



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**COMPLEJO REGIONAL NORTE - SEDE TETELA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL DESARROLLO DEL FRIJOL
AYOCOTE (*Phaseolus coccineus* L.), EN MINIRIZOTRONES**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN AGROFORESTAL**

**PRESENTA:
ERICK JONATHAN ROSALES VICELIS**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JESÚS MAO ESTANISLAO AGUILAR LUNA**

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, DICIEMBRE DE 2019



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

**COMPLEJO REGIONAL NORTE – SEDE TETELA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL DESARROLLO DEL FRIJOL
AYOCOTE (*Phaseolus coccineus* L.), EN MINIRIZOTRONES**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**PRESENTA:
ERICK JONATHAN ROSALES VICELIS**

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JESÚS MAO ESTANISLAO AGUILAR LUNA**

**ASESORES:
M.C. BENJAMÍN BARRIOS DÍAZ
M.C. GLORIA VÁZQUEZ HUERTA**

TETELA DE OCAMPO, PUEBLA, DICIEMBRE DE 2019

La presente tesis titulada: **Efecto del ácido salicílico en el desarrollo del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), en minirizotrones.** Realizada por el C. **Erick Jonathan Rosales Vicelis**. Ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Complejo Regional Norte - Sede Tetela

Consejo particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Jesús Mao Estanislao Aguilar Luna

Asesor: M.C. Benjamín Barrios Díaz

Asesor: M.C. Gloria Vázquez Huerta

Tetela de Ocampo, Puebla, diciembre de 2019

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico: **BUAP-CA-324-Sistemas Agroforestales y Agrícolas Sostenibles; y de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Agroforestería y Manejo Integrado de Cultivos**. Dicho trabajo fue financiado con Recursos Propios

AGRADECIMIENTOS

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por ser mi *Alma Mater Studiorum*, al Complejo Regional Norte Sede Tetela, porque en sus aulas, espacios y rincones dejó mis años de estudiante para formar mi vida profesional.

Al Dr. Jesús Mao Estanislao Aguilar Luna, quien al llegar a ser un docente más en esta casa de estudios, se convertido en un amigo, por brindarme su apoyo en todo lo necesario para poder realizar esta investigación.

Al M.C. Benjamín Barrios Díaz, quien durante estos años de mi formación me ha ayudado, sus enseñanzas las llevaré siempre presentes, la disposición en la revisión y finalización de este trabajo.

A la M.C. Gloria Vázquez Huerta, por su orientación y valiosas sugerencias, por su disposición asesorando en más de una ocasión, sus consejos y enseñanza, hoy forjan mi futuro.

A todos mis profesores que formaron parte de mi formación profesional, que con asentada participación me brindaron con gran entusiasmo sus enseñanzas.

DEDICATORIA

A mi Madre **María Natalia Vicelis Palma**, con todo mi cariño y gratitud por su apoyo incondicional en todo momento, por todos sus esfuerzos y sacrificios para que yo pudiera terminar mi carrera profesional, por sus consejos, por haberme dado todo, y por enseñarme a luchar por lo que se quiere.

A mi Hermano **José Eduardo Rosales Vicelis**, por ser el mejor ejemplo en la vida, por brindarme siempre su apoyo incondicional desde que tengo memoria, por su entusiasmo y su ejemplo para salir adelante siempre.

A **Guadalupe Hernández González**, con mucho amor, por ser una de las razones principales de mi esfuerzo y superación, gracias por el apoyo incondicional en todo momento, por el tiempo compartido y por creer en mí siempre.

A mis Colegas, **Noé Cabrera Barbecho, Salvador López López, Eduardo Rivera López, Martín Pérez Posadas, Héctor Francisco Díaz López, Bryan Francisco Martínez Luna**, por lo buenos momentos que compartimos, por su apoyo incondicional, la confianza desinteresada y por estar siempre dispuestos a apoyarme.

A mis colegas de la generación 2010 **Heliberto, Wicho, Tere y Lau**. Por los buenos momentos que pasamos, por sus consejos y apoyo incondicional en todo momento.

A todos mis amigos los que se preocuparon por mi bienestar incluso aquellos que sin saberlo fueron y serán personas importantes en mi vida los cuales les agradezco sus consejos, ánimos y apoyo incondicional. A todos muchas gracias.

“Intenta no volverte un hombre de éxito, sino un hombre de valor”.

Albert Einstein

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. El cultivo de frijol ayocote en la Sierra Norte de Puebla	4
2.2. Origen e importancia económica.....	5
2.3. Posición taxonómica del frijol ayocote	6
2.4. Anatomía y morfología de la planta de frijol	6
2.4.1. La raíz	6
2.4.2. El tallo	9
2.4.3. Ramas y complejos axilares	10
2.4.4. Las hojas	12
2.4.5. La inflorescencia	13
2.4.6. La flor	14
2.4.7. El fruto.....	15
2.5. Requerimientos edafoclimáticos	17
2.5.1. Agua	17
2.5.2. Suelo	18
2.5.3. Temperatura.....	18
2.5.4. Luminosidad	18
2.6. Preparación del terreno.....	19

2.7. Siembra y densidad de siembra	19
2.8. Enfermedades y plagas	21
2.9. Abonado y fertilización	29
2.9.1. Síntomas de deficiencias nutrimentales.....	31
2.10. Recolección y manejo postcosecha	32
2.11. Ácido salicílico en plantas	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Localización del experimento.....	38
3.2. Material vegetal	39
3.3. Descripción del experimento	39
3.4. Tratamientos y diseño experimental.....	41
3.5. Variables de respuesta	42
3.6. Análisis estadístico	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Desarrollo radical de <i>Phaseolus coccineus</i> a diferente concentración de ácido salicílico.....	44
4.2. Desarrollo aéreo de <i>Phaseolus coccineus</i> a diferente concentración de ácido salicílico.....	53
4.3. Productividad de <i>Phaseolus coccineus</i> a diferente concentración de ácido salicílico.....	65
5. CONCLUSIONES.....	68
LITERATURA CITADA.....	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Categorías de elementos requeridos por el cultivo.....	29
2	Cantidades de fósforo y potasio de acuerdo a la fertilidad del suelo.....	30
3	Elementos más importantes y los síntomas de deficiencia en frijol.....	31
4	Tratamientos utilizados en el experimento con frijol ayocote con en minirrizotrones.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tipos de habito de crecimiento según la variedad de frijol, en (tipo I) variedad precoz; en (tipo IV) variedad trepadora.....	7
2	Sistema radical inicial en <i>Phaseolus coccineus</i>	8
3	Raíz típica completamente desarrollada en <i>Phaseolus coccineus</i>	8
4	Tallo erecto de <i>Phaseolus coccineus</i>	9
5	Estructura de una plántula de <i>Phaseolus coccineus</i>	10
6	Triada, complejo axilar formado por yemas en <i>Phaseolus coccineus</i>	11
7	Hojas simples y compuestas de <i>Phaseolus coccineus</i>	12
8	Inflorescencias terminales o axilares de <i>Phaseolus coccineus</i>	13
9	Componentes de la flor de <i>Phaseolus coccineus</i>	14
10	Fruto de la planta de <i>Phaseolus coccineus</i>	15
11	Composición externa de la semilla de <i>Phaseolus coccineus</i>	16
12	Composición interna de la de la semilla de <i>Phaseolus coccineus</i>	17
13	Esporulación del hongo causal de la roya.....	21
14	Síntomas de la roya en vaina.....	21

15	Síntomas en follaje de antracnosis.....	22
16	Síntomas en vaina por el hongo causal de antracnosis.....	22
17	Plantas muertas por pudriciones de raíz.....	23
18	Semilla infectada por hongos fitopatógenos.....	23
19	Esclerosis de moho blanco sobre vainas de <i>Phaseolus coccineus</i>	23
20	Crecimiento de moho blanco en suelo y hojas de <i>Phaseolus coccineus</i>	23
21	Cenicilla en las hojas de la planta de <i>Phaseolus coccineus</i>	24
22	Ninfas de mosquita blanca	25
23	Adultos de mosquita blanca.....	25
24	Daño en la parte radical por larva de gallina ciega.....	26
25	Larva de gallina ciega.....	26
26	Trips adulto.....	26
27	Daños ocasionados por trips en hojas de <i>Phaseolus coccineus</i>	26
28	Adultos de minador en <i>Phaseolus coccineus</i>	27
29	Ataque severo por minador de la hoja	27

30	Adultos de pulgones alados, responsables de la aparición de colonias.....	28
31	Algunas especies se alimentan de pastos, para posteriormente colonizar los cultivos de <i>Phaseolus coccineus</i>	28
32	Semilla de <i>Phaseolus coccineus</i> lista para el corte y la trilla.....	32
33	Ubicación del experimento con <i>Phaseolus coccineus</i> en minirrizotrones....	37
34	Minirrizotrón de frijol ayocote (<i>Phaseolus coccineus</i>)	39
35	Volumen radical en <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) muestra, los residuos <i>versus</i> valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	46
36	Nódulos radicales en <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno. Valores con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$); en B) residuos <i>versus</i> valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	49
37	Volumen de nódulos radicales en <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico ; con y sin fertilización de nitrógeno; en B) muestra los residuos <i>versus</i> valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	52

38	Supervivencia en <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) los residuos versus valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	55
39	Altura de la planta de <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno. Valores con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales des acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$); en B) los residuos <i>versus</i> valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	58
40	Biomasa seca del sistema radical de <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) los residuos <i>versus</i> valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	61
41	Biomasa seca de la parte aérea en <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) residuos <i>versus</i> los valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	64
42	Productividad en <i>Phaseolus coccineus</i> ; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) residuos <i>versus</i> los valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.....	67

EFFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL DESARROLLO DEL FRIJOL AYOCOTE (*Phaseolus coccineus* L.), EN MINIRIZOTRONES

RESUMEN

El cultivo de frijol ayocote es frecuentemente consumido a nivel nacional, y en la actualidad existe la competencia por obtener los mejores resultados en cuanto al desarrollo y productividad, en la sierra norte de Puebla las condiciones para este cultivo son favorables, pero los rendimientos no, una opción para mejorar la productividad de las plantas es mediante el ácido salicílico. El objetivo de esta investigación fue evaluar el mejor desarrollo de frijol ayocote en distintas concentraciones de ÁS. El experimento se realizó en 2018, en la casa sombra de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (19°48'59" N y 97°47'55" O y 1171 msnm), las semillas se sembraron en prototipos de minirizotrones, con aspersiones a distintas dosis: 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2 mM de ÁS hasta la antesis. Para un diseño en bloques completamente al azar con un arreglo factorial y 10 repeticiones. Las variables de respuesta fueron: Volumen radical, número de nódulos radicales, volumen de nódulos, supervivencia, altura de planta, biomasa seca total y productividad. Las medias se sometieron a ANOVAS, utilizando las pruebas de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) cuando fuese necesario. Concentraciones altas de ácido salicílico favorecieron el desarrollo radical hasta un 50 %, concentraciones de ÁS sin fertilización con nitrógeno (5 g) incrementan hasta un 65 % la biomasa seca radical. Plantas de frijol ayocote asperjadas con 2 mM de ÁS y fertilización de nitrógeno (5 g) incrementan la productividad hasta un 25% comparadas con plantas sin concentraciones aplicadas.

Palabras clave: clima templado, crecimiento, desarrollo, regulador de crecimiento, productividad.

EFFECT OF SALICYLIC ACID ON THE DEVELOPMENT OF THE AYOCOTE BEAN (*Phaseolus coccineus* L). IN MINIRHIZOTRONS

SUMMARY

The cultivation of ayocote beans is frequently consumed nationally, and today there is competition to obtain the best results in terms of development and productivity, in the northern Sierra of Puebla the conditions for this crop are favorable, but the yields are not, An option to improve plant productivity is by salicylic acid. The objective of this research was to assess the best development of ayocote beans in different concentrations of AS. The experiment was conducted in 2018, at the shadow house of the Benemérita Autonomous University of Puebla (19°48'59 " N and 97°47'55 " W and 117 m), the seeds were sown in prototypes of minirizotrons, with sprays at different doses: 0, 0.5, 1, 1.5 and 2 mM of AS until the antecedent. For a completely randomized block design with a factorial arrangement and 10 repetitions. The response variables were: Radical volume, number of radical nodules, volume of nodules, survival, plant height, total dry biomass and productivity. The averages were submitted to ANOVAS, using the Tukey tests ($\alpha \leq 0.05$) when necessary. High concentrations of salicylic acid favored radical development up to 50 %, concentrations of AS without nitrogen fertilization (5 g) increase radical dry biomass up to 65 %. Ayocote bean plants sprinkled with 2 mM of AS and nitrogen fertilization (5 g) increase productivity up to 25 % compared to plants without applied concentrations.

Key words: mild weather, growth, development, growth regulator, productivity.

1. INTRODUCCIÓN

El frijol es una planta originaria de Mesoamérica (que incluye a México), la cual se cultiva desde hace 8 mil años aproximadamente, evolucionando durante ese tiempo una amplia diversidad de tipos y calidades de frijoles. En total existen alrededor de 150 especies, aunque en México estas ascienden a 50, destacando las cuatro especies que el hombre ha domesticado, como son: *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote), *Phaseolus lunatus* L. (frijol comba) y *Phaseolus acutifolius* Gray (frijol tepari). En nuestro país las especies más importantes en cuanto a superficie sembrada y producción son las dos primeras.

El frijol es la base de la dieta alimenticia de los mexicanos. Las causas que impiden el aumento por hectárea de esta leguminosa, están relacionadas con la baja calidad de los suelos, así mismo presentando una disminución en el rendimiento al producirlo en el periodo temporal, y en consecuencia los agricultores se ven afectados en la rentabilidad del cultivo.

Dicho trabajo se realizó en la BUAP sede Tetela, en el área de la casa sombra, utilizando prototipos de minirrizotrones en el desarrollo de frijol ayocote. Como puntos importantes de este trabajo, primeramente, se pretende conocer el efecto y desarrollo de las plantas de frijol en minirrizotrones con la aplicación de diferentes dosis de ácido salicílico y de igual manera conocer si es o no una limitante en el desarrollo de los nódulos la aplicación de nitrógeno; finalmente determinar la relación de estos, de acuerdo a los resultados de los modelos estadísticos, los cuales representan la opción más adecuada.

El ácido salicílico es un regulador de crecimiento que aumenta la productividad en las plantas. Los experimentos llevados a cabo con plantas ornamentales u hortícolas en invernadero o en aire libre han demostrado claramente que responden a este compuesto. El efecto sobre las plantas se expresa como el aumento de tamaño de la planta, el número de flores, área foliar y la aparición temprana de flores en las especies hortícolas, el efecto reportado es mejoramiento en cuanto al rendimiento sin ocasionar baja calidad. Se propone que el incremento en bioproductividad de *Phaseolus coccineus* se puede incrementar debido al efecto positivo de ácido salicílico a partir de un incremento en la longitud de la raíz y su densidad.

En el municipio de Tetela de Ocampo, *Phaseolus coccineus* es importante para las familias rurales porque provee un importante aporte protéico a su alimentación, a decir de ellos su sabor es diferente al de *Phaseolus vulgaris* por tanto es preferido su cultivo y su consumo; sin embargo, esta especie se cultiva en pequeñas superficies, sin un paquete tecnológico bien definido, principalmente en zonas de ladera y con bajo nivel de insumos. Por lo cual el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del ácido salicílico en el desarrollo del frijol ayocote (sistemas radical y aéreo) y su productividad.

