



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**



**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE  
ENFERMEDADES RADICALES Y RENDIMIENTO DE FRIJOL  
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

**QUE COMO TRÁMITE PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA**

**P R E S E N T A**

**GUADALUPE GONZÁLEZ ALVARADO**

**MODALIDAD**

**TESIS**

**ASESORES**

**DR. EN C. JESÚS GAUDENCIO AQUINO MARTÍNEZ**

**DR. EN C. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE**

**Campus Universitario El Cerrillo, Toluca, México 2016.**

## DEDICATORIAS

### ***A DIOS:***

Por haberme permitido llegar a concluir esta etapa, profesional en mi vida, y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente. Por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante mi periodo académico.

### ***A MI MADRE CONSUELO:***

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, su alegría, su sonrisa motivadora, pero más que nada por su amor incondicional, por darme la vida, creer en mí, gracias mamá por darme una carrera para mi futuro.

### ***A MI PADRE RODOLFO:***

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por ser tan trabajador, responsable, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

### ***A MIS FAMILIARES:***

A mi hermana Clara, por ser el ejemplo de una hermana mayor y de la cual aprendí aciertos y de momentos difíciles, gracias por haberme dado la dicha de ser tía de esas hermosas gemelas que viven en mi corazón. A mi hermano Rafael que siempre me apoya me dedica tiempo, me escucha está conmigo en las buenas y en las malas, por motivarme a la lectura, a mis abuelos por su amor y sonrisas, su apoyo en momentos difíciles y su mano amiga.

## AGRADECIMIENTOS

A mi asesor de tesis el *Dr. en C. Jesús G. Aquino Martínez*, por su calidad humana y profesional, por compartir sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar tan revolucionaria, su persistencia, pero sobre todo por su paciencia hacia mí, su motivación ha sido fundamental para la realización de este trabajo, él ha inculcado en mi un sentido de profesionalismo que a él lo caracteriza, seriedad, responsabilidad y rigor académico. A su manera, ha sido capaz de ganar mi amistad sincera, lealtad y profunda admiración, así como sentirme en deuda con el por todo lo recibido durante el periodo de tiempo que ha durado esta tesis de licenciatura y también mi servicio social, que dios lo bendiga y lo siga iluminando, siempre estaré agradecida con usted, que su vida se llene de amor y más éxitos acumulados, gracias por todo.

Al **Dr. en C. Jesús Ricardo Sánchez Pale**, por su apoyo, orientación, en este trabajo y haber sido mi maestro durante la licenciatura, compartirme sus conocimientos, brindarme la oportunidad de ser un formando a su cargo, aconsejarme para ser una persona de bien y responsable, gracias.

A la maestra **Guadalupe Ríos Domínguez** y la **ingeniera Valentina Hernández**, por todos los consejos y enseñanzas: por transmitirme sus experiencias profesionales y humanas, por escucharme, brindarme su amistad, y ser un ejemplo para mí de profesionalidad.

**A mis maestros de licenciatura**, por estar al pendiente de mi formación profesional y ética, por dar lo mejor dentro de las aulas de nuestra honrosa y querida Facultad de Ciencias Agrícolas, por pregonar con el ejemplo de servir a la sociedad y generar cambios e innovaciones en el sector agrícola, por transmitirme sus valores profesionales y humanos.

**A mis compañeros y amigos de licenciatura**, por compartir la dicha de cursar la licenciatura a su lado, su valiosa amistad, sus consejos y opiniones constructivas, por escucharme, por su apoyo en los buenos y malos momentos, en especial a mis amigas: **Dulce Perla Pérez Contreras, Delma Rubí Bravo Pérez y Elin de Jesús.**

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> -----	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> -----	viii
<b>RESUMEN</b> -----	ix
<b>ABSTRACT</b> -----	x
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> -----	1
1.1. Objetivo general-----	2
1.2. Objetivos específicos -----	3
1.3. Hipótesis-----	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> -----	4
2.1. Importancia del cultivo de frijol -----	4
2.2. Principales enfermedades del frijol-----	5
2.3. Pudriciones de la raíz y tallo del frijol -----	6
2.3.1. Pudrición de la raíz por Fusarium -----	7
2.3.2. Pudrición de la raíz por Rhizoctonia -----	9
2.3.3. Pudrición de la raíz por Sclerotium -----	11
2.3.4. Pudrición radical por Pythium -----	12
2.3.5. Pudrición blanca del tallo y semilla -----	13
2.4. Manejo de enfermedades de raíz y tallo por hongos fitopatógenos	15
2.5. Abonos orgánicos -----	19
2.6. Fungicidas orgánicos -----	21
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> -----	23
3.1. Ubicación del experimento -----	23
3.2. Diseño experimental y tratamientos -----	24
3.3. Material propagativo -----	24
3.4. Tratamiento de semilla -----	26
3.5. Establecimiento del experimento y aplicación de tratamientos -----	28
3.6. Conducción del experimento -----	29

3.7. Descripción de los productos -----	31
3.8. Variables de estudio -----	33
3.9. Grano podrido e incidencia de patógenos fungosos -----	36
3.10. Análisis estadístico -----	37
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----</b>	<b>38</b>
4.1. Emergencia de plántulas y altura de planta -----	38
4.2. Peso fresco de planta y sus componentes -----	40
4.3. Peso seco de planta y sus componentes -----	42
4.4. Número de vainas y rendimiento de vaina verde -----	44
4.5. Rendimiento de grano -----	46
4.6. Pudrición de grano e incidencia de patógenos de la semilla-----	47
<b>V. CONCLUSIONES -----</b>	<b>50</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES-----</b>	<b>51</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA -----</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Tratamientos orgánicos evaluados para la prevención de enfermedades de la raíz, tallo y semilla de frijol cv. Rayado Rojo en el CITT Rancho San Lorenzo, Metepec, México. 2013 -----	25
2	Productos aplicados para la prevención y/o control de plagas y enfermedades del frijol en el CITT Rancho San Lorenzo, Metepec, México. 2013 -----	30
3	Composición de los fertilizantes orgánicos Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3, empleados en el estudio para el tratamiento de semilla de frijol cv. Rayado Rojo -----	32
4	Cultivos, enfermedades y dosis recomendadas de Terravax 300 para tratamiento de semilla -----	33
5	Significancia estadística de los valores de F de emergencia de plántulas y altura de planta de frijol cv. Rayado Rojo -----	38
6	Valores promedio de emergencia de plántulas y altura de planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	39
7	Significancia estadística de los valores de F de peso fresco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	41
8	Valores promedio de peso fresco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	41
9	Significancia estadística de los valores de F de peso seco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	43
10	Valores promedio de peso seco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	43

11	Significancia estadística de los valores de F de número de vainas por planta y rendimiento de vaina verde de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	45
12	Valores promedio de número de vainas por planta y rendimiento de vainas verdes de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio	45
13	Significancia estadística de los valores de F de rendimiento de grano de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	46
14	Valores promedio de rendimiento de grano de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio -----	47
15	Significancia estadística de los valores de F de la incidencia de pudrición del grano por <i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctoniasolani</i> y <i>Sclerotiniasclerotiorum</i> -----	48
16	Valores promedio del porcentaje de grano podrido e incidencia de pudrición del grano por <i>Fusarium solani</i> , <i>Rhizoctoniasolani</i> y <i>Sclerotiniasclerotiorum</i> -----	49

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1	23
Ubicación del experimento en el Campo Experimental del CITT Rancho San Lorenzo del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX)	
2	26
Croquis de distribución de los tratamientos evaluados para la prevención de enfermedades de la raíz, tallo y semilla de frijol cv. Rayado Rojo, en el CITT Rancho San Lorenzo, Metepec, México --	
3	27
Tratamiento de semilla de frijol cv. Rayado Rojo con Nevado 1, 2 y 3, y Terravax 300: (a) dosificación de los productos orgánicos, (b) inmersión de la semilla en la solución de Nevados, (c) solución de Terravax 300, (d) mezclado de la semilla en la solución del fungicida químico, (e) y (f) secado de la semilla tratada-----	
4	28
Establecimiento del experimento: (a) y (b) Trazo de las unidades experimentales; (c) y (d) siembra de semilla de frijol tratada con los productos orgánicos el fungicida químico.-----	
5	29
Aplicación de los tratamientos orgánicos y químico en forma dirigida al cuello y follaje de las plantas de frijol cv. Rayado Rojo: (a) después de la emergencia de plántulas; (b) y (c) durante el desarrollo vegetativo de la planta; (d) en floración y formación de vaina-----	
6	34
Determinación de altura de planta de frijol por tratamiento del experimento al momento de la floración del cultivo -----	
7	35
Determinación de peso fresco de la planta de frijol y sus componentes (a); disección secado de raíz, follaje y vainas de la planta (b y c) -----	
8	36
Secado de grano y determinación de rendimiento por tratamiento del experimento -----	

## I. INTRODUCCIÓN

Después del maíz, el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ocupa el segundo lugar en superficie total sembrada a nivel nacional, que registró un promedio anual en la década de 1994-2003 de 16.5 millones de hectáreas sembradas, de las cuales el frijol aportó el 14% de dicha superficie; es decir, 1.9 millones de hectáreas (SIAP, 2005). Es un cultivo básico que se siembra en todo el país con una superficie aproximada de 2 millones de hectáreas al año y un rendimiento promedio de 650 kg·ha<sup>-1</sup>. Por la superficie que destinan a su producción y por la cantidad de grano que aportan al consumo nacional, destacan los siguientes estados: Zacatecas, Durango, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Tamaulipas (López, 2009).

En el Estado de México, se cultivaron y cosecharon alrededor de 12,688 ha de frijol en el 2009, con un volumen de producción estimado de 9,005.64 toneladas y un valor de la producción de \$ 105'086,557.00; el rendimiento promedio estatal fue de 710 kg·ha<sup>-1</sup> (SEDAGRO, 2010). La mayor superficie cultivada con frijol la poseen los municipios de Zumpango y Texcoco, que siembran conjuntamente casi el 60% de la superficie total estatal; le siguen Coatepec Harinas, Valle de Bravo y Tejupilco, donde debido a las condiciones de temperatura y humedad, se obtienen los rendimientos más altos; esta leguminosa también se siembra en los municipios de Toluca, Atlacomulco y Jilotepec (López, 2009).

En los últimos años se ha incrementado el uso de agroquímicos con el propósito de aportar nutrientes al suelo y controlar plagas y enfermedades de los cultivos; pero, lejos de conseguir una disminución de la población de estas, se ha provocado la generación de resistencia a los plaguicidas (Siles, 2008). Los insecticidas y otros plaguicidas, algunos de ellos acumulativos que se aplican a los cultivos, junto con los residuos industriales, están provocando pérdidas en la producción, contaminación del medio ambiente, destrucción de especies animales y vegetales, y daños a la salud de los seres humanos; por lo que, su empleocada vez presenta costos y riesgos

elevados, requiere mayores cuidados (**Zepeda del Valle, 2005**). Al respecto, los sistemas de producción orgánica consideran en forma prioritaria el cuidado de la salud humana y la protección del medio ambiente, que se consideran los principales motivos por los que los consumidores están eligiendo productos orgánicos, los cuales están libres de residuos tóxicos, organismos genéticamente modificados y producidos con nuevas técnicas de manejo del cultivo (**Siles, 2008**).

Para hacer un manejo adecuado del frijol se tienen que conocer algunos elementos del cultivo y las condiciones de suelo y clima que requiere; el frijol es un ser vivo y para lograr una buena producción depende del suelo, el clima y otros seres vivos como las plagas y los microorganismos patógenos que causan enfermedades (**Wildford, 2009**). Es atacado por un gran número de enfermedades; pero, por los daños que ocasionan destacan las pudriciones de la raíz, tallo y grano causadas por patógenos fúngicos transmitidos por la semilla y el suelo, tales como; *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Sclerotinia sclerotiorum* (**Aceves, 1988; Campos, 1991**). Generalmente estos patógenos se controlan con fungicidas de síntesis química aplicados a la semilla y al suelo; no obstante, actualmente se están buscando otras alternativas más nobles con el medio ambiente y la salud humana, como los productos orgánicos y biológicos. Por esta razón se decidió llevar a cabo el presente trabajo con los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo general**

Evaluar tres productos orgánicos como alternativa no química para prevenir las enfermedades fúngicas de la raíz, tallo y grano de frijol, causadas por hongos patógenos transmitidos por la semilla y suelo, y su efecto en el rendimiento y calidad del grano.

## **1.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar los productos orgánicos Nevado 1, 2 y 3 en tratamiento a la semilla, aplicación al cuello y follaje de las plantas de frijol, para la prevención de pudriciones deraíz, tallo y grano causadas por hongos patógenos.
- b) Determinar el efecto de los productos orgánicos en la emergencia de plántulas en campo, e incremento del rendimiento de grano y sanidad de la semilla del cultivo de frijol.

