



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**“Enfermedades bacterianas asociadas a semillas de frijol,
producidas en tres localidades de Sinaloa”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

P R E S E N T A:

LOURDES MAGDALENA PEÑA GARCÍA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. ROSA NAVARRETE MAYA

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO



**DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE**

**ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos a comunicar a usted que revisamos **La Tesis:**

“Enfermedades bacterianas asociadas a semillas de frijol, producidas en tres localidades de Sinaloa”.

Que presenta la pasante **LOURDES MAGDALENA PEÑA GARCÍA**
Con número de cuenta: **40704046-9** para obtener el Título de: **Ingeniera Agrícola**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de Noviembre de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Rosa Navarrete Maya	<i>Rosa Navarrete Maya</i>
VOCAL	M.E. Elva Martínez Holguín	<i>E. Martínez Holguín</i>
SECRETARIO	Ing. Hilda Carina Gómez Villar	<i>Hilda Carina Gómez Villar</i>
1er SUPLENTE	Ing. Aurelio Valadéz López	<i>A. Valadéz López</i>
2do SUPLENTE	Ing. Ángel Cipriano López Cortés	<i>Ángel Cipriano López Cortés</i>

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

HHA/Vc

DEDICO

A:

Dios:

Por cuidar mi camino y permitirme llegar a esta meta, teniéndolo siempre presente en mi vida.

Mis padres:

Las personas que hacen todo en la vida para que yo pueda alcanzar mis sueños. Por ser mi motor de arranque, y no desistir en su labor de guía y sostén. A ustedes por siempre mi amor y gratitud.

Mis hermanos:

Abraham, Lizette y Erick por ser un ejemplo.

Agradecimientos:

Principalmente a la Dra. Rosa Navarrete Maya, por compartir sus conocimientos, por apoyarme en la realización de esta tesis y en muchos aspectos más, y por permitirme conocer su gran calidad humana.

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACyT por el financiamiento otorgado al proyecto “Desarrollo de variedades de frijol de alto rendimiento, tolerantes a sequía, resistentes a patógenos y con la calidad que demanda el consumidor”, clave 109621.

Al INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (INIFAP), en especial al Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos y al M.C. Rafael Anastasio Salinas Pérez (Q.E.P.D.), por facilitarme los recursos y el material para la realización de esta tesis.

ÍNDICE

Listado de figuras	VIII
Listado de Cuadros.....	IX
Listado de Gráficas.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos particulares	3
1.3 Hipótesis	3
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 Clasificación y descripción botánica del frijol	4
2.2 Fenología del cultivo	5
2.3 Hábitos de crecimiento	6
2.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	8
2.4.1 Clima	8
2.4.2 Suelo	8
2.5 Manejo del cultivo.....	9
2.5.1 Control de malezas.....	9
2.5.2 Riego y drenaje.....	10
2.5.3 Control de plagas	11
2.6 Enfermedades.....	11
2.6.1 Causadas por hongos	12
2.6.2 Causadas por virus	13
2.6.3 Causadas por bacterias	14
2.7 Calidad de la semilla	23
2.8 Consumo y situación nacional	24
2.8.1 Producción actual del frijol a nivel nacional.....	25

2.8.2 Situación actual del frijol a nivel nacional.....	28
2.8.3 Empleos asociados al cultivo del frijol a nivel nacional	28
2.8.4 Consumo y preferencias de frijol por región	29
2.9 Características edafoclimaticas de Sinaloa.....	32
2.9.1 Condiciones ambientales de la zona de producción de las semillas	33
2.10 Antecedentes del material varietal	39
2.10.1 Origen y Características	39
3. MATERIALES Y MÉTODOS	41
3.1 Análisis Sanitario	41
3.1.1 Pruebas sin incubación.....	41
3.1.2 Pruebas con incubación.....	42
3.2 Análisis fisiológico	44
3.2.1 Peso de plántulas	47
3.3 Patogenicidad de las cepas aisladas.....	47
3.4 Análisis estadístico.....	51
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
4.1 Pruebas sin incubación.....	52
4.2 Pruebas con incubación, siembra en Agar Nutritivo (AN)	53
4.2.1 Siembra en medio específico.....	54
4.3. Pruebas con incubación, siembra en Papa dextrosa agar (PDA).....	55
4.3.1. Comparación entre localidades.....	55
4.3.2 Comparación entre variedades.....	59
4.4 Análisis Fisiológico (prueba de vigor y germinación).....	61
4.4.1 Comparación entre localidad	61
4.4.2 Comparación entre variedades.....	66
5. CONCLUSIONES.....	86

6. BIBLIOGRAFÍA.....	87
7. ANEXOS	95

Listado de figuras

Figura 1. Etapas fenológicas del frijol.	5
Figura 2. Esquema de los 4 tipos de hábitos de crecimiento.....	7
Figura 3. Bacterias generadoras de tizones y sus síntomas.	15
Figura 4. Climas de Sinaloa.	32
Figura 5. Mapa de la zona de producción de las semillas.	34
Figura 6. Siembra en Agar Nutritivo (AN).....	42
Figura 7. Colorantes para Gram	44
Figura 8. Laminillas teñidas	44
Figura 9. Siembra de semillas y formación de los “tacos”	45
Figura 10. Evaluación de vigor.....	46
Figura 11. Evaluación de plántulas	46
Figura 12. Prueba de patogenicidad	48
Figura 13. Cepa de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> (<i>Psp</i>).....	49
Figura 14. Evaluación de severidad.....	50
Figura 15. Prueba presuntiva para detectar infección por <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> por fluorescencia.....	53

Listado de Cuadros

Cuadro 1. Tipos de hábito de crecimiento.....	7
Cuadro 2. Característica de los géneros bacterianos inductores de Tizones	16
Cuadro 3. Calidad en semillas de frijol.....	24
Cuadro 4. Balanza mensual de disponibilidad de consumo (Miles de Toneladas)	25
Cuadro 5. Producción de frijol a nivel nacional.....	26
Cuadro 6. Producción de frijol en Sinaloa para el ciclo O-I, 2009-2010.....	27
Cuadro 7. Producción de frijol en Guasave/Mochis, ciclo O-I, 2009-2010	28
Cuadro 8. Producción de frijol en México, por clase comercial	30
Cuadro 9. Características de las variedades de frijol	39
Cuadro 10. Características de plantas normales y anormales	45
Cuadro 11. Prueba presuntiva por detección de fluorescencia	52
Cuadro 12. Porcentaje de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> obtenidas por estriado en medio Agar nutritivo.....	54
Cuadro 13. Resiembra de bacterias en medios específicos.....	55
Cuadro 14. Porcentaje de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA).....	56
Cuadro 15. Porcentaje de <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i> (<i>Xcp</i>) obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA).....	57
Cuadro 16. Porcentaje de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> (<i>Psp</i>) obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA) (análisis por variedades).....	59
Cuadro 17. Porcentaje de <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i> (<i>Xcp</i>) obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA) (análisis de variedades).....	60
Cuadro 18. Porcentaje de vigor en toallas enrolladas (análisis por localidades)	62
Cuadro 19. Porcentaje de germinación en toallas enrolladas (análisis por localidades).....	63
Cuadro 20. Crecimiento (cm) de raíz de plántulas de frijol (análisis por localidades)	64
Cuadro 21. Crecimiento (cm) de hipocótilo de plántulas de frijol (análisis por localidades) ...	64
Cuadro 22. Porcentaje de vigor en toallas enrolladas (análisis por variedades)	66

Cuadro 23. Porcentaje de germinación en toallas enrolladas (análisis por variedades)	67
Cuadro 24. Rendimiento (kg/ha) de cuatro variedades de frijol en distintos ciclos de siembra (O-I).....	68
Cuadro 25. Crecimiento (cm) de raíz de plántulas de frijol (análisis por localidades).....	68
Cuadro 26. Crecimiento (cm) de hipocótilo de plántulas de frijol (análisis por localidades) ..	69
Cuadro 27. Resultados de Índice de Evaluación del Desarrollo de la Plántula (IEDP) en las distintas variedades	72
Cuadro 28. Tasa aparente de infección de la cepa Sinaloa, var. Aluyori (inóculo 1), en las cinco variedades.....	75
Cuadro 29. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada de la cepa Sinaloa, var. Aluyori (inóculo 1) en cinco variedades	76
Cuadro 30. Tasa aparente de infección de la cepa Celaya, var. Azufrasin (inóculo 2), en las cinco variedades.....	78
Cuadro 31. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada del inóculo 2 en cinco genotipos.....	79
Cuadro 32. Tasa aparente de infección de la cepa Sinaloa, var. Azufrasin (inóculo 3), en las cinco variedades.....	81
Cuadro 33. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada de la cepa Sinaloa, var, Azufrasin (inóculo 3) en cinco variedades.....	82
Cuadro 34. Tasa aparente de infección del tratamiento testigo, en las cinco variedades.....	84
Cuadro 35. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada del tratamiento testigo en cinco variedades	84

Listado de Gráficas

Gráfica 1. Superficie sembrada (ha) en el ciclo 07-11 de los estados más productivos.	27
Gráfica 2. Consumo <i>per cápita</i> (kg) de frijol en México	30
Gráfica 3. Temperatura media anual de Sinaloa, 2001-2011	33
Gráfica 4. Condiciones climáticas de Guasave, Sin.	35
Gráfica 5. Condiciones climáticas de Ahome, Sin.	36
Gráfica 6. Condiciones climáticas de Los Mochis, Sin.	37
Gráfica 7. Condiciones climáticas de Celaya, Gto.....	38
Gráfica 8. Correlación entre <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> vs <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i> para Guasave	58
Gráfica 9. Comparación del porcentaje de infección de <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i> y <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>phaseoli</i> en las semillas de las cuatro variedades.	61
Gráfica 10. Comparación del porcentaje de vigor y germinación de las semillas producidas en las cuatro localidades (ciclo O-I, 2009).	65
Gráfica 11. Comparación del crecimiento (cm) de raíz e hipocótilo de las plántulas producidas en las cuatro localidades (ciclo O-I, 2009).	66
Gráfica 12. Comparación del porcentaje de vigor y germinación de las semillas de las cuatro variedades (ciclo O-I, 2009).	70
Gráfica 13. Comparación del crecimiento (cm) de raíz e hipocótilo de las plántulas de las cuatro variedades (ciclo O-I, 2009).	71
Gráfica 14. Severidad del inóculo (cepa de Sinaloa var. Aluyori) inoculado en invernadero, 2013.	74
Gráfica 15. Progreso de la enfermedad causada por cepa Sinaloa, var. Aluyori (inóculo 1)..	75
Gráfica 16. Severidad de la cepa de Celaya, var. Azufrasin (inóculo 2) inoculado en invernadero, 2013.....	77
Gráfica 17. Progreso de la enfermedad causada por la cepa Celaya, var. Azufrasin (inóculo 2).	78
Gráfica 18. Severidad de la cepa de Sinaloa, var. Azufrasin (inóculo 3), inoculado en invernadero, 2013.....	80

Gráfica 19. Progreso de la enfermedad causada por la cepa Sinaloa, var. Azufrasin (inóculo 3).	81
Gráfica 20. Severidad del Tratamiento testigo, inoculado en invernadero, 2013.	83
Gráfica 21. Comportamiento de las plántulas testigo.	83
Gráfica 22. Progreso de los tres tipos de inóculo.	85

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas de los cultivos son de importancia debido al impacto que pueden tener en su producción, desarrollo y cosecha ya que alteran su fisiología de manera significativa y reducen el porcentaje de consumo de la población.

En nuestro país el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) suele ser atacado por enfermedades bacterianas, que se presentan en todas las zonas productoras del cultivo, las principales son el tizón común y el de halo (Prudencio *et al.*, 2008).

Campos, 1991; Navarrete y Acosta, 2000 mencionan que el tizón de halo, inducido por *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* provoca la defoliación prematura de las plantas y llega a causar la muerte de plantas jóvenes en germoplasma susceptible. El tizón común inducido por *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* generalmente ataca en la etapa reproductiva. El daño que provoca esta enfermedad es tan severo que se tienen registros de pérdidas hasta del 100% (Campos, 1991; Navarrete *et al.*, 1996).

Se considera que el frijol ha sido cultivado desde hace ocho mil años y que nuestro país es centro de origen de diversos tipos de frijol, el principal *Phaseolus vulgaris* (SIAP, SAGARPA, 2010), por lo cual las enfermedades en este cultivo toman una mayor relevancia.

En el estado de Sinaloa a partir de los 90`s aumentó el porcentaje de la superficie sembrada, con un comportamiento constante ya que las condiciones climáticas y el precio promedio rural lo permitió. Se ha adoptado a este cultivo para el ciclo otoño-invierno; sin embargo, existen problemas fitosanitarios y de manejo agronómico que representan pérdidas en la producción; debido a esto se ha tratado de adoptar variedades mejoradas genéticamente para poder enfrentar los problemas de calidad de grano, con el aporte al cultivo de tolerancia o resistencia a las enfermedades que lo atacan. Todo esto con la finalidad de un mayor beneficio para los productores al

incrementar su rendimiento en la producción, obteniendo una mejor ganancia (Salinas y Rodríguez, 2008).

Al ser el frijol un producto de la canasta básica se debe asegurar su producción, y evitar que las enfermedades limiten su potencial de rendimiento, lo cual provocaría el incremento de los precios al generar un desequilibrio de oferta-demanda y afectar el consumo de la población. Y no solo se ve perjudicado este sector, sino la base de la cadena que son los productores nacionales y los jornaleros que son contratados para la producción de este cultivo. Por lo cual es necesario conocer las características de las variedades que mejor se adaptan a la zona de producción para aprovechar sus condiciones climáticas, y que estas condiciones sean un factor favorable en el desarrollo del cultivo.

Como en todos los cultivos las enfermedades asociadas a estos son muy importantes, en el caso del frijol las ocasionadas por bacterias como el tizón de halo y el tizón común constituyen serios problemas en la producción, no solo a nivel nacional sino también internacional. El tizón común es la principal enfermedad bacteriana del frijol, provocando pérdidas de hasta un 40% (IICA, 2008).

En nuestro país se tiene el reporte de presencia de las tres principales enfermedades ocasionadas por bacterias, como son: “tizón de halo”, “tizón común” y en algunas regiones la llamada marchitez bacterial, ocasionadas por *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas campestris* y *Curtobacterium flaccumfaciens* respectivamente (Barrera y Díaz, 2002).

Es necesario hacer conciencia a los productores de que deben buscar variedades que sean más productivas y resistentes a las enfermedades recurrentes en su zona de producción. Esto les permitiría planear estrategias y labores culturales que les ayuden a identificar y controlar a tiempo la enfermedad.

Es importante tener presente que las enfermedades no surgen por un solo factor. Puede surgir la enfermedad por la interacción de condiciones climáticas, el sistema

de producción, la variedad utilizada y la presencia de residuos de siembras anteriores los cuales tenían la presencia del patógeno causante de la enfermedad (Hernández y Araya, 2006). Esto es a lo que se le conoce como “triángulo epidemiológico” el cual nos dice que el efecto causal de la enfermedad está formado por ambiente-patógeno-hospedero.

Por lo tanto, es necesario realizar pruebas a las semillas para conocer sus atributos y posible comportamiento en campo y más en variedades de reciente liberación, para poder recomendar a los productores la semilla que mejor se adapte a su zona.

1.1 Objetivo general

Identificar las bacterias presentes en semillas de frijol de cuatro variedades así como su influencia en el desarrollo fisiológico de la planta.

1.2 Objetivos particulares

- Evaluar a través de distintas metodologías, la presencia y patogenicidad de los organismos presentes en semillas de frijol de cuatro variedades.
- Evaluar el valor germinativo de las semillas de frijol de cuatro variedades y el efecto de los patógenos en ellas.
- Determinar la severidad del tizón de halo y del común en plantas de frijol de las variedades en estudio.
- Comparar la calidad de semillas del mismo germoplasma producidas en Sinaloa y en Guanajuato

1.3 Hipótesis

Las características ambientales de las localidades de siembra influyen en el desarrollo de las enfermedades bacterianas del frijol asociadas a semillas.

2. ANTECEDENTES

2.1 Clasificación y descripción botánica del frijol

Clasificación taxonómica de acuerdo a lo asignado por Linneo en 1753 (citado por www.conabio.gob.mx):

Familia: *Leguminosae*

Subfamilia: *Papilionoidae*

Tribu: *Phaseolae*

Género *Phaseolus*

Especie: *Phaseolus vulgaris* L

La descripción técnica de Isely, 1990 (citado por www.conabio.gob.mx) es la siguiente:

- Hábito y forma de vida: Hierba de vida corta, enredada en forma de espiral en algún soporte, o erecta en forma de arbusto.
- Tamaño: De hasta 40 cm de alto los tipos arbustivos y de hasta 3 m de largo las enredaderas.
- Hojas: Las hojas son alternas, pecioladas, compuestas con 3 hojas ovadas a rómbicas, con el ápice agudo.
- Inflorescencia: Pocas flores dispuestas sobre pedúnculos, ubicados en las axilas de las hojas; las flores acompañadas por brácteas estriadas.
- Flores: El cáliz es un tubo en forma de campana que se divide en 5 lóbulos, 2 de los cuales se encuentran parcialmente unidos; la corola rosa-púrpura a casi blanca, de 5 pétalos desiguales, y que envuelve a los estambres y al ovario; estambres 10, los filamentos de 9 de ellos están unidos y 1 libre; ovario

angosto, con 1 estilo largo y delgado, con pelos hacia el ápice, terminado en un estigma pequeño.

- Frutos y semillas: Legumbres lineares, de hasta 20 cm de largo, a veces cubiertos de pelillos; semillas globosas, variables (www.conabio.gob.mx).

2.2 Fenología del cultivo

El ciclo de este cultivo en su forma silvestre y en la cultivada es anual, puede variar de 80 días en las variedades precoces hasta 180 días en variedades trepadoras (COVECA, 2011).

De acuerdo a lo citado por Arias *et al.*, (2007), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1987), estableció una escala para el desarrollo fisiológico del frijol; dividiéndolo en 2 fases importantes: la fase vegetativa y la reproductiva.

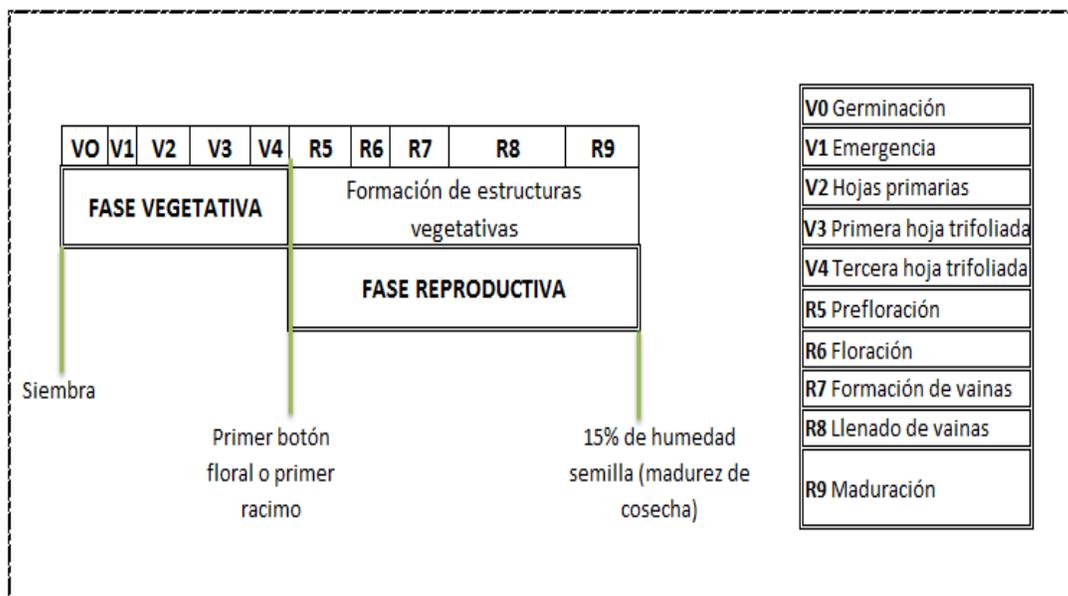


Figura 1. Etapas fenológicas del frijol.
Fuente: Arias *et al.*, 2007

Fase vegetativa: Ésta ocurre en el momento en el cual la semilla cuenta con las condiciones óptimas para que inicie el proceso de germinación y concluye con la aparición de los primeros botones florales. Esta fase es la más relevante ya que en ella se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva.

Fase reproductiva: esta fase inicia con la aparición de los botones florales para poder llegar a la madurez de cosecha.

Aunque estas 2 fases son las más importantes, durante el ciclo del cultivo se han identificado otras más, las cuales se definen por eventos fisiológicos característicos, lo cual nos indica, que cada etapa se delimita por el comienzo de un proceso y termina con el inicio de otro (Figura 1).

2.3 Hábitos de crecimiento

Arias *et al.*, (2007) cita que los factores más importantes que afectan la duración de las etapas de desarrollo del frijol son la variedad y el clima, aunque también influyen otros factores como la fertilidad, las características físicas del suelo, la sequía y la luminosidad, entre otros.

Este cultivo presenta varios tipos de hábito de crecimiento, clasificándose en 4 (FENALCE, 2009) (Figura 2). Antes de elegir una variedad de siembra, es importante tener en cuenta el tipo de crecimiento de la variedad seleccionada, con respecto a la condición ambiental de la zona de producción (Cuadro 1).

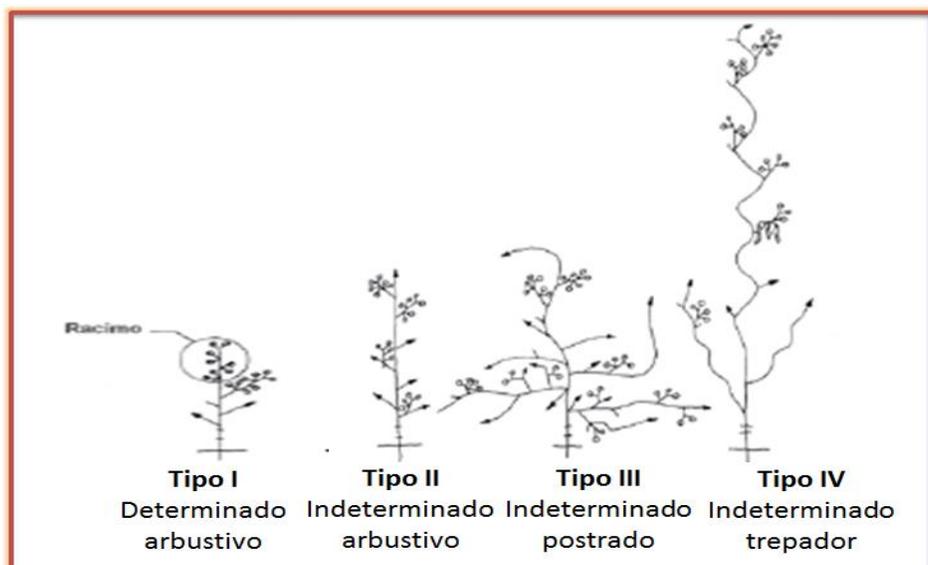


Figura 2. Esquema de los 4 tipos de hábitos de crecimiento.