Por lo anterior, la estructura metodológica y el contenido de esta investigación se ubica en el protocolo tipo EXPERIMENTO; dado que sus dicotomías en la matriz de la clasificación de la investigación científica corresponden a lo siguiente: es **experimental** porque se modificó a voluntad una o más variables del fenómeno estudiado (diferentes dosis de ácido salicílico en plantas de *Phaseolus coccineus* L.); donde el aspecto fundamental de este tipo de estudio fue la asignación aleatoria de las diversas variantes del factor causal. Fue **prospectivo** porque toda la información se recogió, de acuerdo con los criterios del investigador y para los fines específicos de la investigación (efectos productivos de *Phaseolus coccineus* L.); Fue **longitudinal** porque las mediciones en las variables de respuesta se hicieron en varias ocasiones (en los meses que duró la investigación); lo cual implicó un seguimiento para estudiar el efecto del ácido salicílico en las plantas de cada unidad experimental. Fue **comparativo** de causa y efecto, porque se estudió el factor causal (ácido salicílico a diferentes dosis), evaluando distintas variables del desarrollo para contrastar hipótesis; por lo tanto, se trató de un diseño con experimento clásico.

1.1. Planteamiento del problema

¿Por ser un regulador de crecimiento, tendrá un efecto positivo la aplicación de ácido salicílico en *Phaseolus coccineus*, de tal manera que se incremente su desarrollo y su productividad en general?

1.2. Objetivos

Evaluar el desarrollo radical de *Phaseolus coccineus* y las nodulaciones en raíces, a diferente concentración de ácido salicílico.

Evaluar el desarrollo aéreo de *Phaseolus coccineus* a diferente concentración de ácido salicílico.

Analizar la productividad y el rendimiento de *Phaseolus coccineus* establecidos en minirizotrones y a diferente concentración de ácido salicílico.

1.3. Hipótesis

Se pueden encontrar plantas de frijol ayocote con un mayor desarrollo radical, siendo el ácido salicílico un regulador de crecimiento, mediante una dosis de 2 mM.

Con la aplicación de ácido salicílico, puede ser posible obtener plantas de frijol con mayor altura y con mayor biomasa.

Al menos una de las concentraciones de ácido salicílico aplicados en este trabajo, incrementará significativamente la productividad de las plantas de frijol ayocote establecidas en minirizotrones.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de frijol ayocote en la Sierra Norte de Puebla

En México, la semilla de frijol por su alto contenido de proteínas es básica para la alimentación de su población; ocupa el segundo lugar en importancia nacional después del maíz. El frijol que se produce y consume, provienen de semillas nativas y criollas, y solo pequeños porcentajes son de alguna variedad mejorada, las cuales presentan algunas ventajas agronómicas y principalmente la calidad. En estos casos, pero principalmente en las semillas criollas en la mayoría de los casos es para autoconsumo, cabe resaltar que además del consumo, de igual manera se aprovecha todo el cultivo para obtener vainas verdes(ejote) e incluso la paja del cultivo la llegan a utilizar como alimento en los animales.

Este cultivo es el cuarto en importancia por la superficie sembrada en México, después del maíz grano, pastos y el sorgo grano; por el valor de la producción primaria que genera, ocupa la undécima posición, considerando cultivos cíclicos y perennes. Durante el año agrícola 2015 se cosecharon 1.56 millones de hectáreas de frijol en México, lo que significó una disminución de 7.5 % con respecto a la superficie cosechada en el 2014. El 90.1 % de la superficie cosechada fue de temporal; y el 87.4 % correspondió al ciclo primavera-verano (P-V). En 2015, se cosechó el 92.6 % de las 1.68 millones de hectáreas sembradas de frijol (FIRA, 2016).

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) es originario de las partes altas de Mesoamérica, donde se ha cultivado desde tiempos precolombinos, estudios recientes señalan que se domesticó hace 2200 años en el Valle de Tehuacán, Puebla, México. Se cultiva en forma anual, pero en su hábitat natural crece en forma perenne en regiones húmedas en altitudes de más de 1800 msnm. Después del frijol común, el frijol ayocote es la segunda especie de mayor importancia para la alimentación de los mexicanos.

En el área de estudio en la Sierra Norte de Puebla, solo se presentan *Phaseolus coccineus* subsp. *coccineus*, con poblaciones cultivadas, con hábito de crecimiento indeterminado trepador (Tipo IV de CIAT) y *Phaseolus coccineus* subsp. *darwinianus* (*Phaseolus polyanthus*), cultivado y con hábitos de crecimiento Tipo IV.

2.2. Origen e importancia económica

Reciente información genética establece que el género *Phaseolus* es de origen mesoamericano y que la domesticación del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) se presentó en ambos centros de diversidad, Mesoamericano y Andino (Bitocchi *et al.*, 2011). Y en cuanto al frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) solo se han hallado restos de la forma en que se cultivaba en Mesoamérica especialmente en México. Según Delgado (1988), los restos más antiguos de ayocote, se encontraron en las Cuevas de Ocampo, Tamaulipas, con una edad entre 5500 y 7000 años a. de C. De igual manera Delgado (2006) señaló que como México es el centro de mayor diversidad del género *Phaseolus*, la historia geológica de la región tiene relevancia en la evolución del género.

Las principales especies del género *Phaseolus* que se cultivan en México son: *P. vulgaris* L., *P. coccineus* L., y *P. lunatus* L. (Cárdenas, 1984). *P. coccineus* L., subespecie *coccineus* se maneja como cultivo anual, pero en su hábitat natural tanto la forma silvestre como domesticada, crecen en forma perenne en regiones templadas húmedas y templadas semiáridas en altitudes de más de 1800 m (IBPGR, 1983).

Como planta anual, se siembra en temporal con asociación de maíz. Las variedades que se siembran asociadas con maíz en climas templados subhúmedos o semiáridos, pueden ser de guías cortas y de ciclo intermedio; en sitios de clima semi tropical y húmedo, se cultivan variedades trepadoras que maduran mucho después que el maíz (Hernández *et al.*, 1979). La importancia del frijol radica en que representa uno de los alimentos de mayor importancia en México ya que junto con el maíz aporta gran cantidad de proteínas vegetales, vitaminas y minerales que consumen los estratos sociales de bajos ingresos de la ciudad y el campo, ocupando un lugar importante en la dieta de la población. Por cada 100 g de frijol hay 20 de proteína, seis de grasa y tres de fibra (Pérez-Herrera *et al.*, 2002).

2.3. Posición taxonómica del frijol ayocote

Reino.....	Plantae
División	Spermatophyta
Clase.....	Magnoliopsida
Subclase.....	Magnolidae
Orden.....	Fabales
Familia.....	Fabaceae
Subfamilia.....	Faboideae
Tribu.....	Phaseoleae
Subtribu.....	Phaseolinae
Género.....	<i>Phaseolus</i>
Especie.....	<i>Phaseolus coccineus</i> (L.).

2.4. Anatomía y morfología de la planta de frijol

La planta de frijol se distingue por ser altamente poliforme, ya que, de acuerdo con el ambiente agroecológico donde se desarrolla es posible distinguir variaciones fenológicas entre la misma especie de una región a otra. El ciclo vegetativo del frijol puede variar entre 80 (variedades precoces) y 180 días (variedades trepadoras) (Figura 1). Dicho lapso se encuentra determinado sobre todo por el genotipo de la variedad, hábito de crecimiento, clima, suelo, radiación solar y fotoperiodo (Reyes-Rivas *et al.*, 2008).

2.4.1. La raíz

En la primera etapa de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal, o bien, la primera raíz identificable. Después de la emergencia de la radícula es posible ver las raíces secundarias, que se desarrollan en la parte superior o bien llamado el cuello de la planta; en la cual se puede observar de tres a siete raíces en disposición de corona y suelen tener menor diámetro que la raíz principal. Estas se llaman así debido a que surgen de la raíz primaria. Existen otras raíces secundarias que aparecen un poco más tarde y más abajo sobre la raíz principal. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales

además se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud (CIAT, 1984).



Figura 1. Crecimiento según la variedad de frijol, en (Tipo I) variedad precoz; en (Tipo II) variedad de escaso crecimiento en guía; en (Tipo III) variedad con etapa de floración más prolongada; en (Tipo IV) variedad trepadora y retardada (CIAT, 1984).

En general el sistema radical es superficial ya que el mayor volumen de raíz se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Las raíces terciarias aparecen lateralmente sobre las raíces secundarias y las cuaternarias sobre las terciarias. Con una lupa se pueden observar la última subdivisión constituida por los pelos absorbentes, estos son órganos epidérmicos localizados principalmente en las partes jóvenes de las raíces, que se juegan un papel muy importante en la absorción de agua y nutrientes (Betancourt y Dávila, 2002).

Aunque generalmente se distingue la raíz primaria (Figura 2), el sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de una misma variedad (Figura 3). *Phaseolus coccineus* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales en la parte superior y media del sistema radicular. Los cuales son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico. El nitrógeno fijado contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (CENTA, 2008).

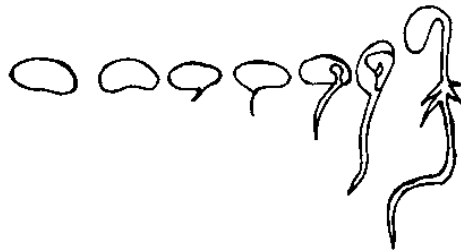


Figura 2. Sistema radical inicial en *Phaseolus coccineus*.



Figura 3. Raíz típica completamente desarrollada en *Phaseolus coccineus*.

2.4.2. El tallo

El tallo es el eje central de la planta, el cual está formado por una sucesión de nudos y entrenudos (Figura 4). Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla; desde la germinación y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristemo tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. Un nudo es el punto de inserción de las hojas (o de los cotiledones) en el tallo. El ángulo formado entre el tallo y el peciolo de las hojas se denomina axila; en las axilas aparece un complejo de yemas, que luego se desarrollan como ramas laterales y/o como inflorescencias (Arias *et al.*, 2007).

El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente regular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis. El tallo tiene generalmente un diámetro mayor que las ramas. Puede ser erecto, semi postrado o postrado, según el hábito de crecimiento de la variedad. Cuando el tallo es vertical y trepador se requiere de algún soporte vivo (cultivo de maíz) o tutor (estaca) (CENTA, 2008).



Figura 4. Tallo erecto de *Phaseolus coccineus*.

El tallo es continuidad del eje (hipocótilo), inicia en la región del cuello de la planta. En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones; este se caracteriza por tener

dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo, se llama hipocótilo. El hipocótilo tiene una longitud apreciable porque el frijol común es de germinación epigea (los cotiledones emergen del suelo debido de un considerable crecimiento del hipocótilo) (CIAT, 1984).

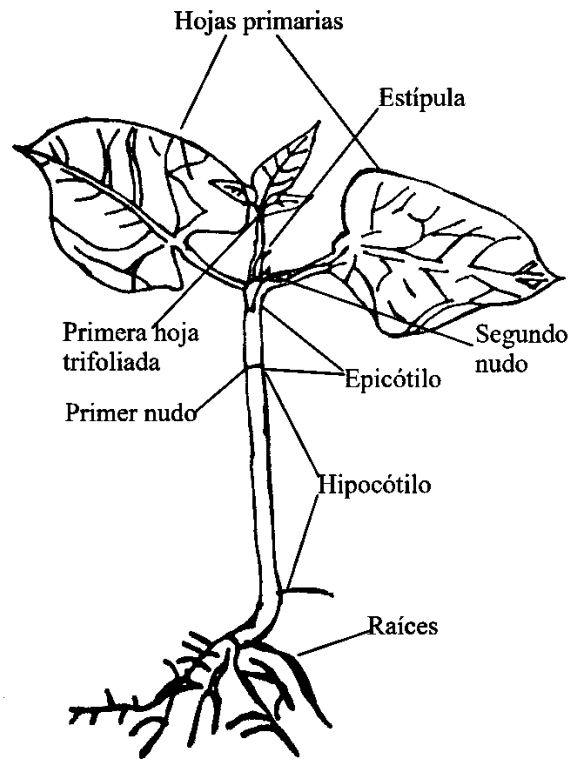


Figura 5. Estructura de una plántula de *Phaseolus coccineus*.

2.4.3. Ramas y complejos axilares

Estas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizadas siempre en la axila de la hoja y que generalmente está formado por tres yemas. De este complejo axilar, además de ramas se pueden desarrollar inflorescencias dependiendo del hábito de crecimiento, estas tres yemas forman un complejo axilar llamado triada (Figura 6), las yemas pueden tener tres tipos de desarrollo:

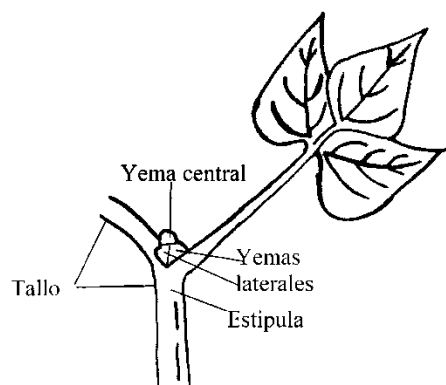


Figura 6. Triada, complejo axilar formado por yemas en *Phaseolus coccineus*.

Caso 1). Desarrollo completamente vegetativo: en este desarrollo es común, que una o igual las tres yemas pueden mantenerse ocultas; sin embargo, en las tríadas vegetativas de posición más baja, la yema central puede originar una rama y las yemas laterales pueden seguir latentes; ocasionalmente, después de presenciar la rama sobre la yema central, en esta puede aparecer una yema lateral y esta producir un apéndice foliáceo, o prófido.

Caso 2). Desarrollo floral y vegetativo: en las tríadas que suelen presenciar desarrollo floral y vegetativo, la yema central suele desarrollar una inflorescencia y las otras dos yemas laterales permanecen inicialmente en estado dormido. Sin embargo, provisionalmente, una de las yemas laterales, o bien en las dos, pueden despertar de la latencia e iniciar el desarrollo de una rama. Por lo general, este tipo de desarrollo floral y vegetativo suele presentarse en la parte media y alta del tallo.

Caso 3). Desarrollo completamente floral: En este caso las dos yemas laterales crecen directamente en flores y luego en vainas. La yema principal al principio permanece en estado latente, la cual puede dar origen a un nuevo botón floral. Este tipo de desarrollo solo suele presentarse en la axila de la última hoja trifoliada del tallo principal o bien de las ramas, en los cultivares de crecimiento determinado.

Se denomina desarrollo vegetativo porque las yemas que se desarrollan en el complejo axilar producen exclusivamente ramas y hojas. Se denomina desarrollo floral porque la yema central, que es la primera en desarrollarse produce una inflorescencia, de las otras dos yemas al menos una produce una rama (Arias *et al.*, 2007).

2.4.4. Las hojas

Las hojas del frijol suelen ser, simples o compuestas. Estas están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. En los nudos siempre se encuentran estípulas que constituyen un carácter importante en la sistemática de las leguminosas. Las hojas primarias son simples; y suelen aparecer en el segundo nudo del tallo y se forman en la semilla durante la embriogénesis. Son opuestas, cordiformes, unifoliadas, articuladas, simples y acuminadas. Estas caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. Las estipuladas son bífidas al nivel de las hojas primarias (Arias *et al.*, 2007).

Las hojas compuestas, o bien trifoliadas, son las hojas típicas del frijol. Las cuales suelen tener tres folíolos, un peciolo y un raquis, estos dos últimos suelen ser de forma larga y estrecha. El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado; los dos laterales son asimétricos y también acuminados (Figura 7). Los folíolos son enteros; la forma tiende a ser de ovalada a triangular, principalmente cordiformes, pero sin aurículas; son glabros o subglabros (Beebe *et al.*, 2000).