## **1.3. Hipótesis**

La aplicación de productos orgánicos en tratamiento a la semilla, cuello y follaje de plantas de frijol, disminuye la incidencia de pudrición de la semilla causada por hongos patógenos del suelo, aumentando el rendimiento, sanidad y calidad de grano.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Importancia del cultivo del frijol

El frijol se originó y domesticó en América Latina con dos orígenes geográficos (Mesoamérica y los Andes) genéticamente diferenciables que derivan de su ancestro común de 100,000 años de antigüedad. En México y América del sur, el frijol se domesticó de manera independiente hace aproximadamente 8,000 años **(Bittochi, 2013)**. El frijol pertenece a la familia Fabaceae (antes Leguminosae), subfamilia Papilionoidae, tribu Phaseolae y especie *Phaseolus vulgaris* L. Por su alto contenido proteico (20.25%) es, entre las leguminosas, el tercer cultivo más importante en el mundo, después de la soya y el cacahuate **(Singh et al., 1999)**. Como la mayoría de las leguminosas, sus proteínas son deficientes en aminoácidos azufrados como la metionina y la cisteína; sin embargo, una ingesta regular de frijol favorece la disminución de los niveles de colesterol y reduce los riesgos de padecer cáncer.

Particularmente, en México, el frijol es la leguminosa de mayor consumo humano y representa el 36% del consumo diario de proteínas **(Lara, 2015)**. El frijol y el maíz son la base de la alimentación en México, su cultivo es de suma importancia socioeconómica, tanto por la extensión de tierra que se ocupa para su producción así como por el consumo *per cápita*. Si consideramos la preparación del terreno, la siembra, la labor del cultivo, el riego, el control de plagas y enfermedades y la cosecha, la producción de frijol tiene un costo aproximado a \$15,000.00 pesos por hectárea **(SAGARPA, 2012)**. El rendimiento promedio de frijol en México es de 800 kg/ha, mientras que en el Estado de México, alcanza una superficie aproximada anual de 20,000 ha, con un volumen de producción estimado de 18,000 toneladas anuales. El rendimiento promedio estatal es de 900 kg/ha **(López, 2009)**. El consumo de frijol en el país, se encuentra dividido en la zona norte de México, donde se consume las variedades claras y azufradas, que se cultivan principalmente en

Sinaloa; mientras que, una gran parte de frijol negro se cultiva en Nayarit y Zacatecas, con una demanda mayormente concentrada en las zonas centro y sur del país (**Secretaría de Economía, 2012**).

Se ha determinado que el frijol no sólo suministra proteínas y carbohidratos, también tiene cantidades importantes de vitaminas y minerales. Serrano y Goñi (2004) descubrieron que con la ingesta diaria de 70.5 g de frijol negro se puede obtener un 134% (0.447 mg) de ácido fólico, 19.1% (4.82 mg) de hierro, 35.5% (195.6 mg) de magnesio y 15.9% (3.96 mg) de zinc; destaca la presencia de antocianinas, indispensables en la prevención de enfermedades como el cáncer de colon, la arterosclerosis y las inflamaciones intestinales (**Elivier, 2008**).

## **2.2. Principales enfermedades del frijol**

Una gran cantidad de enfermedades bacterianas, fungosas y virales ocurren anualmente en regiones productoras de frijol en todo el mundo, representando pérdidas económicas anuales para los productores (**Gill-Langarica, 2008**). Las principales causas de enfermedades a la que se le ha dado mayor énfasis es la infección por microorganismos. En este grupo se incluyen hongos, bacterias, nematodos y virus, pero no existe un síntoma característico para cada uno de ellos. Por esta razón para el diagnóstico preciso de la enfermedad se requiere de la colecta de suficiente material enfermo en diferentes etapas del desarrollo de la infección. El avance de la enfermedad está muy asociado al tipo de patógeno, la susceptibilidad de la variedad y las condiciones ambientales prevalecientes en la zona, en las primeras semanas de crecimiento es frecuente observar plantas amarillentas o pequeñas por daño en las raíces; estas enfermedades no avanzan rápidamente y en muchos casos las plantas no mueren, pero en estados más avanzados del desarrollo del cultivo, una enfermedad puede aparecer rápidamente por que el patógeno es transportado por el viento, lo que favorece su ataque casi uniforme en el lote de producción (**Anaya, 2006**).

El problema de las enfermedades se hace más grave debido a la siembra de variedades comunes susceptibles y al empleo de semilla producida por los mismos agricultores, que, en la mayoría de los casos, no reúne los parámetros de calidad requeridos **(SICTA, 2006)**. Las enfermedades representan el principal problema para la producción del frijol debido a la prevalencia de condiciones ambientales favorables, son comunes y muy limitantes, entre otras enfermedades, la antracnosis (*Colletotrichumlindemuthianum*), mancha anillada (*Phoma exigua* var. *diversispora*), mancha angular (*Phaeoisariopsisgriseola*), pudriciones radicales (*Fusariumsolanif. sp. phaseoli*, *Pythium*spp., *Rhizoctoniasolanii* *Fusarium oxysporumf. sp. phaseoli*) y Virus del Mosaico Común del Frijol **(CESAVEG, 2010)**.

### **2.3. Pudriciones de raíz y tallo del frijol**

Las pudriciones radicales del frijol pueden ser causadas por un solo organismo o por cualquier combinación de los siguientes organismos que actúan como un complejo de patógenos: Pudrición radical por *Rhizoctonia* (*Rhizoctoniasolani*), pudrición radical por *Fusarium* (*Fusarium solani* f. *sp. phaseoli*), pudrición negra de la raíz (*Thielviopsisbasicola*), pudrición radical por *Pythium* (*Pythium*spp.) y pudrición de la raíz por *Sclerotium* (*Sclerotiumrolfsii*), y pudrición blanca del tallo por *Sclerotiniasclerotiorum***(Aceves, 1988; Campos, 1991)**.

Los patógenos que causan pudrición radical del frijol no se encuentran uniformemente distribuidos en el suelo y, con frecuencia, afectan la germinación de la semilla y la emergencia de la radícula. Por consiguiente, es importante registrar la incidencia de la enfermedad mediante la determinación del número de plántulas emergidas y el número de plantas sanas y productivas al momento de la cosecha. La infección de la raíz principal es más severa y perjudicial que los puntos de infección en las raíces laterales. Muchas infecciones, en cambio, son superficiales y causan daños limitados a los tejidos corticales, como en el caso de la pudrición cortical por *Fusarium*, causada por *Fusarium solani* f. *sp. phaseoli*. La totalidad de los tejidos del hipocótilo pue-

den quedar decolorados y cubiertos con lesiones corticales superficiales; sin embargo, a menos que los tejidos del tallo y de la raíz presenten síntomas de pudrición, la planta tal vez no sufra daño. De igual manera, la reacción de determinado germoplasma puede exhibir síntomas severos de la enfermedad aunque con poco daño; en este caso, se requiere ajustar la calificación por severidad de la enfermedad para incluir en ella el grado de daño. Las evaluaciones exigen frecuentemente un muestreo destructivo, ya que generalmente no se evidencian síntomas por encima del nivel del suelo, para tal fin se excava cuidadosamente con el propósito de sacar las plantas y luego remover el suelo adherido alrededor de las raíces con una ligera sacudida o lavándolas con agua (CIAT, 1991).

### 2.3.1. Pudrición de la raíz por *Fusarium*

**Importancia de la enfermedad.** En otros países se han estimado daños debidos al marchitamiento de las plantas de frijol por varias especies de *Fusarium* que varían de 6 a 53%. En México esta enfermedad se presenta con mayor frecuencia en las siembras de riego, ya sea en manchones o en plantas aisladas. Se ha encontrado en Sinaloa, Nayarit, Hidalgo y Tabasco; en condiciones de temporal, su incidencia es muy baja y se presenta en forma aislada, principalmente en el estado de plántula (Campos, 1991).

**Síntomas.** Los primeros síntomas se observan en el hipocotilo y la raíz, primero en forma de manchas rojizas cuando la plántula tiene entre 8 a 15 días de emergida. A medida que la enfermedad avanza, las lesiones se unen y se tornan de color café; la lesión se extiende hasta el cuello de la raíz, pero no tiene una forma definida. Las raicillas mueren por el ataque del hongo y permanecen adheridas a la planta, estas oponen muy poca resistencia al ser extraídas del suelo. En las plantas atacadas se forman raíces adventicias que les permite continuar vivas e incluso producir grano; pero si las condiciones son favorables para el hongo, este puede llegar a matarlas: primero la parte aérea de la planta muestra cierta flacidez, luego se presenta ahuecamiento y manchas longitudinales de color rojizo a lo largo de la zona

infectada; la pudrición en este caso, es seca a diferencia de otros hongos como *Rhizoctonia* (Aceves, 1988; Campos, 1991).

**Agente causal.** La especie que ocasiona la pudrición de la raíz del frijol es *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, éste crece adecuadamente en medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar) formando clamidosporas, macroconidios y microconidios. Produce conidióforos cortos y ramificaciones que dan origen a esporodocios en cuyo ápice se forman los macroconidios; éstos son hialinos, fusiformes y su célula apical es ligeramente curvada y puntiaguda; miden de 44-50 X 5.1-5.3  $\mu$  con tres a cuatro septas, a veces hasta cinco. Los microconidios son ovalados con una septa; las clamidosporas miden de 6 a 16  $\mu$  de diámetro y son terminales o intercalares, a veces en cadena y de forma redonda o de pera (Campos, 1991).

**Epidemiología.** En suelo infectado, el hongo se encuentra como clamidosporas (esporas de resistencia) y micelio; el patógeno esporula en las lesiones que ocasiona en las raíces, principalmente en las que están superficialmente, produciendo macroconidios y sobrevive en forma de clamidosporas. Cuando a un suelo arcilloso se le agrega celulosa y paja de avena, con nitrógeno o sin él, los macroconidios de *F. solani* germinan bien sin importar el estado de descomposición del suelo. Los exudados producidos por las raíces de plantas susceptibles y no susceptibles estimulan la germinación de las clamidosporas (Campos, 1991).

La pudrición de la raíz por *Fusarium* es más severa en suelos compactos, pero el hongo no influye en el rendimiento cuando las plantas tienen un sistema radical vigoroso. Las temperaturas de 22°C favorecen más el desarrollo del hongo que las de 32°C. Los suelos ácidos favorecen la infección, pero esta se puede eliminar al fertilizar con NO<sub>3</sub>-N. La enfermedad puede prosperar más fácilmente cuando el hongo penetra por las heridas causadas en las raíces por nematodos como *Pratylenchus penetrans* y *Meloidogynespp.* El hongo se dispersa fácilmente en forma de clamidosporas o conidios por el agua de lluvia, implementos de labranza e incluso por los animales y el hombre (pegados a su calzado); el hongo también puede

sobrevivir como saprofito. Las clamidosporas formadas en suelo no estéril no germinan cuando este se satura con agua, es decir, se inunda; la germinación de las clamidosporas se da cerca de las raíces del hospedante o sobre éstas (**Aceves, 1988; Campos, 1991**).

**Infección.** El hongo penetra la raíz e hipocotilo, no forma apresorios, pero produce un talo pequeño. Al penetrar en la planta lo hace en forma directa, mecánica o por las heridas, pero más comúnmente a través de los estomas del hipocotilo. Cuando penetra por estomas, el hongo se desarrolla abundantemente en la cámara subestomatal e invade rápidamente los espacios intercelulares longitudinales de la corteza. Otras hifas crecen intercelularmente, ramificándose en forma dicotómica al envolver las células corticales de modo digitado. En estados iniciales de la infección, el tejido no presenta señales de daño, pero más tarde las paredes celulares y su contenido se torna de color café. Histoquímicamente, se encontraron compuestos fenólicos en el tejido decolorado y en la penetración cuticular directa del hipocotilo, la hifa crece subcuticularmente(**Campos, 1991**).

### **2.3.2. Pudrición de la raíz por Rhizoctonia**

**Síntomas.** El hongo causa daños principalmente en condiciones húmedas, durante las dos primeras semanas después de la siembra, especialmente cuando el frijol es más susceptible; después de la tercera semana, los tallos son por lo general resistentes al ataque. Su ataque disminuye la emergencia de las plántulas, más cuando la emergencia se retrasa debido a una siembra muy profunda, a la presencia de costra en la superficie del suelo, y a la textura pesada del mismo. En todos estos casos las pérdidas son grandes a causa del mayor tiempo de la exposición de la semilla en germinación al patógeno. Las lesiones denominadas canchales son de color rojo ladrillo, cóncavas e irregulares cuyo borde, bien definido, se vuelve áspero y seco. En un estado más avanzado de desarrollo de la infección, el hongo puede atacar la médula. Frecuentemente la infección prosigue dentro de la médula, la cual

toma una coloración rojo ladrillo; el tallo se puede podrir completamente, volverse acuso y de un color café oscuro (**Aceves, 1988**).

En algunas ocasiones las plántulas emergen con el ápice muerto, como resultado del ataque de *R. solani* a la semilla en germinación, este síntoma también puede ser causado por otros factores adversos como la bacteriosis común o algún daño físico. Como este hongo se transmite por semilla, si antes de la cosecha las vainas están en contacto con el suelo se puede contaminar la semilla y posteriormente presentarse este síntoma. Las vainas en contacto con el suelo pueden ser infectadas y presentar lesiones deprimidas húmedas, de color café y borde muy bien definidos (**Aceves, 1988**).