Fuente: Arias *et al.*, 2007

Cuadro 1. Tipos de hábito de crecimiento

Hábito de crecimiento	Tallo	Altura	Floración
Tipo I	Termina en una inflorescencia, tallo principal vigoroso y presenta de 5 a 10 internudos.	De 30 a 50 cm.	Floración rápida y la madurez de las vainas ocurre en forma bastante concentrada.
Tipo II	El tallo principal desarrolla una guía de escaso crecimiento	Crecimiento erecto, Indeterminado	Después de la floración continua el crecimiento.
Tipo III	Tallo trepador a partir de las guías	Hábito postrado o semipostrado, generalmente mayor a 80 cm	Floración más prolongada que el Tipo I y II
Tipo IV	Tallo principal de 20 a 30 nudos	Hábito indeterminado, trepador. ≥ 2 m.	Floración prolongada durante varias semanas

Fuente: datos Arias *et al.*, 2007

2.4 Requerimientos edafoclimáticos

El frijol se puede considerar como un cultivo muy noble, ya que los requerimientos para su desarrollo permiten que se pueda cultivar y adaptar en diferentes regiones del mundo, aun con esto son necesarias ciertas características edafoclimáticas para lograr que el proceso productivo del frijol se concluya con buenos rendimientos, siempre buscando un desarrollo que brinde una producción exitosa, a continuación se mencionan los factores a tomar en cuenta para cultivar el frijol.

2.4.1 Clima

Su distribución altitudinal va de los 0 hasta los 2400 msnm (Crispín y Miranda, 1978). El frijol se produce en casi todas las regiones menos las que presentan condiciones muy frías, ya que este cultivo no es tolerante a heladas ni bajas temperaturas. Las temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo oscilan entre 10 °C a 27 °C (Arias *et al.*, 2007).

2.4.2 Suelo

Debido a que este cultivo puede llegar a presentar enfermedades por hongos y bacterias, es importante mantener un terreno bien drenado, evitando los excesos de humedad para que no prolifere la presencia de organismos patógenos.

Es de suma importancia contar con un suelo que cumpla con las condiciones más apropiadas para el cultivo, el beneficio de esto se presenta desde el momento de la germinación, favorece el crecimiento radicular de la planta, y facilita el completo desarrollo de la misma.

El frijón requiere de suelos profundos y fértiles, con buenas propiedades físicas, de textura franco limosa, aunque también tolera texturas franco arcillosas. Crece bien en suelos con pH entre 5.5 y 6.5 (Arias *et al.*, 2007).

2.5 Manejo del cultivo

Se busca un buen manejo de cultivo con la finalidad de que éste cuente con las condiciones favorables para un buen desarrollo, este manejo debe abarcar desde el momento de la selección del terreno, las labores agrícolas correctas a realizar al cultivo de acuerdo a su hábito de crecimiento, hasta llegar el momento de la cosecha, asegurando que la cosecha se realice en el momento correcto al igual que de una manera eficaz.

El manejo del cultivo se debe realizar con paquetes tecnológicos adecuados y adaptados a la zona de producción y a las necesidades de cada productor.

2.5.1 Control de malezas

Es importante tener el cultivo libre de malezas o en un nivel donde éstas no afecten la cosecha, ya que se considera que, en el cultivo del frijol, las malezas pueden ocasionar pérdidas entre 15 y 97% en los rendimientos (Córdoba y Casas, 2003, citado por Arias *et al.*, 2007).

La etapa de más cuidado debe ser entre los primeros 30 a 45 días del ciclo, ya que es en este periodo cuando se presenta una mayor competencia entre maleza-cultivo, debido a que el cultivo está en una etapa de adaptación al terreno, por lo cual se busca que la población de malezas en este periodo no sea superior a la del cultivo, ya que al frijol se le considera como una planta poco competitiva (Ríos y Quiroz, 2002, citado por Arias *et al.*, 2007). Las malezas también pueden ser una fuente de inóculo para patógenos, favoreciendo la diseminación de las enfermedades.

El método de control puede ser mecánico o químico, hay que recordar que para que el método sea eficiente se debe aplicar oportunamente para contrarrestar el efecto de las malezas, sin olvidar la conciencia ambiental.

2.5.2 Riego y drenaje

Para todos los cultivos el requerimiento de agua dependerá de distintos factores como son la temperatura, la humedad relativa, el tipo de suelo y la variedad. En especial, para el caso del frijol el riego depende del tipo de hábito de crecimiento de la variedad. Sin embargo, las etapas que requieren de mayor cantidad de riego son la etapa de desarrollo y etapa media; es decir la fase vegetativa, de floración, formación y llenado de vainas (Arias *et al.*, 2007).

Se ha calculado que las necesidades hídricas promedio de este cultivo están en el rango de 300 a 400 mm de agua, ya que la falta de ésta llega a afectar el rendimiento del frijol (Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, 1991).

Para que el agua sea mejor aprovechada debe de existir un buen drenaje en el terreno, consiguiendo con esto aprovechar el bulbo de humedad y evitar el exceso de agua, para que no se vea afectado el desarrollo de la planta y no favorecer la presencia de patógenos.

Ciertas variedades de frijol toleran el estrés hídrico del suelo mejor que otras variedades (Urrea *et al.*, 2010). Debido a esto es importante la preparación del terreno, ya que cuando el suelo se encuentra compactado las raíces del cultivo se ven perjudicadas limitando su crecimiento y la eficiencia del riego se ve disminuida, ya que la filtración no se logra de manera correcta. Cuando no se cuenta con un buen riego se provoca en las plantas lo que se conoce como estrés hídrico, provocando un nivel bajo en el desarrollo o la muerte de las plantas.

Mc Vaugh (1987) menciona que el frijol en su forma cultivada requiere de una adecuada disponibilidad de agua para llegar a su etapa de floración y fructificación, logrando con esto tener un buen rendimiento del cultivo.

2.5.3 Control de plagas

Esta labor toma gran importancia ya que se debe de mantener el nivel de las poblaciones por debajo del umbral económico, esto se puede lograr realizando muestreos periódicamente para poder detectar a tiempo el problema y tomar las acciones necesarias para controlarlo o erradicarlo.

El control puede empezar con la eliminación de las plantas en las que se ha detectado la presencia o el síntoma de alguna plaga evitando con esto el crecimiento de la población atacante.

Existen distintos métodos de control, como los biológicos, los mecánicos o los químicos; sin embargo, lo mejor siempre será llevar a cabo un manejo integrado de plagas (Mip). Este tipo de control consiste en llevar un control biológico, acompañado de un control cultural y la resistencia vegetal, siempre se debe de tener presente que el control químico no es el único método ni el que se deba de utilizar primero para combatir una plaga (Romero, 2004).

Mena y Velásquez (2010) señalan que el manejo integrado de plagas es una estrategia que trata de mantener las plagas y enfermedades de un cultivo en niveles que no causen daño económico, utilizando preferentemente los factores naturales adversos a su desarrollo, incluidos los factores de mortalidad natural, y sólo en última instancia se recurre al uso de plaguicidas como medida de emergencia.

2.6 Enfermedades

El número aproximando de las enfermedades que se han detectado en nuestro país para el cultivo de frijol es de 30, esta cifra está conformada por las causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos (Campos, 1991). Las enfermedades que se transmiten por semilla o que son propagadas por factores como la lluvia o el riego, son las que presentan mayores problemas en este cultivo (Messiaen y Blancar, 1995).

Para el estado de Sinaloa las que presentan mayor incidencia son hongos y virus, en cuanto a bacterias la que se presentan con mayor frecuencia es la causante del Tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) (www.fps.org.mx).

Para identificar y determinar una enfermedad se utilizan los 4 puntos de los Postulados de Koch, que son de gran importancia para determinar el origen de la enfermedad, los cuales consisten en llevar a cabo los siguientes pasos:

1. El organismo causal se debe encontrar en toda la población que presente la enfermedad.
2. El organismo se debe aislar en un cultivo puro.
3. Lo que se obtuvo en el cultivo puro, se debe inocular en individuos sanos y causar la misma enfermedad.
4. Se debe aislar nuevamente el organismo causal a partir de los individuos que fueron inoculados e identificarlo nuevamente en un cultivo puro (González, 1985).

2.6.1 Causadas por hongos

Los hongos constituyen el grupo más numeroso de organismos patógenos, ocasionando pérdidas económicas tanto por el daño que producen, como por el costo que implica su combate (Arauz, 2011), entre ellos se encuentran:

- Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*). Ataca tallos, hojas y vainas de frijol que están en contacto con el suelo.
- Roya (*Uromyces appendiculatus* var. *appendiculatus*). Llega a ocasionar pérdidas hasta de un 25% en el rendimiento.
- Antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*). Es una de las principales enfermedades en México, causando daños más severos en las zonas de clima cálido

y húmedo, esta enfermedad ataca las hojas y las vainas del cultivo. (Miranda, 1966). Cuando el patógeno encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo, puede llegar a destruir hasta el 95% de la cosecha (Cabral *et al.*, 2009).

- Pudriciones de Raíz (*Rhizoctonia Solani*, *Fusarium spp.*). Esta enfermedad es típica de zonas productoras de frijol, causando daños severos en zona radicular. *Fusarium spp.* también ocasiona síntomas de pudrición de raíz, amarillamiento y marchitez de las plantas (Zandate y Galindo, 2006).

2.6.2 Causadas por virus

Los virus son agentes infecciosos que invaden al hospedero de forma sistémica (Messiaen y Blancar, 1995) “capaces de organizar su propia replicación dentro del hospedero adecuado, formados por una o más partículas, cada una de las cuales está constituida por ácido nucleico rodeado por una cubierta de proteína”. Las enfermedades producidas por virus forman el segundo grupo más numeroso de enfermedades de plantas (Arauz, 2011).

Algunas enfermedades de importancia en el frijol son las siguientes:

- Mosaico común del frijol (VMCF). En México esta enfermedad puede llegar a ocasionar pérdidas superiores al 50% de la superficie sembrada.
- Mosaico dorado del frijol (VMDF). Es la enfermedad viral más importante en toda América Central, los daños provocados llegan a afectar hasta el 100% del cultivo. Sus síntomas son moteados amarillos en las hojas y estas se pueden llegar a enrollar (IICA, 2008).
- Mosaico enano (VMCC). Antes conocido como el virus del moteado clorótico del Caupí. Provoca poca o nula producción de vainas lo cual provoca baja producción en la cosecha (Hernández y Araya, 2006). Esta enfermedad se encuentra distribuida en la mayoría de las regiones productoras de frijol con nivel de

infección muy bajos; sin embargo, tanto en Argentina como en México su nivel de incidencia ha alcanzado el grado epidémico (CIAT, 1988).

2.6.3 Causadas por bacterias

Una bacteria se define como un organismo con membrana y pared celular. Estos organismos microscópicos cuentan con un gran número de especies, alrededor de 1600, entre las que se encuentran las que afectan al hombre, a los animales y a las plantas, para el caso de plantas se conocen alrededor de 200 especies (Agrios, 1999).

La importancia de estos organismos radica en que tienen la capacidad de reproducirse con rapidez, por lo cual pueden llegar a afectar de manera severa a los cultivos que se desarrollan en condiciones climáticas favorables para la bacteria, creando una relación compatible para ser hospederos.

El proceso de reproducción de la mayoría de las bacterias es asexual, llamado “fisión binaria”, lo cual significa la invaginación de la bacteria por la membrana citoplásmica hacia la parte central de la célula, que divide al citoplasma en dos partes aproximadamente iguales (Agrios, 1999). Con lo que se generan dos células hijas.

En la actualidad las enfermedades causadas por bacterias están presentes a nivel mundial en zonas productoras de frijol.

En México se cuenta con el registro de enfermedades bacterianas presentes en zonas frijoleras, destacando 2 de las principales enfermedades originadas por bacterias, como son el “tizón de halo” (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) y el “tizón común” (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) (Díaz, 2002).

Las bacterias de los géneros *Pseudomonas* (*Psp*) y *Xanthomonas* (*Xcp*) son las de mayor importancia por las secuelas que deja su presencia en cultivos de importancia económica (Figura 3).

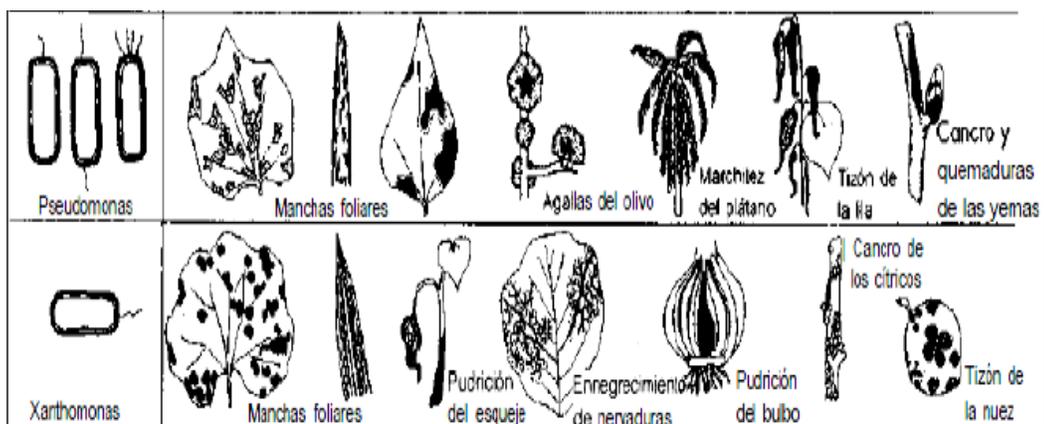


Figura 3. Bacterias generadoras de tizones y sus síntomas.

Fuente: Agrios, 1999

A continuación se menciona la clasificación, características principales y diferenciales de cada género (Agrios, 1999; Brenner y Staley, 2005):

Pseudomonas. Este género pertenece a la Familia Pseudomonadacea. Bacterias en forma de bacilos rectos o curvos, sus medidas de 0.4 a 1.0 X 1.5 a 4 µm, que tienen uno o varios flagelos polares y que forman colonias blancas. Su contenido de DNA (G -i- C) es del 58 al 70% mol.

Xanthomonas. Este género pertenece a la Familia Xanthomonadacea. Bacterias en forma de bacilo recto, sus dimensiones 0.4 a 1.0 X 1.2 a 3 µm, con un solo flagelo polar y que forman colonias amarillas. Su contenido de DNA (G + C) es de 63 a 71% mol (Cuadro 2).

Los patovares de cada uno de estos 2 géneros de bacterias no se pueden clasificar en un solo grupo, ya que cuentan con características diferentes:

Pseudomonas se clasifica principalmente en 2 grupos; las fluorescentes y las no fluorescentes, esto debido a los pigmentos que llegan a producir, el patovar *phaseoli* produce pigmentos fluorescentes difusibles, por lo tanto entra en el grupo de las fluorescentes.

En el caso de *Xanthomonas* su clasificación va de acuerdo al tipo de crecimiento que presentan sus colonias; las de crecimiento rápido y las de crecimiento lento. *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* se encuentra agrupado en las de crecimiento rápido (Messiaen y Blancar, 1995) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Característica de los géneros bacterianos inductores de Tizones

Especie	Categoría	Bacilos	Gram	Desarrollo	Colonia	Pigmentos difusibles en agua
<i>Pseudomonas</i>	Fluorescente No Fluorescente	Rectos o curvos (0.4 a 1.0 X 1.5 a 4 µm)	-	Rápido	Blanca	+
<i>Xanthomonas</i>	Desarrollo rápido Desarrollo Lento	Rectos (0.4 a 1.0 X 1.2 a 3 µm)	-	Rápido Lento	Amarilla	A veces + (pardo, en <i>fuscans</i>)

Fuente: Adaptada de Messiaen y Blancar, 1995 y Agrios, 1999.

Para la clasificación de las bacterias, se debe tomar en cuenta el crecimiento de la bacteria, la producción o no de pigmentos y el tipo de pared bacteriana (Messiaen y Blancar, 1995). Otras propiedades a considerar son la acción enzimática y la patogenicidad. La siembra en medios de cultivos selectivos ayuda a la identificación al igual que algunas técnicas de tinción, como la de Gram, que identifica bacterias positivas y negativas (Agrios, 1991).

Es importante tener en cuenta que las bacterias una vez que han infectado las semillas tienen la facultad de sobrevivir en ellas hasta el siguiente ciclo de siembra, y esta es la principal fuente de inóculo (Zandate y Galindo, 2006). Por otra parte pueden seguir presentes en el terreno en los residuos de siembra ya que en estos encuentran un ambiente óptimo para su conservación.

2.6.3.1 Tizón de halo (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*)

Tizón de halo es una enfermedad que se conoce desde 1892, cuando fue descrita por vez primera por Beach, aunque el patógeno causante se pudo describir hasta el año de 1897 por E.F. Smith (Díaz, 2002).

Es la enfermedad más importante del cultivo de frijol en todas las zonas donde se produce. Es una enfermedad perjudicial en climas templados (Koike *et al.*, 2007). Se sabe que *Pseudomonas syringae* produce toxinas de naturaleza lipodepsipeptídica, las cuales son las responsables de inducir necrosis o clorosis en los tejidos que se han infectado durante la patogénesis (Franco y Zavaleta, 2001).

2.6.3.1.1 Importancia económica y síntomas

Cuando el daño es severo, puede haber pérdidas hasta de 43%. Esta enfermedad ataca principalmente las hojas, sin embargo también puede atacar el sistema vascular. Se presentan en el envés de las hojas pequeños puntos o manchas acuosas, que después empiezan a tomar un color rojizo y posteriormente los tejidos de alrededor forman un halo redondo, de color verde claro. Cuando en la zona de producción del cultivo se encuentran condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la enfermedad, ésta se desarrolla de una manera más rápida y más severa, y se producen síntomas en todas las partes de la planta (Zandate y Galindo, 2006).

Otro síntoma que se presenta es la caída temprana de las hojas e incluso provoca que las plantas de genotipos susceptibles mueran en una etapa fisiológica temprana (Campos, 1991; Navarrete y Acosta, 2000). Genera exudados de color crema, que se pueden observar en las partes infectadas de la planta. Cuando el patógeno llega a atacar las vainas, éstas presentan signos iguales a los de las hojas y, como consecuencia, las vainas presentan deformaciones (www.pseudomonas-syringae.org).

Para su identificación una característica importante es la condición fluorescente que se llega a presentar en partes infectadas, esta condición es observable bajo luz ultravioleta (Messiaen y Blancar, 1995). Esta característica se hace más visible cuando la bacteria es cultivada en el medio B de King, esta prueba se utiliza para la identificación de la bacteria (Díaz, 2002).

2.6.3.1.2 Condiciones favorables para la enfermedad

Generalmente aparecen de tres a cinco días después de la infección en el envés de la hoja cuando la temperatura se encuentra en condiciones óptimas, el desarrollo de la enfermedad se favorece a temperaturas de 16° - 20 °C (Zandate y Galindo, 2006). Bajo estos rangos de temperatura la enfermedad puede destruir rápidamente las plantas, llegando a pérdidas del 100% (Díaz, 2002). Sin embargo, la producción de la toxina faseolotoxina que produce el halo se desarrolla a temperaturas más cálidas, entre los 20 y 23°C (Koike *et al.*, 2007).

2.6.3.1.3 Diseminación

Existen varios medios por los cuales se da la diseminación de esta enfermedad, empezando por semilla infectada, de ahí la importancia de sembrar preferentemente semilla certificada, la cual garantiza la calidad sanitaria de la misma (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21726364>).

Cuando en la parcela se han encontrado plantas con síntomas de la enfermedad, se debe tener mayor cuidado ya que existe la presencia de colonias bacterianas y puedan ser esparcidas por los implementos agrícolas, los trabajadores o por el agua. En el caso del agua, cuando se trata del ciclo Primavera-Verano (P/V) la enfermedad se esparce por medio de la lluvia, o el riego cuando se trata de un cultivo de Otoño-Invierno (O/I), lo cual provoca el esparcimiento de esta enfermedad a plantas sanas.

2.6.3.1.4 Control

Una práctica recomendable para el control de esta enfermedad es la rotación de cultivos para abatir su proliferación, evitando que el patógeno pueda seguir sobreviviendo en el suelo, y volverse a presentar en el siguiente ciclo (Zandate y Galindo, 2006).

De igual manera existen otros métodos, como la siembra con semilla sana; el método que se considera más eficaz es el uso de variedades mejoradas, que brinden resistencia a esta y otras enfermedades. También se puede recurrir a la aplicación de productos químicos (Navarrete y Acosta, 2000). Se pueden realizar acciones químicas preventivas, aplicando al follaje productos como oxiclورو de cobre, óxido cúprico, sulfato de estreptomina y sulfato de hidroestreptomina (Zandate y Galindo, 2006). Cuando la enfermedad ya está muy avanzada se sugiere la aplicación de sulfato de estreptomina en una dosis de 4g/L de agua, realizando esta aplicación cada 8 días (Díaz, 2002).

2.6.3.2 Tizón común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*)

Presenta muchas similitudes con el tizón de halo, en el follaje la diferencia visual más notoria es que el tizón común no presenta el halo amarillo-verdoso característico de *Pseudomonas*; además de que el síntoma tiene forma irregular.

Entre las similitudes se encuentra que son las 2 principales enfermedades bacterianas del frijol. Sin embargo, el tizón común es una enfermedad que progresa en condiciones de temporal (Osuna *et al.*, 2011) y predomina en las zonas con clima cálido (Agrios, 2004). Esta predominancia se debe a que en las zonas tropicales y subtropicales su control es más difícil e implica mayores costos (Cruz *et al.*, 2004), y se vuelve más difícil y complicado ya que en estas zonas se encuentran condiciones favorables para su desarrollo y, debido a esto, la enfermedad prolifera más rápidamente.

Este patógeno se sigue presentando como un factor limitante en la producción de frijol en todo el mundo, y las variedades más comerciales resistentes a este patógeno aún no han logrado conseguir la resistencia adecuada, ya que se ha encontrado variabilidad de esta bacteria en cepas aisladas en diferentes zonas geográficas (Navarrete *et al.*, 1996; Zapata *et al.*, 2009).

Cuando se siembra en medio de cultivo YDC (extracto de levadura dextrosa carbonato de calcio, agar) *Xcp* forma colonias amarillas, lisas y de bordes enteros (Kranz, 1982, citado por Laguna, 1989).

2.6.3.2.1 Importancia económica y síntomas

El tizón común es importante ya que puede llegar a ocasionar pérdidas hasta de un 45%, siendo las altas temperaturas un factor primordial para su rápido desarrollo e infección del cultivo (Yoshii, 1980, citado por Cruz, 2001).

El ataque de la enfermedad se presenta en la totalidad de la planta, desde hojas, vainas, tallo y hasta semillas.

En hojas, se inicia como pequeñas manchas acuosas irregulares en la parte del envés, que se llegan a oscurecen y a necrosar aumentando de tamaño, con bordes amarillo claro (IICA, 2008). Llega a producir exudados de color amarillo.

En vainas, los primeros síntomas son manchas pequeñas que poco a poco van tornándose de color café para después adquirir un color oscuro con bordes rojizos. La infección de las vainas durante la formación de la semilla, resulta en semillas infectadas que se arrugan, decoloran y a veces se pudren, cuando el ataque es severo ocasiona daños en la semilla (Zandate y Galindo, 2006; Osuna *et al.*, 2011). Las bacterias pueden llegar a sobrevivir en las semillas hasta el momento de la germinación, por lo tanto representan la principal fuente de inóculo (<http://vegetablemndonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Beans>).