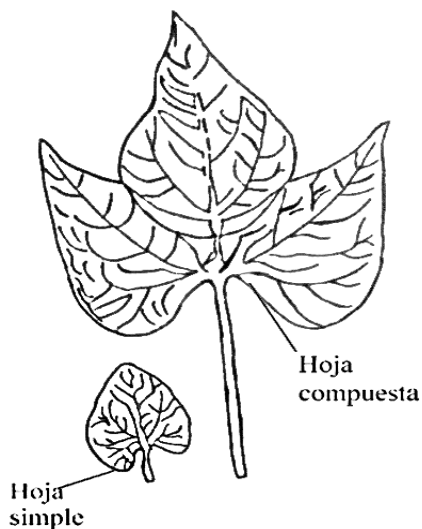


Figura 7. Hojas simples y compuestas de *Phaseolus coccineus*.

En la mayoría de las condiciones normales, existe una gran variación en cuanto al color y la pilosidad de las hojas. Estos caracteres suelen o no tener relación con el color y la pilosidad del tallo y de las ramas. La variación también está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en la planta y con la edad (CIAT, 1984).

2.4.5. La inflorescencia

Las inflorescencias suelen ser axilares o terminales (Figura 8). Desde el punto de vista botánico pueden considerarse como racimos. Y bien un racimo principal es aquel que está compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas (triada floral) que se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis (Arias *et al.*, 2007).

El racimo, se distingue en su estado inicial porque las formas del conjunto tienden a ser cilíndrica o esférica y está cubierto por dos estructuras foliáceas de forma triangular, es decir las brácteas primarias de las primeras inserciones florales de la inflorescencia; en dicho conjunto también se pueden distinguir las bractéolas redondeadas y multinerviales de las primeras flores (Arias *et al.*, 2007). En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales (Figura 8) (CIAT, 1984).

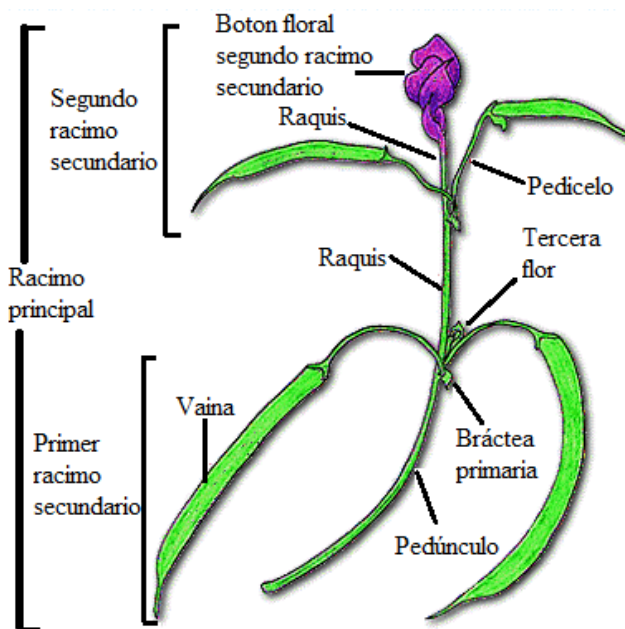


Figura 8. Inflorescencias terminales o axilares de *Phaseolus coccineus*.

2.4.6. La flor

La flor del frijol es una típica flor papilionácea (Figura 9). En el desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados; el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, suele originarse en las inserciones de un racimo o bien en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila, en su estado inicial está envuelto por las bractéolas estos tienen forma ovalada y redonda. En su estado final, la corola que suele estar aún cerrada sobresale y las bractéolas cubren solo el cáliz (Beebe *et al.*, 2000).

Cuando se presenta el fenómeno de antesis la flor suele abrirse. La flor tiende a tener simetría bilateral. La morfología floral de *Phaseolus coccineus* L. ayuda al mecanismo de autopolinización. En efecto, las anteras están al mismo nivel que el estigma y además ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce la dehiscencia de las anteras (antesis) el polen cae sobre el estigma (CIAT, 1984)

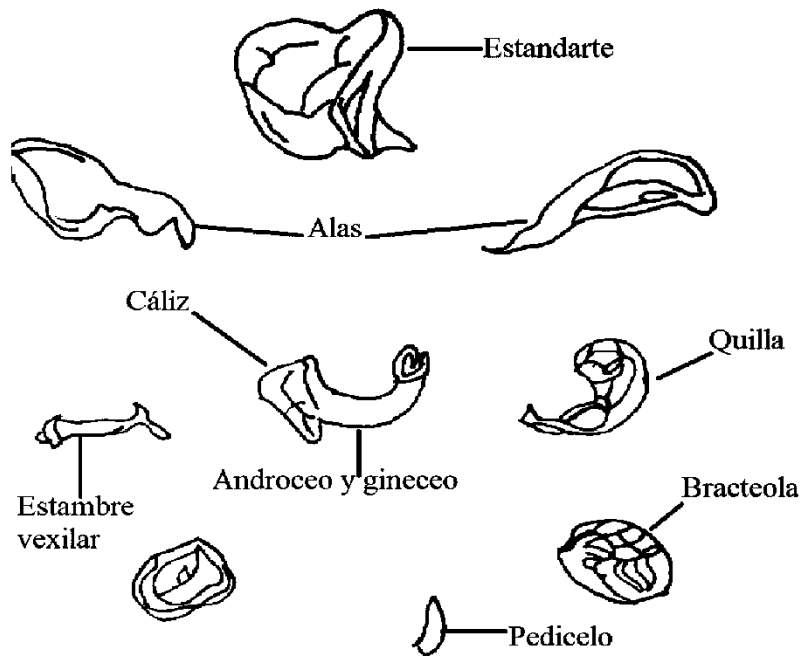


Figura 9. Componentes de la flor de *Phaseolus coccineus*.

2.4.7. El fruto

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Dado que el fruto es una vaina, esta especie es considerada como una leguminosa (Fabaceae) (Figura 10). Dos suturas aparecen en la unión de las dos valvas: una es la sutura dorsal, llamada placentar; la otra sutura se denomina sutura ventral. Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar; en consecuencia, las semillas también alternan en las dos valvas (Arias *et al.*, 2007).

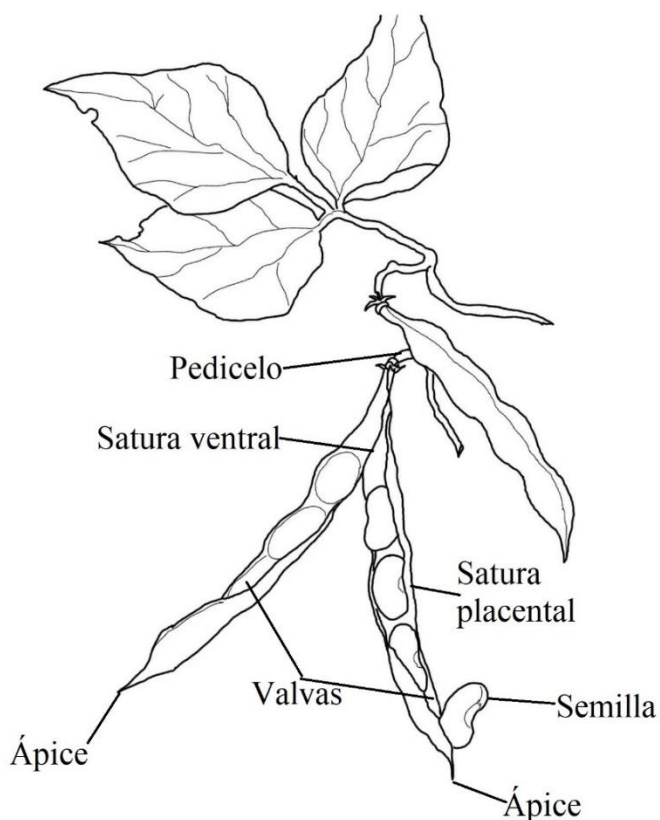


Figura 10. Fruto de la planta de *Phaseolus coccineus*.

Las vainas son generalmente glabras o subglabras con pelos muy pequeños; a veces la epidermis es cerosa. Estas suelen ser de diversos colores, uniformes o con rayas, existiendo diferencias entre las vainas jóvenes o estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas. El color suele depender principalmente de la variedad (Rodríguez, 1997).

2.4.8. La semilla

La semilla es exalbuminosa, que quiere decir que no poseen albumen, por lo cual, las reservas nutritivas suelen encontrarse en los cotiledones. Se origina de un óvulo campilótropo. Y estos suelen tener varias formas: cilíndrica, de riñón, esférica (Arias *et al.*, 2007).

Las principales partes externas de la semilla son (Figura 11):

- a) La testa o la cubierta.
- b) El hilum, o cicatriz dejada por el funículo, el cual conecta la semilla con la placenta.
- c) El micrópilo que es una abertura en la cubierta o corteza de la semilla cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza principalmente la absorción de agua.
- d) El rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del ovulo campilótropo (encorvado) (Arias *et al.*, 2007).

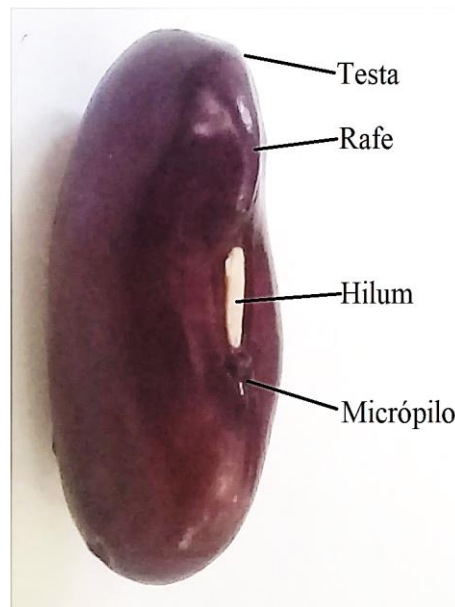


Figura 11. Composición externa de la semilla de *Phaseolus coccineus*.

En su interior la semilla está formada por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula (Figura 12).

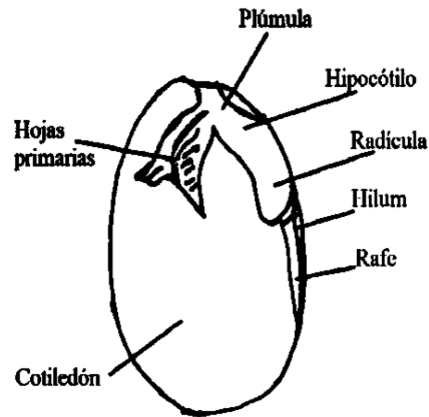


Figura 12. Composición interna de la semilla de *Phaseolus coccineus*.

La semilla tiene una gran variación de color, los más frecuentes suelen ser negro, crema y blanco. Además, suelen variar de forma y de brillo. La gran variabilidad de los caracteres externos de la semilla se suele tener en cuenta para la clasificación de las diferentes variedades de frijol como consecuencia de la gran diversidad genética que existe dentro de esta especie (Arias *et al.*, 2007).

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1. Agua

El agua es el principal factor para el desarrollo del cultivo y para su rendimiento. Hay líneas y variedades que muestran buena tolerancia a deficiencias hídricas, dando rendimientos aceptables en esas condiciones, la tolerancia que puede estar basada en la mayor capacidad de extracción de agua de capas profundas del suelo (CENTA, 2008).

Está demostrado que el fríjol no tolera el exceso ni la escasez de agua. Sin embargo, la planta ha desarrollado algunos mecanismos de tolerancia a estas condiciones de estrés, como el aumento en el crecimiento de las raíces para mejorar la capacidad de extracción de agua. En cambio, no se han identificado mecanismos de tolerancia al anegamiento, y su recuperación frente a este hecho se relaciona con la habilidad para producir raíces adventicias (Ríos y Quirós, 2002).

2.5.2. Suelo

El cultivo de frijol suele requerir siempre suelos fértiles, con un gran contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son las medias o moderadamente pesadas, con buena aireación y drenaje, ya que es un cultivo que no tolera suelos compactos, con poca aireación y acumulación de agua. El óptimo pH para este cultivo suele ser entre 6.5 y 7.5; pues dentro de este rango la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de éste, presenta generalmente síntomas de toxicidad por aluminio y/o manganeso (CENTA, 2008).

2.5.3. Temperatura

La planta de frijol suele crecer mejor en temperaturas promedio entre 15 y 27 °C. En general, las bajas temperaturas suelen retardar el crecimiento, mientras que las altas temperaturas por lo general llegan a causar una aceleración. Las temperaturas extremas (5 ó 40 °C) pueden ser soportadas por períodos cortos, pero por tiempos grandes causan daños irreversibles, e incluso causar la muerte de la planta (Ríos y Quirós, 2002).

2.5.4. Luminosidad

El papel más importante de la luz está en la fotosíntesis, pero de igual manera puede llegar a afectar la fenología y morfología de la planta. White (1985), estableció que el frijol requiere de días cortos para que florezca. Mientras tanto los días largos suelen demorar la floración y la maduración de la cosecha, y aunque existe mucha variabilidad en cuanto a la reacción varietal de frijol al fotoperiodo, el efecto de cada hora adicional de la luz en la mayoría de los casos suele retardar la maduración de la semilla, que va de 2 a 6 días.

La fotosíntesis depende directamente de la luz; en producciones con asociaciones, por ejemplo, maíz-frijol, el frijol suele competir por la luz, lo cual modifica su arquitectura y la producción de materia seca disminuye; graduados en mm, según normas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Por otra parte Wentworth *et al.* (2006) encontraron que en frijol común al incrementar la temperatura y la luminosidad se presenta una reducción en el índice de área foliar y un incremento en el grosor de la hoja, por el contrario Omae *et al.* (2007), reportaron que el número de hojas por planta, área de las hojas y acumulación de materia seca en partes

vegetativas se incrementa a temperaturas de 29/33 °C. Por lo tanto, los factores como la temperatura y la luminosidad no suelen ser fáciles de modificar, pero es posible manejarlos cuando se recurre a prácticas culturales, un claro ejemplo sería la siembra en las épocas apropiadas, para que el cultivo tenga condiciones favorables (Ríos y Quirós, 2002).

2.6. Preparación del terreno

La preparación adecuada del suelo ayuda a mejorar la producción del frijol, y reducir la presencia de plagas y enfermedades (Rosas, 2003). Para la preparación del terreno se recomienda:

- La Incorporación de rastrojos, si en el cultivo anterior hubo poca o baja presencia de enfermedades y plagas.
- La eliminación de rastrojos mediante quema, o de igual manera la rotación de cultivos o bien buscar otro sitio, esto si en el cultivo anterior se presentaron muchas enfermedades y plagas.

Para la preparación del espacio o terreno se inicia con un pase de arado a una profundidad de 20 a 30 cm, siguiendo dos pases de rastra, esto principalmente para obtener un suelo sin terrones y lograr suelos que ofrezcan condiciones favorables para el establecimiento y un buen desarrollo del cultivo. Si se siembra el frijol en relevo con maíz, es muy aconsejable limpiar entre hileras con azadón o herbicidas antes de la siembra. Si el terreno es de ladera, deben hacerse las curvas de nivel (perpendicular a la pendiente) para reducir la pérdida de suelo y lavado de nutrientes. Para aumentar la productividad de frijol y otros cultivos, y conservar el suelo y agua, se recomienda el empleo de zanjas o acequias de ladera o de igual manera la labranza mínima continua.

2.7. Siembra y densidad de siembra

Una siembra debidamente ejecutada es uno de los requisitos fundamentales para obtener una buena cosecha. La cantidad de semilla que se va a sembrar dependerá de los métodos de siembra. Esta cantidad varía entre 20 y 90 kg/ha de frijol (Parsons, 2001). La época de siembra varía de un lugar a otro de acuerdo con la temperatura, la humedad del suelo, la temporada de lluvias y la variedad de semilla. El ayocote es una especie de regiones tropicales altas con lluvias

abundantes y un alto porcentaje de humedad. Aunque es una especie que crece en veranos fríos, pero no soporta las heladas. Por esto y porque florece en días largos, se cultiva como una planta anual en climas templados.