**Agente causal.** *Rhizoctoniasolani* es un hongo que pertenece a la clase Deuteromycetos y al orden MyceliaSterilia, se caracteriza por lo siguiente: en medio de cultivo PDA crece rápidamente y su micelio es de color café bayo. Después de una semana se desarrolla un poco de micelio aéreo y sobre éste esclerocios pequeños. Los esclerocios de mayor tamaño se observan en el micelio que crece en contacto con la superficie del medio; en general los esclerocios son de tamaño variable, desde muy pequeños, difícilmente visibles, hasta de 5 mm o más, y hay varios de ellos agregados. Muchas veces el micelio parece ramificarse perpendicularmente; la ramificación ocurre cerca de una septa, en la base de cada rama se ve una constricción y cerca de éstas hay otra septa(**Aceves, 1988**).

**Epidemiología.** La severidad de la enfermedad depende de la humedad del suelo, la temperatura, estado de nutrición del inóculo, y los exudaos de la planta y sus raíces, los cuales estimulan el crecimiento micelial. El inóculo de *R. solani*, consta de esclerocios y micelio. El patógeno puede ser diseminado a otra área mediante el agua, el viento o por la semilla, en cuyo exterior también se puede encontrar al hongo (**Aceves, 1988**).

### 2.3.3. Pudrición de la raíz por *Sclerotium*

**Síntomas.** Este patógeno puede afectar a la planta en todas sus etapas de desarrollo. El daño, tanto en la germinación como en el estado de plántula, reduce la población. En plántula, el ataque puede causar un marchitamiento completo; sin embargo, si la disminución de la población no es muy grande, las plántulas sobrevivientes pueden compensar las pérdidas en producción y el daño total no será mayor. Al arrancar una plántula afectada, se observa que el tallo es acuoso, completamente podrido, su color es gris o café, y por lo general presenta micelio blanco en la superficie. En algunos casos se ven los esclerocios blancos o de color crema, si están jóvenes, o de color café si están maduros (**Aceves, 1988**).

Las plantas completamente desarrolladas pueden presentar marchitamiento. Los ataques en este estado son muy graves debido a que las plantas que sobreviven no logran compensar las pérdidas en producción causadas por la disminución de la población. Las plantas pueden presentar lesiones en la parte del hipocotíleo ubicado por debajo del nivel del suelo. Estas lesiones se pueden confundir con las de *R. solani*, ya que ambas presentan un color rojo ladrillo; sin embargo, las lesiones de *S. rolfsii* se pueden reconocer por el desarrollo de fibras visibles alrededor de la lesión; estas lesiones generalmente tienen poco efecto en el rendimiento (**Aceves, 1988**).

**Agente causal.** El hongo *Sclerotium rolfsii* es otro patógeno que causa pudriciones de la raíz; pertenece a la clase de los Deuteromycetes y al orden MceliaSterilia. Se caracteriza por carecer de esporas y cuerpos fructíferos, pero produce esclerocios de color café o negro, de forma globosa o irregular compactos; tiene micelio de color claro en forma de abanico. El micelio presenta unas estructuras llamadas fíbulas que ayudan a distinguirlo de otros patógenos del mismo grupo como *Rhizoctonia* (**Aceves, 1988**).

**Epidemiología.** Los esclerocios son las estructuras de supervivencia del patógeno. Para el crecimiento óptimo del hongo se requiere alta temperatura y humedad, el microorganismo no se desarrolla muy bien en las condiciones de baja temperatura.

La germinación de los esclerocios disminuye a mayor profundidad del suelo, debido a la reducción de la aireación. La dispersión del hongo puede ocurrir mediante el agua de riego contaminada, partículas de suelo adheridas a los equipos agrícolas, animales, o por la semilla (**Aceves, 1988**).

#### **2.3.4. Pudrición radical por Pythium**

**Síntomas.** El hongo puede infectar los cotiledones y el hipocotilo y causar pudrición de la raíz, tallo o de las ramas, y el llamado “damping off” o “ahogamiento de plántulas”. Los síntomas iniciales aparecen como lesiones alargadas y húmedas en la parte más baja del hipocotilo o en las raíces de las plántulas. Estas lesiones cambian de color bronceado a café claro y pueden ser ligeramente hundidas. El patógeno también puede producir la pudrición de la semilla o afectar las plántulas de frijol recién establecidas ocasionando una pudrición acuosa poco después de la emergencia. Si la lesión afecta el tallo parcialmente se presenta un marchitamiento de la plántula, la región de la corteza del tallo afectada se desintegra, es blanda al tacto y se desintegra quedando vacía o hueca (**Tamayo, 2010**).

**Agente causal.** La pudrición de la raíz del frijol es ocasionada por varias especies de *Pythium*, como *P. ultimum*, *P. debaryanum* y *P. aphanidermatum*. *Pythium* es un Oomyceto que pertenece al orden de los Peronosporales y familia Pythiaceae. Los esporangios (por lo común, zoosporangios) se forman en las puntas de las hifas y quedan libres; forman oosporas. Este patógeno produce el ahogamiento de plántulas, pudrición de semilla y raíces y el tizón algodonoso de los céspedes (**Urbina, 2011**).

**Epidemiología.** Una humedad del suelo alta favorece el desarrollo del patógeno; es frecuente la presencia de *Pythium ultimum* y *P. debaryanum* en suelos con temperaturas bajas, mientras que *P. aphanidermatum* y *P. myriotylum* son comunes en suelos con temperaturas altas. La dispersión del hongo en el campo generalmente ocu-

re a partir de las zoosporas, o mediante los esporangios y fragmentos de micelio que son desprendidos y transportados por el viento o por el agua. Se ha encontrado resistencia a la infección por *Pythium*spp. En diversas variedades. Se ha observado que la resistencia es de naturaleza poligénica y recesiva y que no hay relación entre el color de la testa de la semilla y la resistencia. La pudrición por *Pythium*es muy frecuente durante las primeras etapas de desarrollo del cultivo de frijol. La enfermedad es más frecuente en épocas cálidas y en condiciones de alta humedad del suelo **(Tamayo, 2010)**.

### **2.3.5. Pudrición blanca del tallo y vaina**

**Síntomas.** Los síntomas de la enfermedad se observan en los tallos, vainas y hojas cercanas al suelo. Los primeros síntomas son pequeñas manchas acuosas que se desarrollan rápidamente, y en 4 o 3 días se tiene abundante micelio que les da un aspecto algodonoso. Debido a esto, los agricultores del trópico le llaman “escupitajo”. Las ramas atacadas adquieren un color café claro o pajizo y sobre ellos se forman masas compactas de micelio que originan esclerocios en la parte externa y en el interior de las ramas y tallos **(Campos, 1991)**.

Los síntomas son más notorios en las vainas, sobre todo en las más cercanas al suelo, que son las que primero se enferman. La infección se inicia con pequeños puntitos cafés, y a medida que la enfermedad avanza la consistencia del área afectada se vuelve acuosa y de color café claro sobre la que se desarrolla abundante micelio de aspecto algodonoso. La vaina puede ser afectada en su totalidad y sobre ella el micelio se vuelve compacto, forma muchos esclerocios y toma la forma de la semilla. Los esclerocios se desprenden y caen fácilmente al suelo, donde se confunden y se mantienen en forma latente por muchos años, reiniciando la infección cuando las condiciones sean favorables para su germinación. Las semillas de las vainas afectadas quedan chupadas, arrugadas y adquieren un color café claro. Esta enfermedad se transmite por medio de la semilla infectada **(Campos, 1991)**.

**Agente causal.** La pudrición blanca del tallo y vainas es provocada por el hongo *Sclerotiniasclerotiorum* pertenece al orden Pezizales de la clase de los Ascomycetes. El hongo produce en los tallos y vainas del frijol una masa de micelio que posteriormente se torna de color negro y compacto, dando origen a estructuras llamadas esclerocios; éstos permanecen en reposo de un año a otro y pueden germinar directamente emitiendo micelio, o bien pueden pasar por un periodo de temperatura baja de 10 a 12°C que rompe la latencia y el esclerocio germina emitiendo apotecios (reproducción sexual). En cada apotecio se forman miles de ascas cilíndricas; cada una de ellas contiene 8 ascosporas. Las ascas miden de 7 a 10 micras de diámetro y de 112 a 156 micras de largo. Un apotecio libera 2 millones de ascosporas en poco tiempo. Las ascosporas son ovoides y miden de 4 a 10 micras de ancho por 9 a 16 micras de largo. Este hongo rara vez produce micronidios. Un solo apotecio produce  $3 \times 10^7$  ascosporas, y un solo esclerocio puede producir  $2.3 \times 10^8$  ascosporas. Los esclerocios pueden permanecer en el suelo desde unas cuantas semanas hasta 10 años, y germinar cuando las condiciones ambientales sean favorables. El hongo *S. sclerotiorum* crece y produce esclerocios en un rango de temperatura de 0 a 30°C (**Campos, 1991**).

**Epidemiología.** Donde la enfermedad es más severa, el hongo produce una mayor cantidad de esclerocios que pueden ser confundidos fácilmente con partículas de suelo. Los esclerocios que se forman en el tejido infectado del tallo o de vainas, o en el interior de éstas, se desprender fácilmente y caen al suelo de donde son diseminados cuando se prepara la tierra para el siguiente ciclo. El viento también contribuye a diseminar los esclerocios, sobre todo en zonas de riego. Los esclerocios sobreviven un mínimo de tres años en suelos francos y un máximo de ocho años (**Campos, 1991**). Por otra parte Schwartz y Gálvez (1980), afirman que un esclerocio por 5 kilogramos de suelo es suficiente para tener un 46% de infección en Nebraska. Otros investigadores indican que con 3.2 esclerocios/m<sup>2</sup>, se tuvo de 60 a 95% de plantas infectadas. El micelio de los esclerocios puede infectar el frijol, pero

trabajos reciente señalan que esto ocurre raramente bajo condiciones naturales Para que se formen los apotecios se requiere una temperatura de 15 a 18°C y una humedad en el suelo de 50%. La formación de apotecios se presenta en varios cultivos, como; frijol, maíz, remolacha azucarada, haba, coliflor, tomate, lechuga, remolacha de mesa, praderas, naranja, lima y en otros árboles frutales. Cada esclerocio produce cinco apotecios en promedio y casi siempre cerca del tallo de la planta, lo que proporciona las condiciones óptimas para que el esclerocio forme apotecios. Las ascosporas liberadas por el apotecio son depositadas a 2 o 3 cm del punto de descarga, sin embargo, se han localizado a 25 o hasta varios cientos de metros e incluso varios kilómetros. Las ascosporas permanecen viables en el follaje hasta por 12 días; se ha estimado que un solo apotecio produce  $3 \times 10^7$  ascosporas, y un solo esclerocio produce  $2.4 \times 10^8$  (Campos, 1991).

**Infección.** El hongo penetra en el hospedante en forma mecánica. La infección se inicia a partir de la germinación directa del esclerocio, e invade primero la parte necrótica de la planta formando masas compuestas de micelio que originan los esclerocios. Los esclerocios que se encuentran en el suelo desde el año anterior, pueden producir apotecios cuando las condiciones ambientales son favorables; entonces liberan ascosporas y estas también causan infección. Al germinar sobre la planta, las ascosporas producen un tubo germinativo el cual da origen a un apresorio que ejerce presión sobre la cutícula; a partir del apresorio se desarrollan hifas infectivas que se ramifican intercelular e intracelularmente y causan una pudrición acuosa (Campos, 1991).

#### **2.4. Manejo de enfermedades de raíz y tallo por hongos fitopatógenos**

Las enfermedades no siempre tienen una sola, causa los síntomas que se observan en el campo son producidos por la interacción de condiciones climáticas, el sistema de producción, la variedad utilizada y la presencia de residuos de las siembras

anteriores contaminados con enfermedades. Variaciones de temperatura humedad y condiciones de suelo, pueden acelerar el desarrollo de una enfermedad. El sistema de producción también incide en la presencia de enfermedades, por el factor preparación del terreno, densidad de la siembra y manejo agronómico que se le da al cultivo. En cuanto a la variedad utilizada, es importante recordar que las variedades de frijol poseen diferentes niveles de resistencia a enfermedades, adaptación al sitio, porte y rendimiento (**Fernández, 2006**).

Por lo tanto, para un adecuado manejo y control de los hongos patógenos de este cultivo se debe tomar en cuenta lo siguiente:

**1) Análisis, conocimiento y manejo del suelo (ambiente).** Con el propósito de comprender como se logra la recuperación y enriquecimiento de los suelos agrícolas, es importante la incorporación de materia orgánica, ya que con ello se favorece el incremento de la diversidad de los microorganismos del suelo y se estimula la actividad de organismos antagónicos a los hongos fitopatógenos.

Un aspecto muy importante para lograr el manejo sustentable del suelo, será implementar la regulación y normatividad del uso del suelo agrícola, lo cual implica establecer normas para un uso equilibrado que permita el descanso y la recuperación de éste. La regulación del uso del suelo obligaría a la planificación y organización de los sistemas de cultivo en el país.

**2) Análisis, conocimiento y manejo del hospedante.** Este componente deberá incluir estudios precisos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas hospedantes, su susceptibilidad o resistencia a los hongos patógenos de la raíz, así como sobre el efecto que las diferentes técnicas de cultivo que se practican en los sistemas tradicionales, modernos, monocultivo, policultivos, etc., y sus hospedantes.