Esta enfermedad ha sido esporádica en la región de Sinaloa, pero bajo condiciones húmedas y templadas de otoño-invierno, los daños pueden superar el 20% (www.fps.org.mx).

2.6.3.2.2 Condiciones favorables para la enfermedad

Se presenta en climas cálidos y es favorecida por temperaturas de 25-30 °C y una humedad relativa alta, arriba de un 85% (IICA, 2008).

En general, se puede decir que este tizón es severo cuando se encuentra bajo condiciones de elevada precipitación y un alto porcentaje de humedad relativa acompañado de altas temperaturas.

2.6.3.2.3 Diseminación

La principal fuente de proliferación de esta bacteria es la semilla, y una vez contaminada ésta reacciona con una doble función para la bacteria, de diseminación y supervivencia (Zaumeyer y Meiners 1957, Rava *et al.*, 1996, citados por Rodríguez y Rosas, 2010).

Se transmite por semilla infectada, ya sea interna o externamente y se disemina fácilmente por salpique de lluvia, por el paso de personas o animales cuando el

campo se encuentra mojado. La bacteria puede llegar a sobrevivir por un periodo de 10 años en la semilla o los restos de cosecha (IICA, 2008).

2.6.3.2.4 Control

El método de combate más conveniente es utilizar semilla que se encuentre garantizada como libre del patógeno, realizar rotación de cultivos y un monitoreo periódico en las parcelas, para observar si existe la presencia de algún síntoma de la enfermedad en alguna planta y proceder a su eliminación de manera inmediata.

De acuerdo a lo citado por Laguna (1989) Hayward y Waterson (1965) recomendaron realizar esterilizaciones superficiales a la semilla con un tratamiento de cloruro de mercurio, al igual que aplicarle una dosis de calor seco y caliente. Sin embargo, el cloruro de mercurio se considera un compuesto muy tóxico, ocasionando efectos negativos a la salud y toxicidad alta en el medio ambiente (Hoja de datos de seguridad de sustancias químicas, 2011), por lo cual este tratamiento no es viable en la actualidad, mientras que con las aplicaciones con calor seco se ha observado que no erradican la enfermedad (Grum *et al.*, 1998, citado por Friesen *et al.*, 2012). Adimihardja (1982) en estudios que realizó sobre este patógeno al interior de la semilla, señaló que la inmersión de las mismas en Tetraciclina y ácido clorhídrico por 30 minutos disminuye el número de semillas contaminadas, sin afectar su porcentaje de germinación.

De igual manera se recomienda sembrar variedades mejoradas; sin embargo, su adquisición no siempre está en las posibilidades de todo tipo de productores, ya que muchos productores utilizan la semilla de la cosecha anterior para un nuevo ciclo de siembra, destinando su baja producción al autoconsumo, y por lo tanto, no cuentan con el poder adquisitivo para variedades mejoradas.

2.7 Calidad de la semilla

La semilla se puede definir desde cuatro puntos de vista; el Botánico, Fisiológico, Agrícola y Legal (Tadeo y Espinoza, 2010). Sin embargo, cada punto requiere de cierta calidad en las semillas que comprenderá distintos componentes, dependiendo del punto de vista para el cual se requiera.

La calidad de la semilla está determinada por diferentes factores, como son: a) genético, que define las características de la planta en cuanto a adaptación, resistencia o susceptibilidad a agentes patógenos o condiciones ambientales; b) el componente sanitario, que se refiere a la presencia o ausencia de patógenos internos o externos, ya que éstos pueden afectar a la semilla; c) el componente fisiológico o biológico, que está relacionado con la germinación, la viabilidad y el vigor de la semilla (Arias, 2001, citado por Arias *et al.*, 2007), y d) el componente físico que se refiere al aspecto de la semilla, desde tamaño, forma, color y brillantez (Tadeo y Espinoza, 2010). También se considera en este último componente el porcentaje de pureza en la semilla, es decir libre de residuos de cosecha. Cuando la semilla cumple con esos cuatro componentes se puede considerar como una semilla de calidad.

Las semillas de frijol se consideran de calidad cuando cumplen con pureza varietal y física, buena germinación y libre de enfermedades (Cuadro 3) (Zandate y Galindo, 2006).

Cuadro 3. Calidad en semillas de frijol

PUREZA VARIETAL	PUREZA FÍSICA	BUENA GERMINACIÓN	LIBRE DE ENFERMEDADES
-Este factor es muy importante ya que al sembrar la semilla y reproducirla transmitirá todas sus características, por lo cual se debe de buscar la mejor semilla.	-Contar con semilla libre de todo tipo de impurezas.	-Al momento de la siembra la semilla debe de contar con la capacidad de germinar y generar plantas vigorosas con condiciones favorables	-Factor muy importante ya que el medio de diseminación del Tizón de Halo y del Común, es la semilla.

Fuente: Zandate y Galindo, 2006

En las áreas de laboratorio, se realizan pruebas para determinar la calidad fisiológica, sanitaria e incluso física, estas pruebas están basadas en las reglas dispuestas por International Seed Testing Association (ISTA, 1996). Un fin de estos análisis es poder determinar el potencial y la capacidad de un lote de semillas, y conocer su comportamiento en campo una vez sembradas (<http://www.seednews.inf.br>). Éstas y otras pruebas son necesarias para poder certificar las semillas y sólo las semillas que cumplen con los 4 componentes de calidad son semillas aptas para su certificación. La acción de la certificación tiene la finalidad de garantizar el origen y procedencia de las semillas, asegurando al productor que la semilla a adquirir cuenta con un alto nivel de calidad en todos sus componentes, y así mismo se garantiza el rendimiento de la semilla y que esté libre de plagas o enfermedades (<http://snics.sagarpa.gob.mx>).

2.8 Consumo y situación nacional

El volumen del consumo nacional ha oscilado entre 900 mil y 1.6 millones de toneladas de frijol en los últimos 10 años (SIAP-SAGARPA, 2010). En el año 2010 osciló entre las 900 mil toneladas, teniendo un consumo mensual superior a las 70 mil toneladas, con lo cual se ve reflejada la importancia de este cultivo, quedando claro que es uno de los más importantes del país. En cuanto a consumo humano las cifras no tuvieron una diferencia con respecto al año anterior (2009) y se presenta un

comportamiento similar con cada mes, siendo los meses de agosto y septiembre los de mayor consumo de esta leguminosa (Cuadro 4).

Cuadro 4. Balanza mensual de disponibilidad de consumo (Miles de Toneladas)

Cultivo: FRIJOL			Año: 2010
MES	EXISTENCIA INICIAL	DISPONIBILIDAD PARA CONSUMO	CONSUMO HUMANO 3/
Enero	294.6	370.3	74.3
Febrero	283.7	340.7	74.8
Marzo	258.4	381.7	75.4
Abril	289.1	443.9	75.7
Mayo	345.5	401.7	75.7
Junio	316.5	345.6	75.4
Julio	255.4	282.4	74.9
Agosto	171.7	191.1	76.1
Septiembre	100.2	133.3	76.9
Octubre	51.6	129.5	74.9
Noviembre	42.6	187.3	74
Diciembre	87.3	554.7	74.4
TOTAL		1560.2	902.4

3/ Similar al del año anterior. La estacionalidad se obtuvo del envasado de frijol, de acuerdo con la encuesta industrial del INEGI

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010

2.8.1 Producción actual del frijol a nivel nacional

Para el año 2003 en México se sembraron 20 variedades y 50 criollas de frijol, con cual queda visible que en el territorio existe una gran diversidad en cuanto a preferencias de consumo (ASERCA, 2003).

En cuanto a producción de frijol, México se caracteriza por el hecho de que se produce en la mayoría de sus entidades; sin embargo, los principales estados productores de frijol son Zacatecas, Sinaloa, Guanajuato, Durango, Chihuahua, San Luis Potosí y Nayarit (Cuadro 5) (SIAP-SAGARPA, 2012). El estado de Zacatecas desde el año de 1990 se ha mantenido como el principal estado productor del país en ciclo P/V, para el periodo de 1990-2002 aportaba el 28.9% de la producción seguido por el estado de Sinaloa con el 13.5% (ASERCA, 2003), y para el año 2006

Zacatecas se encontraba aportando el 35% de la producción a nivel nacional (Zandate y Galindo, 2006).

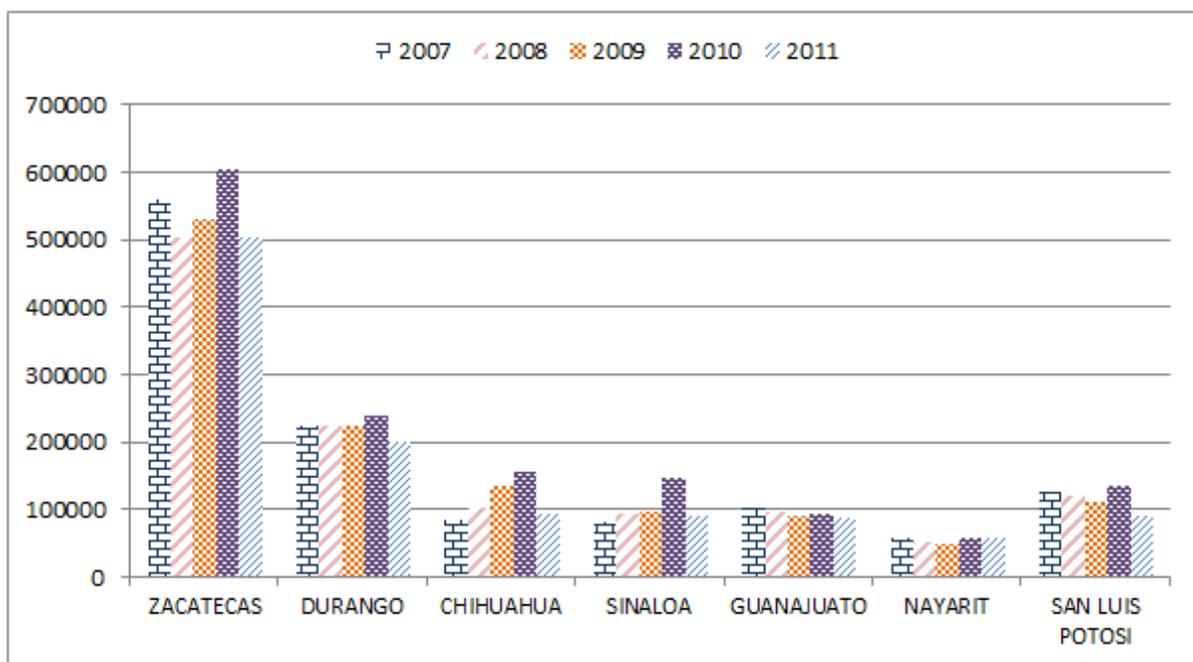
Cuadro 5. Producción de frijol a nivel nacional

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
Ciclo: Año Agrícola OI+PV 2011
Modalidad: Riego + Temporal
FRIJOL

ESTADO	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Siniestrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	% Sembrada
Zacatecas	503,851.00	222,919.48	280,931.52	108,882.27	0.49	11,358.09	33.46
Durango	200,212.37	119,506.09	80,706.28	19,609.13	0.16	16,680.73	13.29
Chihuahua	92,611.74	64,048.92	28,562.82	35,078.41	0.55	15,570.92	6.15
Sinaloa	91,140.80	40,479.91	50,660.89	46,405.50	1.15	12,256.81	6.05
Guanajuato	87,350.30	34,300.88	53,049.42	35,257.25	1.03	10,994.72	5.80
San Luis Potos	66,598.50	17,125.50	49,473.00	17,994.56	1.05	11,810.40	4.42
Nayarit	58,728.00	58,541.00	187.00	79,048.17	1.35	10,470.05	3.90

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2012

La superficie sembrada en los principales estados productores en los últimos 5 años, ha tenido variaciones importantes. Para el ciclo 2010 la superficie sembrada en estos estados fue la más alta del periodo 2007-2011 (Gráfica 1).



Gráfica 1. Superficie sembrada (ha) en el ciclo 07-11 de los estados más productivos.

Fuente: datos de SIAP- SAGARPA, 2012

El estado de Sinaloa en el ciclo 09-10 (O-I), tuvo una superficie sembrada de 137,685 ha, obtuvo un rendimiento del 1.78 ton/ha (Cuadro 6). En 2009, dos de cada tres hectáreas afectadas en el país se ubicaron en Sinaloa, a pesar de esto, durante el mismo periodo este estado fue líder en cuanto a superficie cosechada con más de la tercera parte del total nacional (SIAP-SAGARPA, 2010).

Cuadro 6. Producción de frijol en Sinaloa para el ciclo O-I, 2009-2010

ESTADO	Superficie (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
	<i>Sembrada</i>	<i>Obtenida</i>	<i>Obtenido</i>
Sinaloa	137, 685	225, 198	1. 78

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2012

En las localidades de interés hubo mayor superficie sembrada en Los Mochis, Sinaloa y de igual manera el rendimiento en ton/ha fue mayor en esta localidad comparado con Guasave (Cuadro 7).

Cuadro 7. Producción de frijol en Guasave/Mochis, ciclo O-I, 2009-2010

Estado	Distrito	Municipio	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)
			Sembrada	Cosechada	Siniestrada	Obtenida	Obtenido
Sinaloa	Gusave	Guasave	13,624	13,624		21,901	1.61
	Los Mochis	Ahome	24,369	23,364	1,005	45,416	1.94

Fuente: SIAP-SAGARPA, 2012

2.8.2 Situación actual del frijol a nivel nacional

En los últimos años, esta leguminosa se ha enfrentado a diversos cambios en el mercado y en los hábitos alimenticios de la población, esto a consecuencia del urbanismo, la migración y el empleo, todo esto ha hecho que la demanda *per cápita* disminuya (FIRA, 2011). Sin embargo, sigue siendo un cultivo fundamental para producir, ya que ofrece fuentes de trabajo e ingresos sobre todo a productores pequeños que destinan su producción para el autoconsumo, por lo cual a pesar de los problemas que enfrenta representa la segunda actividad agrícola más importante en el país, considerándolo como un producto estratégico dentro del desarrollo rural de México (ASERCA, 2005).

En particular, en este cultivo aún se siguen presentando aspectos que generan afectaciones en su producción, se presentan alteraciones climáticas, abarcando desde las sequías, heladas e incluso presencia de lluvia fuera de tiempo, de igual manera se siguen encontrando problemas con enfermedades que siguen teniendo un alto porcentaje de daño en el desarrollo del cultivo (ASERCA, 2005).

2.8.3 Empleos asociados al cultivo del frijol a nivel nacional

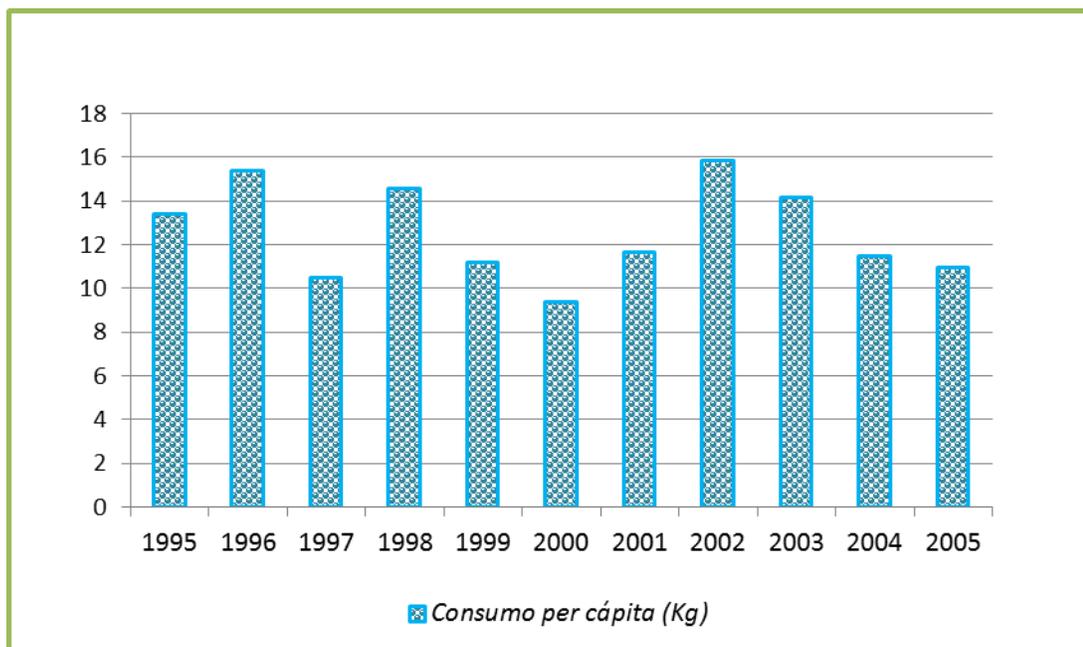
Como ya se mencionó anteriormente, la producción de frijol es la segunda actividad agrícola y esto se da por su gran importancia socioeconómica, ya que de acuerdo con cifras proporcionadas por SAGARPA, existen 570 mil productores a nivel nacional, con lo cual se genera un total de 76 millones de jornales, equivalente a 382 mil empleos permanentes (SAGARPA, 2006).

2.8.4 Consumo y preferencias de frijol por región

En cuanto a consumo nacional, esta leguminosa ha presentado disminuciones a partir del año 2005 al actual, con una disminución aproximada del 30% (SIAP-SAGARPA, 2011). El consumo *per cápita* ha presentado variaciones por parte de la población, del periodo 95-05 la media de consumo fue de 12.6 kg *per cápita*. (Gráfica 2). Esta aproximación es por cultivo de frijol en general; sin embargo, es importante resaltar que en México se cuenta con una gran diversidad de variedades de frijol.

Este aspecto de diversidad radica en un factor cultural, ya que cada región cuenta con distintas variedades de frijol características, las cuales forman parte de sus costumbres y hábitos de consumo definidos, lo cual ha traído como consecuencia que en nuestro país existan múltiples regiones productoras de frijol, cada una con variedades adoptadas, que son parte importante de la identificación de cada región.

En nuestro país las principales variedades cultivadas de frijol son claras y negras, las primeras ocupan el 67% de la producción y las segundas el 30%. La preferencia por estas variedades fue en incremento y esto se ve reflejado en el aumento de su producción para el año 2008 comparado con el 2004. El restante 2% se refiere a otras variedades (Cuadro 8) (FIRA, 2011). Otras variedades relevantes de frijol claro son el Azufrado, Mayocoba y Flor de Mayo (SIAP-SAGARPA, 2010).



Gráfica 2. Consumo *per cápita* (kg) de frijol en México

Fuente: SIAP, INEGI Y SE. Citado por FIRA, 2011

Cuadro 8. Producción de frijol en México, por clase comercial

PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN MÉXICO, POR CLASE COMERCIAL (Toneladas)					
Tipos	2004	2005	2006	2007	2008
Orgánico	0	0	0	0	365.16
Azufrado	75,133.42	77,844.16	93,802.21	89,278.88	99,440.05
Bayo	37,294.27	15,904.27	52,730.57	39,488.90	56,641.13
Bayo berrendo	167.8	114	1,204.43	1,546.77	2,954.50
Cacahuete	0	304.27	245.50	303.50	157.50
Canario	20,505.08	6,954.73	22,484.07	11,428.87	6,769.95
Flor de junio	86,267.49	43,575.47	128,473.36	76,620.33	99,119.92
Flor de mayo	209,027.18	115,066.96	168,504.20	100,641.75	140,909.56
Garbancillo	133.00	166.32	48.35	189.80	91.24
Mayacoba	18,293.38	65,788.94	97,034.45	63,858.61	80,715.57
Nego Jamapa	48,876.45	100,048.14	104,038.18	103,018.26	111,681.06
Negro Querétaro	6,353.90	1,799.17	5,123.92	613.08	2,017.04
Negro San Luis	67,732.54	116,900.10	272,494.44	143,562.65	123,237.14
Negro Veracruz	0	0	904.80	641.40	419.18
Negro Zacatecas	174,326.19	1,833.31	5,179.80	2,944.50	2,784
Ojo de cabra	0	0	0	6.19	1.30
Otros claros	22,691.41	34,230.78	41,405.43	48,511.63	47,123.73
Otros negros	60,026.45	66,277.77	139,209.56	87,080.24	95,652.46

Fuente: www.oedrusveracruz.gob.mx

En las regiones del Golfo de México y del Sureste, se consumen las variedades negras, en la región del Centro-Occidente se prefieren las variedades claras, mientras que en el Norte el consumo por las variedades azufradas se ha incrementado (ASERCA, 2005).

Los principales estados productores de frijol claro son Sinaloa con el 23%, Zacatecas con el 22%, Chihuahua con el 17% y Durango con el 15%. En estas cuatro entidades se concentra un 77% de la producción de frijol de esta variedad. Los estados de Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, ubicados en el sur – sureste, no producen en absoluto frijol claro. Zacatecas produce más de la tercera parte del volumen de frijol negro. En segundo lugar se encuentra Chiapas con el 17%, Nayarit con el 13%, Oaxaca con el 7%, Durango con el 6.8% y Veracruz con el 6%. El frijol negro no se cultiva en la región norte y noroeste y tampoco en Jalisco, Aguascalientes y Colima (FIRA, 2011).

Por la preferencia del consumidor, el frijol se clasifica en:

- muy preferente: Azufrado, Mayocoba, Negro Jamapa, Peruano, Flor de Mayo y Flor de Junio;
- preferentes son las variedades Garbancillo, Manzano, Negro San Luis, Negro Querétaro y Pinto.
- los no preferentes son Alubia Blanca, Bayo Blanco y Negro Zacatecas (FIRA, 2011).

2.9 Características edafoclimáticas de Sinaloa

El estado de Sinaloa cuenta con diversos climas en su territorio, predominando el clima cálido subhúmedo, seguido de un clima seco y semiseco, una menor parte del territorio cuenta con clima seco y un 2% presenta clima templado subhúmedo. La precipitación del estado fluctúa en los 790 mm anuales (www.inegi.org.mx) (Figura 4).