Según Parsons (2001), los métodos de siembra dependen de la maquinaria disponible, del hábito de crecimiento y del tipo de explotación; estas son:

- (1) Siembra al voleo. Las semillas suelen esparcirse primero para después taparse por medio de una rastra de dientes. La distribución es desigual y se requiere mayor cantidad de semillas. Lo cual obtenemos una germinación no uniforme.
- (2) Siembra al chorrillo. Las semillas se depositan en el surco por medio de un embudo. La distancia entre hileras será de 40 a 60 cm. Este método no suele recomendarse para variedades de guía.
- (3) Siembra de precisión. Se utiliza principalmente para mantener una distancia uniforme entre las semillas. Para variedades de mata la distancia entre hileras debe ser de 40 a 60 cm, y de 10 a 15 cm entre las matas.
- (4) Siembra por espeque. Se siembra manualmente en hileras de 70 cm de distancia con un palo o espeque. Este método requiere la instalación de un sistema de estacado para guiar la planta. Se colocan tres semillas alrededor de cada estaca. La distancia entre las estacas debe de ser de 50 cm.
- (5) Siembra en camas meloneras para frijol. Las camas son de 140 cm de ancho, separadas por 30 cm de distancia para facilitar el paso. El frijol puede sembrarse en dos filas sencillas con un espacio de 70 cm entre ellas.
- (6) Siembra intercalada en hileras. Se siembra el frijol asociado con maíz. La distancia entre hileras será de 60 a 80 cm. la distancia entre plantas del maíz en la misma hilera será de 75 a 80 cm. En esta distancia se siembran seis semillas de frijol.

(7) Siembra intercalada entre hileras. Se siembra maíz y frijol en hileras diferentes. Estudios del cultivo de esta variedad han mostrado que, al probar densidades poblacionales de 100 mil a 180 mil plantas por hectárea en partes del Valle de México, la mejor para obtener semillas de gran calidad fue de 100 mil plantas por hectárea con un rendimiento de 2.9 toneladas por hectárea esto debido principalmente a una mayor distribución de materia seca de las partes vegetativas hacia el grano de la planta (Vargas e Irizar, 2001).

2.8. Enfermedades y plagas

Entre los principales cultivos del mundo, el frijol es probablemente uno de los más susceptibles a las enfermedades y a los ataques de insectos. En la mayoría de zonas productoras, las enfermedades y plagas constituyen el factor que más significativo pues reduce los rendimientos a nivel de finca. Más de 200 enfermedades y 200-450 insectos pueden afectar la productividad del frijol (CIAT, 1981).

Las enfermedades fungosas más comunes según Parsons (2001) son:

Chahuistle o roya. Esta enfermedad es ocasionada por el hongo *Uromyces phaseoli-typica* el cual se desarrolla en condiciones de temperaturas superiores a los 20 °C y alta humedad ambiental debido a lluvias. Los síntomas suelen ser pequeños puntos cloróticos alrededor de un milímetro de diámetro sobre las hojas, tallos y vainas, estas pústulas desarrollan y alcanzan un diámetro de dos milímetros de color anaranjado, además rodeados de un halo de color amarillo, estas pústulas rompen el tejido y llegan a provocar deshidratación por la pérdida de agua (Figuras 13 y 14) (Ramírez, 1993).



Figura 13. Esporulación del hongo causal de la roya.



Figura 14. Síntomas de la roya en vaina.

Antracnosis. Dicha enfermedad es producida por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*. Los síntomas suelen aparecer en cualquier parte de la planta, pero el principal daño puede observarse en la formación de vainas, donde se presentan lesiones amarillo rojizo, semicirculares y rodeadas por un anillo café oscuro o amarillento (Figuras 15 y 16); de igual manera se observan hundimientos color café oscuro a negro en el centro de las lesiones. Los días nublados, temperaturas moderadas (17-20 °C) y alta humedad son las principales condiciones para su desarrollo y bien son muy favorecidas cuando se trata de un cultivo muy denso.



Figura 15. Síntomas en follaje de antracnosis.



Figura 16. Síntomas en vaina por el hongo causal de antracnosis.

Putridiciones radiculares. Se identifican por el amarillamiento del follaje (Figuras 17 y 18), que ocasiona primeramente la muerte de las hojas inferiores. En las raíces se observan lesiones hundidas y acuosas de color gris, café, negro y rojo. Esta enfermedad se controla con la rotación de cultivos y con el tratamiento de la semilla mediante fungicidas. Además, se puede evitar un exceso de humedad (Parsons, 2001).

Moho blanco. Esta enfermedad es causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. Es un patógeno que tiene un rango de hospederos muy extenso afectando a más de 400 especies de plantas incluyendo el frijol. En las últimas décadas esta enfermedad ha sido encontrada sobre cultivares de frijol principalmente en los estados de Jalisco, Nayarit y Sinaloa causando reducciones muy significativas en el rendimiento. Por lo general los síntomas suelen ser visibles durante la etapa de formación de vainas (Figura 19) y suele atacar toda la parte aérea (Figura 20), pero casualmente se observa sobre los tallos y ramas donde se encuentra el crecimiento de

un moho blanco “algodoncillo”. Luego el tejido infectado toma una coloración grisácea a café para finalmente la planta se seque y muera. Por lo general esta enfermedad suele observarse en suelos que han sido previamente sembrados y rotados con cultivos susceptibles por ejemplo el girasol, papa y algunas leguminosas. Algunos cereales como maíz, trigo no son hospederos de esta enfermedad; sin embargo, malezas que suelen crecer solas tales como el quelite o el lampote pueden ser infectados.

La alta humedad que suele presentarse durante el verano llega a favorecer muy bien el desarrollo de esta enfermedad en cultivos y malezas susceptibles aumentando así el inóculo (esclerocios) quedando disponible para una siguiente infección en cualquier otro cultivo (CESAVEG, 2015).



Figura 17. Plantas muertas por pudriciones de raíz.



Figura 18. Semilla infectada por hongos fitopatógenos



Figura 19. Escleriosis de moho blanco sobre vainas afectadas de *Phaseolus coccineus*.



Figura 20. Crecimiento de moho blanco en suelo y hojas de *Phaseolus coccineus*.

Cenicilla o mildiu polvoriento. Aparece un polvo blanco en las partes aéreas de la planta (Figura 21). Las hojas se vuelven amarillas. En casos extremos, las hojas caen. En ocasiones, las vainas crecen deformadas, pequeñas y con escasas semillas. Las vainas se desprenden antes de madurar. Se controla esta enfermedad con aspersiones de azufre, keraltrone o Clorotalonil. La enfermedad se previene usando variedades resistentes (Parsons, 2001).



Figura 21. Cenicilla en las hojas de la planta de *Phaseolus coccineus*.

Existen muchas plagas que atacan al frijol. Por esto, es necesario que el agricultor inspeccione frecuentemente sus cultivos, para encontrar e identificar sistemas de plagas, como pueden ser huevos, larvas, excrementos, nidos y daños en las plantas. Mediante un control sanitario antes de la siembra, se pueden combatir plagas subterráneas, áfidos, trips, chicharritas, mosca blanca, minador de la hoja y conchuela.

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*). En esta plaga la hembra adulta pone los huevecillos debajo de las hojas (Figura 22), para después emerger en ninfas o estados inmaduros de color amarillo pálido pasando por cuatro estados. Las ninfas y adultos se alimentan del envés de las hojas donde succionan la savia para sobrevivir (Figura 23). El follaje suele pasar a color amarillo moteado, pasando por defoliación y por último la muerte de las plantas. De igual manera las ninfas y los adultos de la mosquita suelen secretar una sustancia azucarada que permite el desarrollo de un hongo (fumagina) lo cual provoca menor actividad fotosintética de las plantas dañadas. La mosquita blanca es considerada como un principal transmisor de enfermedades producidas por virus (ejemplo: virus mosaico dorado del frijol).

Los daños por esta plaga suelen ser más severos en la época más seca y caliente del año que coincide con el ciclo de riego por ejemplo en el caso particular del estado de Guanajuato donde sus poblaciones alcanzan un promedio de 15 a 25 adultos de mosquita por foliolo. Una buena recomendación es monitorear con trampas amarillas las primeras etapas de desarrollo del cultivo, así como la inspección semanal del follaje del frijol (CESAVEG, 2015).



Figura 22. Ninfas de mosquita blanca.



Figura 23. Adultos de mosquita blanca.

Gallina ciega (*Phyllophaga* spp). Suelen conocerse muchos géneros asociados con diferentes cultivos especialmente en los climas fríos. Las larvas son de color blanco con tres pares de patas, la larva suele adoptar una forma de “C” (Figura 24), la cabeza color marrón y las mandíbulas negras. Suele ocasionar daños principalmente en el estado de larva, como un trazador de plántulas y raíces (Figura 25). Los adultos, por lo general prefieren el consumo de follaje tierno de plantas (Arias, *et al.*, 2007). Cabe mencionar que para determinar presencia de esta plaga en el suelo se deben hacer muestreos de campo. El número de muestras es de cinco por hectárea al azar y cada muestra debe ser 30 x 30 x 30 cm de profundidad. El nivel crítico para gallina ciega es de 0.50 larvas medianas, o 0.25 larvas grandes por muestra (Padilla *et al.*, 2009).

Trips (*Thrips* sp., *Caliothrips phaseoli*, *Frankliniella occidentalis*). Estos pequeños insectos miden por lo general de 1 a 2 mm de longitud y su coloración puede variar de color marrón oscuro al amarillo claro (Figura 26). Estos insectos tienen un aparato bucal picador-raspador. Los adultos presentan alas desarrolladas y rodeadas por una serie de flecos mientras que las larvas carecen de alas. Por lo general se encuentran en las flores donde se alimentan y reproducen a gran velocidad. El principal daño es causado por ninfas y adultos que suelen

alimentarse del follaje, que posteriormente causan la muerte de la planta a causa del tejido infectado (Figura 27). También suelen ser considerados como transmisores de enfermedades virales en la mayoría de cultivos hortícolas. La duración del ciclo biológico suele variar dependiendo de las temperaturas, suele ser de 15 a 20 días por lo que se producen de 11 a 15 generaciones por año. El ciclo de vida suele variar, puede ser de 1 mes hasta 1 año dependiendo de la especie que se trate. Estos insectos casi no vuelan, pero se pueden desplazar a grandes distancias a través de las corrientes de aire. Se recomienda monitorear con trampas pegajosas la llegada de los insectos desde el inicio de la emergencia del cultivo (CESAVEG, 2015).



Figura 24. Daño en la parte radical por larva de gallina ciega.



Figura 25. Larva de gallina ciega.



Figura 26. Trips adulto.



Figura 27. Daños ocasionados por Trips en hojas de *Phaseolus coccineus*.

Minador de la hoja (*Liriomyza* sp.). Es una plaga suele ser muy común en frijol y se presenta cuando la planta es muy pequeña (de plántula hasta tercera hoja trifoliada). El daño lo causan las larvas que perforan y se alimentan de las hojas. El adulto suele ser de color amarillo con manchas oscuras en el cuerpo y cabeza, llega a medir alrededor de 2 mm de largo (Figura 28).

Sus larvas son de color cremoso y pueden medir de 1 a 3 mm de largo, estas son de forma cilíndrica con la parte anterior puntiaguda. Sus pupas son color café, en forma cilíndrica y permanecen siempre en el suelo. Es recomendable siempre aplicar medidas de control sobre todo en plántulas y en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Esta plaga suele presentar un ciclo biológico muy corto, pero pueden encontrarse de 3-4 generaciones por año. Cuando las poblaciones son altas, éstas retardan el crecimiento en el que destruyen numerosas hojas y de igual manera reducir el área fotosintética efectiva de las plantas afectadas (Figura 29). Lo más recomendable es monitorear la llegada de adultos con trampas y atacar las larvas directamente en las hojas del cultivo (CESAVEG, 2015).



Figura 28. Adultos del minador de *Phaseolus coccineus*.



Figura 29. Ataque severo por minador de la hoja.

Pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*). Existen alrededor de 300 especies de pulgones consideradas como plagas de cultivos agrícolas. De todas estas hay algunas que sólo suelen afectar a un solo cultivo y otras que lo hacen a la mayoría de cultivos. Los pulgones por lo regular llegan a causar daños directos en la planta principalmente al succionar la savia de las lo cual provocan una alteración fisiológica y como consecuencia los bajos rendimientos. Para esta

plaga suele recomendarse que se maneje preventivamente mediante el uso de insecticidas sistémicos para evitar la transmisión de enfermedades virales. Los pulgones son insectos con un gran aparato bucal con el cual se alimentan de la savia de las plantas. Estos insectos suelen ser de cuerpo pequeño con un tamaño de 1-10 mm de longitud y de aspecto globoso (Figura 30). Pueden ser alados o sin alas de coloración variable desde verde claro hasta amarillo y verde oscuro.

Su reproducción es muy eficiente pues en corto tiempo una hembra adulta puede procrear a 1,000,000 de descendientes en tres generaciones por lo que se convierten la plaga de mayor impacto económico en la mayoría de los cultivos, especialmente el frijol (Figura 31) (CESAVEG, 2015).



Figura 30. Adultos de pulgones alados, responsables de la aparición de colonias.



Figura 31. Algunas especies se alimentan de pastos, para posteriormente colonizar los cultivos de *Phaseolus coccineus*.

2.9. Abonado y fertilización

En los suelos de clima frío, la materia orgánica cumple un papel preponderante en las propiedades físicas para generar suelos bien estructurados y estables. La materia orgánica de estos lugares aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánico, pero suelen contribuir en forma notoria en la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Los cultivos de clima frío, ejemplo el frijón, responden muy bien a la aplicación de materia orgánica de rápida mineralización. Algo sumamente importante de estos suelos es la gran capacidad de cambio aniónico y de fijación de

fosfatos, esto se atribuye principalmente a su alto contenido de alófana, un mineral amorfo que contiene mucho aluminio. Además, gran parte del potasio total es orgánico, esto es a que la mineralización de la materia orgánica es más baja de lo normal (Tamayo, 2006).

Al igual que la mayoría de las plantas, el frijol requiere de varios elementos para crecer y desarrollarse adecuadamente. Algunos de estos, como el carbón, el nitrógeno y el oxígeno, son obtenidos por las legumbres, de la atmosfera y del agua del suelo. Los otros elementos se dividen en tres categorías, según las cantidades relativas, requeridas por el cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorías de elementos requeridos por el cultivo (Parsons, 2001).

Macronutrientos	Nitrógeno, fósforo y potasio
Nutrientos secundarios	Cálcio, magnesio y azufre
Micronutrientos	Zinc, boro, molibdeno, hierro y cobre.

El cultivo requiere, en la mayoría de los casos, una aplicación anual de macronutrientos, tales como el nitrógeno, fósforo y potasio. Los elementos secundarios y los micronutrientos se aplican solo cuando se notan las deficiencias. En condiciones normales el frijol obtiene de la atmósfera el nitrógeno necesario a través de la fijación simbiótica. Por consiguiente, a las fabáceas se les debe aplicar el nitrógeno en dosis moderadas, en un tiempo temprano en el ciclo, cuando aún no se han desarrollado sus nódulos. Si se aplica estiércol, no será necesario aplicar nitrógeno en forma de fertilizantes químicos (Parsons, 2001).