**3) Análisis, conocimiento y manejo de los patógenos.** El análisis de este componente deberá consistir en la búsqueda de alternativas en el manejo del patógeno que permitan disminuir: (a) el desarrollo de cepas altamente contagiosas y agresivas, (b) la densidad poblacional y número de fuentes del inóculo, y (c) el potencial de inóculo de los hongos patógenos de la raíz.

**4) Desarrollo de curvas de daño y umbrales.** Es importante también caracterizar la relación que existe entre producción de los cultivos y el grado de daño provocado por, la llamada curva de respuesta generalizada o curva de daño. La generación de curvas de daño para diferentes patógenos en sus hospedantes económicamente más importantes, permitirá obtener umbrales de advertencia, umbrales de acción y umbrales económicos que permitirán a su vez modular el uso excesivo e inadecuado de pesticida (**Guzmán, 2012**).

**5) Métodos de control.** En general, la prevención y el control de los patógenos del suelo, puede hacerse mediante tres estrategias: el control cultural, el control genético y el control químico. En caso de las pudriciones radicales y de la semilla, ningún método aislado puede controlar totalmente una enfermedad, la combinación de métodos o manejo integrado, da los mejores resultados.

**Control cultural.** Se recomienda una buena preparación del terreno y la nivelación del mismo para que no se generen encharcamientos de agua, ya que el exceso de humedad favorece el desarrollo del hongo. También se recomienda la rotación de cultivos, incluyendo aquellos que no sean hospedantes del hongo patógeno; además, de disminuir la densidad de población de plantas para evitar que se forme un microclima favorable para el patógeno, y permitir una buena circulación de aire y una suficiente penetración de luz. También se recomienda sembrar en terrenos bien drenados, evitar hasta donde sea posible, hacer labores de cultivo cuando la planta esté grande para no dañar las raíces y evitar la entrada del patógeno (**Campos, 1991**).

**Control genético.** Es la alternativa más segura, eficiente y económica; aunque ninguna variedad de frijol es completamente inmune a las pudriciones radicales, si existen diferencias entre ellas en cuanto a resistencia. Hay informes que indican la existencia de resistencia a *R. solani*(**Aceves, 1988**). Las variedades de mata son generalmente más susceptibles a *Fusarium* que las variedades de semiguía y de guía. Wallac y Wilkinson citados por Schwartz y Gálvez (1980), señalan que las líneas H-203 (P.I.202958) y N.Y.2114-12 son altamente resistentes a la pudrición por *Fusarium*. En otros países se ha detectado resistencia a esta enfermedad, principalmente en materiales de origen Mexicano (**Campos, 1991**). Los frijoles de color negro presentan resistencia a *S.rolfsii*(**Aceves, 1988**).

**Control químico.** Es la aplicación de productos de síntesis química para el control de pudriciones radicales que consiste en el tratamiento de semilla, tratamiento del suelo antes o durante la siembra, y tratamiento del suelo o de las plántulas después de la aparición de los síntomas. El tratamiento de la semilla tiene la ventaja de ser la manera más fácil y económica al aplicar fungicidas, los cuales se pueden usar en forma de polvo o de suspensión; esta última se adhiere mejor en la semilla y la protege hasta la germinación. El tratamiento de la semilla es efectivo para controlar los hongos adheridos a la testa que se desarrollan durante la germinación, pero cuando crece la plántula el fungicida tiene menos efecto (**Aceves, 1988**).

El tratamiento de la semilla es la manera más fácil y económica de aplicar fungicidas, los cuales se pueden emplear en formulaciones como polvo humectable o de suspensión acuosa. Entre los fungicidas recomendados para tratamiento de semilla, están: captan, quintozeno, thiram, carboxin + captan y carboxin + thiram y quitozeno + thiram (Dirección General de Sanidad Vegetal, 1998). El tratamiento de la semilla de frijol con arasan o semesan la protege en cierta forma contra el ataque de *Fusarium*(**Campos, 1991**). Mientras que, el tratamiento del suelo, antes o durante la siembra, tiene la ventaja de que controla los hongos en un buen volumen de suelo, ofreciendo mayor protección durante más tiempo que el tratamiento de la semilla; pero, es difícil y costoso abarcar todo el volumen de suelo en que se desarrollan las

raíces de las plantas **(Aceves, 1988)**.

El marchitamiento por *Fusarium* se puede reducir con la aplicación de los fungicidas nabam, ferbam, PCNB (quintoceno), benomilo y busan 30W (TCMTB). Con la aplicación de benomilo al surco después de la siembra, en dosis de 560 g·ha<sup>-1</sup>, se logró un buen control; busan 30W (TCMTB) en dosis de 2.1 L·ha<sup>-1</sup> y difolatan a razón de 4.6 L·ha<sup>-1</sup> contribuyeron al buen control de la enfermedad (CIAT, 1980). Los fungicidas sistémicos recomendados para el control de *Fusarium*spp. pertenecen al grupo químico de los benzimidazoles, tales como: benomilo, carbendazim, tiabendazol y tiofanato metílico; estos productos también se recomiendan para el control de la pudrición de la raíz por *Sclerotium* y la pudrición blanca del tallo por *Sclerotinia***(Dirección General de Sanidad Vegetal, 1998)**.

Entre los fungicidas que pueden controlar la pudrición de la raíz por *Rhizoctoniasolani*, están PCNB o quintozeno, benomilo, carboxin, zineb, cloroneb y zineb; generalmente se aplican a la semilla, aunque también se pueden aplicar al suelo. El quintozeno es el más empleado para el tratamiento del suelo, antes o durante la siembra, en dosis de 9 kg/ha. **(Aceves, 1988)**. Otros productos recomendados para *Rhizoctonia* son pencycuron, fluazinam, tolclfosmetil y fluoxastrobin **(Thomson-PLM. 2014)**. Después de la germinación es inútil aplicar fungicidas para controlar *R. solani*, a que las pérdidas son debidas a la infección durante la germinación **(Aceves, 1988)**.

## **2.5. Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos son todos aquellos restos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas. El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La

combinación de abono orgánico/materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico/materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan **(SAGARPA, 2014)**.

La materia orgánica es descompuesta por la actividad de diferentes especies de bacterias y hongos que liberan los nutrientes del suelo, dejándolos disponibles para que sean nuevamente absorbidos por las plantas. La absorción de los nutrientes puede ser directa a través de las raíces o, indirecta por medio de los microorganismos que forman simbiosis con las raíces. Los organismos simbiotes cohabitan con los microorganismos patógenos que atacan a las plantas reduciendo su productividad. En consecuencia, la comunidad vegetal se ve sometida a una serie de costos y beneficios que da dinamismo y estructura a los ecosistemas terrestres **(Martínez y Pugnaire, 2009)**.

Los biofertilizantes son abonos líquidos con mucha energía equilibrada en armonía mineral, preparados a base de estiércol de vaca, muy fresca disuelta en agua y enriquecida con suero, leche ceniza, fosfitos y melaza, que se han puesto a fermentar por varios días en toneles o tanques de plástico, bajo un sistema anaeróbico (sin la presencia de oxígeno) y muchas veces enriquecidos con harina de rocas molidas o algunas sales minerales o sulfato como son los sulfatos de magnesio, zinc, cobre, etc. Se emplean para nutrir, recuperar y reactivar la vida del suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas, al mismo tiempo sirven para estimular la protección de los cultivos contra el ataque de insectos y enfermedades. También sirven para sustituir o eliminar totalmente el uso de fertilizantes químicos altamente solubles, los cuales son muy caros y vuelven dependientes a los campesinos de la industria de los agroquímicos, haciéndolos cada vez más pobres **(Restrepo, 2013)**.

Los biofertilizantes funcionan principalmente al interior de las plantas, activando el fortalecimiento de la armonía nutricional como un mecanismo de defensa de las mismas, a través de los ácidos orgánicos, las hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas y co-enzimas, carbohidratos, aminoácidos y azúcares complejos y simples, entre otros compuestos presentes en la complejidad de las reacciones biológicas, químicas, físicas y energéticas que se establecen entre la planta y la vida del suelo **(Restrepo, 2013)**.

## **2.6. Fungicidas orgánicos**

Entendemos como productos naturales aquellos que están presentes en el medio ambiente y que pueden ser extraídos y utilizados en la agricultura. Un fungicida es un tipo particular de agroquímico que controla enfermedades causadas por hongos, inhibiendo o eliminando al hongo que origina la enfermedad. No todas las enfermedades ocasionadas por hongos pueden controlarse adecuadamente con fungicidas **(FAO, 2012)**.

Con la finalidad de ampliar el aprovechamiento de todos los recursos locales que los campesinos poseen en sus parcelas o en su entorno, en el medio rural, el empleo de la orina de vaca, cabras, yeguas y conejos, se está haciendo en varios países del mundo, especialmente en la India y Brasil. La orina de la vaca, yeguas y conejos contiene fenoles que actúan en las plantas, incrementando en mucho el sistema de defensa que estas poseen. La idea principal es aumentar la resistencia de las plantas, teniendo en cuenta que las plagas y enfermedades son indicadores del mal manejo del cultivo; por lo tanto, la orina hace que el vegetal se torne más resistente al ataque de enfermedades o indicadores biológicos del manejo.

Estas sustancias contienen hormonas que la planta utiliza para ser más resistente a enfermedades fúngicas, además de los bajos costos, esta debe ser almacenada mínimo durante tres días en garrafones de vidrio, plástico o galones del mismo

material, pero bien cerrados; esto ayuda para que el nitrógeno disponible en la orina se transforme en amonio. De acuerdo con las experiencias de los agricultores del municipio de Vicoso en el Estado de Minas Gerais, Brasil, la orina puede quedar almacenada por 12 meses, sin que se altere su composición química y hormonal(**Restrepo, 2013**).

Los agricultores de Rio de Janeiro, Brasil, han empleado los biofertilizantes con excelentes resultados en cultivos de lechuga, tomate, zanahoria, acelga y okra, aumentando sus aplicaciones en frutales, café, frijol, maíz y otros. Por otro lado, varios productores del norte de Minas Gerais, vienen trabajando también con el fertilizante a base de orina de conejo y vaca lechera, principalmente en el Centro de Agricultura Alternativa de Minas (CCA), donde se están realizando varios ensayos en los cultivos de maracuyá, ahuyama y hortalizas (**Restrepo, 2013**).

Estos cultivos y las cantidades descritas del fungicida natural a aplicar son resultado de distintas experiencias en campo que pueden ser modificadas de acuerdo con cada condición, es por ello la importancia de replicar sus aplicaciones. La orina de conejo es rica en potasio, cloro, azufre, nitrógeno, sodio, fenol, ácido indolacético y pirocatecol. Aparte de los efectos benéficos obtenidos con el uso de la orina, es necesario tener cuidado cuando se utiliza; deben considerarse aspectos sobre la salud con el objetivo de evitar la contaminación con organismos patógenos al hombre(**Restrepo, 2013**).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del experimento

El trabajo se realizó en el Campo Experimental del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (CITT) del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), en condiciones de temporal, durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013, en Rancho San Lorenzo, Metepec, Estado de México (Figura 1). El municipio de Metepec se encuentra ubicado geográficamente en el Valle de Toluca, entre los 19° 37' latitud norte y 99° 37' longitud oeste, y una altura de 2,618 msnm. Presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano y precipitaciones en invierno menores al 5%; su clasificación climática corresponde a C(W)2 (w) big. La temperatura media es de 14°C, la máxima de 28°C y la mínima de 3.5°C. Las lluvias se presentan en los meses de mayo a septiembre y en algunos años llegan a prolongarse hasta el mes de octubre, con una precipitación media anual de 840 mm (INEGI, 1998).



**Figura 1.** Ubicación del experimento en el Campo Experimental del CITT Rancho San Lorenzo del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX).

El experimento se realizó en un suelo con las siguientes propiedades físico-químicas: pH, 5.7, ligeramente ácido; textura, franco (50% arena, 34% limo, 16% arcilla); contenido de materia orgánica, 3.14% (moderadamente alto); nitrógeno total, 0.157%; fósforo asimilable, 233.6 ppm (muy alto); potasio asimilable, 260 ppm (medio); calcio asimilable, 340 ppm (muy bajo), y magnesio asimilable, 240 ppm (medio) (Laboratorio de Análisis de Suelos, 2013).

### **3.2. Diseño experimental y tratamientos**

El estudio se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco tratamientos y 4 repeticiones para un total de 20 unidades experimentales de cuatro surcos de cinco metros de largo por 0.8 metros de ancho (16m<sup>2</sup>) (Cuadro 1 y Figura 2).

### **3.3. Material propagativo**

En el estudio se usó grano comercial de frijol cultivar Rayado Rojo, sin desinfectar, generado por el Programa de Leguminosas del Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria y Forestal del Estado de México (ICAMEX). Esta variedad tiene un hábito de crecimiento arbustivo- determinado tipo1; el color del tallo, las ramas y las vainas es verde intenso, las hojas son de un tamaño mediano a grande , son de forma elíptica y acuminadas o puntiagudas , las flores son de color blanco; la semilla es de un tamaño mediano de color crema con rayas rojas; la altura promedio de la planta es de 42 cm; el número de ramas por planta es de 7 a 9 ; el peso de cien semillas es de 39 gramos; en esta variedad la floración inicia a los cuarenta y cinco días y su periodo de floración es de cuarenta días, el comportamiento ante la presencia de enfermedades es tolerante a antracnosis, tizón común, pudrición radicular, moho blanco y roya , es ligeramente tolerante a virosis, de igual forma es ligeramente tolerante al picudo del ejote, gusanos trozadores e insectos masticadores. La variedad se adapta a las principales zonas productoras de frijol del

Estado de México; el rendimiento promedio es de 1470 kg/ha, el tamaño y color de grano es apto para los consumidores que prefieren el frijol tipo cacahuate, de amplio consumo en los estados del centro de la república mexicana (**Muciño, 1998**).

