirkwyland y E. Thomas. Production guide for organic snap beans for processing. New York State Department of Agriculture and Markets. NYS IPM Publication No.132. **2012**: 50.

Secretaría de Economía (SE). Análisis de la cadena de valor del frijol. Dirección General de Industrias Básicas. **2012**.

Shoonhoven A. van y Pastor-Corrales. Sistema estándar para la clasificación de germoplasma de frijol. CIAT, Cali, Colombia. **1987**:57.

Singh, S.P., D.G. Debouck and P. Gepts. Races of common bean *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae). *Euphytica*. **1991**.

Smith, D.C., V. Beharee and J.C. Hughes. The effects of composts produced by simple composting procedure on the yields of swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *flavescens*) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus*). *Scientia Horticulturae*, **2001**; 91: 393-406.

Tadeo R. M., y Espinoza C. A. Apuntes de curso: Tecnología y producción de semillas. Ingeniería agrícola, FES- Cuautitlan. Universidad Nacional Autónoma de México. México. **2002**:106.

Wallace, D.H., R.W. Zobel, y K.S. Yourstone. A whole system reconsideration of paradigm about photoperiod and temperature control of crop yield. *Adv. Agron.* **1993**; 24:97-146.

Willer, H. y Kilcher, L. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2008, IFOAM, Bonn, and FiBL, Frick. **2008**:183.

Yoshida, S. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant. Physiology*. **1972**; 23:437-464.