Se aplican alrededor de 25 toneladas de estiércol por hectárea, de dos a tres meses antes de la siembra. Se incorpora el estiércol por medio de una aradura superficial, a una profundidad de aproximadamente 8 cm, antes de la aradura principal. Con frecuencia, la fijación de nitrógeno empieza lentamente o se retrasa. Esto puede ocurrir en suelos pesados húmedos, compactados, con una aireación deficiente, y cuando la temperatura del suelo es baja. En estos casos será necesario aplicar nitrógeno antes de la siembra. El nitrógeno se distribuye normalmente al voleo, a razón de 10 a 30 kg por hectárea. Se incorpora al suelo con una rastra, antes de la siembra (Parsons, 2001). No obstante, siempre es mejor estimular una eficiente nodulación, mediante

una adecuada preparación de la tierra, para que tenga una buena aireación. Al observar el desarrollo de los nódulos en las raíces se determina la necesidad de aplicaciones de nitrógeno y de bacterias.

A diferencia del nitrógeno, que normalmente es fijado de la atmósfera por las fabáceas, el fósforo y el potasio son nutrimentos que casi siempre se deben agregar al suelo (Cuadro 2). Se pueden aplicar en diferentes maneras; por ejemplo:

- Al voleo. Es el método más común, se puede emplear tanto para la aplicación de fósforo como para potasio, es conveniente incorporar los fertilizantes al suelo, mezclándolos, durante la labranza secundaria, en la cama hasta unos 20 cm de profundidad.
- En bandas. A una profundidad aproximadamente de 6 cm, es decir a unos 2.5 a 3 cm por debajo de las semillas. Este método es muy eficiente para aplicar el fósforo, pero no para el potasio ya que podría quemarlas.
- En bandas de ambos lados del sistema radicular. Este método se emplea para post-aplicaciones en casos de deficiencias de nutrientes en el cultivo. Se distribuyen los fertilizantes en dos bandas a ambos lados de la hilera de las plantas, a una profundidad de 4 a 8 cm.

Cuadro 2. Cantidades de fósforo y potasio de acuerdo a la fertilidad del suelo (Parsons, 2001).

Fertilidad del suelo	Ácido fosfórico	Ácido de potasio
Media fertilidad	20 a 30 kg/ha	40 a 60 kg/ha
Baja fertilidad	40 a 60 kg/ha	80 a 120 kg/ha

2.9.1. Síntomas de deficiencias nutrimentales

Aunque los síntomas aparecen cuando ya se ha dañado la producción, es necesario encontrarlos e identificarlos, para evitar daños mayores. En el Cuadro 3, se observan las deficiencias que los elementos provocan, además su identificación es esencial para tomar medidas necesarias en el

siguiente cultivo, en algunos casos, es posible corregir estas deficiencias durante el cultivo, si se toman las medidas adecuadas lo antes posible.

Cuadro 3. Elementos más importantes y los síntomas de deficiencia en frijol (Parsons, 2001).

Elemento	Síntoma en la planta
Nitrógeno	Hojas de color verde- amarillento, provoca lento crecimiento de la planta.
Fósforo	Hojas color verde oscuro o porpuríneo, provoca maduración lenta.
Potasio	Hojas moteadas y manchadas, de tejido amarillo-pardoso, especialmente en las orillas de las hojas, raíces débiles.
Magnesio	Clorosis en la hoja, con excepción en la vena, esto empieza en el ápice de las hojas viejas de la planta.
Azufre	Clorosis similar a lo que parece deficiencia de nitrógeno, desarrollo lento y raquítrico.
Hierro	Aparición de color amarillo en el ápice de las hojas jóvenes, caída prematura de las hojas.
Zinc	Plantas achaparradas, ramificación excesiva, hojas puntiagudas, amarillamiento de las venas, seguido de necrosis.

2.10. Recolección y manejo postcosecha

La cosecha está relacionada directamente con la madurez fisiológica de la planta. Cuando se observa el cambio de coloración de verde a verde-amarillento principalmente en hojas y vainas, la semilla empieza agarrar color dependiendo de la variedad, alcanza su madurez fisiológica, y su máximo poder germinativo y vigor. Las semillas suelen alcanzar su peso seco máximo entre 30-35 días después de la floración. En este momento el contenido de humedad suele ser muy alto (35-39 %). No se recomienda trillar en este estado ya que puede causar grave daños físicos a la semilla. Para saber cuándo se llega a la madurez de cosecha en el campo, se debe observar la dehiscencia (Padilla *et al.*, 2009).

El corte en la mayoría de los casos es manual ya que es la manera más utilizada en el país y no causa daño alguno a la semilla. Sin embargo, cuando se realiza en época no oportuna se puede afectar la calidad de la semilla. Las semillas de plantas arrancadas, cuando permanecen en el suelo húmedo por mucho tiempo se llegan a perder la calidad con mayor facilidad que las plantas en pie. Es muy recomendable arrancar las plantas cuando el 80-90 % de las vainas y semillas hayan alcanzado la humedad de trilla (Figura 32), para evitar pérdidas que podrían causar tanto la dehiscencia de las vainas como las enfermedades. El clima puede llegar a ser errático con algunas lluvias imprevistas, principalmente en el ciclo de primera, es recomendable arrancar en la mañana solamente la cantidad de plantas que se puede trillar en el mismo día (Padilla *et al.*, 2009).



Figura 32. Semilla de *Phaseolus coccineus* lista para el corte y la trilla.

En la trilla o desgrane de semilla se debe considerar tener una humedad de 14 a 15 %. Convencionalmente se usa el garroteo sobre lonas en el suelo, su realización es muy simple, pero requiere abundante, mano de obra. En algunas partes se realiza el garroteo sobre una tarima o mesa de ramas o leños de madera, los cuales tienen separaciones tal que solo permiten el paso de la semilla mientras que el resto de la planta se queda sobre la plataforma. De igual manera existen sistemas mecanizados de trilla accionado por motor. En el uso de maquinarias para la trilla se deben considerar principalmente la regulación de la velocidad del cilindro (a menor

velocidad menor daño físico en la semilla) y la separación cilindro-cóncavo (a mayor separación menor cantidad de grano dañado) (Padilla *et al.*, 2009).

El tiempo de almacenamiento de la semilla de frijol depende de tres factores: la humedad relativa, la humedad de la semilla y la temperatura ambiental. El almacenamiento no mejora la calidad de la semilla. El almacenamiento a corto plazo es fácilmente practicable, aunque se requiere que la semilla de frijol que se va a almacenar cumpla con algunos requisitos:

- Secado hasta la humedad recomendada (11-12 %).
- Un adecuado control de insectos antes del almacenamiento.
- Disponer de envases apropiados para un almacenamiento hermético como tambos plásticos, barriles plásticos y metálicos o silos metálicos.
- Almacenamiento en lugares frescos y ventilados donde la temperatura del ambiente no sobrepase los 30 °C (Padilla *et al.*, 2009).

2.11. Ácido salicílico en plantas

El ácido salicílico pertenece al grupo de los fenoles y se deriva de la conversión del ácido cinámico. Se encuentra en todas las plantas, en mayores concentraciones en las termogénicas y en aquellas infectadas con patógenos. Las frutas y los vegetales suelen ser fuentes naturales de ácido salicílico; las primeras, en particular las bayas, poseen grandes cantidades bajo la forma de salicilatos (sales del ácido salicílico). Algunas hierbas y especias suelen contener grandes cantidades, al contrario de la carne, el pollo, el pescado, los huevos y algunos productos lácteos que poseen muy poco o nada de salicilatos. De igual manera las legumbres, las semillas, las nueces y los cereales sólo las almendras, las castañas y los cacahuates poseen cantidades algo significativas (Food-Info, 2007).

El ácido salicílico (AS) es un regulador de crecimiento de las plantas, que ha reportado que incrementa la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, jitomate, pimiento morrón y chile habanero (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Hayat *et al.*, 2010; Rivas-San Vicente y Plasencia, 2011; Martín-Mex *et al.*, 2013). Dichos efectos han sido basados en la hipótesis de

que el AS suele incrementar el crecimiento radical de las plantas, lo cual esto favorece en gran medida a la absorción de nutrimentos y agua.

En este sentido debe de señalarse que Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998) reportaron que en soya la aplicación de bajas concentraciones de AS al dosel de las plántulas favoreció significativamente el crecimiento de la raíz. De manera semejante, este efecto ha sido reportado para *Capsicum annuum* L. (Sánchez-Chávez *et al.*, 2011) y *Lycopersicon esculentum* Mill. (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010). De igual forma se ha encontrado el mismo efecto cuando se añaden concentraciones femtomolar de AS al medio de cultivo de raíces transformadas de *Catharanthus roseus* (Echevarría-Machado *et al.*, 2007).

Existen varios efectos reportados para el ácido salicílico cuando se aplican a las plantas, por ejemplo, una mejor eficiencia de la carboxilación y la actividad del nitrato reductasa en plantas de *Brassica juncea* (Fariduddin *et al.*, 2003). De igual manera que en *Petunia hybrida* aplicaciones de concentraciones de 1 μM de AS llega a incrementar hasta en 72 % el número de flores por planta (Martín-Mex *et al.*, 2010) y en *Carica papaya* se ha reportado hasta un 20 % de incremento en flores hermafroditas con aplicaciones de 0.01 μM (Martín-Mex *et al.*, 2012).

Se ha encontrado que el AS de igual manera acelera la floración hasta en siete días cuando se asperja a plantas de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) tratadas con 0.01 y 0.001 μM de AS (Villanueva-Couoh *et al.*, 2009). En gramíneas Khodary (2004) reportó de 10 mM de AS aplicando a *Zea mays* aumenta considerablemente la actividad de la enzima Rubisco, incrementando la actividad fotosintética; aumentando la clorofila a y b, de carotenoides y de carbohidratos; también aumenta la longitud, peso fresco y seco de la raíz; altura, biomasa seca y fresca de la parte aérea de la planta, así como el área foliar etc.

Gunes *et al.* (2007) encontraron que los valores para la biomasa seca total en plantas de maíz llegan a ser superiores en comparaciones con plantas testigo cuando se suministran concentraciones de 0.1 y 0.5 mM de AS; en tanto que Fahad y Bano (2012) publicaron incrementos de 100 y 57 % por encima del testigo en cuanto a longitud y peso seco en la raíz de este cereal con aspersiones de 0.01 mM de AS bajo condiciones de salinidad. Para *Triticum*

aestivum L. se ha publicado que al incorporar las semillas en una solución de 10 μ M de AS estas estimulan la actividad del nitrato reductasa, la cual incrementa considerablemente el peso seco y fresco de las plantas (Hayat *et al.*, 2005), al igual que con concentraciones 0.05 y 0.5 mM (Shakirova *et al.*, 2003).

Los primeros estudios para ver el efecto de la aplicación del ácido salicílico (AS) en plantas, reportaron que esta molécula favorece el proceso de enraizamiento en frijol (Basu *et al.*, 1969) y el cierre estomático (Larqué-Saavedra, 1978, 1979). Senaratna *et al.* (2000) demostraron que las concentraciones de AS y sus derivados pueden conferir tolerancia al estrés térmico e hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Al respecto se observó que las plantas cultivadas a partir de semillas embebidas en disoluciones acuosas de AS o ácido acetilsalicílico (ASA) a concentraciones de 0.1-0.5 mM, mostraron mayor tolerancia al calor y al estrés por sequía.

El papel del AS en la germinación de semillas ha sido controvertido, ya que hay resultados que demuestran que puede inhibir la germinación o aumentar el vigor de la semilla. Los efectos contradictorios reportados pueden estar relacionados con las concentraciones de AS empleadas. En *Arabidopsis thaliana* Heynh, concentraciones de AS superiores a 1 mM retardaron o incluso inhibieron la germinación (Rajjou *et al.*, 2006). En cebada (*Hordeum vulgare* L.) dosis por encima de 0.250 mM de AS inhibieron la germinación (Xie *et al.*, 2007), mientras que la germinación del maíz (*Zea mays* L.) fue completamente inhibida por dosis que fueron desde 3 a 5 mM (Guan y Scandalios, 1995).

El efecto del AS como inhibidor de la germinación se debió presumiblemente a un estrés oxidativo inducido. En las plantas de *Arabidopsis thaliana*, tratadas con AS (1 a 5 mM), los niveles de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) aumentaron hasta tres veces como resultado del incremento de las actividades de Cu, Zn-superóxido dismutasa e inactivación de las enzimas degradantes de H_2O_2 , catalasa y ascorbato peroxidasa (Rao *et al.*, 1997).

En cuanto a la forma de aplicación, algunos autores han demostrado que aspersiones de bajas concentraciones de AS al follaje de plántulas de maíz incrementaron el tamaño de sus raíces, independientemente de las condiciones de cultivo (Tucuch-Haas *et al.*, 2016). Similarmente,

Larqué- Saavedra *et al.* (2010) concluyeron que las plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) asperjadas con AS a concentración de 1 μ M aumentaron significativamente el crecimiento de la raíz, el tallo y el área foliar. Sánchez- Chávez *et al.* (2011) usaron otra forma de aplicar el AS a las plantas y encontraron que al incorporarlo al agua de riego a concentraciones de 0.1 y 0.2 mM las plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) aumentaron significativamente la producción de biomasa foliar, en raíces y total. Rodríguez-Larramendi *et al.* (2008), demostraron que concentraciones de 0.01 mM, estimularon la emisión de ramas secundarias y de infrutescencias por planta y de inflorescencias en plantas de tomate. Igualmente, tanto el diámetro como la biomasa fresca de los frutos de plantas provenientes de semillas tratadas con AS a 0.01 mM fueron superiores en comparación con el resto de los tratamientos. En estas mismas condiciones aumentó el contenido de vitamina C y de ácido cítrico en los frutos. Tanto el rendimiento por planta como por área fue mayor en las plantas cuyas semillas fueron tratadas con AS a una concentración de 0.01 mM (Rodríguez - Larramendi *et al.*, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El municipio de Tetela de Ocampo se localiza en la parte norte del estado de Puebla. Dentro de las zonas de climas templados, conforme se avanza de sur a norte, se incrementa la humedad, identificándose climas que varían desde el templado subhúmedo hasta el semicálido, pasando por el templado húmedo primordialmente. La temperatura del mes más frío se encuentra entre -3 y 18 °C; una precipitación media anual de 750 mm y la lluvia del mes más seco es de mayor de 40 mm, el tipo de vegetación predominante es bosques de pino, mezclado con algunas especies de encino (INEGI, 2000).

El presente trabajo se realizó en la casa sombra del Complejo Regional Norte Sede Tetela de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Las coordenadas geográficas donde se ubicó el experimento 19°48'59" N y 97°47'55" O y 1171 msnm (Figura 33).