**Cuadro 1.** Tratamientos orgánicos evaluados para la prevención de enfermedades de la raíz, tallo y semilla de frijol cv. Rayado Rojo en el CITT Rancho San Lorenzo, Metepec, México. 2013.

<b>Tratamiento/Producto</b>	<b>Dosis por kg de semilla</b>	<b>Época y forma de aplicación</b>
1. Nevado 1	7.5 ml	Tratamiento de la semilla antes de la siembra y aplicación al cuello y follaje de las plantas de frijol.
2. Nevado 2	7.5 ml	Tratamiento de la semilla antes de la siembra y aplicación al cuello y follaje de las plantas de frijol.
3. Nevado 3	7.5 ml	Tratamiento de la semilla antes de la siembra y aplicación al cuello y follaje de las plantas de frijol.
4. Terravax 300	3 g	Tratamiento de la semilla antes de la siembra y una aplicación al cuello de las plántulas de frijol.
5. Testigo	Sin aplicación	Ninguna

R1	T1 UE1	T5 UE2	T3 UE3	T4 UE4	T2 UE5
R2	T4 UE6	T3 UE7	T1 UE8	T2 UE9	T5 UE10
R3	T3 UE11	T4 UE12	T2 UE13	T5 UE14	T1 UE15
R4	T1 UE16	T5 UE17	T4 UE18	T3 UE19	T2 UE20

**Figura 2.** Croquis de distribución de los tratamientos evaluados para la prevención de enfermedades de la raíz, tallo y semilla de frijol cv. Rayado Rojo, en el CITT Rancho San Lorenzo, Metepec, México.

R = Repetición, T = Tratamiento, UE = Unidad experimental.

### 3.4 Tratamiento de semilla

Una semana antes de la siembra, el grano de frijol se seleccionó descartando todo aquel con pudrición, manchado o muy pequeño, hasta ajustar 500 gramos de semilla por tratamiento (2.5 kg en total). El grano se sumergió durante 15 minutos en una solución de Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3 en dosis de 7.5 ml por litro de agua, luego se secó en la sombra a temperatura ambiente. En el caso de Terravax 300, el grano se desinfectó usando una dosis de 1.5 g del producto en 5 ml de agua para 500 g de grano; posteriormente, se secó en la sombra a temperatura ambiente (Figura 3).



**Figura 3.** Tratamiento de semilla de frijol cv. Rayado Rojo con Nevado 1, 2 y 3, y Terravax 300: (a) dosificación de los productos orgánicos, (b) inmersión de la semilla en la solución de Nevados, (c) solución de Terravax 300, (d) mezclado de la semilla en la solución del fungicida químico, (e) y (f) secado de la semilla tratada.

### 3.5. Establecimiento del experimento y aplicación de tratamientos

Quince días antes de la siembra se hizo el barbecho, rastreo y surcado del terrero con tractor. Antes de la siembra se realizó una prueba de germinación del grano tratado por tratamiento para confirmar que no había sido afectado por los productos. La siembra se realizó el 28 de marzo del 2013, depositando una semilla cada 15 cm en el lomo del surco, a una profundidad aproximada de 5 cm, para dar una densidad poblacional de 132 plantas por unidad experimental y 83,333 plantas/ha (Figura 4). Durante la emergencia de plántulas y desarrollo del cultivo se hicieron tres aplicaciones dirigidas al cuello y follaje de las plantas con los productos orgánicos Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3, la primera a los 15 días de la siembra, la segunda a los 30 días y la tercera a los 45 días después de la misma (Figura 5).



**Figura 4.** Establecimiento del experimento: (a) y (b) Trazo de las unidades experimentales; (c) y (d) siembra de semilla de frijol tratada con los productos orgánicos el fungicida químico.



**Figura 5.** Aplicación de los tratamientos orgánicos y químico en forma dirigida al cuello y follaje de las plantas de frijol cv. Rayado Rojo: (a) después de la emergencia de plántulas; (b) y (c) durante el desarrollo vegetativo de la planta; (d) en floración y formación de vaina.

### 3.6. Conducción del experimento

Antes de la emergencia de las plántulas se hizo una aplicación del herbicida metolaclor (dualgold) en dosis de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , de tipo pre-emergente al cultivo y maleza; también se realizó una aplicación de herbicida de contacto paraquat (gramoxone), a razón de  $2 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , en los bordos del experimento. Se realizaron dos fertilizaciones: la primera al momento de la siembra con composta de champiñón en dosis de  $3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , y la segunda con humus de lombriz + urea a razón de  $1 \text{ t} + 100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Durante el desarrollo del cultivo se realizaron varios deshierbes

manuales y aplicaciones periódicas de productos químicos y orgánicos para la prevención y/o control de plagas y enfermedades de la raíz y follaje del cultivo (Cuadro 2). **Cuadro 2.** *Productos aplicados para la prevención y/o control de plagas y enfermedades del frijol en el CITT Rancho San Lorenzo, Metepec, México. 2013.*

<b>Producto</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Dosis·L de agua</b>	<b>Plaga o patógeno que controla</b>
Carioca	Clorpirifosetil	2 ml	Conchuela del frijol ( <i>Epilachnavarivestis</i> ), gusanos defoliadores ( <i>Spodoptera</i> sp.), picudo del ejote ( <i>Apiongodmani</i> ) y mosquita blanca ( <i>Trialeurodesvaporariorum</i> ).
Killneem	Azadiractina	3 ml	Conchuela del frijol ( <i>Epilachnavarivestis</i> ), gusanos defoliadores ( <i>Spodoptera</i> sp.), picudo del ejote ( <i>Apiongodmani</i> ) y mosquita blanca ( <i>Trialeurodesvaporariorum</i> ).
Nutrigermen	Cloruro de N-alquildimetilbencil amonio	3 ml	Antracnosis ( <i>Colletotrichumlindemuthianum</i> ), mancha angular de la hoja ( <i>Isariopsisgriseola</i> ), mancha redonda de la hoja ( <i>Chaetoseptoria</i> sp.) y roya del frijol ( <i>Uromycesphaseolitipica</i> ).
CupravitMix	Oxicloruro de cobre + Mancozeb	3 g	Antracnosis ( <i>Colletotrichumlindemuthianum</i> ), mancha angular de la hoja ( <i>Isariopsisgriseola</i> ), mancha redonda de la hoja ( <i>Chaetoseptoria</i> sp.), roya del frijol ( <i>Uromycesphaseolitipica</i> ), tizón del halo ( <i>Pseudomonasphaseolicola</i> ) y tizón común ( <i>Xanthomonasphaseoli</i> ).
Agri-Gent Plus	Gentamicina + Oxitetraciclina	1.5 g	Tizón del halo ( <i>Pseudomonasphaseolicola</i> ) y tizón común ( <i>Xanthomonasphaseoli</i> ).

### 3.7. Descripción de los productos

**Nevado 1.** Es un fertilizante y fungicida líquido y su principal componente es el potasio (K). Este producto se puede aplicar de forma foliar en aspersión, o también se puede aplicar con cualquier sistema de riego o en agua rodada o por avión. Tiene las siguientes funciones: induce un mayor enraizamiento, mejor sabor y calidad, y grosor del tallo de la planta; también previene muchas enfermedades sobre todo de la raíz. Todo esto se logra debido a la relación que existe entre el potasio y el nitrógeno, y su contenido de fenoles y hormonas benéficas (**PRODIFA, 2009**).

**Nevado 2.** Su principal componente es el nitrógeno (N). Esta fertilizante foliar se aplica para lograr mayor follaje y más tamaño en todas las plantas; se recomienda principalmente para forraje, maíz, caña de azúcar y frijol. Por qué se obtienen más grados brits y proteínas (**PRODIFA, 2009**).

**Nevado 3.** Su principal componente es el fosforo (P) y se utiliza por lo general en pocas cantidades al principio del ciclo vegetativo; se recomienda aumentar la dosis al final del ciclo y sus principales funciones son: Aumentar el tamaño de los frutos, inducir mayor resistencia del cultivo a enfermedades fúngicas, además aumentar la vida de anaquel de los frutos dependiendo la especie(**PRODIFA, 2009**).

La acción de los productos evaluados Nevado 1, 2 3, es similar ya que su contenido es parecido: Orina de conejo, estiércol de vaca lechera, algunos fermentados ricos en glucosa y varios fenoles; los diferencian las concentraciones. Sus compuestos interactúan con las membranas celulares de los hongos como esteroides, proteínas y fosfolípidos. Indicados para la prevención y control de hongos como *Fusarium oxysporum*, *Rizoctoniasolanii* bacterias como *Erwiniacarotovora*(**PRODIFA, 2009**). La composición de los tres productos se indica en el Cuadro 3.

**Terravax 300 PH.** Es un fungicida que combina la acción sistémica de carboxin con la acción por contacto de captan para el control de los patógenos que atacan las semillas de leguminosas (soya, cacahuate, soya), cereales (maíz, trigo, cebada, avena, sorgo, arroz), algodón y papa (Cuadro 4). Es un producto compuesto por la mezcla de carboxin que es fungicida del grupo químico de las carboxanilidas y captan que pertenece al grupo químico de las carboximidias. Está formulado en polvo humectable en la siguiente concentración: Carboxin, 20% + Captan, 20% (**Thomson-PLM, 2014**).

**Cuadro 3.** Composición de los fertilizantes orgánicos Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3, empleados en el estudio para el tratamiento de semilla de frijol cv. Rayado Rojo.

<b>Parámetro/ Nutrimento</b>	<b>Nevado 1 (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Nevado 2 (mg·L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Nevado 3 (mg·L<sup>-1</sup>)</b>
Nitrógeno total	664.00	586.43	3182.50
Nitrógeno amoniacal	0.00	420.56	3689.50
Fósforo	17.69	16.00	18.00
Potasio	1000.00	1900.00	1600.00
Calcio	117.96	61.28	98.00
Magnesio	50.98	84.96	80.00
Sodio	160.00	500.00	1600.00
Boro	0.37	3.00	48.00
Fierro	2.19	<0.005	<0.005
Manganeso	10.32	<0.03	<0.03
Materia orgánica (%)	-	0.49	0.49
Ácidos húmicos (%)	-	0.06	0.06

Fuente: Aquino, 2009.

**Cuadro 4.** Cultivos, enfermedades y dosis recomendadas de Terravax 300 para tratamiento de semilla.

Cultivo	Enfermedad	Dosis (g/100 kg de semilla)
Trigo, cebada, avena	Falso carbón ( <i>Ustilagonigra</i> ), carbón cubierto ( <i>U. ordeí</i> ), carbón volador ( <i>U. tritici</i> , <i>U. nuda</i> , <i>U.avenae</i> ), marchitez de plántulas ( <i>Helminthosporiumavenae</i> , <i>Cochilobolussativus</i> ), carbones ( <i>Tilletia caries</i> , <i>T. foetida</i> , <i>Urocystasp.</i> ).	260
Algodón, soya	Pudrición radicular y pudrición de la semilla ( <i>Rhizoctoniaspp.</i> ).	250-300
Cacahuate	Marchitez ( <i>Fusariumspp.</i> ), moho blanco ( <i>Sclerotiumrolfsii</i> ), pudrición radicular ( <i>Rhizoctoniasolani</i> ).	100-150
Maíz, sorgo	Pudrición de la raíz y cuello ( <i>Rhizoctoniasolani</i> , <i>Fusariumspp.</i> , <i>Pythiumspp.</i> , <i>Sclerotiumspp.</i> ); Añublo de la semilla ( <i>Helminthosporiumspp.</i> ), y carbones ( <i>Sphacelothecareiliana</i> , <i>S. sorghi</i> , <i>S. confusa</i> )	100-150 100-150 100-260
Arroz	Añublo de la semilla ( <i>Helminthosporiumspp.</i> ), Damping-off ( <i>Rhizoctoniasolani</i> ).	100-150
Papa	Enfermedad de la semilla y de la plántula ( <i>Rhizoctoniasolani</i> ).	5 g/L de agua para tratamiento por inmersión, más 4 kg/ha en 200 L de agua por aspersión

### 3.8. Variables de estudio

**Emergencia de plántulas.** Después de la siembra se realizaron dos conteos de plantas de frijol emergidas a los 14 días (dos semanas) y a los 21 días (tres

semanas) después de la siembra (dds) para determinar el porcentaje de emergencia de plántulas.

**Altura de planta.** Al momento de la floración e inicio de la formación de vainas o ejotes, se determinó la altura o largo de la guía de cinco plantas tomadas al azar del surco central de cada unidad experimental, midiendo en cm con una regla desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas superiores de la planta (Figura 6).



**Figura 6.** Determinación de altura de planta de frijol por tratamiento del experimento al momento de la floración del cultivo.