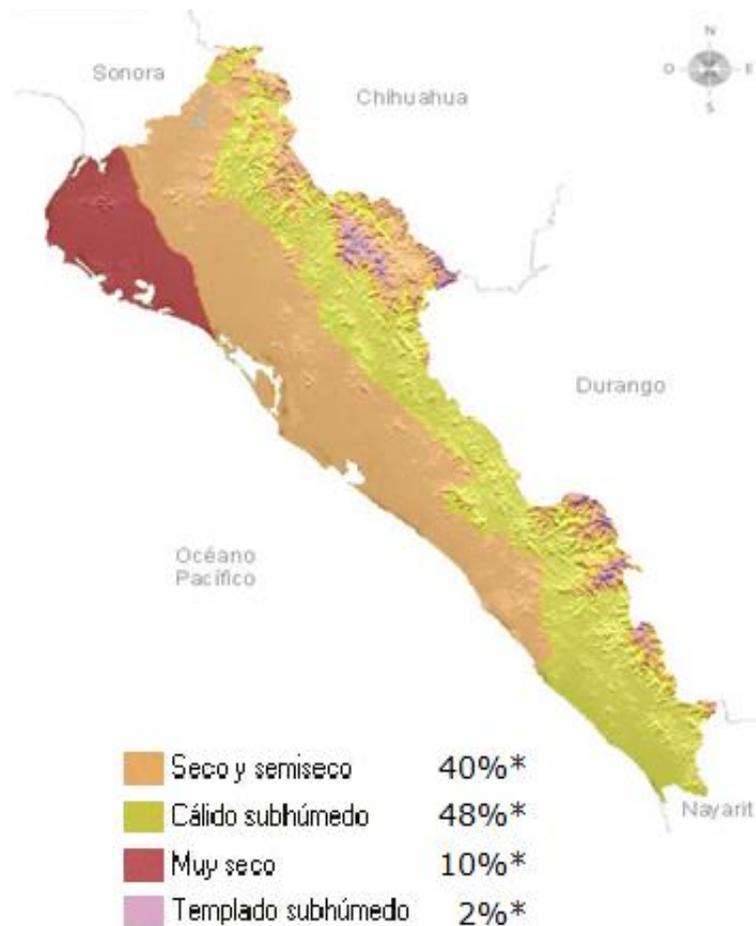
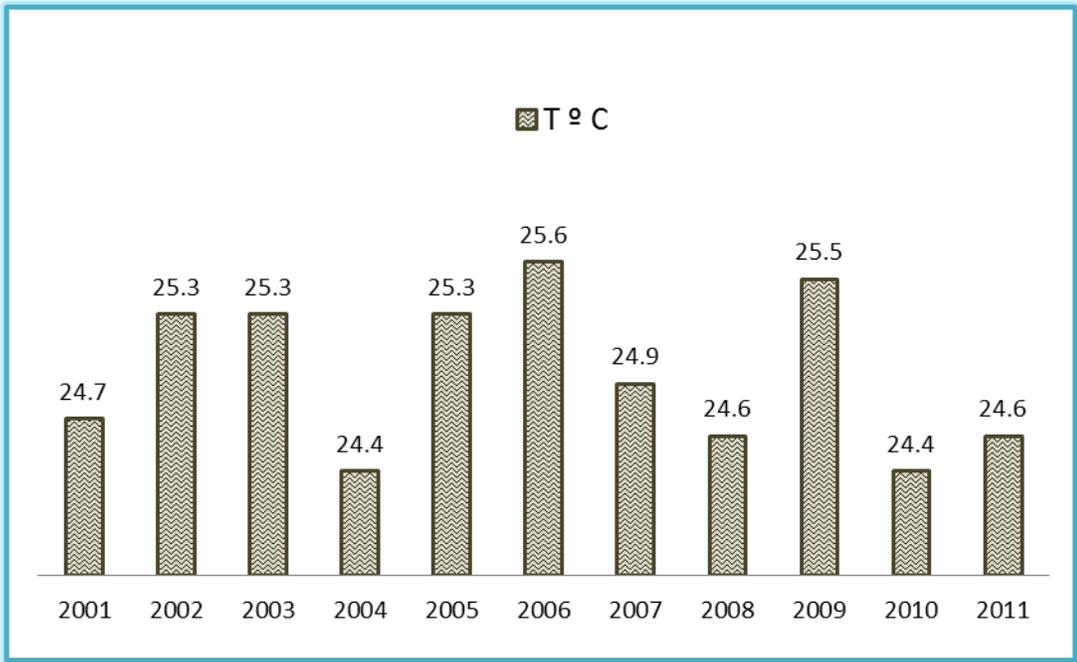


Figura 4. Climas de Sinaloa.

Fuente: INEGI. Carta de Climas 1:1 000 000

La temperatura del estado ha tenido fluctuaciones en los últimos diez años, registrando su temperatura media más baja en el año 2004, que osciló alrededor de los 24 °C, en cambio el año 2006 fue donde se presentó la temperatura media más alta, con un registro de 25 °C (Gráfica 3).

Para el ciclo 2009-2010 del cultivo del frijol, la variación de temperatura osciló en 1 °C. Considerando los requerimientos climáticos de este cultivo, podríamos decir que la temperatura fue propicia para un buen desarrollo del cultivo, en el estado de Sinaloa.

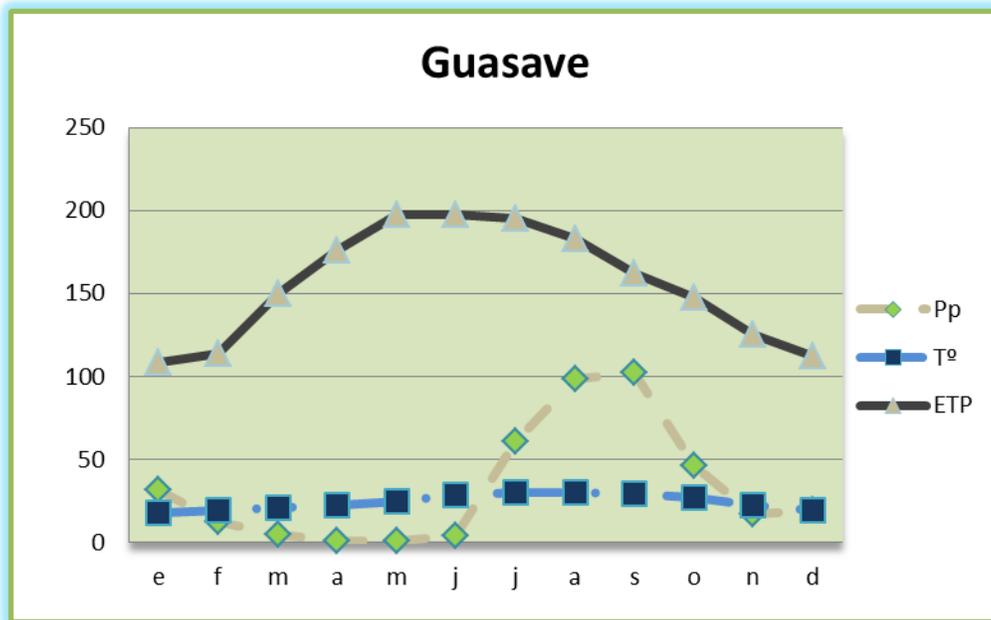


Gráfica 3. Temperatura media anual de Sinaloa, 2001-2011

Fuente: Datos de CONAGUA (2001-2011)

2.9.1 Condiciones ambientales de la zona de producción de las semillas

La zona de estudio se encuentra en la parte noroeste del estado de Sinaloa, comprende los municipios de Guasave y Ahome, al igual que la cabecera municipal de este último, Los Mochis (Figura 5). Teniendo éstos las siguientes condiciones ambientales:

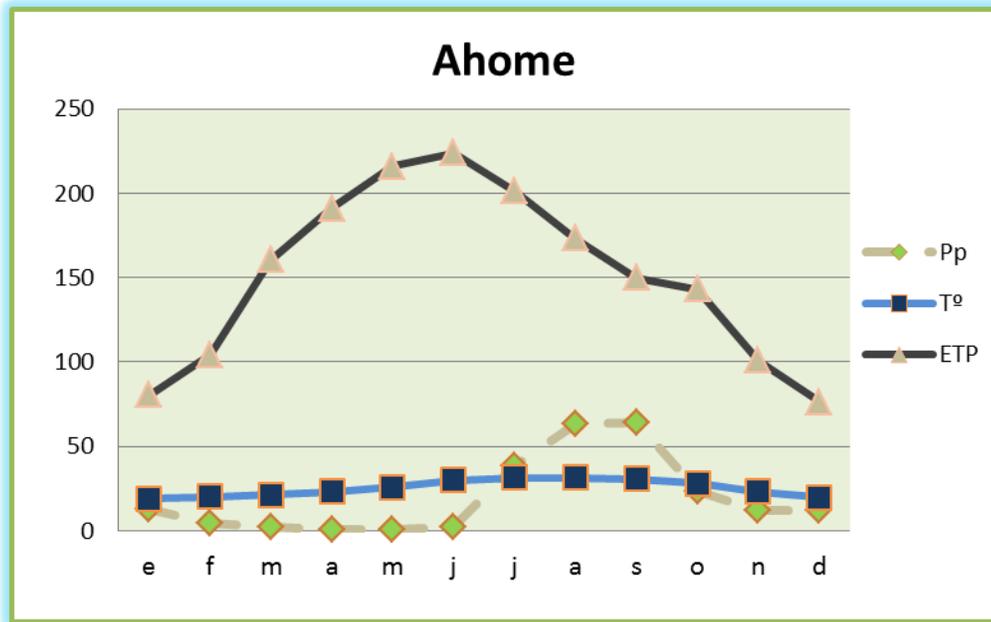


Gráfica 4. Condiciones climáticas de Guasave, Sin.

Pp: Precipitación, **Tº:** Temperatura, **ETP:** Evapotranspiración. **Fuente:** datos CONAGUA

Ahome

El clima del municipio de Ahome se clasifica dentro del muy seco cálido y seco cálido. (www.inegi.org.mx). Cuenta con temperaturas entre los 22 y 26 °C como medias y con registros de precipitación menor de los 250 – 500 mm (Gráfica 5). Existen diferentes tipos de suelos en el municipio, que van desde los Vertisoles como los predominantes, los Solonchak con un 22.95 %, hasta los Gleysol y Luvisol. El porcentaje de uso del suelo agrícola es de un 60 % (<http://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>).

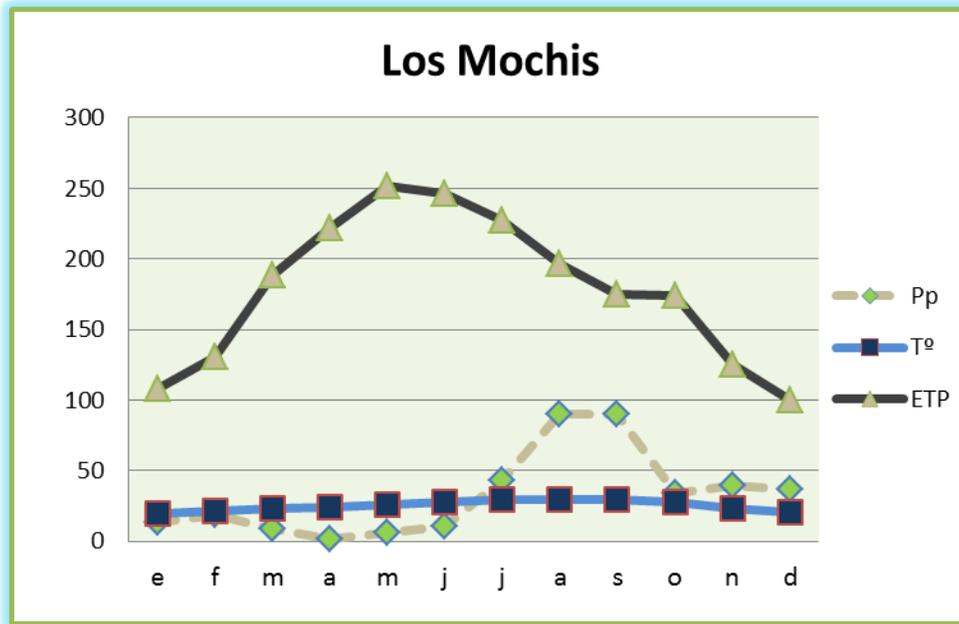


Gráfica 5. Condiciones climáticas de Ahome, Sin.

Pp: Precipitación, **Tº:** Temperatura, **ETP:** Evapotranspiración. **Fuente:** datos CONAGUA

Los Mochis

Los Mochis cuenta con clima muy seco. Sus niveles de precipitación promedio anual son de 400 mm, con registro de una máxima de 500 y una mínima de 300 mm, el tiempo más caluroso se da en los meses de julio a octubre y los más fríos de noviembre a marzo. Sus características edafológicas son suelos Castañozen - Cálculo, lo cual indica una acumulación considerable de yeso (<http://www.portalmochis.net/Imgeografia>) (Gráfica 6).



Gráfica 6. Condiciones climáticas de Los Mochis, Sin.

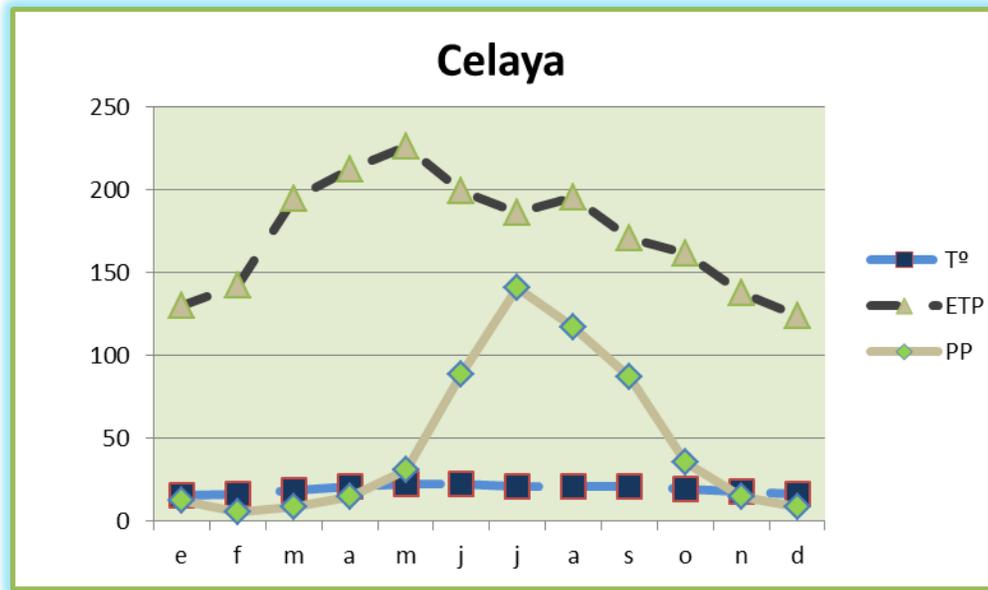
Pp: Precipitación, **Tº:** Temperatura, **ETP:** Evapotranspiración. **Fuente:** datos CONAGUA.

Se tomó en cuenta una localidad comparativa, ésta fue Celaya, las condiciones climáticas son las siguientes:

Celaya

Cuenta con un clima semiseco semicálido. La precipitación en este estado se encuentra en el rango de 600 - 800 mm (www.inegi.org.mx) con temperaturas de los 14-20 °C (Gráfica 7).

El tipo de suelo que predomina es Vertisol, suelos de textura arcillo-limosa y arcillo-arenosa, suelos con características de alta permeabilidad y apto para la agricultura (www.inegi.org.mx).



Gráfica 7. Condiciones climáticas de Celaya, Gto.

Pp: Precipitación, **Tº:** Temperatura, **ETP:** Evapotranspiración. **Fuente:** datos CONAGUA

2.10 Antecedentes del material varietal

2.10.1 Origen y Características

Cuadro 9. Características de las variedades de frijol

Variedad	Origen	Características		
		botánicas	de la semilla	genéticas
Azufrado Higuera¹ (1995) 	hibridación y selección Genealogía: Canario Divex 8130(Royal Red CCZT 10163-4-2CB (10)- M-M	<ul style="list-style-type: none"> •DF: 39-46 •DM: 100 – 104 •CF: blanco rosado •HC: determinado arbustivo tipo I 	<ul style="list-style-type: none"> •Tipo de grano: azufrado •Color de grano: amarillo uniforme •Peso de 100 semillas: 43.5 – 55.3g •Rendimiento promedio: 2.2 ton/ha 	<ul style="list-style-type: none"> •Resistente a roya. •Tolerante a virosis •Susceptible a tizón de halo y tizón común en el Altiplano
Aluyori² (2007) 	Se derivó de Cerillos	<ul style="list-style-type: none"> •DF: 43 - 50 •DM: 103 •CF: blanca •HC: determinado tipo I 	<ul style="list-style-type: none"> •Tipo de grano: alubia •Color de grano: blanco •Peso de 100 semillas: 52- 62 g •Rendimiento promedio: 3 ton/ha 	<ul style="list-style-type: none"> •Resistencia a roya • tolerancia a virosis y pudriciones de raíz • Susceptibilidad a tizón de halo en la zona del Bajío
Janasa³ (2008) 	Cruza de 3 líneas: ((Azufrado Pimono-78 / Canario-72) // AZPA-5)	<ul style="list-style-type: none"> •DF: 43 •DM: 104 •CF: blanca •HC: determinado tipo I 	<ul style="list-style-type: none"> •Tipo de grano: azufrado •Color de grano: azufrado amarillo •Peso de 100 semillas: 42 – 44 g •Rendimiento promedio: 3.2 ton/ha 	<ul style="list-style-type: none"> •Tolerancia a virus, moho blanco • resistencia a roya •Susceptible a tizón de halo en el Bajío
Azufrasin⁴ (2008) 	Cruza de 3 líneas: Azufrado Pimono-78/Canario-72// AZPA-5	<ul style="list-style-type: none"> •DF: 43 •DM: 100 •CF: blanca •HC: determinado tipo I 	<ul style="list-style-type: none"> •Tipo de grano: azufrado •Color de grano: azufrado claro •Peso de 100 semillas: 44-46g •Rendimiento promedio: 3 ton/ha 	<ul style="list-style-type: none"> •Tolerante a virosis, y moho blanco •Resistente a roya •Susceptible a tizón de halo en el Bajío

Fuente: ¹ Salinas y Rodríguez, 2008; ² Salinas *et al.*, 2010; ³ Salinas *et al.*, 2012 y <http://www.revistasinifap.org.mx>; ⁴ Salinas *et al.*, 2011a.

El buscar las mejores características agronómicas en los cultivos es lo que se pretende cuando se quiere realizar mejoramiento genético, con rendimientos superiores a los actuales y que sean variedades que tengan una mejor adaptación en la zonas de producción (Robast *et al.*, 2010).

Uno de los fines de la mejora genética del frijol es buscar un mayor beneficio en el rendimiento, tolerancia a enfermedades, además de una amplia adaptación a condiciones adversas, lo cual proporcione una mejor calidad de grano, y al mismo tiempo buscar la reducción del uso de plaguicidas (Salinas, *et al.*, 2011b).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

- Localización:

El experimento se realizó en la Unidad de Investigación de Granos y Semillas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, perteneciente a la UNAM.

- Obtención del material Vegetal

Se utilizaron semillas de frijol de 4 variedades mejoradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP):

- Azufrado Higuera,
- Aluyori,
- JANASA y
- Azufrasin

Producidas en Los Mochis, Guasave y Ahome, Sin.; además, Aluyori, JANASA y Azufrasin producidas en Celaya, como localidad comparativa, en el ciclo O-I 2009-2010, las dos últimas variedades, de reciente liberación. Este material fue proporcionado por el INIFAP (Cuadro 9).

3.1 Análisis Sanitario

Se realizó la separación de las semillas para conformar las muestras correspondientes. Cada muestra estuvo formada por 4 repeticiones con 10 semillas cada una.

3.1.1 Pruebas sin incubación

- a) Prueba presuntiva

A las semillas se les realizó una prueba presuntiva, para detectar fluorescencia y por lo tanto presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. Se colocaron las

semillas en cajas Petri y se observaron bajo luz ultravioleta, cuando hubo fluorescencia se consideraron como positivas (Agarwal y Sinclair, 1987; Messiaen y Blancar, 1995).

3.1.2 Pruebas con incubación

a) Estriado

Se realizó esta prueba con la finalidad de identificar patógenos externos en las semillas, en específico bacterias, como *Pseudomonas* y/o *Xanthomonas*.

Se lavaron las semillas con 10 ml de agua estéril por un periodo de 2 min, con agitación constante, con el asa de siembra se estrió una alícuota en medio Agar nutritivo (AN) (Figura 6) y se incubaron a 25° C por dos días. Se cuantificaron las unidades formadoras de colonias por ml (ufc/ml).

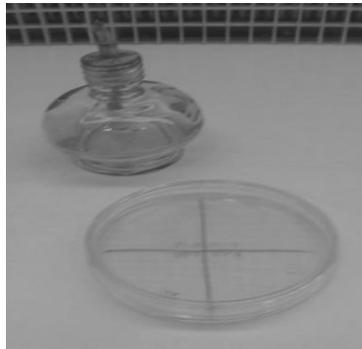


Figura 6. Siembra en Agar Nutritivo (AN)

b) Siembra en medio específico

En las muestras donde se observó la presencia de colonias bacterianas, se reaislaron éstas en medios específicos como YDC (extracto de levadura, dextrosa, carbonato de calcio) y B de King (BK), en medio YDC se observan mejor las bacterias amarillas (*Xanthomonas campestris*) y en medio BK las colonias blancas

(*Pseudomonas syringae*) y hay fluorescencia bajo luz ultravioleta (Messiaen y Blancar, 1995; Schaad *et al.*, 2001).

c) Siembra de semillas en medio PDA

Después de realizar la siembra de bacterias por estriado, se les retiró a las semillas el agua estéril para proceder a realizarles un lavado con hipoclorito al 1%, por 2 min con agitación constante. Las semillas se sembraron en cajas con medio de PDA, con la finalidad de detectar presencia de patógenos internos.

Las cajas se colocaron en incubadora a una temperatura de 25 °C por dos días, se les realizó la primera evaluación, para después pasarlas al congelador, para darle un shock térmico a las semillas. Después de dos días en congelación se colocaron nuevamente a 25 °C, dos días después se realizó la segunda evaluación. Se determinó el porcentaje de semillas con presencia de bacterias, semillas con presencia de hongos o algún otro patógeno (Moreno, 1996).

d) Prueba de Ryu

Se realizó la prueba de Ryu para separar las colonias en negativas y positivas, la prueba consistió en colocar una gota pequeña de KOH 3 % en un portaobjetos, para después tomar con un asa de siembra una muestra de la bacteria y mezclarla con el KOH, luego se procedió a levantar el asa para observar si existe formación de hilos, lo que es + para Ryu y negativo para Gram (Loredo, 2008).

e) Prueba de Gram

De las que resultaron positivas en la prueba de Ryu se prepararon reaislamientos nuevos y mediante un frotis se realizó la prueba de tinción de Gram (Figura 7), para poder observar su tipo de coloración. El procedimiento consiste en aplicar al frotis una gota de cristal violeta por un lapso de 30 segundos, proceder a enjuagar con agua para después aplicar lugol y aplicar alcohol etílico el cual funcionará como decolorante, luego se aplica safranina. Al observarlas al microscopio las que tiñeron color violeta azul son positivas y las rojas negativas; tanto *Xcp* como *Psp* son Gram negativas (Campbell *et al.*, 2007) (Figura 8).



Figura 7. Colorantes para Gram

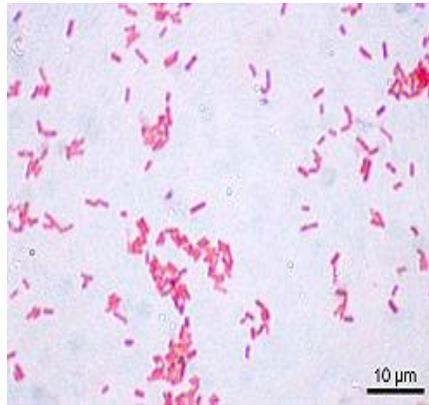


Figura 8. Laminillas teñidas

3.2 Análisis fisiológico

Para el análisis fisiológico se utilizó la técnica de toallas enrolladas, para poder evaluar germinación y vigor de las semillas. Las pruebas de germinación se realizan con la finalidad de conocer las características de la semilla y saber si es una semilla que generará plántulas normales o anormales (Cuadro 10) (Moreno, 1996).