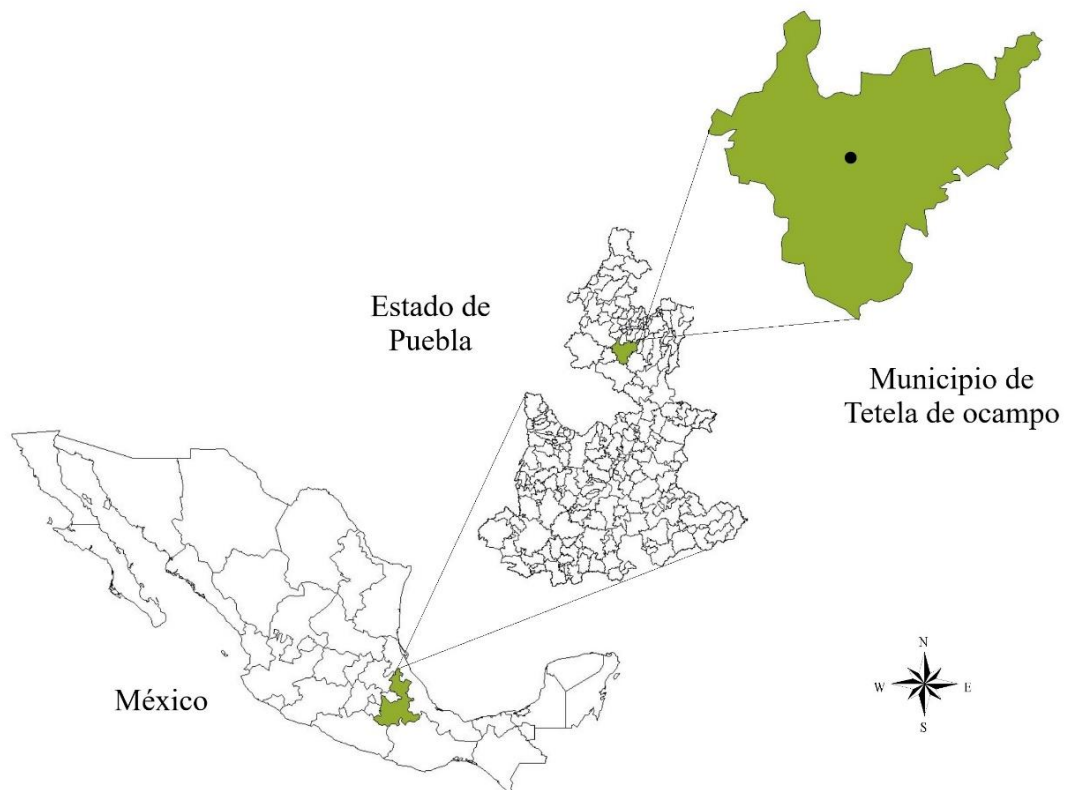


Figura 33. Ubicación del experimento con *Phaseolus coccineus* en minirizotrones.

3.2. Material vegetal

Se trabajó con semillas de frijol variedad ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), procedentes del municipio mismo, seleccionadas de la mejor calidad principalmente por sus mejores características morfofisiológicas, en parcelas agrícolas de productores de este frijol; se utilizaron 100 semillas para todo el experimento. Las semillas, previo a la siembra, se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con una solución al 2 % de hipoclorito de sodio; posteriormente se enjuagaron y se dejaron inhibir en agua durante 24 horas antes de la siembra.

3.3. Descripción del experimento

El experimento se inició el 27 de abril de 2018 en la casa sombra (la cual tiene un porcentaje del 60 %), se realizaron 50 prototipos de minirizotrones con botellas de plástico (polipropileno) completamente lisas, se les cortó la parte superior (cuello y boquillas) dejando una altura de 35 cm aproximadamente (Figura 34). Posteriormente se utilizó una tela especial (tergal francés color beige) que fue cortada en trozos de 40 x 40 cm, fue cosida de los lados dándole forma cilíndrica para poder introducirla en el minirizotrón y así evitar el contacto directo entre la raíz y el suelo, facilitando de esta manera la observación del sistema radical al compactarlo contra la pared del minirizotrón.

Como sustrato se utilizó un compuesto de 50 % de tierra de monte (provenientes de bosques templados de pino-encino de la zona) y 50 % de arena de río. Actualmente la arena de río no es un sustrato muy usado en la agricultura, pero gracias a su textura, permite drenar el exceso de agua después del riego, cabe mencionar que es rica en minerales y bajo en sales lo cual ayuda en el desarrollo de las plantas. La siembra se realizó el 30 de abril, en el cual a la semilla se le dio un tratamiento pre germinativo el cual consistió en dejar la semilla remojada en agua durante 24 h. La semilla fue colocada en la parte superior del minirizotrón entre la pared del plástico y la tela a una profundidad de 3 cm, permitiendo el paso de los nutrimentos y agua hacia la raíz por difusión. Cada minirizotrón se llenó con aproximadamente 4 kg de suelo, posteriormente estos fueron cubiertos con polietileno negro, con el fin de proteger la raíz de la semilla germinada del sol.

Después de cuatro días, los minirizotrones fueron descubiertos con el plástico y se formaron los tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Los cuales fueron establecidos en bloques compactos, posteriormente se cubrieron con polietileno negro alrededor a fin de cubrir las raíces para que no estuvieran expuestas al sol. Los riegos fueron cada tercer día, principalmente por las altas temperaturas, y ya que la planta estaba en constante crecimiento.

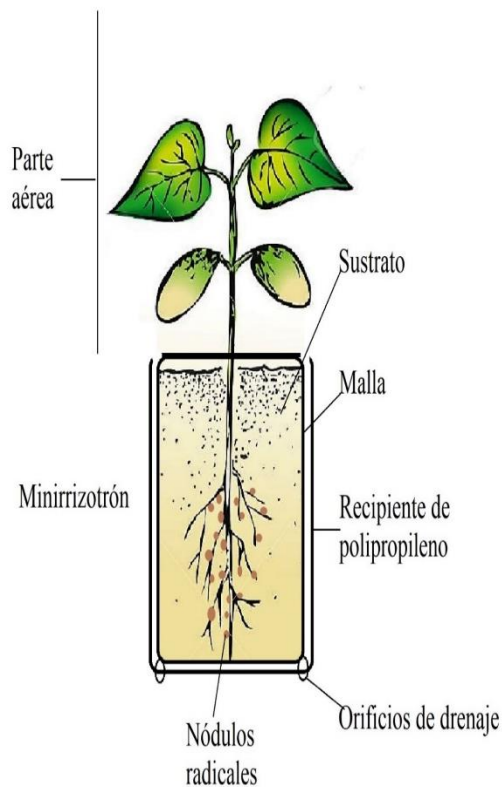


Figura 34. Diseño del minirizotrófono para el experimento con *Phaseolus coccineus*.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Cuadro 4. Tratamientos utilizados en el experimento con frijol ayocote en minirrizotrones.

Tratamientos	Ácido salicílico (ÁS)	Fertilización con urea (N)
T ₁	0.5 mM	5 g por minirrizotrón
T ₂	0.5 mM	0 g por minirrizotrón
T ₃	1 mM	5 g por minirrizotrón
T ₄	1 mM	0 g por minirrizotrón
T ₅	1.5 mM	5 g por minirrizotrón
T ₆	1.5 mM	0 g por minirrizotrón
T ₇	2.0 mM	5 g por minirrizotrón
T ₈	2.0 mM	0 g por minirrizotrón
T ₉	0 mM	5 g por minirrizotrón
T ₁₀	0 mM	0 g por minirrizotrón

El experimento establecido fue en bloques completamente al azar con un arreglo factorial, dos factores (ácido salicílico y fertilización con nitrógeno); con cinco niveles de ÁS: 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 mM y dos niveles de fertilización: 0 y 5 g de urea; con cinco repeticiones por combinación (2x5x5) = 50 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental consistió de dos plantas por minirrizotrón.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{Blo}_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

$$i=1,2, \dots, a \quad j=1,2, \dots, b \quad k=1,2, \dots, r$$

Y_{ijk} = Respuesta obtenida en el i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B, ubicados en el k-ésimo bloque.

μ = Efecto medio general.

$Bloq_k$ = Efecto atribuido al k-ésimo bloque.

A_i = Efecto atribuido al i-ésimo nivel del factor A.

B_j = Efecto atribuido al j-ésimo nivel del factor B.

$(AB)_{ij}$ = Efecto atribuido a la interacción entre el i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B.

e_{ijk} = Término de error aleatorio, donde los e_{ijk} tienen una distribución Normal e independientes con media 0 y varianza σ^2 .

a = Número de niveles del factor A.

b = Número de niveles del factor B.

r = Número de bloques (repeticiones).

3.5. Variables de respuesta

Supervivencia (S, %). Se contabilizó el número de plantas por tratamiento al inicio del experimento y al final de este, se obtuvo el porcentaje de supervivencia a través de la siguiente fórmula;

$$S = P_v / (P_v + P_m) * 100$$

Dónde:

S= Porcentaje de supervivencia

P_v = Plantas vivas

P_m = Plantas muertas

Altura de la planta (AP, cm). Para determinar el crecimiento del cultivo se midió la altura de la planta desde la base del tallo hasta la yema apical, utilizando un flexómetro. Las mediciones se tomaron al final del experimento, una vez concluida la fase de cosecha.

Volumen radical (VR, cm^3). El volumen de la raíz se determinó en base al principio de Arquímedes, usando una balanza de precisión y un vaso de precipitado con agua. Al sumergir las raíces en el agua, sin tocar las paredes del vaso, se registró un aumento de peso en el sistema (medido en g) que equivale al volumen de la raíz en cm^3 .

Nódulos radicales (NR). Se contaron los nódulos por de cada unidad experimental al término de la fase de cosecha, a fin de conocer la efectividad del ácido salicílico en diferentes concentraciones y si la fertilización proporcionada influye en la actividad micorrízica.

Volumen de nódulos radicales (VNR, mm^3). Se cálculo de acuerdo con el número de nódulos totales y una probeta, a la probeta se le agregaron 5 mm de agua, y se contó el volumen aumentado al agregar el total de los nódulos, esto se realizó para cada una de las plantas y por tratamiento, se realizó una sola medición y fue al final del ciclo del cultivo.

Biomasa seca (BS, g. pl^{-1}). Después de la cosecha todas, las plantas de cada unidad experimental fueron llevadas al laboratorio se pesaron las plantas por separado en fresco en una balanza analítica (Scout Pro) y se tomaron los respectivos datos, después fueron secadas en una estufa con circulación de aire forzado a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 h y se tomaron datos de peso seco, esto a fin de conocer la acumulación de biomasa por tratamiento.

Productividad de semillas (PS, g. pl^{-1}). Se peso el total de semillas obtenidas de las vainas por planta de cada tratamiento en una báscula gramal (Scout Pro).

3.6. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza para cada variable de respuesta, según el diseño experimental de bloques completamente al azar con arreglo factorial (2x5x5), para detectar diferencias entre tratamientos. Además, se obtuvo la media aritmética, la cual es una medida descriptiva que tiene la ventaja de calcularse fácilmente y poseer propiedades teóricas excelentes desde el punto de vista de la estadística inductiva (Infante y Zárate, 1990). Una vez detectadas las diferencias entre tratamientos, las comparaciones de medias se hicieron mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Se trabajó con Excel[®], así como el software Minitab 18[®].

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Desarrollo radical de *Phaseolus coccineus* a diferente concentración de ácido salicílico

El mayor volumen radical en las plantas de frijol ayocote fue cuando no se les aplicó fertilización (Figura 36A), mostrando mayor volumen en el tratamiento de 2.0 mM de AS, el cual tuvo 17.5 cm³, comparado con el tratamiento testigo de 0.0 mM de AS en cual solo tuvo 8.5 cm³ existiendo una diferencia del 48.57 % entre el dato menor y el mayor de los tratamientos.

Por otra parte, en los tratamientos que, si se le aplicó la fertilización de nitrógeno, el tratamiento con mayor volumen radical fue en el tratamiento de 2 mM de AS el cual tuvo 11.5 cm³, mientras que el menor volumen lo obtuvo el tratamiento de 1.0 Mm de AS solo tuvo 6.5 cm³ de volumen radical, habiendo una diferencia de 43.47 % entre el tratamiento mayor y menor.

Como se observa en la figura antes mencionada, se nota que aumentando la concentración de AS, mayor es el valor obtenido en cuanto al volumen radical, mientras que en la (Figura 35B) muestran los residuos de los valores ajustados, en la que se aprecian residuos grandes, que muestran la eficiencia de los tratamientos y de igual manera que pudo haber factores naturales que pudieran haber ocasionado las diferencias entre los tratamientos.

Cabe resaltar que en los tratamientos tanto con y sin fertilización el mayor volumen radical se obtuvo cuando las concentraciones de ácido salicílico aplicadas vía foliar a las plantas de frijol ayocote hasta anthesis fueron entre 1 mM a 2 mM de AS. Por otra parte, San Miguel *et al.*, (2003) encontraron que las concentraciones de 10⁻⁸ M y 10⁻⁶ M de AS, incrementan el volumen de la raíz en 33 y 30 %, respectivamente. Al igual que las aplicaciones a concentraciones de 10⁻⁸ M y 10⁻⁶ M incrementa considerablemente en 65 y 45 %, y de igual manera el peso seco en raíz.

Estos resultados indican que la aplicación de AS es capaz de incrementar el desarrollo de la planta con respecto al volumen radical, dados los resultados que se obtuvieron, en cuanto al volumen radical de las plantas de frijol, estos superan hasta en un 15 % a los que obtuvo San Miguel *et al.*, (2003).

De igual manera estos resultados coinciden con los tratamientos de ÁS y dimetilsulfóxido (DMSO) en otras plantas como: rábano, betabel, zanahoria y soya (Gutiérrez- Coronado *et al.*, 1998; Gutiérrez-Rodríguez *et al.*, 2003). También Larqué y Rodríguez (1993) reportaron un gran crecimiento de raíces con ácido acetilsalicílico en bioensayos estudiados, *en Lepidium sativum L.*, en condiciones con un mayor control donde la concentración de AS 10^{-7} M estimuló el desarrollo de raíces.

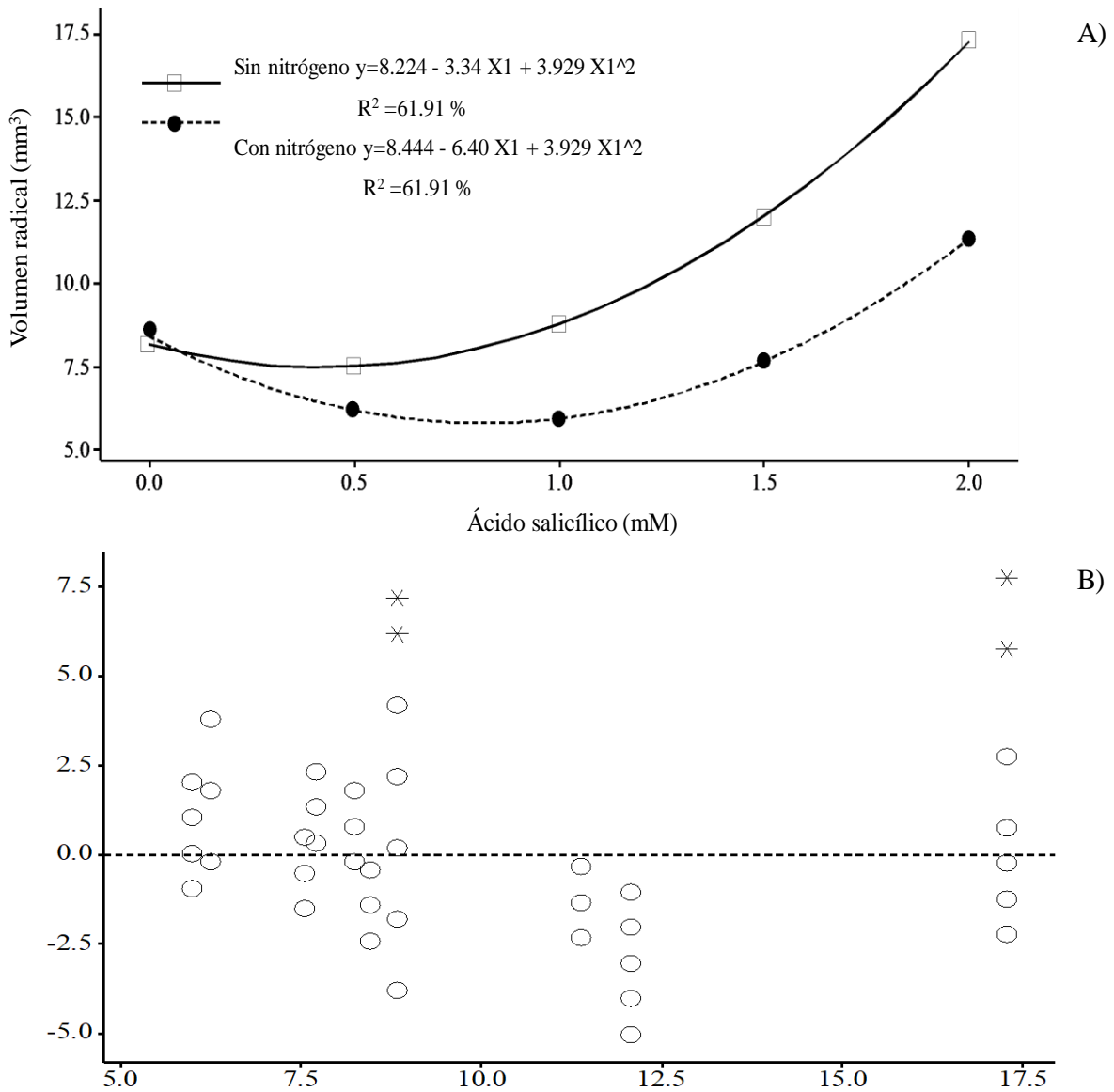


Figura 35. Volumen radical en *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) muestra, los residuos *versus* valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

La presencia de nódulos en la raíz principal es uno de los criterios más importantes que se tienen de rizobios, ya que aquellas plantas con abundantes nódulos en la raíz principal presentan un gran desarrollo radical y aéreo, todo lo cual contribuye decisivamente a la producción de altos rendimientos en el cultivo (Hernández *et al.*, 2012).