**Número de vainas por planta.** En la etapa de llenado de grano de vainas, se escogieron cinco plantas al azar del surco central de la unidad experimental y se contó el número de vainas producidas por planta.

**Número de granos por vaina.** Se contó el número de granos de tres vainas de las mismas plantas empleadas para determinar el número de vainas por planta.

**Peso fresco de planta y sus componentes.** En la etapa de llenado de grano, se arrancaron cinco plantas con todo y raíz, seleccionadas del surco central de cada unidad experimental y se determinó en campo el peso fresco de la planta y sus

componentes (raíz, follaje y vainas), empleando una balanza gran atarifa marca OHAUS de 1600 g de capacidad (Figura 7a).

**Peso seco de planta y sus componentes.** Las muestras de planta empleadas para determinar peso fresco, se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología, en donde la raíz, follaje y vainas se cortaron en trozos pequeños (2 cm de longitud aproximadamente) (Figuras 7b y 7c), se colocaron en bolsas de papel perforadas y se pusieron a secar durante cinco días en una estufa de secado del Laboratorio de Análisis de Suelos de ICAMEX, a una temperatura aproximada de 55°C. Luego se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS de 200 g de capacidad.

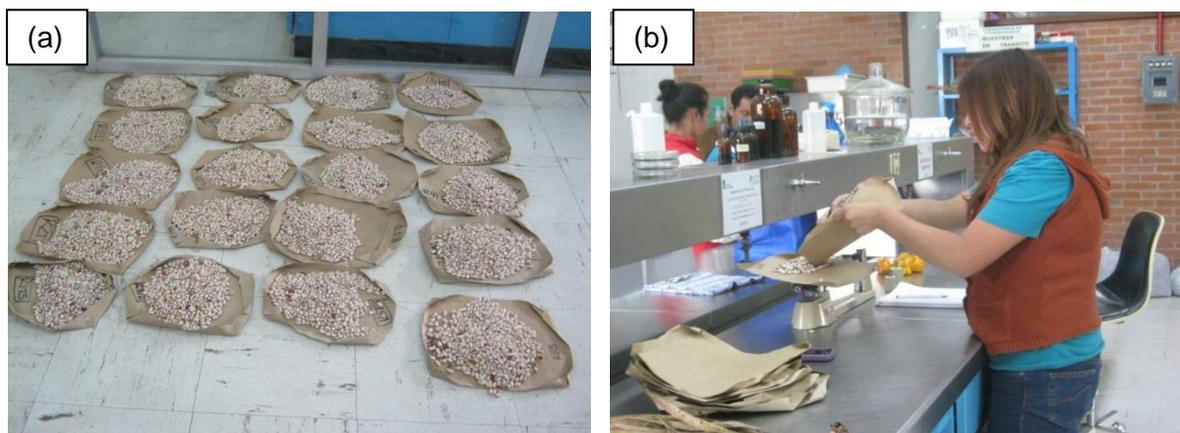


**Figura 7.** Determinación de peso fresco de la planta de frijol y sus componentes (a); disección y secado de raíz, follaje y vainas de la planta (b y c).

**Número de vainas por planta.** En la etapa de llenado de grano de las vainas, se escogieron cinco plantas al azar del surco central de cada unidad experimental y se contó el número de vainas producidas por planta.

**Rendimiento de vaina verde.** Las vainas maduras o ejotes de las de cinco plantas seleccionadas del surco central de cada unidad experimental, se cortaron periódicamente y se pesaron; al final de esta etapa se determinó el rendimiento en kg/ha.

**Rendimiento de grano.** Al final de ciclo del cultivo se colecto la muestra de las plantas con vainas secas de los dos surcos restantes de cada unidad experimental y se pusieron a secar en un lugar seco y sombreado; luego se separaron y desgranaron las vainas, se pesó el grano cosechado y se calculó el rendimiento en kg/ha (Figura 8a y b).



**Figura 8.** Secado de grano (a) y determinación de rendimiento (b) por tratamiento del experimento.

### 3.9. Grano podrido e incidencia de patógenos fúngos

Después de la cosecha de grano, se seleccionaron aquellas semillas con pudrición parcial o total, se pesaron y luego se determinó el porcentaje de grano podrido empleando la siguiente fórmula:  $\%GP = (\text{Peso de grano podrido} / \text{Peso total de grano}) \times 100$ . Del grano podrido se tomó una muestra para hacer el aislamiento de los hongos patógenos causantes de la pudrición. Las semillas se desinfestaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1%) por un lapso de tres minutos, luego se lavó durante tres minutos con agua destilada estéril para eliminar cualquier residuo de la solución clorada. Las semillas se pusieron a secar en papel filtro e inmediatamente

se colocaron en cajas de Petri con medio de cultivo PDA (Papa-Dextrosa-Agar). Las placas sembradas se incubaron a una temperatura de  $26\pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 5 a 8 días en una incubadora.

Una vez desarrollado el crecimiento fungoso se hicieron montajes o preparaciones de micelio estructuras reproductivas y se observaron en el microscopio compuesto. La identificación del o de los patógenos se realizó mediante el uso de claves y la comparación de estructuras vegetativas y reproductivas (micelio, conidióforos y conidios) con las reportadas en bibliografía especializada que hace referencia a las especies en estudio (**Barnett y Hunter, 1978; Alexopouluset al., 1996; Seifert, 1996; Warhamet al., 2000**). Después de aislar e identificar los hongos patógenos de la semilla de frijol, se realizó un ensayo de incidencia de patógenos fungosos *in vitro*; para ello se sembraron en medio de cultivo cuatro cajas de Petri de PDA con siete granos podridos cada una y a los siete días de la siembra se identificó el hongo presente en cada semilla. Posteriormente, se determinó la incidencia en porcentaje de cada patógeno de la siguiente manera:  $\%IP = (\text{Número de granos infectados por el patógeno} / \text{Número total de granos}) \times 100$ .

### 3.10. Análisis estadístico

Los resultados de la evaluación de los tres abonos orgánicos, se examinaron aplicando un análisis de varianza (ANAVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos (**SAS System, 1999**). Posteriormente, se hizo la comparación de promedios de los tratamientos por medio de la prueba de DMS (diferencia mínima significativa) al 5% para determinar el mejor tratamiento (**Steel y Torrie, 1996**).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Emergencia de plántulas y altura de planta

Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos y el testigo para la emergencia de plántulas a los 14 días de la siembra y altura de planta del frijol cv. Rayado Rojo, y diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) emergencia de plántulas a los 21 días de la siembra (Cuadro 5). A los 14 y 21 después de la siembra, todos los tratamientos evaluados en el estudio tuvieron un mayor porcentaje de emergencia de plántulas de frijol con respecto al testigo, pero no hubo diferencias estadísticas entre los productos orgánicos (Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3) y el fungicida químico (Terravax 300). Efecto similar se observó en altura de planta en donde los tratamientos orgánicos mostraron igualdad estadística con el fungicida químico, pero todos fueron mejores que el testigo (Cuadro 6).

**Cuadro 5.** Significancia estadística de los valores de F de emergencia de plántulas y altura de planta de frijol cv. Rayado Rojo.

Fuentes de Variación	G. L.	Emergencia de plántulas 14 dds	Emergencia de plántulas 21 dds	Altura de planta
Bloques	3	20.70**	0.86 NS	1.30 NS
Tratamiento	4	8.22**	3.13*	5.70**
Error	12			
Total	19			
C. V. (%)		4.49	5.09	5.70

dds = Días después de la siembra. NS, No significativo ( $P > 0.05$ ); \*Significativo ( $P \leq 0.05$ ); \*\*Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

**Cuadro 6.** Valores promedio de emergencia de plántulas y altura de planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Tratamiento	Emergencia de plántulas (%), 14 dds	Emergencia de plántulas (%), 21 dds	Altura de planta (cm)
1. Nevado 1	73.89 a	86.00 a	61.92 a
2. Nevado 2	75.75 a	85.42 a	63.22 a
3. Nevado 3	77.11 a	87.32 a	60.42 a
4. Terravax 300	75.42 a	86.15 a	61.15 a
5. Testigo	65.27 b	77.85 b	52.87 b

dds = Días después de la siembra.

DMS ( $\alpha = 0.05$ ). Letras iguales en la misma columna significan igualdad estadística.

Después de la siembra y emergencia de las plántulas, se tuvieron pocas bajas en la densidad poblacional de plantas de frijol procedentes de semilla tratada con los productos orgánicos nevado 1, 2 y 3 por el ataque de hongos del suelo como *Fusarium solani*, *Rhizoctoniasolani* y *Sclerotiumrolfsii*; pero *F. solani* y *R. solani* principalmente, ocasionaron mayor cantidad de fallas en la nacencia de plántulas y la muerte de plantas en el testigo. El principal daño de los patógenos se dio durante el proceso de germinación de la semilla, provocando la muerte del embrión y fallas en la germinación de la semilla, enfermedad conocida como “damping-off preemergente”. Por el número y porcentaje de plantas sobrevivientes, el mayor daño se presentó en el testigo, en comparación con los tratamientos de Nevado 1, 2 y 3, y Terravax 300.

Con respecto a los productos orgánicos, se han logrado progresos considerables en el control biológico de patógenos del suelo mediante la inducción de supresividad con la aplicación de abonos orgánicos (Aquino, 2009 y 2010). Los abonos orgánicos inducen supresividad del suelo a los patógenos de la raíz y tallos de las plantas

(**Hoitink *et al.*, 1997**; **Bautista-Calles *et al.*, 2008**), al crear condiciones que favorecen el establecimiento e incremento de las poblaciones de microorganismos benéficos (degradadores de materia orgánica y agentes de biocontrol) (**Urrutia, 1982**; **Domínguez, 1989**; **Hoitink *et al.*, 1997**). Es decir, la materia orgánica o los abonos orgánicos, por si solos, no son capaces de disminuir las enfermedades provocadas por patógenos del suelo, sino los microorganismos benéficos presentes en éstos y en el suelo. Estos microorganismos, al descomponer la materia orgánica producen metabolitos secundarios, tóxicos y compuestos fenólicos, entre otras sustancias, que suprimen el desarrollo de los agentes patógenos presentes en el suelo y llevados externamente por la semilla.

Por sus componentes, los abonos orgánicos Nevado 1, 2 y 3, liberan metabolitos secundarios como los fenoles que estimulan el sistema inmunológico de plantas generando resistencia a los patógenos; además, el fenol es un desinfectante natural que mata a los microorganismos como los hongos patógenos que colonizan la semilla. También la orina de conejo contienen una gran cantidad de nitrógeno y otros nutrientes vegetales que estimulan el crecimiento de la planta (**Restrepo, 2013**).

#### **4.2. Peso fresco de planta y sus componentes**

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos y el testigo para peso fresco de raíz, follaje, vaina y planta (Cuadro 7). En cuanto a peso fresco de raíz, el mejor tratamiento fue Nevado 3 que superó a Nevado 2 y Nevado 1; en cambio, Terravax 300 mostró igualdad estadística con el testigo. En peso fresco de follaje, Nevado 2 y Nevado 3 superaron a Nevado 1 y Terravax 300; todos los tratamientos fueron mejores que el testigo. De igual manera en peso fresco de vainas, Nevado 2 y Nevado 3 tuvieron el mismo efecto sobre este componente del rendimiento, seguidos de Nevado 1 y Terravax 300 que presentaron igualdad estadística fueron mejores que el testigo. Sin embargo, en peso total de la planta, Nevado 2 fue mejor que el resto de los tratamientos; le siguieron Nevado 1, Nevado 3 y Terravax 300.

1 y Terravax 300 (Cuadro 8). A este respecto, se han obtenido resultados similares en el incremento de altura de planta con la aplicación de abonos orgánicos en cultivos como: maíz (Matheus, 2004), crisantemo (Aquino, 2012a), brócoli (Aquino, 2009, 2010 y 2012b), y frijol (Aquino, 2013).

**Cuadro 7.** Significancia estadística de los valores de F de peso fresco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Fuentes de variación	G. L.	PFR	PFFO	PFV	PFP
Bloques	3	0.92 NS	1.22 NS	0.92 NS	1.04 NS
Tratamiento	4	3.15*	4.88*	3.23*	5.08*
Error	12				
Total	19				
C. V. (%)		24.77	22.35	19.10	18.73

PFR = Peso fresco raíz; PFFO = Peso fresco follaje; PFV = Peso fresco vainas; PFP = Peso fresco planta.

NS, No significativo ( $P > 0.05$ ); \*Significativo ( $P \leq 0.05$ ); \*\*Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

**Cuadro 8.** Valores promedio de peso fresco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Tratamiento	PFR (g)	PFFO (g)	PFV (g)	PFP (g)
1. Nevado 1	24.13 ab	242.93 ab	214.44 ab	481.01 ab
2. Nevado 2	24.80 ab	303.73 a	243.63 a	572.18 a
3. Nevado 3	27.27 a	288.80 a	231.73 a	547.80 ab
4. Terravax 300	18.82 c	203.10 b	192.45 ab	414.38 bc
5. Testigo	15.37 c	30.425 c	153.75 b	330.28 c

PFR = Peso fresco raíz; PFFO = Peso fresco follaje; PFV = Peso fresco vainas; PFP = Peso fresco planta.