Cuadro 10. Características de plantas normales y anormales

Planta	Raíz	Hipocótilo	Cotiledones	Epicótilo
NORMAL	Raíz primaria vigorosa	Más o menos bien desarrollado y sin lesiones profundas	Por lo menos un cotiledón completo o dos cotiledones rotos y más de la mitad del tejido adherido	Con una o dos hojas primarias
ANORMAL	Sin raíz primaria ni secundarias	Con hendiduras profundas y mal formado	Con un cotiledón o ambos rotos y con menos de la mitad del tejido adherido	Sin hojas primarias, u hojas primarias muy pequeñas y pálidas

Fuente: Moreno, 1996

Se prepararon muestras de 10 semillas con cuatro repeticiones para cada variedad. Se colocaron las semillas en frascos previamente rotulados para aplicarles una desinfección con hipoclorito de sodio al 1%, por un periodo de 2 minutos; posteriormente se retira el hipoclorito a las semillas, se secan en papel estéril y después se siembran en las toallas estériles. (Moreno, 1996) (Figura 9).



Figura 9. Siembra de semillas y formación de los “tacos”

Se colocaron en la germinadora a una temperatura de 25 °C, revisando los niveles de humedad de los tacos. El primer conteo se realizó a los 4 días, evaluando el porcentaje (%) de vigor y si existía la presencia de algún tipo de patógeno (Figura 10).

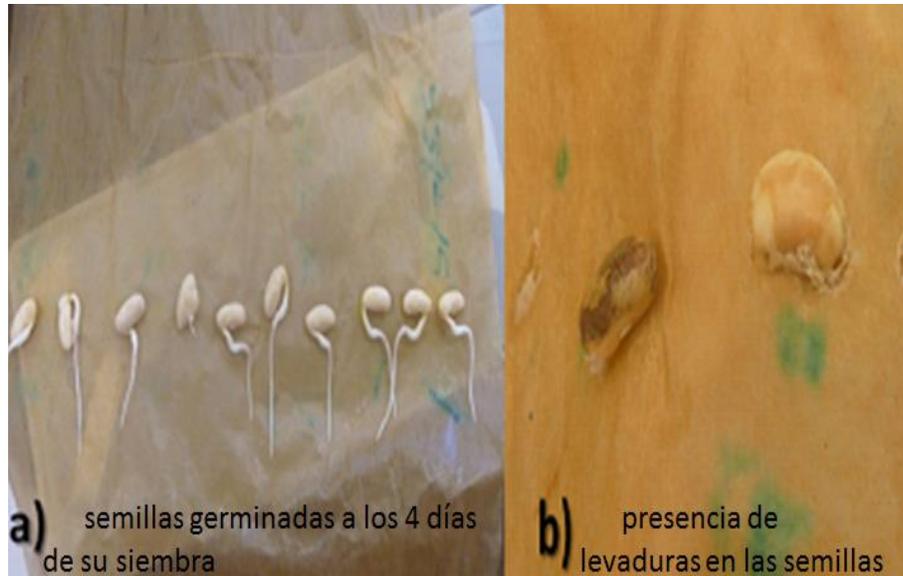


Figura 10. Evaluación de vigor

La segunda evaluación fue a los 9 días (Figura 11), contando plantas normales y anormales. (Moreno, 1996; Agarwal y Sinclair, 1987).



Figura 11. Evaluación de plántulas

3.2.1 Peso de plántulas

Se realiza esta prueba con la finalidad de identificar y clasificar plántulas débiles o vigorosas (Moreno, 1996).

Una vez que se ha concluido el periodo de la prueba fisiológica (9 días), se toman las plántulas de cada variedad y se procede a colocarlas en bolsas de papel previamente perforadas, para después pesarlas en una balanza de precisión y anotar el peso fresco de la planta. Las plántulas se ponen a secar a 80°C durante 24 horas, una vez concluido este tiempo se vuelven a pesar en la balanza para después obtener el Índice de Evaluación del Desarrollo de la Plántula [IEDP (IEDP= peso seco de las plántulas/ plántulas normales)] (Moreno, 1996).

3.3 Patogenicidad de las cepas aisladas

Para cumplir con los Postulados de Koch, de los análisis anteriores se tomaron las muestras para realizar la inoculación, con *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*.

Se pusieron a germinar 30 semillas por variedad, en la germinadora a una temperatura de 25 °C controlando la humedad y la luz, para evitar problemas de deshidratación y etiolación en las plántulas. A los 8 días se procedió a realizar el trasplante en macetas de 1 kg, con sustrato de Peat moss® (PREMIER) (Figura 12 (1,2)), se sembraron 3 plántulas por maceta. (Figura 12 (3)) El experimento se realizó en el invernadero de la Unidad de Granos y Semillas. Durante todo el tiempo de experimentación se tuvo el cuidado de mantener las plantas en condiciones adecuadas, proporcionándoles el riego necesario.



Figura 12. Prueba de patogenicidad

1) Preparación de macetas con sustrato, 2-3) Trasplante de plántulas a los 8 días, 4) Pinchado de hojas para inoculación, 5) Humectación con el inóculo.

Para obtener el inóculo se utilizaron *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, con las que se preparó una suspensión a una concentración de 3×10^7 ufc/ml (unidades formadoras de colonia por ml), para encontrar esta concentración se utilizó como testigo el tubo 1 de la escala de McFarland. (Jiménez y Contreras, 2004; Zabala, 2003 citado por Rodríguez y Rosas 2010). Se utilizaron 3 cepas de *Psp*. Inóculo 1 (Sinaloa A, variedad: Aluyori), Inóculo 2 (Celaya, variedad: Azufrasin) e Inóculo 3 (Sinaloa B, variedad: Azufrasin) (Figura 13).



Figura 13. Cepa de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*)

Se seleccionaron las mejores 9 plantas de cada variedad para que se les realizara la inoculación, se utilizaron 3 plantas para cada cepa. Las plantas se inocularon cuando se encontraban en la etapa fenológica V_3 y R_5 . El método de inoculación fue a través de pinchado en las hojas (figura 12 (4)), para después humectarlas con el inóculo (figura 12 (5)) (Zabala, 2003 citado por Rodríguez y Rosas, 2010), y que fuera más fácil la penetración de la bacteria, se dejaron a una H.R. alta > 80 %. Las plantas del tratamiento testigo se pincharon y se humectaron con agua estéril.

Se conservaron las plantas en condiciones adecuadas para el desarrollo de la enfermedad (Navarrete y Acosta, 2000; Jiménez y Contreras, 2004).

A los 11, 16, 20 y 30 días después de la inoculación se evaluaron visualmente las plantas en base a la escala propuesta por el CIAT (1987). Con valores del 1 al 9, 1-3 es el rango de resistentes, 4-6 intermedios y 7-9 susceptible. Con los datos se determinó el valor de la media de patogenicidad (Figura 14).



Figura 14. Evaluación de severidad

Se utilizaron como indicadores de evaluación el Progreso de la enfermedad y la Tasa de infección aparente. Se determinaron de acuerdo a las fórmulas de Vanderplank (1963). Se consideró la tasa de infección aparente entre el tiempo total de la epidemia.

Progreso de la enfermedad:

$$Dx/dt=rx$$

En la forma integrada el modelo es:

$$X=x_0e^{rt}$$

Dónde:

X_0 = proporción de enfermedad al inicio del epidemia

e = base del logaritmo natural.

r = la tasa de infección aparente

3.4 Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (Anexos 1-19), en donde se presentaron diferencias significativas, se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de 0.05.

Para realizar los análisis se utilizó el Paquete SAS (SAS 9.0, 2002).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Pruebas sin incubación

Todas las semillas producidas en Guasave presentaron fluorescencia (Figura 15), en Los Mochis solo fueron susceptibles Az. Higuera y Aluyori; en las variedades Janasa y Azufrasin no se detectó fluorescencia. Para Ahome la variedad más tolerante a este patógeno fue Azufrasin, mientras que Az. Higuera, Janasa y Aluyori, presentaron respuesta positiva (Cuadro 11).

Cuadro 11. Prueba presuntiva por detección de fluorescencia

<i>Localidad</i>	<i>Variedad</i>	<i>Fluorescencia</i>	
		<i>Respuesta</i>	<i>%</i>
Los Mochis, Sin.	Azufrado Higuera	+	20
	Janasa	-	0
	Azufrasin	-	0
	Aluyori	+	30
Guasave, Sln.	Azufrado Higuera	+	6.7
	Janasa	+	3.3
	Azufrasin	+	3.3
	Aluyori	+	20
Ahome, Sin.	Azufrado Higuera	+	10
	Janasa	+	100
	Azufrasin	-	0
	Aluyori	+	6.7
Celaya, Gto.	Azufrado Higuera	SD	
	Janasa	+	
	Azufrasin	+	
	Aluyori	+	

- : sin fluorescencia, +: con fluorescencia, **SD**: sin datos

En las semillas de esta localidad se presentó un grado más elevado de incidencia, en comparación con las otras localidades. Se tuvo una localidad comparativa que fue Celaya, para la cual se presentaron resultados positivos en las variedades siguientes: Aluyori, Janasa y Azufrasin (Cuadro 11). En áreas productoras del Altiplano, en este caso el estado de Guanajuato, se ha observado que los cultivos de frijol presentan cierta susceptibilidad a esta bacteria causante del tizón de halo (Salinas *et al.*, 2010).

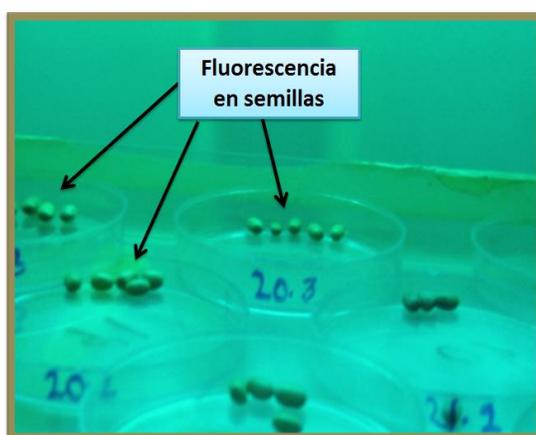


Figura 15. Prueba presuntiva para detectar infección por *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* por fluorescencia

4.2 Pruebas con incubación, siembra en Agar Nutritivo (AN)

Ya que en esta prueba los resultados positivos son indicador de la presencia de la bacteria *Pseudomonas* (Messiaen y Blancar, 1995 y Díaz, 2002), podemos decir que aparentemente en todas las localidades hubo semillas infectadas por esta bacteria, y las localidades tienen condiciones climáticas favorables para el patógeno, por lo cual se puede llegar a presentar la enfermedad de tizón de halo en estas zonas, debido a esto es necesario realizar un monitoreo continuo y labores agrícolas que ayuden a prevenir la diseminación y desarrollo de la enfermedad; además, de realizar la siembra con variedades mejoradas que cuenten con un nivel de resistencia o tolerancia a la enfermedad.

Se tienen registros para el Valle de México de que este patógeno ataca de manera severa a variedades azufradas (Navarrete y Acosta, 2000), lo cual también se observó en la zona de Sinaloa, ya que Az. Higuera presentó infección de esta bacteria en las tres localidades donde se les sembró. Todas las variedades en las distintas localidades tuvieron presencia de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*.

En la localidad de Ahome se presentó mayor porcentaje de unidades formadoras de colonias de *Psp*, se tienen reportes de susceptibilidad a esta bacteria causante de tizón de halo, pero en zonas de Guanajuato (Salinas *et al.*, 2012) las otras tres localidades fueron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* obtenidas por estriado en medio Agar nutritivo

LOCALIDAD	<i>Media</i>
Los Mochis	0.062 B
Guasave	0.000 B
Ahome	0.625 A
Celaya	-----

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

4.2.1 Siembra en medio específico

Al ser las bacterias saprofitos facultativos las podemos cultivar en medios específicos para su identificación y clasificación, debido a que estos medios favorecen su crecimiento y suprimen a organismos no deseados (Stefanova *et al.*, 2009). Otra ventaja es que en estos medios se puede observar mejor el color de las colonias de bacterias.

Se presentó crecimiento de bacterias color blanco (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) en los medios AN y BK, y amarillas (*Xanthomonas campestris* pv.

phaseoli) en medio YDC (Cuadro 13). Las colonias obtenidas en los reaislamientos resultaron Gram negativas

Cuadro 13. Resiembra de bacterias en medios específicos

Localidad	Variedad	AN	BK	YDC
Los Mochis	Az. Higuera	B	B	
	Janasa	A, B	B	A
	Azufrasin	A, B	B	A
	Aluyori	B	B	
Guasave	Az. Higuera	B	B	
	Janasa	B	B	
	Azufrasin	B	B	
	Aluyori	B	B	
Ahome	Az. Higuera	B	B	
	Janasa	B	B	
	Azufrasin	B	B	
	Aluyori	B	B	
Celaya	Az. Higuera	SD	SD	SD
	Janasa	B	B	
	Azufrasin	B		
	Aluyori	B	B	

A.- bacteria amarilla (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*), **B.-** bacteria blanca (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*), **SD.-** Sin datos.

4.3. Pruebas con incubación, siembra en Papa dextrosa agar (PDA)

4.3.1. Comparación entre localidades

a) *P. syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*)

Para este factor, existió diferencia significativa entre las localidades, el material de Ahome mostró mayor incidencia del patógeno causante de tizón de halo, seguido por Guasave, Los Mochis, y Celaya, estas tres sin diferencia entre ellas (Cuadro 14).

Las semillas contaminadas con la bacteria constituyen la principal fuente de infección, en condiciones favorables generan grandes pérdidas en los cultivos (Stefanova *et al.*, 2009).

Cuadro 14. Porcentaje de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA)

LOCALIDAD	<u>Media</u>
Los Mochis	2.875 A B
Guasave	3.313 A B
Ahome	4.250 A
Celaya	1.687 B

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

En México el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) suele ser atacado por enfermedades bacterianas que se presentan en la mayoría de las zonas productoras del cultivo (Prudencio *et al.*, 2008).

La mayor presencia del patógeno en semillas de Ahome se pudo deber al manejo que se le dio a la semilla durante y después de la cosecha, generándole algún tipo de daño mecánico y cuando ésta se encuentra con dichas características la penetración de la bacteria para la infestación es más fácil (Agrios, 2005 citado por Stefanova *et al.*, 2009).

b) X. campestris pv. *phaseoli* (*Xcp*)

Las semillas de las localidades presentaron un comportamiento similar entre sí para *X. campestris* pv. *phaseoli* (Cuadro 15). De acuerdo a los resultados podríamos decir que la patogenicidad de este organismo no ha sido alta en las localidades ya que hasta el momento no ha existido una proliferación como para afectar el rendimiento y capacidad germinativa de las semillas, ya que cuando esta enfermedad encuentra condiciones ambientales óptimas llega a ocasionar pérdidas del 100% (Prudencio *et al.*, 2008).

Cuadro 15. Porcentaje de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA)

LOCALIDAD	<u>Media</u>
Los Mochis	0.312 A
Guasave	0.000 A
Ahome	0.000 A
Celaya	0.000 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

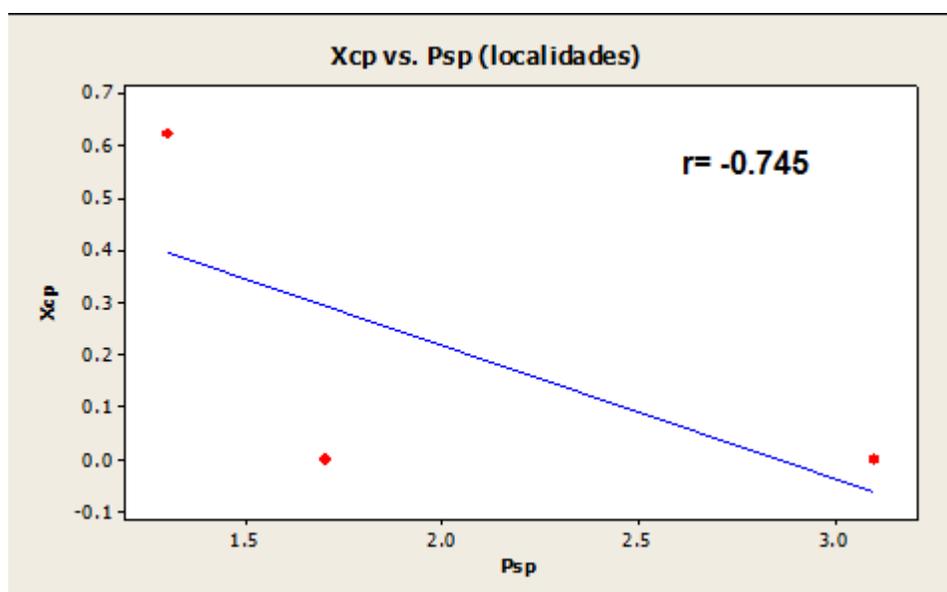
Contrario a los resultados, en donde nos indica que existió mayor incidencia de *Psp* en comparación con *Xcp* en condiciones de riego (Cuadros 14 y 15), el INIFAP reporta que existe mayor incidencia de este último que de *Psp* para la localidad de Celaya, habiendo evaluado al primero con un valor de severidad de 4 y a *Psp* con un valor de 2, lo cual representa una incidencia casi nula para condiciones de temporal (Acosta *et al.*, 2010).

La presencia nula de *Xcp* en Celaya en esta prueba es favorable, ya que este patógeno causante de tizón común, se presenta con gran frecuencia en la zona de Guanajuato, siendo una de las principales enfermedades recurrentes en esta localidad (CESAVEG, 2008).

El bajo porcentaje de incidencia que se presentó para Sinaloa también tiene efectos positivos ya que ese patógeno se suele presentar de manera esporádica; sin embargo en otoño-invierno los daños llegan a superar el 20% (www.fps.org.mx).

En cuanto a organismos bacterianos, tanto *P. syringae* pv. *phaseolicola* y *X. campestris* pv. *phaseoli*, el que presentó mayor incidencia fue *Psp* en todas las localidades, aunque en Ahome existió mayor presencia, *Xcp* causante de tizón común no tuvo un desarrollo importante en ninguna localidad a pesar de tener presencia en Los Mochis.

Las semillas de las localidades fueron susceptibles a *Psp* pero tolerantes a *Xcp*. Únicamente en las de Guasave, Sin. se presentó una relación perfecta negativa ($r = -0.745$) entre estos dos patógenos, ya que al incrementar la patogenicidad de cierto organismo, en este caso *Psp*, el otro disminuye debido a que si se está desarrollando el primero existen condiciones climáticas no tan favorables para el desarrollo de *Xcp*, por este motivo no se presenta en grado severo el otro patógeno (Gráfica 8), ya que la temperatura favorable para el desarrollo de *Psp* es de 16-20 °C (Zandate y Galindo, 2006), mientras que *Xcp* se presenta en climas cálidos y se favorece a rangos térmicos de 25-30 °C (IICA, 2008).



Gráfica 8. Correlación entre *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* vs *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* para Guasave

La calidad de la semilla es el factor fundamental para tener una siembra exitosa y garantizar que con las prácticas de manejo correctas se podrá obtener un buen rendimiento (Arias *et al.*, 2007).

4.3.2 Comparación entre variedades

a) *P. syringae* pv. *phaseolicola*

En donde se dio mayor presencia de esta bacteria (*Psp*) al interior de la semilla fue en las variedades de Azufrasin y Janasa, Azufrasin, contrario a la prueba presuntiva donde presentó menor fluorescencia. Además la variedad Janasa ha sido reportada como susceptible a esta enfermedad, este comportamiento se ha presentado en la zona del Altiplano (Salinas *et al.*, 2012), patrón que se volvió a presentar en esta prueba (Cuadro 16).

Cuadro 16. Porcentaje de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*) obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA) (análisis por variedades)

VARIEDAD	Sinaloa	Celaya
Azufrasin	4.750 A	0.000 A
Janasa	4.083 A	4.750 A
Az. Higuera	3.500 A	SD
Aluyori	1.587 B	2.000 A

Tukey (confianza de 95.0%) letras diferentes indican significancia estadística

Las que mostraron un mayor grado de resistencia en Sinaloa fueron Aluyori y Az. Higuera; la primera ha tenido un grado de adaptabilidad a las condiciones climáticas de Sinaloa bastante aceptable, llega a presentar rendimientos por arriba del 80% contra Az. Higuera, lo cual le ha permitido presentar tolerancia a enfermedades; sin embargo; ha tenido registros de susceptibilidad a este patógeno (Salinas *et al.*, 2010).

Navarrete y Acosta (2000) mencionan que este patógeno causante del tizón de halo tiene mayor recurrencia para las variedades de genotipos Azufrados, característica de todas las variedades incluidas en este experimento, situación que se comprobó y presentó en la localidad de Sinaloa.

b) *X. campestris* pv. *phaseoli*

La principal fuente de inóculo de *X. campestris* pv. *phaseoli* es la semilla, ya que esta le sirve como medio de diseminación y supervivencia (Rodríguez y Rosas, 2010).

Todas las variedades fueron estadísticamente iguales tanto en Sinaloa como en Celaya; sin embargo, en la segunda localidad no hubo presencia de la bacteria (Cuadro 17). Osuna *et al.* (2011) han reportado que Azufrasin tiene alto grado de tolerancia a enfermedades en el ciclo O-I en Sinaloa, por lo cual su bajo porcentaje de presencia del patógeno puede estar influenciado por su nivel de tolerancia.

Cuadro 17. Porcentaje de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* (*Xcp*) obtenidas en medio Papa dextrosa agar (PDA) (análisis de variedades)

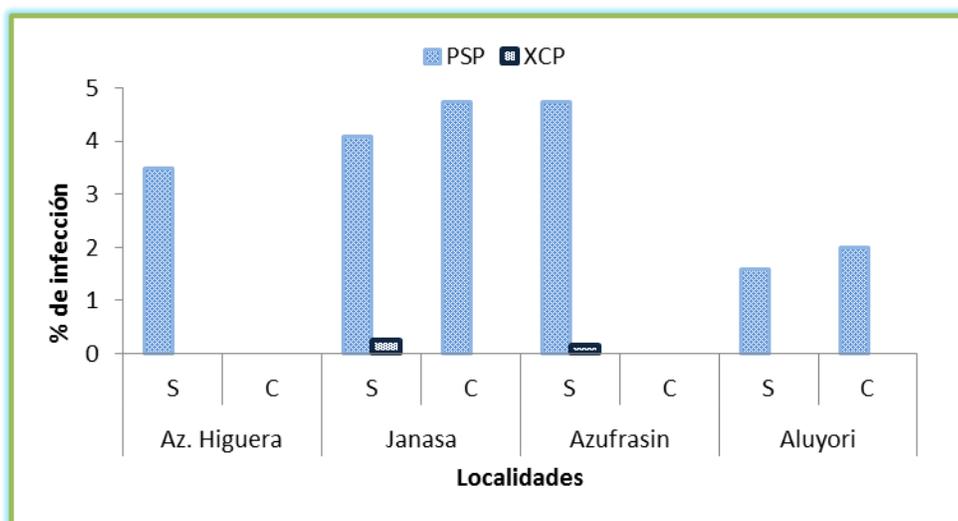
VARIEDAD	Sinaloa	Celaya
Azufrasin	0.166 A	0.000 A
Janasa	0.250 A	0.000 A
Az. Higuera	0.000 A	SD
Aluyori	0.000 A	0.000 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

La presencia de bacterias como *Psp* y *Xcp*, pueden contribuir como factores causales de la pérdida de viabilidad de la semilla. Aluyori y Az. Higuera fueron las variedades que mayor resistencia presentaron ante el ataque de los patógenos, por lo cual se prevé que esta semilla no tendrá problemas sanitarios que afecten su germinación.