Los nódulos radicales en las plantas de frijol ayocote tuvieron mayor presencia, en su mayoría en los tratamientos a los cuales se les aplicó la fertilización de nitrógeno, (Figura 36A). El mejor resultado se obtuvo en el tratamiento de 1.5 mM de ÁS con una media de 301 nódulos radicales por unidad experimental y el menor con una media de 166 nódulos por unidad experimental en el tratamiento testigo de 0.0 mM de ÁS, existiendo una diferencia del 44.85% entre el dato mayor y el menor.

Por otra parte, en los tratamientos a los cuales no se les aplicó la fertilización de nitrógeno, el mayor resultado de nódulos por planta se obtuvo en la dosis aplicada de 2.0 mM de ÁS, con una media de 215 nódulos radicales, mientras que el menor resultado se encontró en el tratamiento de 1.0 mM de ÁS con una media de 178 nódulos por planta, existiendo una diferencia del 17.20% entre el dato mayor y el menor.

De igual manera se puede observar en la (Figura 36B) los residuos *versus* valores ajustados, con valores grandes en presencia de todos los tratamientos, la cual muestra la eficiencia del ácido salicílico y la fertilización con nitrógeno.

García (2019) en su investigación sobre el efecto de la fertilización y el ambiente de producción, en *Phaseolus coccineus* subsp Polyanthus, reportó un promedio de 50 a 60 nódulos por planta, en condiciones ambientales similares a este experimento. Mientras tanto los resultados obtenidos en este experimento fueron superiores en cuanto al aumento de nódulos por planta de frijol ayocote ya que se obtuvieron, con la concentración de 1.5 mM de ácido salicílico acompañado con la fertilización con 5 gr de nitrógeno, un promedio de 300 nódulos por planta

en el que se puede ver que existe un aumento de más del 40 % en comparación al tratamiento testigo, esto de igual manera en las condiciones de casa sombra (60 % de sombreado).

Obtenido los resultados anteriores cabe mencionar, que el efecto del ácido salicílico y la fertilización de nitrógeno, interactúan de una manera positiva, aumentando el crecimiento radical lo cual favorece al desarrollo e incremento de nódulos radicales, con lo cual se obtiene un buen desarrollo en las plantas de frijol ayocote.

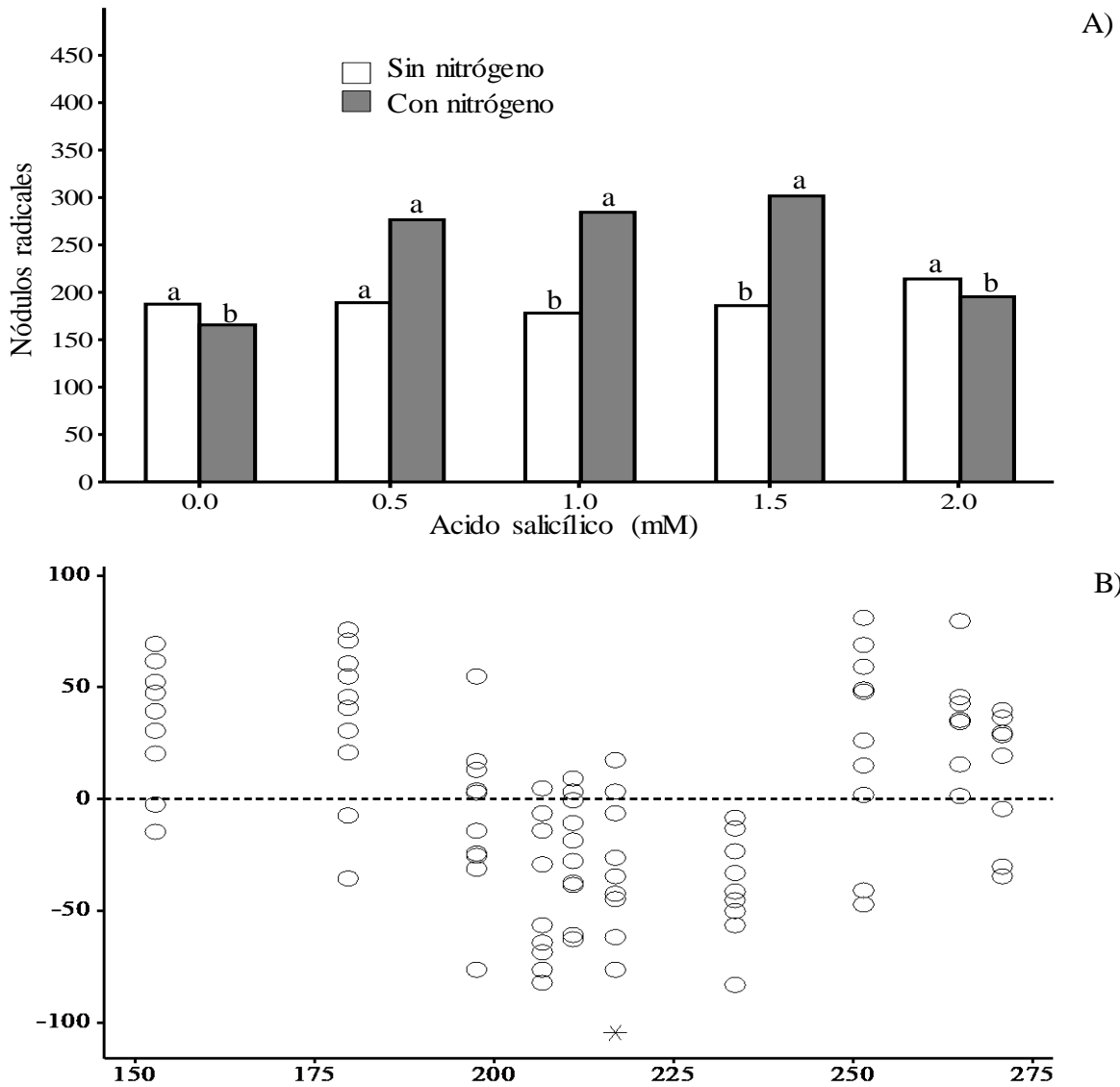


Figura 36. Nódulos radicales en *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno. Valores con la misma literal en columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$); en B) residuos *versus* valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

El efecto del ácido salicílico se mostró de manera positiva en relación al volumen de nódulos radicales, pero la fertilización con nitrógeno tuvo efectos más notorios en comparación a los tratamientos que no se le aplicó nada, ya que en todos los tratamientos con esta aplicación supera en casi un 50 % a los demás tratamientos.

En la (Figura 37A) se observa que existe una relación constante entre la cantidad de ácido salicílico y el volumen de nódulos, a mayor dosis de AS aplicada vía foliar en los tratamientos mayor es el volumen de nódulos radicales.

El que presentó un mayor volumen de nódulos fue el tratamiento de 2.0 mM de AS con una media 7.9 cm^3 y el tratamiento de menor volumen de nódulos fue el testigo de 0.0 mM de AS con una media de 5 cm^3 existiendo una diferencia del 36.70 % entre el dato mayor y menor; mientras que para las plantas que no se les aplicó nitrógeno, de igual manera se puede notar que los mejores resultados se obtienen, cuando se aplican las dosis mayores de Ácido Salicílico, en este caso fue el tratamiento de 2 mM de AS con la media más alta de 3.8 cm^3 , que por el contrario los resultados más bajos se obtuvieron en los tratamientos de 0.5 y 1.0 mM de AS con una media de 2.5 cm^3 logrando una diferencia del 34.21 % entre el dato mayor y el menor.

En los resultados anteriores cabe resaltar que las condiciones ambientales en las que se realizó dicho experimento fueron muy favorables para todos los tratamientos, en la (Figura 37B) se observan los residuos *versus* los valores ajustados, los cuales son pequeños y conglomerados, estos indican que algún factor externo pudo estar involucrado en todos los tratamientos, que favoreció el aumento del volumen de los nódulos.

El ácido salicílico (AS) está involucrado en los mecanismos de defensa y/o de protección frente a estreses bióticos (ataque de patógenos) habiéndose discutido en los últimos años el papel que realiza en la interacción simbiótica de leguminosas y *Rhizobium*, evidenciando que interviene tanto en el proceso de formación de nódulos como en la regulación de las respuestas de protección de la planta infectada con *Rhizobium*. También está involucrado en el

desencadenamiento de la cascada de respuestas frente a estreses abióticos, asignándole un papel modulador como un agente protector esto según Palma (2009).

Por otra Manier *et al.* (2009) mencionaron que la nodulación y específicamente el índice de nodulación (número de nódulos por volumen) es un bioindicador útil de la fijación de nitrógeno en el suelo.

Por lo anterior se puede concluir que la fertilización de nitrógeno con la dosis de 5 gr vía foliar esto antes de antesis, juega un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, pero asociado con la aplicación de ácido salicílico es aún más favorable, con lo cual podemos decir que se obtiene un mayor volumen de nódulos radicales en las plantas de frijol ayocote cuando se aplica una dosis de 2 mM de ÁS y la fertilización de nitrógeno.

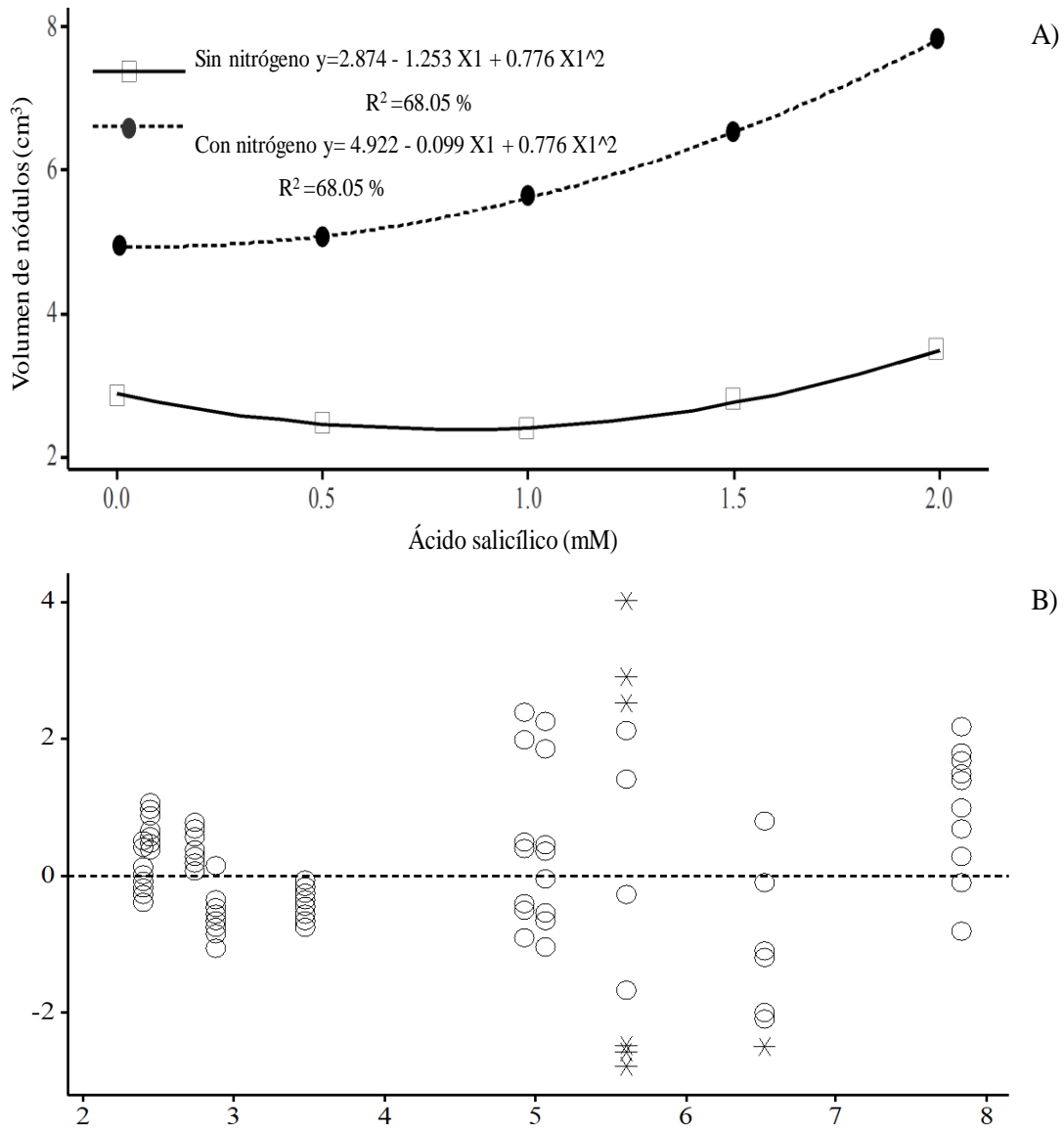


Figura 37. Volumen de nódulos radicales en *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) muestra los residuos *versus* valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

4.2. Desarrollo aéreo de *Phaseolus coccineus* con ácido salicílico

Las plantas a lo largo del tiempo han ido desarrollando estrategias más complejas para lograr su supervivencia en medio ambiente. Las interacciones entre el modelo de desarrollo de cada especie y las condiciones ambientales en donde crecen, son censadas y transmitidas por una compleja red de diferentes receptores (Lenton, 1998). A excepción de la luz, los mecanismos de percepción de la planta ante los cambios medio ambientales, no se han esclarecido por completo en todos los casos. Por ello, son objeto de estudio permanente las vías de señalización que involucran una o varias hormonas (Achard *et al.*, 2006).

En esta investigación, la aplicación de ácido salicílico influyó en la supervivencia de las plantas de frijol, ya que en la mayoría los tratamientos hubo entre el 90 y 100 % (Figura 38A), en el caso de las plantas que fueron fertilizadas con N, el tratamiento con supervivencia del 100 % fue cuando se les aplicó una concentración de 1.5 mM de ÁS. Mientras que cuando no se aplicó ÁS las plantas de *Phaseolus* solo tuvieron una supervivencia del 92.5 %, lo cual se considera alto.

Mientras que, para las plantas a las cuales no se le aplicó fertilización de N, la supervivencia en los tratamientos fueron decreciendo en cuanto iba aumentando la dosis de ácido salicílico, el tratamiento con mejor supervivencia fue el testigo de 0.0 mM de ÁS con un 98 % de supervivencia, mientras que el menor fue el tratamiento de 2.0 mM de ÁS con un 91 % de supervivencia, con una diferencia del 8% entre el dato mayor y menor, esto con una diferencia estadística del ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos.