DMS ( $\alpha = 0.05$ ). Letras iguales en la misma columna significan igualdad estadística.

Los fertilizantes orgánicos Nevado 1, 2 y 3 mostraron resultado positivos en el peso fresco de los componentes raíz, follaje y vainas, lo cual influyó directamente en el incremento del peso fresco de la planta de frijol y de esta forma, los productos mejoraron la eficiencia biológica del cultivo. Estos resultados concuerdan con los de **Bueno y Mendoza (2003), Arcos (2007) y Ramírez (2009)**, quienes reportaron incrementos significativos en fresco de planta y cabezuela de brócoli, lechuga y brócoli, y brócoli y coliflor, respectivamente, con la incorporación de abonos orgánicos al suelo. Ramírez (2009), también reportó aumentos en el peso fresco de tallo y hojas de brócoli y coliflor. Con respecto a la eficiencia de la nutrición orgánica de frijol, los resultados de las evaluaciones de Nevado 1, Nevado 2 y Nevado P, demostraron que la aplicación periódica de estos nutrientes orgánicos elevó el rendimiento biológico de cultivos como crisantemo tipo polar (**Aquino, 2012a**), brócoli (**Aquino, 2009, 2010 y 2012b**) y frijol (**Aquino, 2013**).

#### **4.3. Peso seco de planta y sus componentes**

Existieron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos orgánicos y el testigo para las variables peso seco de raíz, follaje, vainas y planta; (Cuadro 9). Los tres tratamientos orgánicos evaluados en el estudio fueron mejores que el testigo al incrementar significativamente el peso seco de la planta y sus componentes. En relación a peso seco de raíz, Nevado 1 y Nevado 3 resultaron mejores que Nevado 2 y Terravax 300; pero en peso seco de follaje, Nevado 3 superó a todos los tratamientos, le siguieron Nevado 2 y Nevado 1; en cambio, en peso fresco de vainas el mejor tratamiento fue Nevado 3 y luego Nevado 2, el resto de los tratamientos presentaron igualdad estadística; el peso seco de planta tuvo un comportamiento muy similar al de peso seco de follaje (Cuadro 10).

**Cuadro 9.** Significancia estadística de los valores de F de peso seco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Fuentes de variación	G. L.	PSR	PSFO	PSV	PSP
Bloques	3	1.69 NS	0.67 NS	0.37 NS	0.32 NS
Tratamiento	4	2.61*	3.85*	3.62*	3.40*
Error	12				
Total	19				
C. V. (%)		31.11	25.99	27.75	25.82

PSR = Peso seco raíz; PSFO = Peso seco follaje; PFV = Peso seco vainas; PSP = Peso seco planta.

NS, No significativo ( $P > 0.05$ ); \*Significativo ( $P \leq 0.05$ ); \*\* Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

**Cuadro 10.** Valores promedio de peso seco de raíz, follaje, vainas y planta de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Tratamiento	PSR (g)	PSFO (g)	PSV (g)	PSP (g)
1. Nevado 1	6.06 a	45.87 abc	35.93 b	80.72 abc
2. Nevado 2	5.23 ab	49.78 ab	31.56 ab	86.43 ab
3. Nevado 3	5.87 a	57.21 a	40.98 a	97.71 a
4. Terravax 300	3.99 ab	34.10 bc	27.55 b	65.73 bc
5. Testigo	3.23 b	30.42 c	20.22 b	51.19 c

PSR = Peso seco raíz; PSFO = Peso seco follaje; PFV = Peso seco vainas; PSP = Peso seco planta.

DMS ( $\alpha = 0.05$ ). Letras iguales en la misma columna significan igualdad estadística

Los resultados obtenidos en este trabajo se relacionan con los reportados por **Ramírez (2009)**, quién demostró que la fertilización orgánica produjo plantas, hojas e inflorescencias de coliflor con mayor peso seco que el testigo, y su efecto fue estadísticamente igual al de la fertilización combinada (química + orgánica). Por otra parte, **Aquino (2009 y 2010)** demostró que en brócoli, también hubo un incremento del peso seco de planta, hojas e inflorescencias con la aplicación de abonos orgánicos; en crisantemo(**Aquino, 2012a**) y brócoli(**Aquino, 2012b**), la aplicación foliar de fertilizante orgánicos Nevado 2 incrementó significativamente el peso seco de la planta.

#### **4.4. Número de vainas y rendimiento de vaina verde**

Se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos y el testigo en número de vainas por planta, y significativas para rendimiento de vaina verde; (Cuadro 11). Los tratamientos orgánicos (Nevado 1, 2 y 3) superaron ampliamente al testigo en número de vainas por planta y fueron mejores que el fungicida químico Terravax 300. Esto influyó notablemente en el incremento del rendimiento de vaina verde, en el cual los más altos rendimientos se lograron con la aplicación de Nevado 2 y Nevado 3, seguidos de Nevado 1 y Terravax 300 (Cuadro 12).

En cuanto al rendimiento de vaina verde, los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los reportes de **Bueno y Mendoza (2003)**, **Arcos (2007)** y **Ramírez (2009)**, quienes lograron incrementos del rendimiento de cabezuelas de brócoli y coliflor con la aplicación de fertilizantes orgánicos; también se incrementó el rendimiento de vaina verde con la aplicación del fertilizante orgánico Nevado P (**Aquino, 2013**). Resultados similares en incremento de rendimiento de grano se obtuvieron en los cultivos de maíz (**López-Martínez, 2001**; **Matheus, 2004**; **Arrieche y Mora, 2005**), algodón (**López-Martínez, 2002**), y frijol (**Aquino, 2013**). Además, los

abonos orgánicos aplicados en forma y dosis adecuadas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, siendo la manera más natural de fertilizar el suelo y las plantas (Urrutia, 1982; Ruiz, 1999).

**Cuadro 11.** Significancia estadística de los valores de F de número de vainas por planta y rendimiento de vaina verde de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Fuentes de variación	G. L.	Numero de vainas por planta	Rendimiento de vaina verde
Bloques	3	1.77 NS	1.44 NS
Tratamiento	4	3.53*	2.96*
Error	12		
Total	19		
C. V. (%)		15.07	18.86

NS, No significativo ( $P > 0.05$ ); \*Significativo ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 12.** Valores promedio de número de vainas por planta y rendimiento de vainas verdes de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Tratamiento	Número de vainas por planta	Rendimiento de vaina verde (t/ha)
1. Nevado 1	46.25 a	15366 ab
2. Nevado 2	45.00 a	17307 a
3. Nevado 3	44.25 a	16897 a
4. Terravax 300	38.50 ab	13801 ab
5. Testigo	32.25 b	11382 b

DMS ( $\alpha = 0.05$ ). Letras iguales en la misma columna significan igualdad estadística.

#### 4.5. Rendimiento de grano

Existieron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos orgánicos y el testigo para peso de grano por planta y rendimiento de grano de frijol cv. Rayado Rojo; (Cuadro 13). Al comparar el efecto de los tratamientos orgánicos y químico sobre el rendimiento del cultivo, se aprecia en el Cuadro 14 que los tres abonos orgánicos (Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3) fueron mejores que el fungicida Terravax 300 y testigo. Nevado 3 superó en 2193.7 kg (41.12%) al testigo, Nevado 2 lo rebasó en 1763.1 kg (35.95%) y Nevado 1 con 1732.2 kg (35.55%) El peso de grano por planta favorecido por los abonos orgánicos influyó de forma positiva en el rendimiento de grano del cultivo de frijol (Cuadro 14) mientras que el tratamiento químico fue estadísticamente similar con el testigo.

**Cuadro 13.** Significancia estadística de los valores de F de rendimiento de grano de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Fuentes de variación	G. L.	Peso de grano por planta	Rendimiento de grano
Bloques	3	0.96 NS	1.40 NS
Tratamiento	4	9.40**	13.03**
Error	12		
Total	19		
C. V. (%)		9.77	17.94

NS, no significativo ( $P > 0.05$ ); \*\* Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los reportes de **Bueno y Mendoza (2003)**, **Arcos (2007)** y **Ramírez (2009)**, quienes lograron aumentos en el rendimiento de cabezuelas de brócoli y coliflor con la aplicación de fertilizantes orgánicos. Resultados similares en el incremento del rendimiento se obtuvieron en los cultivos de maíz (**López-Martínez, 2001**; **Matheus, 2004**; **Arrieché y Mora,**

2005),y algodón (López-Martínez, 2002). En caso concreto del efecto de los Nevados en el rendimiento de los cultivos: Nevado P aumentó el rendimiento de grano de frijol (Aquino, 2013); lo mismo se logró con Nevado 2 en crisantemo, el cual incrementó la cantidad y calidad de tallos florales (Aquino, 2012a), y cabezuelas de brócoli (Aquino, 2012b). Los abonos orgánicos aplicados en forma y dosis adecuadas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, siendo la manera más natural de fertilizar el suelo y las plantas (Ruiz, 1999). Pero, los componentes de Nevado 1, Nevado 2 y Nevado 3, que son básicamente orina de conejo y de vacas lecheras, aportan una buena cantidad de nitrógeno en forma de amonio y otros nutrientes como potasio, cloro y azufre, y hormonas como el ácido indolacético(Restrepo, 2013). Estos elementos compuestos están estrechamente relacionados con el rendimiento y calidad de los cultivos.

**Cuadro 14.**Valores promedio de rendimiento de grano de frijol cv. Rayado Rojo por tratamiento del estudio.

Tratamiento	Peso de grano por planta (g)	Rendimiento de grano (t/ha)
1. Nevado 1	67.96 a	4872.7 a
2. Nevado 2	68.83 a	4903.6 a
3. Nevado 3	73.43 a	5334.2 a
4. Terravax 300	67.31 a	4737.9 b
5. Testigo	48.22 b	3140.5 b

DMS ( $\alpha = 0.05$ ). Letras iguales en la misma columna significan igualdad estadística

#### 4.6. Pudrición de grano e incidencia de patógenos de la semilla

Se observaron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los tratamientos y el testigo en porcentaje de grano podrido de frijol, pero no existieron diferentes entre bloques. En cuanto a incidencia de pudrición del grano por hongos fitopatógenos, se

encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los tratamientos y testigo para pudrición del grano por *Fusarium solani*, *Rhizoctoniasolani* y *Sclerotiniasclerotiorum*, respectivamente; (Cuadro 15).

**Cuadro 15.** Significancia estadística de los valores de F de la incidencia de pudrición del grano por *Fusarium solani*, *Rizhoctoniasolani* y *Sclerotiniasclerotiorum*.

Fuentes de variación	G. L.	Grano podrido	IPSFS	IPSRS	IPSSS
Bloques	3	1.04 NS	0.18 NS	5.60**	0.09 NS
Tratamiento	4	2.84*	14.29**	47.26**	6.42**
Error	12				
Total	19				
C. V. (%)		45.28	59.76	47.26	66.62

IPSFS = Incidencia de pudrición de semilla por *F. solani*, IPSRS = Incidencia de pudrición de semilla por *R. solani*, IPSSS = Incidencia de pudrición de semilla por *S. sclerotiorum*.

NS, No significativo ( $P > 0.05$ ); \*Significativo ( $P \leq 0.05$ ); \*\* Altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ).

Tanto en porcentaje de grano podrido, como en incidencia de pudrición del grano por hongos fitopatógenos, los tres tratamientos orgánicos fueron mejores que el fungicida y el testigo. Estos dos presentaron los valores más altos de grano podrido e incidencia de pudrición del grano por los hongos *F. solani*, *R. solani* y *S. sclerotiorum*; en cambio, el fungicida químico no tuvo el mismo efecto en la sanidad de la semilla (Cuadro 16). Lo anterior se debe en primer lugar a que Terravax 300 solo se recomienda en tratamiento a la semilla y al suelo y controla adecuadamente a los hongos del suelo en etapa de plántula; en cambio, los productos orgánicos se pueden aplicar en tratamiento a la semilla y en aspersión al follaje de las plantas, y el

fenol que contienen protege a la plantas de patógenos que atacan los tallos y vainas, previniendo la pudrición del grano (**PRODIFA, 2009; Restrepo, 2013**).

**Cuadro 16.**Valores promedio del porcentaje de grano podrido e incidencia de pudrición del grano por *Fusarium solani*, *Rizhoctoniasolani* y *Sclerotiniasclerotiorum*.

Tratamiento	Grano podrido (%)	IPSFS (%)	IPSRS (%)	IPSSS (%)
1. Nevado 1	8.15 b	1.25 c	0.95 c	1.67 b
2. Nevado 2	9.71 b	0.86 c	1.17 c	2.03 b
3. Nevado 3	7.86 b	1.65 c	1.65 c	2.85 b
4. Terravax 300	10.98 ab	9.80 b	6.55 b	11.57 a
5. Testigo	18.10 a	15.40 a	8.10 a	9.75 a

IPSFS = Incidencia de pudrición de semilla por *F. solani*, IPSRS =Incidencia de pudrición de semilla por *R. solani*, IPSSS = Incidencia de pudrición de semilla por *S. sclerotiorum*.