Cuando la semilla se encuentra sin efecto de daños por plagas y/o enfermedades se favorece el rendimiento de la semilla, cuando ésta es de buena calidad se incrementa en un 30% los rendimientos (IICA, 2009). Las semillas de la variedad Azufrasin y Az. Higuera procedentes de Celaya, y Aluyori procedente de Sinaloa

fueron las que presentaron mejor calidad, ya que fueron las que mostraron mejor calidad sanitaria (Gráfica 9).



Gráfica 9. Comparación del porcentaje de infección de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* y *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* en las semillas de las cuatro variedades.

S.- Sinaloa, **C.-** Celaya

4.4 Análisis Fisiológico (prueba de vigor y germinación)

4.4.1 Comparación entre localidad

a) Vigor y Germinación

Las semillas de las tres localidades de Sinaloa en cuanto a vigor no presentaron diferencia significativa entre ellas (Cuadro 18); sin embargo, entre Sinaloa y Celaya si existió una diferencia significativa, ya que en las primeras se presentaron valores arriba del 90% por lo cual se considera que existió un excelente vigor, indicativo de que serán semillas capaces de desarrollar plántulas satisfactorias en condiciones de campo (ISTA, 2009). Mientras que en Celaya se tuvo un porcentaje del 60%. Celaya

fue la que un menor vigor presentó, lo cual indica que en esta localidad las variedades tendrán mayores problemas para su adaptación en campo.

Cuadro 18. Porcentaje de vigor en toallas enrolladas (análisis por localidades)

LOCALIDAD	<i>Media</i>
Los Mochis	92.500 A
Guasave	95.000 A
Ahome	93.750 A
Celaya	64.125 B

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

De acuerdo a cifras oficiales de SAGARPA para el ciclo 09-10 en la localidad de Los Mochis se tuvo un mejor rendimiento (ton/ha) en comparación con Guasave, (SIAP-SAGARPA, 2012); sin embargo, este análisis arroja que la semilla sembrada en Guasave no tuvo diferencia significativa contra Los Mochis en porcentaje de germinación y quizás entonces las diferencias en el rendimiento estuvieron influenciadas por factores adyacentes a la calidad de la semilla, como ambientales, edafológicos y/o tecnológicos.

Uno de los beneficios que brinda esta prueba, es conocer un número de unidades de semillas aproximado para la siembra; es decir, cuantas semillas se necesita sembrar para obtener una cantidad de plántulas dependiendo de su valor germinativo (Arias *et al.*, 2007). Las semillas de Celaya tuvieron menor respuesta por lo que se necesitaría mayor cantidad de semilla para garantizar una mejor germinación, las otras tres localidades lograron una germinación arriba del 95%, a excepción de Los Mochis; sin embargo, ésta tuvo valores aceptables ya que estuvo en un 92% (Cuadro 19).

Cuadro 19. Porcentaje de germinación en toallas enrolladas (análisis por localidades)

LOCALIDAD	<i>Media</i>
Los Mochis	92.500 A
Guasave	100.000 A
Ahome	98.750 A
Celaya	90.300 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

Estos porcentajes son muy importantes para saber con qué tipo de semilla se cuenta y conocer qué tipo de plántulas generará; plántulas normales capaces de desarrollarse aun en condiciones desfavorables o plantas anormales que no contarán con el potencial para adaptarse una vez en campo (ISTA, 2009). La influencia del poder germinativo y del vigor de la semilla es de gran importancia para conocer la rapidez, porcentaje y uniformidad en que germinarán y emergerán las plántulas en campo (<http://seed.news>).

b) Raíz e Hipocótilo

A los nueve días de esta prueba, las semillas deben de haber desarrollado ciertas estructuras esenciales como: una raíz primaria por lo general con crecimiento de raíces secundarias, dos cotiledones de color amarillo o verde y un hipocótilo con alargamiento (ISTA, 2006), y al finalizar la prueba las plántulas presentaron crecimiento de raíz e hipocótilo.

La evaluación de estas dos estructuras es muy importante ya que en estas se puede evaluar el nivel de vigor de las plántulas, si una vez que ha germinado la semilla estos órganos se desarrollan de manera rápida y sin algún tipo de daño será indicativo de que estas semillas en campo tendrán la capacidad de germinar y desarrollarse con resultados óptimos bajo diversas condiciones climáticas (Moreno, 1996).

En cuanto a crecimiento de raíz no existió diferencia significativa entre las cuatro localidades, las plántulas presentaron un buen crecimiento, lo cual representa el principio de posibles plántulas normales (Cuadro 20).

Cuadro 20. Crecimiento (cm) de raíz de plántulas de frijol (análisis por localidades)

LOCALIDAD	<i>Media</i>
Los Mochis	11.778 A
Guasave	10.378 A
Ahome	8.725 A
Celaya	12.670 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

Para hipocótilo las mejores localidades fueron Los Mochis y Guasave y por ultimo Ahome y Celaya (Cuadro 21). De lo anterior podemos concluir que en estas dos localidades se presentaron plántulas normales, es decir plántulas que tendrán el potencial para desarrollarse de manera satisfactoria, además de contar con características de plantas saludables, y todas las estructuras esenciales para un buen desarrollo en campo (ISTA, 2009).

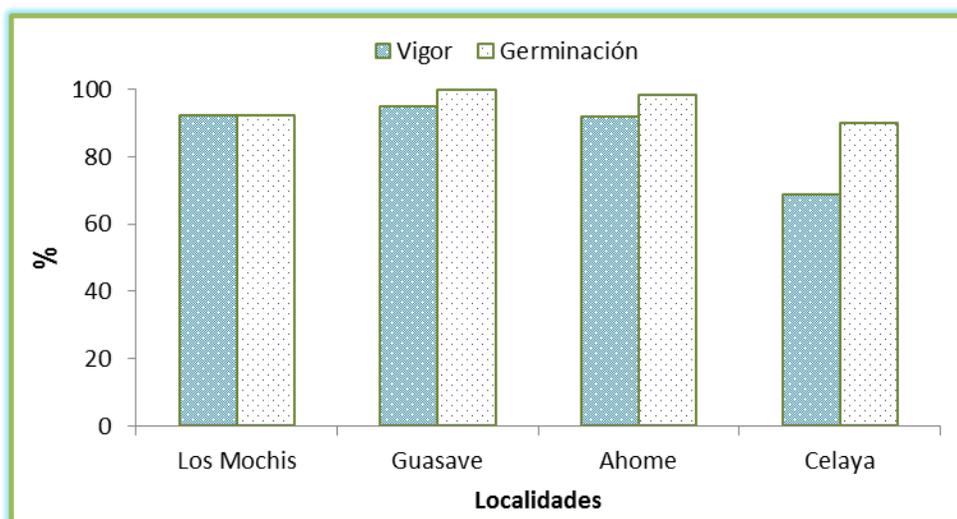
Cuadro 21. Crecimiento (cm) de hipocótilo de plántulas de frijol (análisis por localidades)

LOCALIDAD	<i>Media</i>
Los Mochis	7.040 A
Guasave	6.404 A
Ahome	2.703 B
Celaya	4.200 B

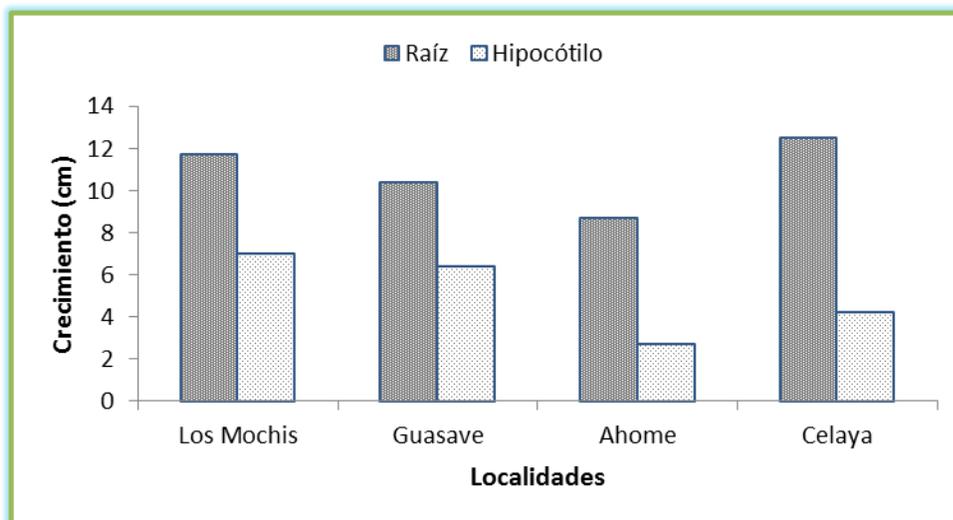
Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística

Las semillas de todas las localidades cuentan con condiciones climáticas favorables para una buena adaptación del cultivo, siempre y cuando se cuente con semilla de buena calidad, las semillas de Los Mochis y Guasave fueron las localidades que mejor desarrollo presentaron y en Ahome las semillas generaron plántulas con un bajo crecimiento de raíz e hipocótilo, por lo cual podemos concluir que en las dos primeras localidades se generaran plántulas normales y vigorosas.

Las localidades de Sinaloa fueron donde existió mejor respuesta de germinación; sin embargo, en Celaya se presentó un buen nivel de germinación (Gráfica 10 y 11).



Gráfica 10. Comparación del porcentaje de vigor y germinación de las semillas producidas en las cuatro localidades (ciclo O-I, 2009).



Gráfica 11. Comparación del crecimiento (cm) de raíz e hipocótilo de las plántulas producidas en las cuatro localidades (ciclo O-I, 2009).

4.4.2 Comparación entre variedades

a) Vigor y Germinación

En ninguna localidad existió diferencia significativa entre las variedades; sin embargo, en Sinaloa el porcentaje de vigor fue arriba del 90% mientras que para Celaya el nivel de vigor estuvo entre 60 y 80%, por lo cual diríamos que las variedades en el Sinaloa presentaron un mejor vigor (Cuadro 22). Este es un factor muy importante a considerar para determinar la calidad y potencial con el que cuenta determinada variedad de semilla (Moreno, 1996).

Cuadro 22. Porcentaje de vigor en toallas enrolladas (análisis por variedades)

VARIEDAD	Sinaloa	Celaya
Azufrasin	90.833 A	50.000 A
Janasa	91.667 A	80.000 A
Az. Higuera	96.650 A	SD
Aluyori	95.000 A	62.500 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística; SD.-sin dato

En cuanto a porcentaje de germinación todas las variedades tanto en Sinaloa como en Celaya fueron estadísticamente iguales entre sí, en Sinaloa una germinación arriba del 95%, con lo cual se considerarán como variedades con una excelente germinación, mientras que en Celaya el rango estuvo en 85%-90% (Cuadro 23).

El poder germinativo de cada semilla está determinado por condiciones climáticas, su genotipo, las prácticas culturales que se le realizan al cultivo durante su desarrollo, el tipo de suelo, condiciones nutrimentales y la interacción genotipo-ambiente, todo esto se ve reflejado en los nutrientes de cada semilla y la manera en que será capaz de imbibirse (Moreno, 1996).

Cuadro 23. Porcentaje de germinación en toallas enrolladas (análisis por variedades)

VARIEDAD	Sinaloa	Celaya
Azufrasin	97.500 A	90.000 A
Janasa	96.700 A	87.500 A
Az. Higuera	96.700 A	SD
Aluyori	96.700 A	92.500 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística; SD.- sin dato

En esta prueba no existió diferencia significativa, mientras que en las parcelas experimentales de estas variedades se observó que el mejor rendimiento promedio en cinco ciclos agrícolas (O-I) lo reportó Aluyori seguida por Azufrasin, Janasa y por último Az. Higuera (Cuadro 24). Sin embargo, en los dos primeros ciclos Janasa fue la que menor rendimiento presentó, y en el ciclo 04-05 su rendimiento fue superior a las demás variedades, y en el ciclo 07-08 su rendimiento estuvo muy por encima de los demás, mientras que Aluyori y Azufrasin presentaron un rendimiento muy similar pero por debajo de Janasa. Por lo tanto podríamos decir que la diferencia en rendimientos estuvo marcada no solo por la capacidad germinativa y vigor de las semillas, sino también por el manejo y labores del cultivo que se le proporcionó a cada variedad como pudo ser fertilización, riego, control de malezas, control de

plagas, además de las características genéticas de cada variedad para la resistencia y/o tolerancia a cierta enfermedad (Salinas *et al.*, 2011b).

Cuadro 24. Rendimiento (kg/ha) de cuatro variedades de frijol en distintos ciclos de siembra (O-I)

Ciclo otoño-invierno	Rendimiento (kg/ha)			
	Janasa	Az. Higuera	Aluyori	Azufrasin
2001 - 2002	2,050	2,078	2,767	2,056
2002 - 2003	2,100	2,289	2,594	2,417
2003 - 2004	2,334	1,572	2,330	2,350
2004 - 2005	2,531	2,163	2,365	2,648
2006 - 2007	2,647	2,303	2,459	2,406
2007 - 2008	2,113	1,933	1,981	1,987
Promedio	2,296	2,056	2,416	2,311

Fuente: Salinas *et al.*, 2011a

b) Raíz e Hipocótilo

La variedad Janasa fue la que mejor desarrollo presentó en el crecimiento de raíz e hipocotilo, de las semillas de Celaya todas las variedades presentaron un crecimiento de raíz similar entre sí y superior al de Sinaloa, no existió diferencia significativa entre ninguna, por lo cual podemos decir que las cuatro variedades presentan un buen desarrollo del sistema radicular (Cuadro 25), lo cual favorecerá la adaptabilidad de la planta una vez que se encuentre en campo, ya que le proporcionara un buen sostén (Moreno, 1996).

Cuadro 25. Crecimiento (cm) de raíz de plántulas de frijol (análisis por localidades)

VARIEDAD	Sinaloa		Celaya
Azufrasin	8.600	B	10.125 B
Janasa	12.020	A	15.125 A
Az. Higuera	10.512	A B	SD
Aluyori	10.040	A B	12.775 A

Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística; SD.-sin dato

Un suelo bien arado, una buena nutrición y el buen desarrollo de las raíces también favorece una vez en campo a un mayor sostén y a una mayor tolerancia a patógenos, ya que cuando las raíces encuentran en campo un suelo subsoleado es más fácil su desarrollo. Por lo tanto logran un mayor vigor, que les permite absorber de manera más eficiente el agua y los nutrientes aportados, además de tolerar el ataque de patógenos (Pedroza y Samaniego, 2003).

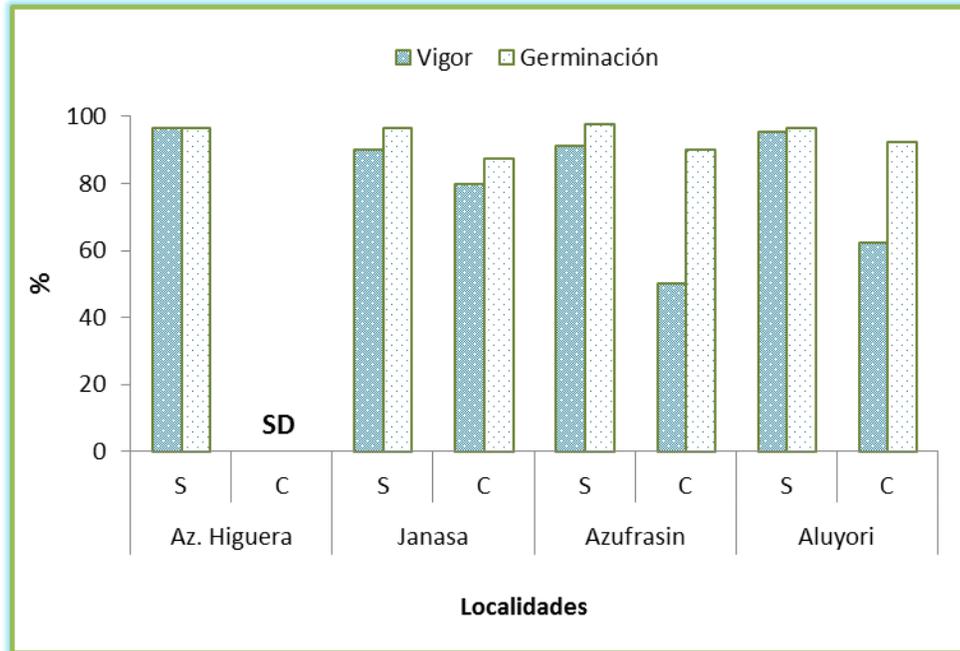
Entre las variedades de Celaya no existió diferencia significativa para el factor hipocótilo y se presentó un menor desarrollo a comparación de Sinaloa, a excepción de Azufrasin que tuvo mayor crecimiento en Celaya (Cuadro 26).

Cuadro 26. Crecimiento (cm) de hipocótilo de plántulas de frijol (análisis por localidades)

VARIEDAD	Sinaloa		Celaya
Azufrasin	3.523	B	4.100 A
Janasa	7.800 A		5.415 A
Az. Higuera	4.300	B	SD
Aluyori	5.900 A	B	2.950 A

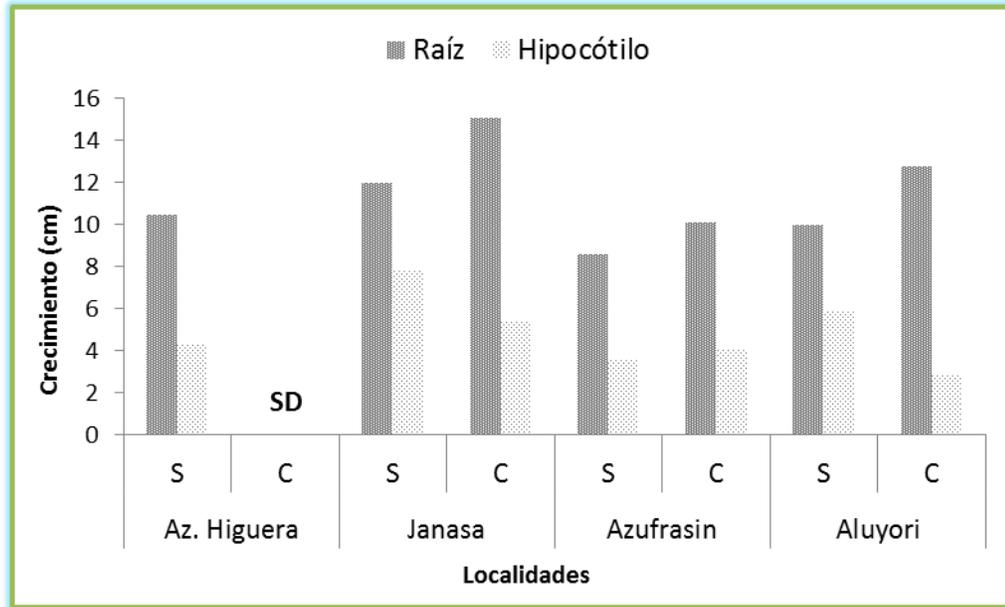
Tukey (confianza de 95.0%), letras diferentes indican significancia estadística; SD.- sin dato

El comportamiento de las cuatro variedades fue muy similar para vigor y germinación, por lo cual podemos decir que las localidades son un factor importante para determinarlo. Las plántulas que mejor características tuvieron, de plantas vigorosas fueron las de la variedad Janasa, con un buen porcentaje germinativo y un buen vigor. Para Az. Higuera y Aluyori su velocidad de germinación fue más alta comparada con las otras dos (Gráfica 12 y 13).



Gráfica 12. Comparación del porcentaje de vigor y germinación de las semillas de las cuatro variedades (ciclo O-I, 2009).

S.- Sinaloa, **C.-** Celaya, **SD.-** Sin Dato



Gráfica 13. Comparación del crecimiento (cm) de raíz e hipocótilo de las plántulas de las cuatro variedades (ciclo O-I, 2009).

S.- Sinaloa, **C.-** Celaya

c) Índice de Evaluación del Desarrollo de la Plántula (IEDP)

En la localidad de Los Mochis las variedades tuvieron muy buena germinación, a excepción de Aluyori que tuvo baja germinación pero un alto nivel de vigor, Janasa fue la mejor variedad de las cuatro, ya que su germinación fue excelente y un buen vigor (Cuadro 27). Lo cual nos indica que esta variedad será de las que mejor adaptación tendrá en la zona de cultivo ya que presenta características vigorosas lo cual le permitirá generar plantas normales en ambientes óptimos o adversos. (Moreno, 1996).

Para Guasave al contrario de Los Mochis, Janasa fue la que presentó peor germinación, pero las plántulas que lograron crecer tuvieron buen desarrollo, la mejor variedad fue Aluyori, mientras que Az. Higuera y Azufrasin presentaron bajo vigor (Cuadro 27).

Cuadro 27. Resultados de Índice de Evaluación del Desarrollo de la Plántula (IEDP) en las distintas variedades

Localidad	Variedad	Gramos plántula
Los Mochis	Az. Higuera	0.092
	Janasa	0.31
	Azufrasin	0.087
	Aluyori	0.227
Guasave	Az. Higuera	0.197
	Janasa	0.136
	Azufrasin	0.178
	Aluyori	0.22
Ahome	Az. Higuera	0.145
	Janasa	0.075
	Azufrasin	0.153
	Aluyori	0.085
Celaya	Az. Higuera	SD
	Janasa	0.256
	Azufrasin	0.275
	Aluyori	0.408

SD.- Sin Dato

Las semillas de Ahome fueron las que tuvieron más bajo poder germinativo y vigor, en comparación con las otras dos localidades. Aluyori fue la variedad que mayor vigor tuvo, pero menor porcentaje de germinación en comparación con las otras dos (Cuadro 27), estos resultados se pueden deber a un porcentaje de daño mecánico en las semillas, por lo cual su germinación fue baja y el lote de semilla sin este daño logró desarrollar plantas vigorosas (Moreno, 1996). Esta variedad tuvo una mejor respuesta que la sembrada en la localidad de Guasave en cuanto a vigor; sin embargo, el porcentaje germinativo fue favorecido en Guasave, lo cual nos puede indicar que la semilla de esta localidad tuvo un mejor manejo en la cosecha y postcosecha.

Az. Higuera presentó el vigor más bajo comparado con las otras 2 variedades, y su nivel de germinación estuvo por abajo del 80%, pero superior al de Aluyori, esta variedad también tuvo mejor respuesta en la localidad de Guasave.

Azufrasin presentó un porcentaje de germinación excelente, superior a las otras dos variedades comparadas, y un vigor aceptable. Esta variedad fue la única que tuvo mejor respuesta en comparación con Guasave.

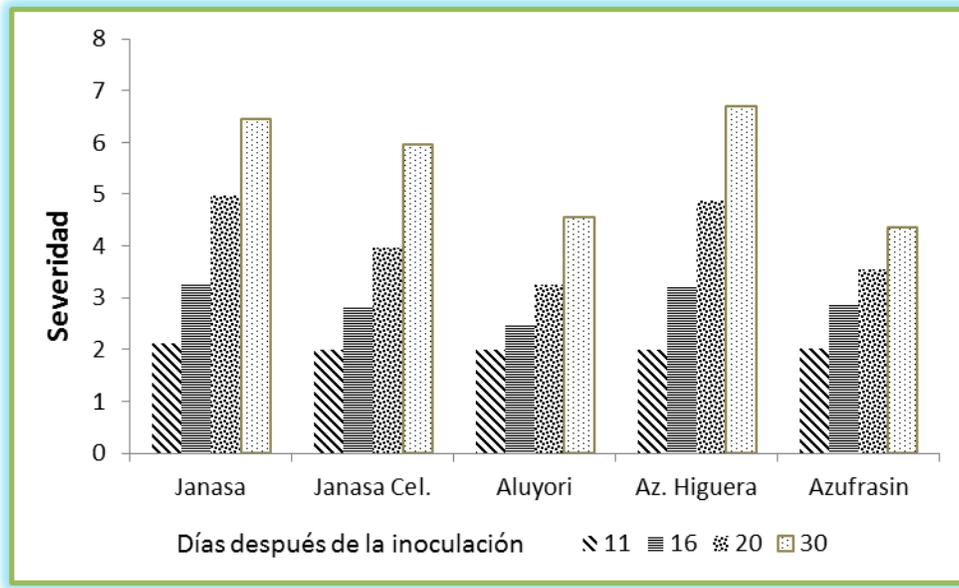
El material de la Localidad de Celaya fue el que presentó más bajo porcentaje de vigor en sus tres variedades comparado con las de las otras dos localidades. Azufrasin presentó una buena germinación pero muy bajo vigor, lo cual indica que esta variedad no desarrollara plantas tan vigorosas.

Para esta localidad la mejor variedad fue Aluyori con el más alto vigor en comparación con las otras dos variedades; sin embargo, Azufrasin fue la que tuvo mejor porcentaje de germinación.

d) Patogenicidad

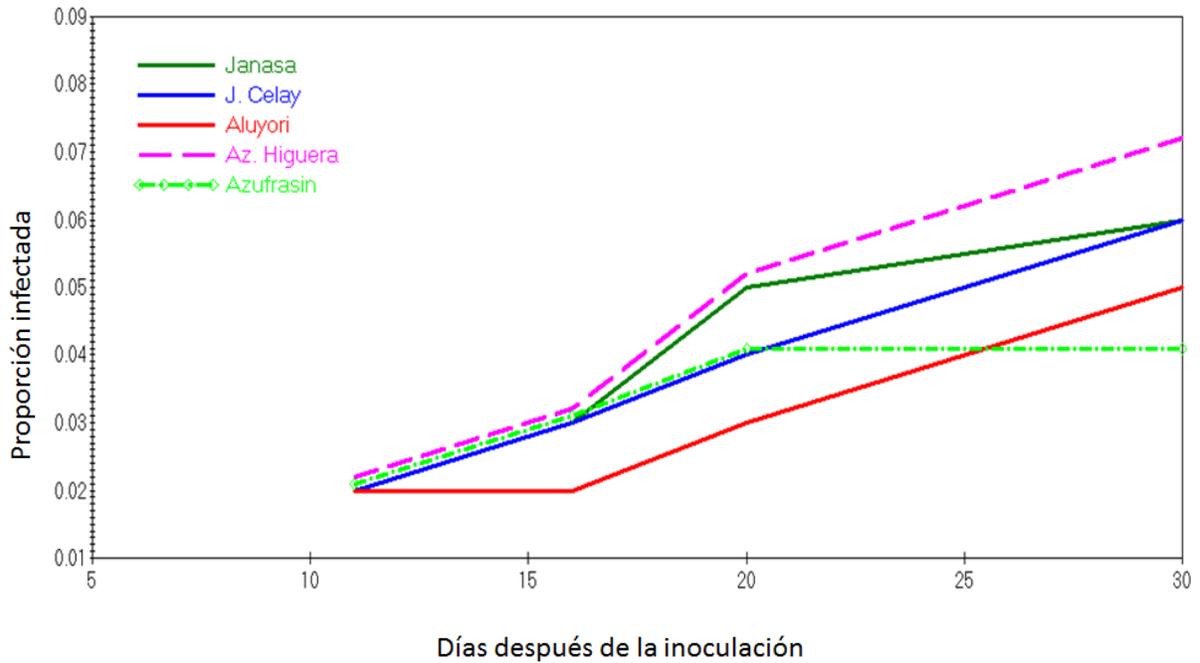
- Inóculo 1 (Sinaloa A, variedad: Aluyori)

Los resultados finales de severidad de acuerdo a los valores propuestos por CIAT (1987) estuvieron entre 6-7 para las localidades de Janasa, Janasa Celaya y Az. Higuera a los 30 días después de la inoculación, Aluyori y Azufrasin presentaron valores intermedios de tolerancia (Gráfica 14). Para esta última variedad la literatura reporta un comportamiento de susceptibilidad a la enfermedad del tizón de halo en Guanajuato (Salinas *et al.*, 2011a), mientras que en la evaluación tuvo un valor intermedio.



Gráfica 14. Severidad del inóculo (cepa de Sinaloa var. Aluyori) inoculado en invernadero, 2013.

La cepa de este inóculo se obtuvo de Sinaloa y su invasión fue menos severa en las variedades Azufrasin y Aluyori procedentes de Sinaloa, Az. Higuera presentó una mayor velocidad del progreso de la enfermedad, mientras que Azufrasin mantuvo una velocidad de crecimiento constante, Aluyori empezó con un progreso constante, sin embargo, después de la segunda evaluación la tasa de intensidad aumentó. Todas las variedades mostraron incidencia con valores similares, a los 20 ddi en la variedad Az. Higuera se registró el mayor progreso de la enfermedad (Gráfica 15, Cuadro 28 y 29).



Gráfica 15. Progreso de la enfermedad causada por cepa Sinaloa, var. Aluyori (inóculo 1).

Cuadro 28. Tasa aparente de infección de la cepa Sinaloa, var. Aluyori (inóculo 1), en las cinco variedades

Variiedad	Tasa aparente de la infección ¹
Janasa	0.060
Janasa Celaya	0.060
Aluyori	0.050
Az. Higuera	0.068
Azufrasin	0.037

1.- Por unidad por día

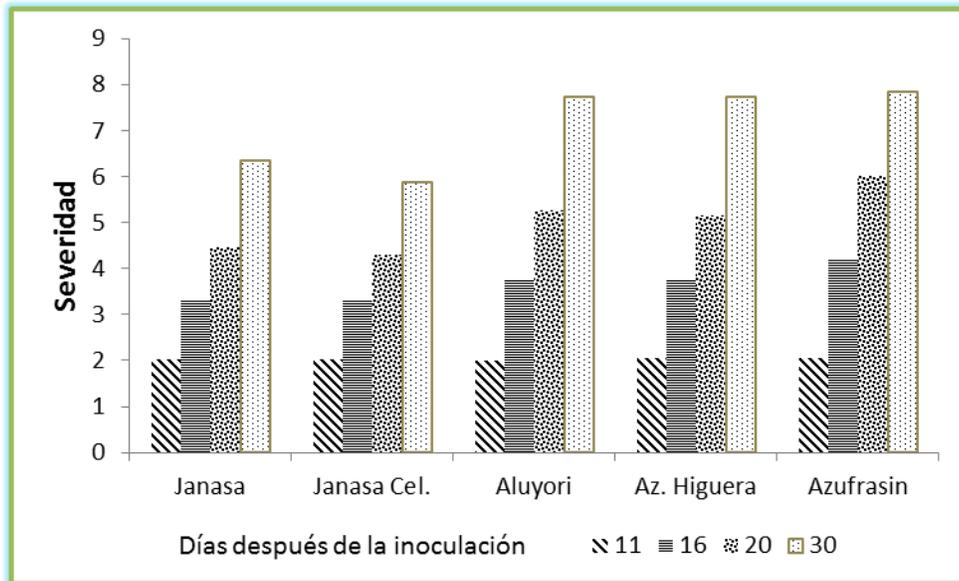
Cuadro 29. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada de la cepa Sinaloa, var. Aluyori (inóculo 1) en cinco variedades

Genotipo	Inóculo 1 (20 ddi)
Janasa	24.28
Janasa Cel.	23.85
Aluyori	21.36
Az. Higuera	27.72
Azufrasin	22.58

ddi= días después de la incidencia inicial

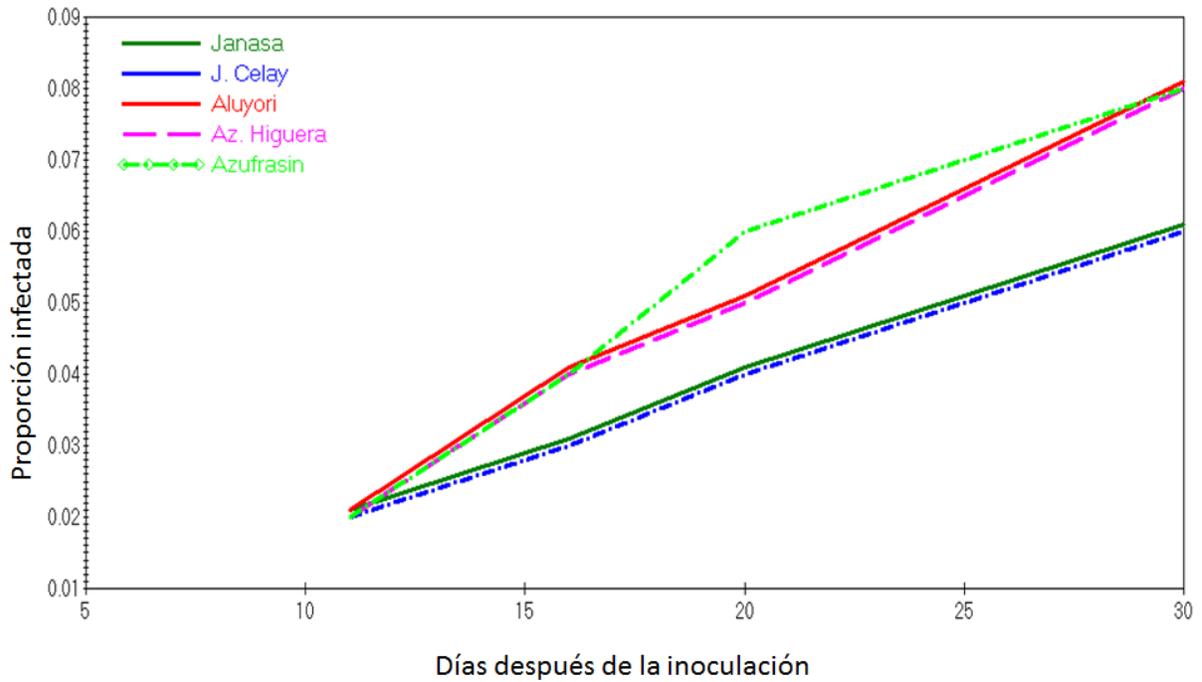
- Inóculo 2 (Celaya, variedad: Azufrasin)

La cepa de este inóculo se obtuvo de Celaya y su invasión fue menos severa en la variedad procedente de este lugar como fue el caso de Janasa Celaya, para Janasa también se presentó un valor intermedio; sin embargo, este inóculo resultó con mayor afectación hacia las variedades, ya que al final de la prueba, Az. Higuera, Aluyori y Azufrasin se clasificaron como susceptibles, con lo cual podemos decir que el inóculo 2 fue más agresivo para estas dos últimas variedades, ya que en el inóculo 1 estas mismas presentaron un grado de resistencia (Gráfica 16).



Gráfica 16. Severidad de la cepa de Celaya, var. Azufrasin (inóculo 2) inoculado en invernadero, 2013.

Para la variedad Azufrasin el progreso de la enfermedad fue más rápido; mientras que para Aluyori y Az. Higuera la velocidad fue gradual, la tasa de incremento de la enfermedad provocada por el inóculo 2 fue mayor comparada con el inóculo 1 (Gráfica 17, Cuadro 30 y 31).



Gráfica 17. Progreso de la enfermedad causada por la cepa Celaya, var. Azufrasin (inóculo 2).

Cuadro 30. Tasa aparente de infección de la cepa Celaya, var. Azufrasin (inóculo 2), en las cinco variedades

Variación	Tasa aparente de la infección ¹
Janasa	0.060
Janasa Celaya	0.060
Aluyori	0.076
Az. Higuera	0.076
Azufrasin	0.076

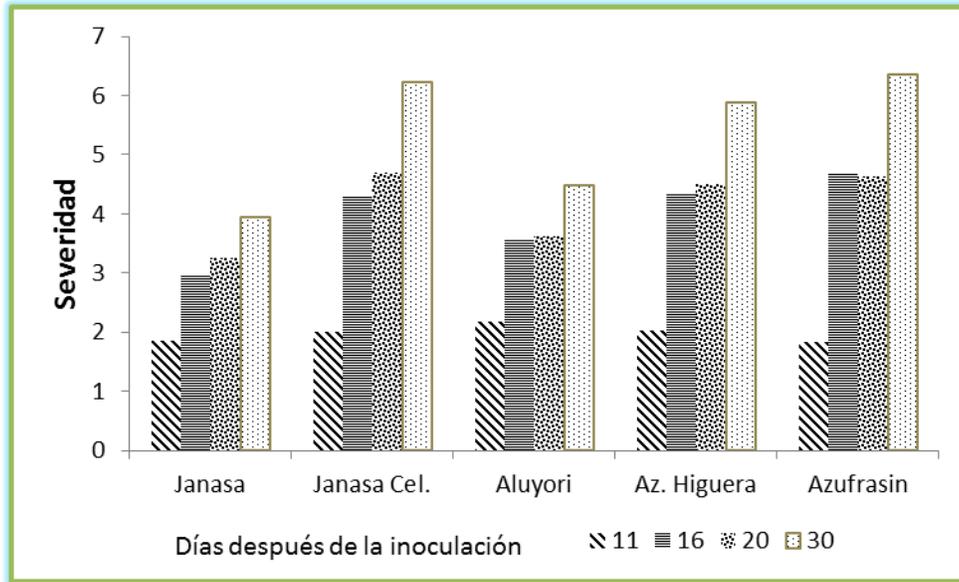
1.- Por unidad por día

Cuadro 31. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada del inóculo 2 en cinco genotipos

Genotipo	Inóculo 2 (20 ddi)
Janasa	23.85
Janasa Cel.	23.85
Aluyori	26.55
Az. Higuera	26.55
Azufrasin	27.50

ddi= días después de la incidencia inicial

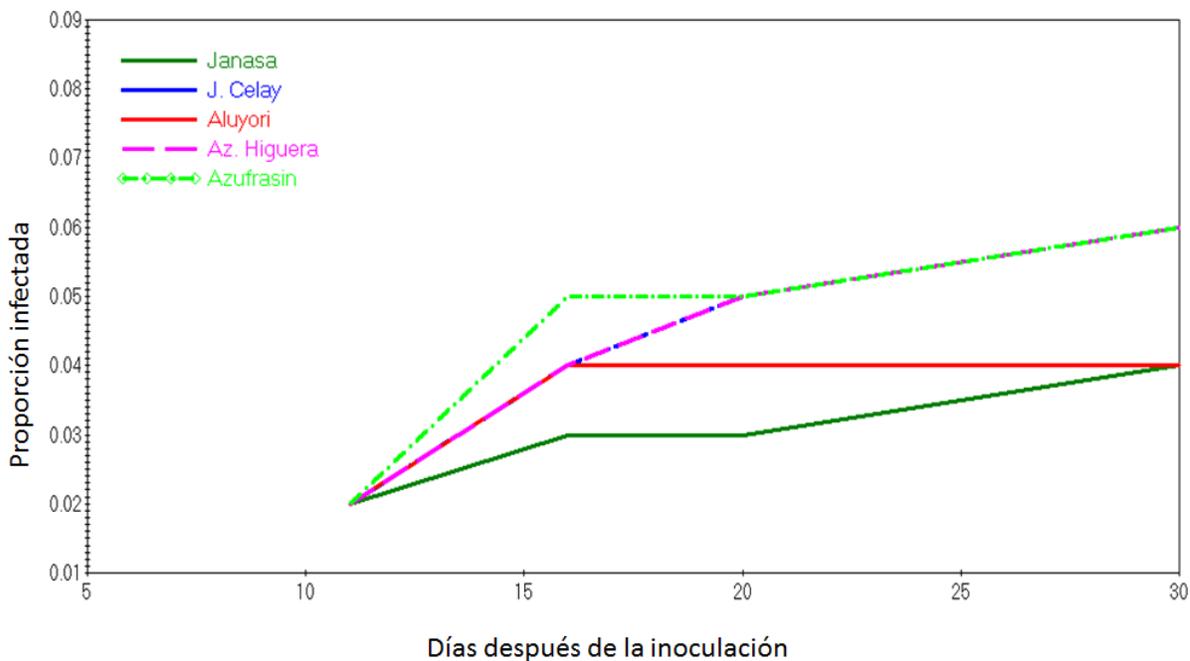
En las variedades Azufrasin y Janasa Celaya existió mayor severidad de la enfermedad, mientras que Janasa presentó valor intermedio (Gráfica 18). Para el caso de Aluyori en la localidad de Guanajuato se tienen registros de que presenta una reacción intermedia a la infección por la bacteria *Pseudomonas* causante del tizón de halo (Mena y Velásquez, 2010), ante este inóculo presentó esa misma reacción con la que se le ha reportado.



Gráfica 18. Severidad de la cepa de Sinaloa, var. Azufrasin (inóculo 3), inoculado en invernadero, 2013.

- Inóculo 3 (Sinaloa B, variedad: Azufrasin)

La cepa de este inóculo se obtuvo de Sinaloa y su invasión fue menos severa en las variedades Janasa y Aluyori. El progreso de la enfermedad fue más lento para la variedad Janasa, mientras Az. Higuera y Janasa Celaya presentaron un ascenso similar. La menor tasa de infección la presentó Janasa y Aluyori (Gráfica 19, Cuadro 32).



Gráfica 19. Progreso de la enfermedad causada por la cepa Sinaloa, var. Azufrasin (inóculo 3).

Cuadro 32. Tasa aparente de infección de la cepa Sinaloa, var. Azufrasin (inóculo 3), en las cinco variedades

Variiedad	Tasa aparente de la infección ¹
Janasa	0.037
Janasa Celaya	0.060
Aluyori	0.037
Az. Higuera	0.060
Azufrasin	0.060

1.- Por unidad por día

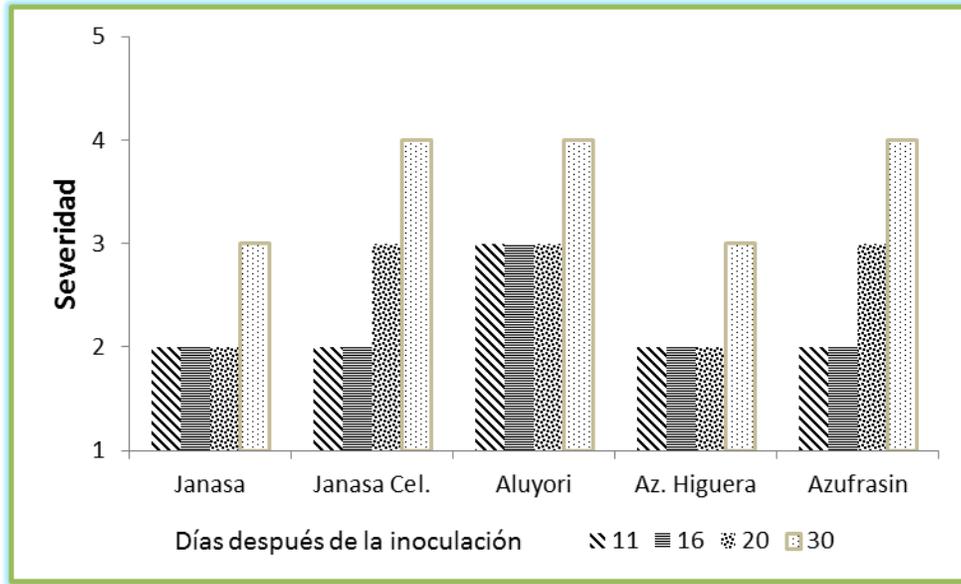
Cuadro 33. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada de la cepa Sinaloa, var, Azufrasin (inóculo 3) en cinco variedades

Genotipo	Inóculo 3 (20 ddi)
Janasa	21.76
Janasa Cel.	25.17
Aluyori	23.42
Az. Higuera	25.17
Azufrasin	25.62

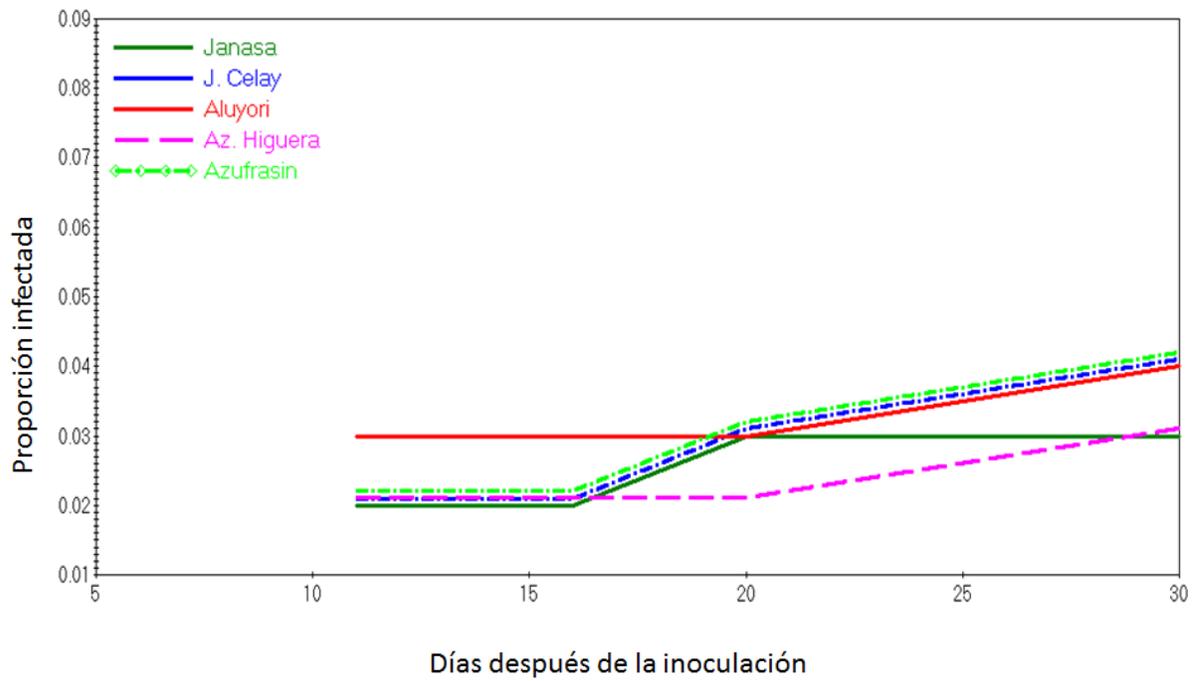
ddi= días después de la incidencia inicial

- Testigo

Las plantas que se utilizaron como testigo no presentaron signos importantes que señalaran una infección por *P. syringae* pv. *phaseolicola*, el grado de severidad tuvo valores resistentes e intermedios (Gráfica 20), la tasa de infección fue baja para todas las variedades; sin embargo, Janasa y Az. Higuera presentaron los valores más bajos (Gráfica 21, Cuadro 34).