DMS ( $\alpha = 0.05$ ). Letras iguales en la misma columna significan igualdad estadística.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, se concluyó lo siguiente:

1. El tratamiento de semilla con los abonos orgánicos Nevado 1, 2 y 3, redujo la muerte de semilla e incrementó significativamente la emergencia y establecimiento de plántulas, así como la altura de planta de frijol.
2. Los fertilizantes orgánicos Nevado 1, 2 y 3 mejoraron el rendimiento biológico de las plantas de frijol al aumentar significativamente los pesos fresco y seco de raíz, follaje, vaina y planta.
3. La aplicación de los fertilizantes orgánicos en tratamiento a la semilla y al follaje de las plantas, incrementó significativamente el número de vainas por planta y rendimiento de vaina verde. También aumentó el peso de grano por planta y rendimiento de grano. Los tres tratamientos superaron ampliamente al testigo y fungicida químico.
4. Los tratamientos orgánicos incrementaron la sanidad de la semilla de frijol al reducir la pudrición del grano por los hongos patógenos *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Por lo que, estos productos se pueden incluir en un programa de manejo integrado de patógenos fungosos llevados por el suelo y la semilla.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Para la prevención de “ahogamiento y secadera de plántulas”, e incrementar la germinación de semilla y emergencia de plántulas, hacer el tratamiento de la semilla de frijol con los productos orgánicos Nevado 1, Nevado 2 o Nevado 3 a razón de 7.5 ml por litro de agua, en inmersión durante 10 minutos.
2. Los productos orgánicos Nevado1, Nevado 2 y Nevado 3 se deben aplicar desde las primeras etapas fisiológicas hasta el momento de la floración del cultivo de frijol.
3. La aplicación de los productos orgánicos durante la etapa de formación de vainas, reducirá la pudrición del grano y promoverá el llenado de éste; al mismo tiempo, incrementará el rendimiento de vaina verde.
4. Es necesario realizar el monitoreo constante del cultivo y adecuar el paquete tecnológico del cultivo, tanto nutricional como sanitario, e integrar la aplicación de productos orgánicos como una alternativa que reduzca costos de producción, mejore la sanidad y calidad del grano cosechado.

## VII. LITERATURA CITADA

- Aceves, J. de J.1988.** Enfermedades del frijol. pp. 24-59. En: Teliz, D. (ed.). Enfermedades del maíz, frijol, trigo y papa. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México, México. 84 p.
- Agrios, G.N. 1995.** Fitopatología Limusa; México, D.F. pp. 447-450.
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. and Blackwell, M. 1996.** Introductory mycology.4th. ed. John Wiley & Sons, Inc., New York.869 p.
- Anaya, M.H. 2006.** Perspectivas del empleo de rizobacterias como agentes de control biológico en cultivos de importancia económica. Revista Mexicana de Fitopatología 24:42-49.
- Aquino, J.G. 2009.** Manejo orgánico y biológico de hortalizas de clima templado. Proyecto No. 15-2009-1195. Informe de investigación. ICAMEX; Metepec, México. 41 p.
- Aquino, J.G. 2010.** Manejo orgánico y biológico de hortalizas de clima templado. Proyecto No. 15-2009-1195. Informe de investigación. ICAMEX; Metepec, México. 33 p.
- Aquino, J.G. 2012a.** Evaluación de la nutrición foliar en flores de corte con fertilizante orgánico Nevado 2 en la zona florícola del Estado de México. Informe de investigación. ICAMEX; Metepec, México. 20 p.
- Aquino, J.G. 2012b.** Evaluación de la nutrición foliar en hortalizas de clima templado con fertilizante orgánico Nevado 2 en Villa Guerrero, Estado de México. Informe de investigación. ICAMEX; Metepec, México. 26 p.
- Aquino, J.G. 2013.** Evaluación de la nutrición foliar de frijol con el fertilizante orgánico Nevado P. Informe de investigación. ICAMEX; Metepec, México. 22 p.

- Arcos, S.M. 2007.** Evaluación de la tasa de tierra equivalente para lechuga y brócoli en unicultivo y asociación, bajo manejo orgánico e inorgánico, en Tenango del Valle, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. Toluca, México, México. 50 p.
- Arrieche, I., y Mora, O. 2005.** Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo de maíz en suelos degradados del Estado de Yaracuy, Venezuela. *Bioagro* 17: 155-159.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1978.** Illustrated genera of imperfect fungi. 3th. ed. Burgess Publishing Company; Minneapolis, Minnesota. 237 p.
- Bautista-Calles, J., García-Espinoza, R., Pérez-Moreno, J., Zavaleta-Mejía, E., Montes-Belmont, R., y Ferreira-Cerrato, R. 2008.** Inducción de supresividad a fitopatógenos del suelo. Un enfoque holístico al control biológico. *Inverciencia* 33:96-102.
- Berra, M. 1998.** Enfermedades causadas por hongos. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco Pbro. "Francisco Luis Espinoza Pineda". Lima, Perú. 21p.
- Bittochi, R. 2003.** Reacción de genotipos de frijol a *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia solani* bajo condiciones de campo e invernadero. *Agricultura Técnica en México* 35:455-466.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura tropical). 1980.** Enfermedades del frijol causadas por hongos y su control. Guía de estudio. CIAT; Cali, Colombia. pp. 47-51.
- Campos, J. 1991.** Enfermedades del frijol. Trillas; México, D. F. 132 p.
- Chung, Y.R., Hoitink, H.A.J., and Lipps, P.E. 1988.** Interactions between organic-matter decomposition level and soilborne disease severity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 24:183-193.

- CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato). 2013.** Manual de plagas y enfermedades en frijol. Campaña de Manejo Fitosanitario de Frijol. CESAVEG; Celaya, Guanajuato. 24 p.
- Dirección General de Sanidad Vegetal. 1998.** Guía de plaguicidas autorizados de uso agrícola. SAGARPA; México, D. F. 504 p.
- Domínguez, V.A. 1989.** Tratado de fertilización. 2a. ed. Mundi-Prensa, Madrid. 601 p.
- Elivier, F., Esquivel-Villagrana, F., Padilla-Ramírez, J.S., Ochoa-Márquez, R., y Reyes-Muro, L. 2002.** Efecto de la fecha de siembra y el régimen de humedad en el desarrollo de pudriciones de raíz y el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista Mexicana de Fitopatología 20:161-167.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012** Los fertilizantes y su uso. 4a. ed. FAO-IFA; Roma, Italia. 87 p.
- Fernández, R. 2006.** Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora infestans* (Mont.) de Barycon extractos metanólicos de hojas. Revista Mexicana de Fitopatología 21:13-18.
- Gill-Langarica, R. 2008.** Desarrollo de Métodos Inmunoquímicos para el análisis de los fungicidas Estrobilurínicos. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos Departamento de Biotecnología. Valencia, España. 391 p.
- Guzmán, P. 2002** Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): manejo integrado de plagas y enfermedades de forma orgánica con extractos botánicos. Revista Mexicana de Fitopatología 20:161-167.
- Hoitink, H.A.J., Stone, A.G., and Han, D.Y. 1997.** Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. Agronomía Costarricense 21:25-33.
- Huerta, E., Gómez, R., y Constantino, M. 2008.** Manual de aplicación y reproducción de biofertilizantes. El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa. Villahermosa, Tabasco. 40 p.

- INEGI. 1998.** Cuaderno estadístico municipal de Metepec, Estado de México. Ed. 1998. INEGI; Toluca, México. pp. 3-9.
- Laboratorio de Análisis de Suelos. 2013.** Resultados de análisis de suelos. ICAMEX; Metepec, México.
- Lara, M. 2015.** Caracterización patogénica y genética de aislamientos mexicanos de *Fusarium solani* sp. *phaseoli*(Burk.) Snyd. & Hans. Revista Facultad de Agronomía. Instituto Tecnológico el Llano Aguascalientes, Aguascalientes, México. 539 p.
- López, M. 2009.** Tecnologías de producción del cultivo de frijol. ICAMEX; Metepec, México, México. 9 p. (Folleto Técnico).
- López-Martínez, J.D., Díaz-Estrada, A., Martínez-Rubín, E., y Valdez-Cepeda, R.D. 2001.** Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Tierra Latinoamericana 19:293-299.
- López-Martínez, J.D., Gallegos-Robles, M., Serrato, C.S.S., Valdez-Cepeda, R.D., y Martínez-Rubín, E. 2002.** Producción de algodón transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas. Tierra Latinoamericana 20: 321-327.
- Loredo, O.C., López, R.L., y Espinosa, V. 2004.** Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas. Terra Latinoamericana 22:225-239.
- Martínez G.M.A, E. O. 2008.** Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México. Campo experimental San Luis, CIRNE-INIFAP.54p.
- Matheus, L. 2004.** Evaluación agronómica del uso de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizante) en el cultivo de maíz. Bioagro 219-224.
- Martínez, L.B., y Pugnaire, F.I. 2009.** Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. Ecosistemas 18:44-54.

- Mena, C.J. 2010.** Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de frijol en Zacatecas. Ciencia y Tecnología para el Campo. INIFAP. 91p.
- Moreno, E. 1988.** Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. Universidad Nacional Autónoma de México; México, D.F. 105 p.
- Muciño, S. 1998.** Guía para cultivar frijol en el Estado de México. ICAMEX, Metepec, México, México.
- Nelson, E.B., Kuter, G.A., and Hoitink, H.A.J. 1983.** Effects of fungal antagonist and compost age on suppression of *Rhizoctoniasolani* damping-off in container media amended with composted hardwood bark. *Phytopathology* 3:1457-1462.
- PRODIFA (Productores y Distribuidores Farfán S. de P.R. de R.L.). 2009.** Zinacantepec, Estado de México.
- Proyecto Red SICTA. 2008.** Guía de identificación y manejo integrado de las enfermedades del frijol en América Central / IICA/ Proyecto Red SICTA, COSUDE.Managua, Nicaragua. 32 p.
- Ramírez, M. 2009.** Efecto de la fertilización orgánica y combinada en el rendimiento de brócoli (*Brassicaoleracea* L. var. *italica*) y coliflor (*Brassicaoleracea* L. var. *botrytis*), y características del suelo. Tesis de Maestro en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México. 57 p.
- Restrepo, J. 2013.** El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas/ Jairo Restrepo Rivera. 2a. ed. Managua, Nicaragua. 262 p.
- Ruiz, F.J.F. 1999.** La agricultura orgánica como una biotecnología moderada y ética en la producción de alimentos. En: Memorias del IV Foro Nacional sobre Agricultura Orgánica. Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo y Consejo Nacional Regulador de la Agricultura Orgánica. Montecillo, México, México. Del 8 al 10 de noviembre de 1999.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y**

- Alimentación).** 2014. Abonos orgánicos. SAGARPA, Colegio de Postgraduados; México, D. F. 8 p.
- SAS System.**1999. Statistical Analysis System. Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Secretaría de Economía.** 2012. Análisis de la cadena de valor de frijol. Gobierno de la República, SE; México, D.F. 39 p.  
[www.economia.gob.mx/.../ analisis\\_cadena\\_valor\\_frijol.pdf](http://www.economia.gob.mx/.../ analisis_cadena_valor_frijol.pdf).
- SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario).** 2010. Cierre de producción agrícola 2010. Granos. Gobierno del Estado de México, SEDAGRO; Metepec, México, México. 10 p.
- Schwartz, H.F., y Gálvez, G.E.** 1980. Problemas de producción de frijol. CIAT; Cali, Colombia.p. 424.
- Seifert, K.** 1996. Fuskey.Fusarium interactive key.Agr.&Agri-Food Canada.ISBN 0-662-24111-8.
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera).** 2005. Situación actual y perspectivas del frijol en México 2000-2005. SAGARPA; México, D.F.  
[www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Perspectivas/Frijol00.05.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Perspectivas/Frijol00.05.pdf). Consultado: Febrero de 2015.
- Siles, H.** 2008. Manejo orgánico de brocolí (*Brassicaoleracea L. var.Italica*), col (*BrassicaoleraceaL.var. capitata*) y coliflor (*Brassicaoleracea L. var. botrytis*). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias Agrícolas. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, México.
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H.** 1986. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2a. ed. McGraw-Hill; México, D. F. 622 p.
- Tamayo, E., y Parrado,** 2010. Efectividad biológica del fungicida/insecticida

thiamethoxan 20% + difenoconazol 20% + mefenoxan 2% ps sobre insectos y enfermedades en frijol (*Phaseolus vulgaris*L.). Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. La Habana, Cuba.17p.

**Thomson-PLM. 2014.** Diccionario de especialidades agroquímicas .Fertilizantes, agroquímicos y productos orgánicos. PLM DEAQ. México, D.F. 1904 p.

**Urrutia, S. 1982.** Conocimiento del suelo agrícola .Centro Nacional de Productividad de México, A. C. México, D.F 249.

**Warham, E.J., Butler, L.D., y Sutton, B.C. 2000.** Sistemas sostenibles de maíz y trigo. Ensayos para la semilla de maíz y de trigo. Manual de Laboratorio. CIMMYT; México, D. F. 84 p.

**Wildford, G. 2009.** Buenas prácticas agrícolas y mejores prácticas. Proyecto demostrativo de la cadena productiva del cultivo.INIFAP;México, D.F. 20 p.

**Zepeda del Valle, J. 2005.** La competitividad de la cadena productiva de frijolen Zacatecas. Zacatecas, México. Universidad Autónoma Chapingo, Dirección de Centros Regionales Centro, Región Universitario Centro Norte. 98 p.