Gráfica 20. Severidad del Tratamiento testigo, inoculado en invernadero, 2013.



Gráfica 21. Comportamiento de las plántulas testigo.

Cuadro 34. Tasa aparente de infección del tratamiento testigo, en las cinco variedades

Variedad	Tasa aparente de la infección ¹
Janasa	0.022
Janasa Celaya	0.037
Aluyori	0.037
Az. Higuera	0.022
Azufrasin	0.037

1.- Por unidad por día

Cuadro 35. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad estandarizada del tratamiento testigo en cinco variedades

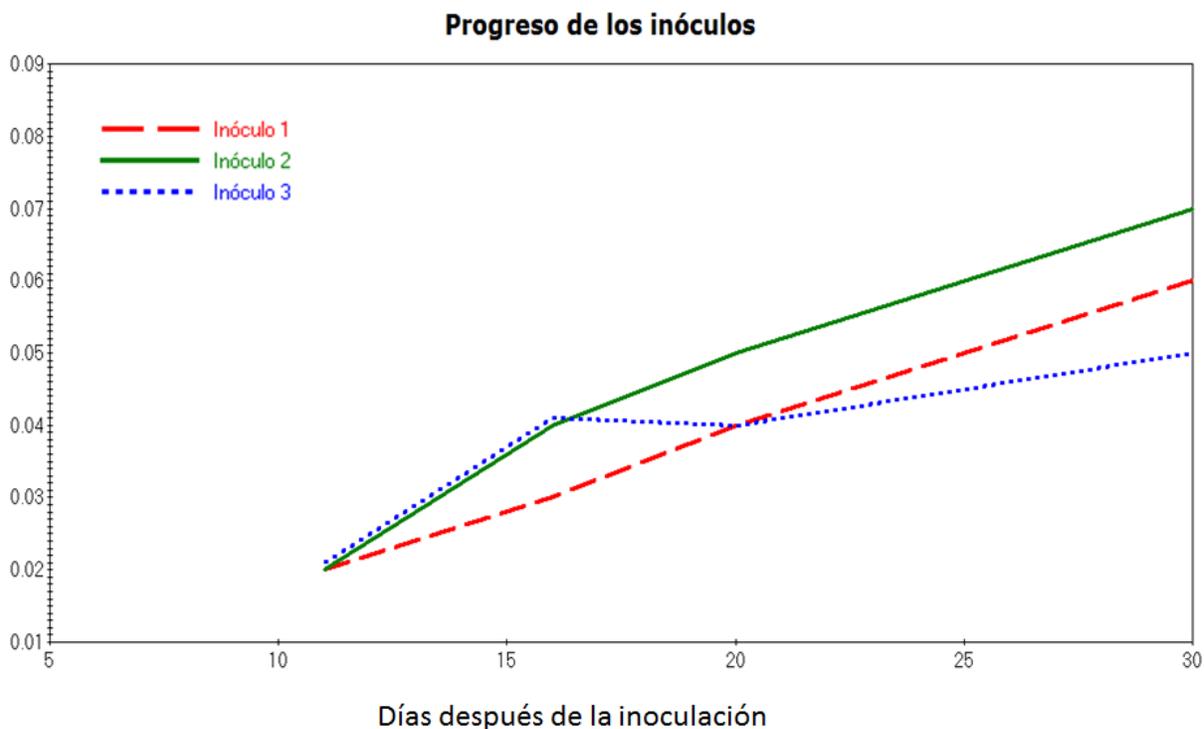
Genotipo	Testigo (20 ddi)
Janasa	20.19
Janasa Cel.	20.97
Aluyori	22.58
Az. Higuera	19.44
Azufrasin	20.97

ddi= días después de la incidencia inicial

e) Progreso de los inóculos

El ambiente puede afectar tanto el crecimiento como la resistencia de las plantas hospedantes y también la tasa de crecimiento y el grado de virulencia de un patógeno, así como su dispersión por el viento o el agua (Agrios, 1999); sin embargo, al realizarse el experimento en invernadero, se tuvieron monitoreadas y controladas las condiciones de humedad y temperatura. Por lo cual estos factores ambientales no influyeron a favor de algún inóculo, los tres contaron con las mismas condiciones por

lo cual se concluye que el inóculo 2 fue el que presentó mayor agresividad en su comportamiento, debido a esto podríamos decir que es de una raza más virulenta. Mientras que el 3 fue el que menos ataque presentó, entendiéndose como un patógeno de raza menos virulenta y el 1 presentó una velocidad de incremento gradual (Gráfica 22).



Gráfica 22. Progreso de los tres tipos de inóculo.

Los inóculos obtenidos de la localidad de Sinaloa presentaron menores afectaciones a las variedades de esta misma; caso similar para el inóculo de Celaya, el cual también tuvo menor afectación a la variedad procedente de esta localidad.

5. CONCLUSIONES

1. Los organismos bacterianos presentes en el germoplasma procedente de las localidades de Sinaloa y Celaya, Gto. fueron *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* y *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, las cuales son generadoras de tizón de halo y de tizón común respectivamente. *Xcp* en un porcentaje muy bajo.
2. El patógeno con mayor presencia fue *Psp* y tuvo presencia en todas las localidades, y en todas las clases comerciales.
3. Las variedades cuentan con un nivel de germinación y vigor de plántula muy bueno, para Sinaloa arriba del 90% y en estos genotipos mejorados la presencia de la bacteria no afectó su porcentaje de germinación, por lo cual podemos decir que se recomienda el uso de éstos genotipos en las zonas de riego que cuenten con condiciones climáticas similares a las de Sinaloa.
4. Se determinó mayor severidad en las variedades Az. Higuera y Azufrasin, en cuanto a tizón de halo.
5. La calidad sanitaria de las semillas fue mejor en Celaya, mientras que la calidad fisiológica fue mejor en Sinaloa. Por lo tanto se podría decir que para obtener semilla para consumo como grano la mejor localidad es Sinaloa, y para obtener semilla para siembra la localidad de Celaya es la óptima.
6. El mejor germoplasma fue el de la localidad de Guasave, Sin. y las mejores variedades fueron Aluyori y Janasa, ya que fueron las que tuvieron una mejor calidad fisiológica y sanitaria.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta G., J. A.; Sánchez G., B. M.; Mendoza H., F. M.; Jiménez H., Y.; Salinas P., R.; Rosales S., R.; Navarrete M., R.; Zandate H., R.; Alvarado M., S. y Padilla H., J. S. 2010. Rendimiento y reacción a enfermedades en frijol tipo Flor de Mayo en riego y temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol. 4 Núm. 1. 65 – 75 p.
2. Adimihardja, M. 1982. Seed treatment for irradiation of common and fuscus blight bacteria from navy bean seed. Ph. D. thesis. Michigan State University. 91 p.
3. Agarwal, V. K. and J. B. Sinclair. 1987. Principles of seed pathology. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. 176 p.
4. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). 2003. La producción del frijol en México: diversidad y libre mercado. Editorial Abriendo Surcos. 6-15 PP.
5. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (ASERCA). 2005. Descripción del Frijol. Editorial Abriendo Surcos. 2 p.
6. Agrios, N, G. 1991. Manual de enfermedades de las plantas. Grupo Noriega Editores. Tomo 3. 479-508 pp.
7. Agrios, N., G. 1999. Fitopatología. 2da. Edición en español. Editorial Limusa. Grupo Noriega Editores. México. 838 p.
8. Agrios, N. G. 2004. Plant Phatology. Elsevier academic press. Fift edition. 616 p.
9. Arauz, C., L. F. 2011. Fitopatología en enfoque agroecológico. Editorial UCR. San José C.R. 514p.
10. Arias R., J; Rengifo M., T y Jaramillo C., M. 2007. Buenas prácticas agrícolas en la producción de frijol. FAO. 29-48 pp.
11. Barrera C., A. y Díaz B., V. 2002. Guía para cultivar frijol en el estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto para productores #36.

12. Brenner, D. J., and Staley, J. T. 2005. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2nd Ed. Springer-Verlag. Berlin.
13. Cabral E., M., Avelar M., J., Ramirez C., Z. 2009. Reacción de variedades mejoradas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a razas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Scribner. Universidad Autónoma de Zacatecas. 18 p.
14. Campbell N., A; Reece J., B.; Molles M.; Urry L. y Heyden R. Mitchell L., G. 2007. *Biología*. 7º Edición. Editorial Medica Panamericana. Madrid España. 1392 p.
15. Campos A., J. 1991. *Enfermedades del frijol*. Ed. Trillas. México, D. F. 132 p.
16. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1987. Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Aart van Schoonhoven y Marcial A. Pastor-Corrales (comps.). Cali Colombia. 56p.
17. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1988. Principales enfermedades virales del frijol en América Latina y su control. Guía de estudio. Cali, Colombia. 36 p.
18. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2001-2011. Servicio Meteorológico Nacional. Temperatura °C Media. Disponible en www.cna.gob.mx.
19. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA). 2011. Monografía del frijol. Veracruz. 25p.
20. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). 2008. Campaña de manejo fitosanitario de frijol. Folleto # 08. 24 p. Disponible en: http://www.cesaveg.org.mx/html/folleto/folleto_08/folleto_frijol_08.pdf
21. Crispín M., A. y Miranda S. 1978. *El frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. In: *Producción de granos y forrajes*. Edit. Limusa. México, D. F. 541-552 pp.
22. Cruz I., S. Ramírez V., P. García E., R. Castillo G., F. Sandoval I., J. S. 2004. Selección para resistencia a tizón común en frijol. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 27 (2). 141-147 p.
23. Cruz I., S.; Ramírez V., P.; Tlapal B., B.; Ramírez R., I.; García E., R.; Sandoval I., J.S.; Castillo G., F. 2001. Producción masiva de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith) Dye. *Agrociencia*. Vol. 35. 575-581 p.

24. Díaz B., V. 2002. Principales enfermedades del frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en las principales regiones productoras del estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico #17. 20-23p.
25. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. 1991. Aspectos Técnicos sobre cuarentena y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. La Dirección. San José, Costa Rica. 560 p.
26. Financiera Rural. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. 2011. Monografía del frijol. FIRA. 6 P.
27. Franco N., F. y Zavaleta M., E. 2001. Estado Actual del conocimiento acerca del modo de acción de las toxinas no selectivas. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol. 19. 237-244 p.
28. Friesen A., P.; Gillard C., L.; Conner R., L.; Robinson D. and Barton W. 2012. Thermotherapy to control seed-bourne disease in dry bean. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 99-100 p.
29. González, L. C. 1985. Introducción a la fitopatología. 1ª Edición. San José, Costa Rica. IICA. 148 P.
30. Hernández F., J. C. y C. Araya F. 2006. Guía para la identificación de las enfermedades del frijol más comunes en Costa Rica. San José, Costa Rica. 44p
31. Hoja de datos de seguridad de sustancias químicas de acuerdo a NOM-002-STC2-1994, 2011. Disponible en www.ctr.mx
32. <http://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>. Consultado 25 de Marzo de 2013
33. <http://sinaloamx.com/mapas-de-sinaloa-division-politica-municipios>
34. <http://snics.sagarpa.gob.mx>. Consultado 10 de Octubre de 2012
35. <http://vegetablemndonline.ppath.cornell.edu/factsheets/Beans>. Consultado 3 de Febrero de 2013
36. <http://www.conabio.gob.mx>. Consultado 9 de Octubre de 2012

37. <http://www.fenalce.org/pagina>. Consultado 23 de Mayo de 2012.
38. <http://www.fps.org.mx>. Consultado 24 de Mayo de 2013
39. <http://www.inegi.org.mx>. Consultado 15 noviembre del 2012
40. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21726364>. Consultado 3 de Febrero de 2013
41. <http://www.oedrusveracruz.gob.mx>. Consultado 16 de Diciembre de 2012
42. <http://www.portalmochis.net/Imgeografia>. Consultado 17 de Mayo de 2013
43. <http://www.pseudomonas-syringae.org/>. Consultado 3 de Febrero de 2013
44. <http://www.revistasinifap.org.mx/index.php/Agricolas/article/view/243>. Consultado 24 de Mayo de 2013
45. <http://www.seednews.inf.br>. Consultado 15 de Noviembre de 2012
46. Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2008. Guía de Identificación y Manejo integrado de enfermedades del frijol en América Central. Managua. 20-22p.
47. Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2009. Guía técnica para el cultivo del frijol. Santa Lucia, Boaco. 28 p.
48. Jiménez, O. y Contreras, N. 2004. *Xanthomonas albilineans* Agente Causal de la Escaldadura Foliar de la Caña de Azúcar (*Saccharum sp*) en los estados Lara y Yaracuy. Revista Facultad de Agronomía. Vol. 21. 231-243 p.
49. Koike S. T., Gladders P. y Paulus A. O. 2007. Vegetable diseases a color handbook. Academic Press. 252-260 p.
50. Laguna M., R. 1989. Efecto de tratamiento de semilla sobre la incidencia de tizón común (*Xanthomonas campestris p.v phaseoli*) en frijol (*Phaseolus vulgaris*). Tesis, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Sanidad Vegetal.
51. Loredó V., J. G. 2008. Manual de prácticas de bacteriología. Departamento de parasitología. Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte.

52. Mc Vaugh R. 1987. Leguminosae. Flora Novogaliciana. A descriptive account of the vascular plants of western México. Ann Arbor The Universiti of Michigan Press. 176-178p.
53. Mena C., J y Velásquez V., R. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Folleto técnico no.24. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 83p.
54. Messiaen, C.M y D. Blancard. 1995. Enfermedades de las hortalizas. 3ra. Edición. Editorial MP. 280-291 p.
55. Miranda C., S. 1966. Mejoramiento del frijol en México. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Folleto No. 13. México. 35p.
56. Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 393 p.
57. Navarrete, M. R.; García E. R. y Acosta G. J. 1996. A non-genetic demonstration of a gene-for-gene relationship between *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *Phaseolus vulgaris*. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 35:40-41.
58. Navarrete, M., R. y Acosta G., J. 2000. Resistencia de frijol al tizón de halo en el valle de México y Progreso de la enfermedad. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 23(1). 17-28 pp
59. Osuna C., E. S.; Acosta G., J. A.; Reyes M., L.; Martinez G., M. A.; Padilla R., J. S.; Ventura R., E.; Gonzalez G. E.; Cortés Ch., M. A.; Garibaldi M.y F.; Hernandez R., I. 2011. Tecnología para incrementar la producción de frijol de temporal en el Altiplano Semiarido de Mexico. Instituto Nacional de Investigacion Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP). Folleto para productores No. 44. 42 p.
60. Pedroza S., A. y Samaniego G., J. A. 2003. Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Revista Mexicana de Fitopatología. Vol. 21 No. 3. 272-277 p.
61. Prudencio S. J. M., Navarrete M. R., Navarrete M. J., y Acosta Gallegos J. A. 2008. Dinámica de los tizones común y de halo del frijol en el Valle de México. Agricultura técnica en México. 34:2. 213-223 pp.

62. Robast C., Parmentier P., Carreau P., Peltier D., Bonneau C., Monsimier B., Bourgeois N., Belouard E., Leveque P., Tristan G., and Delisle M. 2010. Mapping and qtl analysis of agronomic traits in common bean: validation of a halo blight resistance qtl in bean breeding programs. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.* 102-103 P.
63. Rodríguez M., O.y Rosas S., J. C. 2010. Selección de genotipos de frijol común por su resistencia al tizón bacteriano. *Agronomía Mesoamericana.* Vol. 21 (2)
64. Romero R., F. 2004. Manejo Integrado de Plagas: Las bases, los conceptos y su mercantilización. Colegio de Postgraduados. México. 110 p.
65. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2006. Generación de empleos en la elaboración de productos derivados del frijol. 4 p.
66. Salinas P, R. A. y Rodríguez C., F. G. 2008. Impacto del Mejoramiento Genético de Frijol en Sinaloa: Variedad "Azufrado Higuera". INIFAP. 3 p.
67. Salinas P., R. A., Acosta G. J. A., Rodríguez C., F. G. y Padilla V., I. 2010. Aluyori, nueva variedad de frijol blanco (Alubia) para Sinaloa y el Bajío, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* Vol. 1. Núm. 5. 669- 675 p.
68. Salinas P., R. A. Rodríguez C., F. G., Padilla V., I., Valencia M., Y., Acosta G. J. A. 2011a. "Azufrasin": Nueva variedad de frijol tipo azufrado para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* Vol. 2 Núm. 4. 613-617 p.
69. Salinas P., R. A. Rodríguez C., F. G. Padilla V., I. Moreno G., T. y Ortega M., P. 2011b. Generación de nuevas variedades mejoradas de frijol para el noroeste de México. Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del frijol. Fundación Produce Sinaloa A. C. Memoria de capacitación. 61- 71 pp.
70. Salinas P., R. A. Rodríguez C., F. G., Padilla V., I., Valencia M., Y., Ortiz C., H. G., Acosta G. J. A. 2012. Janasa, nueva variedad de frijol tipo azufrado para el estado de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* Vol. 3. Núm. 2. 397-402 p.
71. Schaad N., W., Jones J. B., and Chun W. 2001. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria. Third Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minesota. 373 p.

72. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Información del Sector Agroalimentario 2010. SAGARPA. México. 247 p.
73. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Circuito Producción Consumo. SAGARPA. México. 7 p.
74. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2012. Resumen nacional de la producción agrícola. SAGARPA. México. Disponible en http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=201
75. Stefanova M.; Pedro Ivo A. L., Joalice P. S. Dmasceno and Abi S. A. Marques. 2009. Optimización de la recuperación de *Pseudomonas syringae* pv. *Tabaco* por la modificación de dos medios de cultivo. Tropical Plant Pathology. Vol. 34 No.3.. 178-181 p.
76. Tadeo, R, M. y Espinosa, C, A. 2010. Manual de prácticas de laboratorio, Producción y tecnología de semillas. 21–26 p.
77. The International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rules for Seed Testing. 335 p
78. The International Seed Testing Association (ISTA). 2006. ISTA Handbook on Seedling Evaluation. Third Edition. 18-1 – 18-11 pp.
79. The International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing. 5-1 a 5-10, 7-1 a 7-4 pp.
80. The SAS System for unidases 9.0 (español). 2002.
81. Urrea, A, C, Yonts, D, C, y Smith, J. 2010. Effect of soil compaction and irrigation management in dry bean production. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 14-15 p.
82. Vanderplank, J. E. 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press, New York. 349 p.
83. Zandate H., R. y Galindo G., G. 2006. Guía para la producción artesanal de semilla de frijol. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto para productores No. 33. 20-25p.

84. Zapata M., Beaver J. y Porch T. 2009. Evidence for a dominant gene for resistance on leaves of common bean to the common bacterial blight pathogen, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. Ann. Rep. Bean Improv. Coop. 72-73 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de Varianza del porcentaje de unidades formadoras de colonias obtenidas por estriado en medio AN

Variedades

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
Var	3	4.3958	1.4652	2.47	0.074
Error	44	26.083	0.5928		
Total	47	30.479			

Anexo 2. Análisis de Varianza para crecimiento de *Pseudomonas* en medio PDA

Localidades

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
PROC	3	54.3125	18.1041	3.86	0.013
Error	60	281.625	4.6937		
Total	63	335.937			

Anexo 3. Análisis de varianza para crecimiento de *Xanthomonas* en medio PDA

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
PROC	3	1.1718	0.3906	2.05	0.116
Error	60	11.4375	0.1906		
Total	63	12.6093			

Comparación de variedades

Anexo 4. Análisis de Varianza para crecimiento de *Pseudomonas* en medio PDA

Variedades (Sinaloa)

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	3	66.8958	22.2986	9.71	0.0001
Error	44	101.083	2.2973		
Total	47	167.9791			

Anexo 5. Análisis de Varianza para crecimiento de *Pseudomonas* en medio PDA

Variedades de Celaya

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	2	45.5000	22.7500	2.98	0.101
Error	9	68.7500	7.6388		
Total	11	114.2500			

Anexo 6. Análisis de varianza para crecimiento de *Xanthomonas* en medio PDA

Variedades de Sinaloa

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	3	0.5625	0.1875	0.69	0.5617
Error	44	11.9166	0.2708		
Total	47	12.4791			

Anexo 7. Análisis de varianza para crecimiento de *Xanthomonas* en medio PDA

Variedades de Celaya

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	2	0	0	.	.
Error	9	0	0		
Total	11	0			

Anexo 8. Análisis de varianza para evaluación de vigor de semillas en toallas enrolladas

Localidades

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
PROC	3	24831.25	8277.08	24.51	0.0001
Error	60	20262.50	337.708		
Total	63	45093.75			

Anexo 9. Análisis de varianza para germinación de semillas en toallas enrolladas

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
PROC	3	10967.18	3655.72	8.46	0.0001
Error	60	25918.75	431.979		
Total	63	36885.93			

Anexo 10. Análisis de varianza para crecimiento de raíz

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
PROC	3	82.1853	27.3951	1.88	0.1424
Error	60	873.7940	14.5632		
Total	63	955.9793			

Anexo 11. Análisis de varianza para crecimiento de hipocótilo

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
PROC	3	237.2045	79.0681	15.71	0.0001
Error	60	301.9264	5.0321		
Total	63	539.1309			

Comparación de variedades

Anexo 12. Análisis de varianza para evaluación de vigor en toallas enrolladas

Variedades de Sinaloa

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	3	272.9166	90.9722	1.80	0.1613
Error	44	2225.000	50.5681		
Total	47	2497.916			

Anexo 13. Análisis de varianza para evaluación de vigor de semillas en toallas enrolladas

Variedades de Celaya

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	2	1816.666	908.333	2.22	0.164
Error	9	3675.000	408.333		
Total	11	5491.666			

Anexo 14. Análisis de varianza para evaluación de germinación de semillas en toallas enrolladas

Variedades de Sinaloa

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	3	6.2500	2.0833	0.06	0.978
Error	44	1425.000	32.3863		
Total	47	1431.250			

Anexo 15. Análisis de varianza para evaluación de germinación de semillas en toallas enrolladas

Variedades de Celaya

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	2	50.000	25.000	0.30	0.747
Error	9	750.000	83.333		
Total	11	800.000			

Anexo 16. Análisis de varianza para crecimiento de raíz

Variedades de Sinaloa

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	3	72.3872	24.1290	4.37	0.008
Error	44	242.7208	5.5163		
Total	47	315.1081			

Anexo 17. Análisis de varianza para crecimiento de raíz

Variedades de Celaya

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	2	50.060	25.030	2.22	0.164
Error	9	101.4025	11.266		
Total	11	151.4625			

Anexo 18. Análisis de varianza para crecimiento de hipocótilo

Variedades de Sinaloa

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	3	125.6298	41.8766	6.86	0.0007
Error	44	268.7516	6.1079		
Total	47	394.3815			

Anexo 19. Análisis de varianza para crecimiento de hipocótilo

Variedades de Celaya

FUENTE	GL	SC	CM	F	P
VAR	2	12.1706	6.0853	2.86	0.109
Error	9	19.1447	2.1271		
Total	11	31.3153			