De igual manera en la (Figura 38B) se observan los datos de los residuos *versus* los valores ajustados los cuales son pocos datos, y que son poco comunes, estos indican que no puede haber una relación favorable cuando se aumenta la concentración de ácido salicílico sin la aplicación de foliar de nitrógeno como se aplicó en los demás tratamientos.

Los resultados anteriores son congruentes respecto a Senaratna *et al.* (2000), donde afirma que la aplicación de ácido salicílico aumento la tolerancia y supervivencia por calor, frío y sequía en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), debido a que estas moléculas inician la señalización para inducir tolerancia y resistencia, más que a un efecto directo. Scott *et al.* (1999) también sugirieron que la tolerancia y protección del ÁS se debe a su función en la señalización para la expresión de genes de defensa contra el estrés. Dadas las condiciones ambientales en las que se presentó el experimento, las plantas de frijol con menores dosis de ÁS pudieron estresarse con frio principalmente, es por eso que ante el aumento de las dosis de ÁS tenemos mayor porcentaje de supervivencia en los tratamientos.

De igual forma Kadioglu *et al.* (2011) reportaron que la aplicación exógena de ÁS induce la actividad de enzimas antioxidantes, al mismo tiempo alivia los daños por estrés hídrico en plantas de *Ctenanthe setosa*. Mientras que remojando semillas de tomate y frijol en una solución de ÁS o ácido acetyl salicílico a concentraciones de 0.1 y 0.5 mM incrementa en un 5 % la supervivencia al estrés por sequía en comparación al testigo (Pal *et al.*, 2013). Mientras que en este experimento aumentó un 7.5 % la supervivencia con una concentración de 2.0 mM de ÁS con fertilización de nitrógeno.

Con lo cual, dados los resultados obtenidos por las condiciones en las que se presentó el experimento podemos corroborar que el ácido salicílico, por sus propiedades que contiene se puede obtener un mejor resultado en cuanto a supervivencia; lo cual es recomendable la concentración de 1.5 mM de ácido salicílico con una fertilización de 5 g de nitrógeno hasta la antesis. Para obtener estos resultados, se debe procurar mantener a las plantas de frijol en una casa sombra (60 % de sombreado) a una altitud de 1171 msnm, con una humedad relativa del 60%.

Cabe resaltar que se ha mencionado la importancia de las aplicaciones del ÁS en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Sin embargo, no existen documentos que evidencien el efecto del ÁS y la fertilización química sobre la supervivencia del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*).

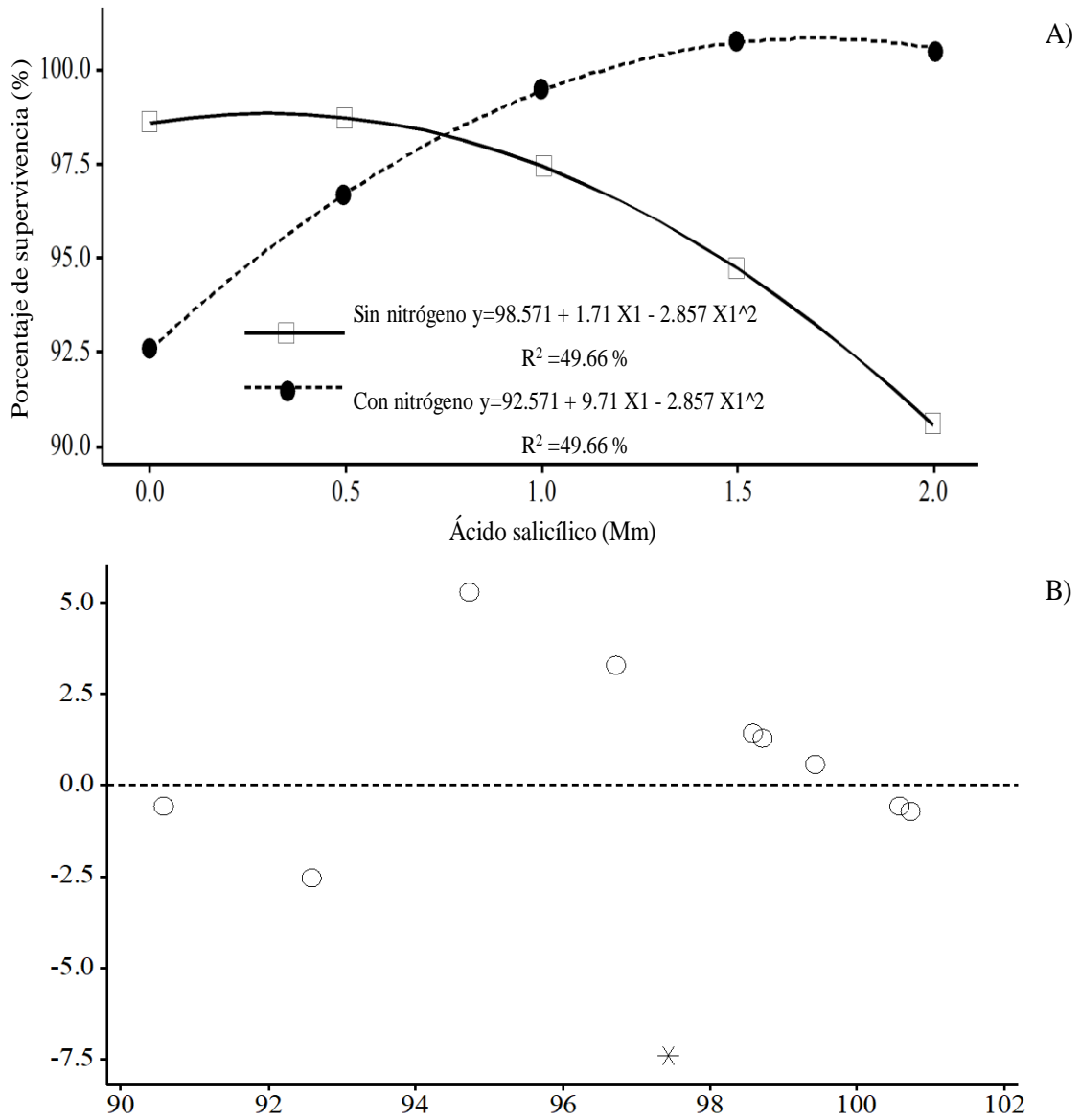


Figura 38. Supervivencia en *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) los residuos *versus* valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

El ácido salicílico es un regulador del crecimiento, que participa en el crecimiento y desarrollo de las plantas, además, es una molécula de señalización importante, ya que tiene diversos efectos sobre las plantas (López-Delgado *et al.*, 2007).

En las plantas de *Phaseolus coccineus* la altura se vio afectada positivamente por el ácido salicílico, como se aprecia en la (Figura 39A) , los tratamientos con mayor efecto se mostraron en los tratamientos en los cual se aplicó la fertilización con N, el tratamiento con mayor altura fue cuando se aplicó una concentración de 1.5 mM de ÁS con un promedio de 294.8 cm por planta, mientras que, el menor fue cuando se aplicó la concentración de 2.0 mM de ÁS con un promedio de 269.5 cm por planta, existiendo una clara diferencia del 8.58 % lo cual no se considera alta. En cuanto a las plantas a las que no se les aplicó la fertilización con nitrógeno, el mejor resultado lo encontramos en el tratamiento en el que se aplicó la concentración de 1 mM de ÁS con un promedio de 274.9 cm por planta de frijol ayocote, que por el contrario el resultado más bajo se encontró en el tratamiento de 2 mM de ÁS con una altura de 256.7 cm logrando una diferencia de 6.62 %.

De igual manera en la (Figura 39 B) se observan los datos de los residuos *versus* los valores ajustados los cuales son poco comunes los datos y conglomerados, estos indican que no existe una desigualdad significativa entre los tratamientos y se puede aclarar que no hubo factores externos que afectaran este experimento. Por otra parte, en casi todos los tratamientos en donde se aplicó AS aumento significativamente el crecimiento de las plantas de frijol ayocote, dicho comportamiento se debe principalmente a que el AS favorece la producción de ácido indolacético y de ácido naftalenacético, que son reportados como los principales reguladores de crecimiento vegetal (Salisbury y Ross, 1994).

Zhao *et al.*, (1995) reportan incrementos significativos en plantas tratadas con ÁS bajo condiciones de campo, ellos encontraron tasas de crecimiento diario de 0.33 cm en soya en comparación con el testigo que tuvo un valor de 0.21 cm. Estos resultados son congruentes con los de este experimento, ya que muestran que el efecto positivo del ácido salicílico en las plantas

de frijol ayocote y en la mayoría de los tratamientos de este experimento hubo aumentos entre el 5 y el 10 % de altura en comparación al tratamiento testigo.

Si bien es observado, que en la concentración de 2 mM de ÁS aplicada en las plantas de frijol ayocote disminuyeron su altura en ambos tratamientos con y sin fertilización, se observa que la diferencia no es alta, pero de igual manera se puede concluir que la mejor concentración de ÁS para obtener los resultados más favorables sería la concentración de 1.5 mM, adicionada con una fertilización de 5 g de nitrógeno, esto en las condiciones de casa sombra (60 % sombreado).

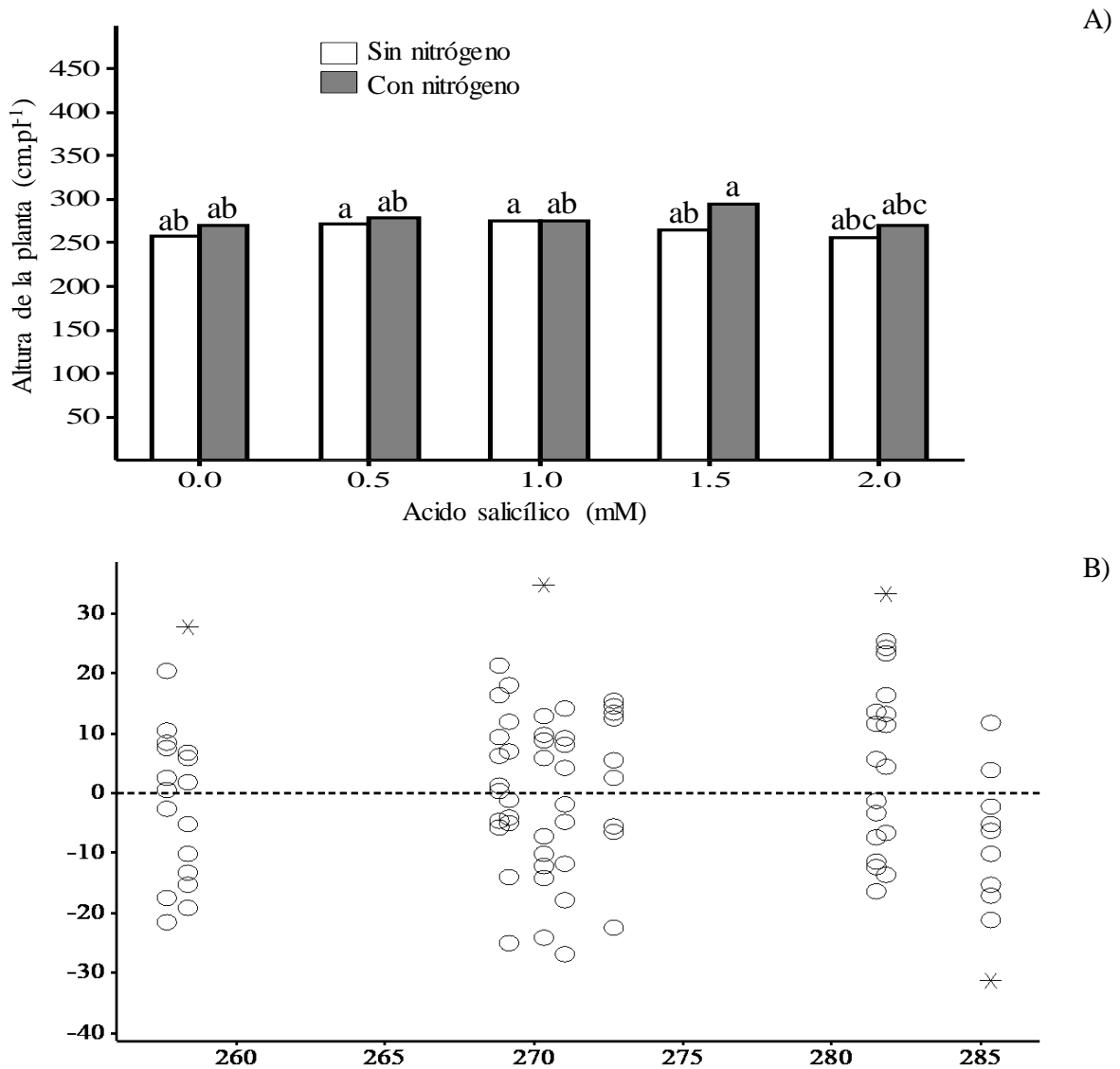


Figura 39.- Altura de la planta de *Phaseolus coccineus*; en A con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno. Valores con la misma lial en columnas son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$); en B) los residuos *versus* valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

La fertilización química conjuntamente con hormonas endógenas tiene un papel importante en el crecimiento de la raíz (Wang *et al.*, 2009), lo cual facilita que las raíces tengan mayor superficie para absorber agua y nutrientes después del trasplante (Eissenstat 1991).

Los tratamientos que mejor se favorecieron con mayor biomasa seca radical, para las plantas de frijol ayocote fueron, las que no se les aplicó la fertilización de nitrógeno, el mejor tratamiento con mayor biomasa fue el de 2.0 mM de ÁS con una media de 9.1 g.pl⁻¹, y por el contrario el tratamiento con menor biomasa radical fue el de 1.0 mM de ÁS con una media de 3.1 g.pl⁻¹ (Figura 40A), dado estos resultados podemos observar de igual manera que existe una diferencia del 65.93 % entre el dato mayor y el menor.

En el caso de las plantas a las cuales, si se les aplicó la fertilización de nitrógeno, el mejor tratamiento fue para la dosis menor de ácido salicílico el tratamiento de 0.0 mM de ÁS con una media aproximada de 7.2 g.pl⁻¹, mientras que el resultado menor de biomasa seca radical obtenida, fue en el tratamiento de 1.0 mM de ÁS con una media de 0.7 g.pl⁻¹, existiendo una diferencia del 90.27 % entre estos datos.

En la (Figura 40B) se observan los datos de los residuos *versus* los valores ajustados, los cuales son pocos datos y con una variación desigual, que expresan que los datos obtenidos van en aumento estos dependiendo de las concentraciones de ácido salicílico que se utilizaron, muestran un valor típico y normal, en los que ningún factor externo influyó negativamente en los resultados.

El incremento en la biomasa radical está acompañado con un aumento en la absorción de nutrientes, el mayor desarrollo del sistema radical genera una condición favorable por mayor acumulación. Además, un sistema radical más denso y profundo permite una mayor eficiencia y una mejor exploración del suelo, se considera que la competencia por recursos dentro de la planta es el principal factor que influye en el patrón de crecimiento radical (Godoy y Vallo, 2012).

Por otra parte, Khodary (2004) reportó que aplicaciones de 10 mM de AS a *Zea mays* acelera la actividad de la enzima Rubisco, aumentando la actividad fotosintética; incrementa el contenido de clorofila a y b, de carotenoides y de carbohidratos; aumenta también la longitud, peso fresco y seco de la raíz; altura, biomasa seca y fresca de la parte aérea de la planta. Mientras que Fahad y Bano (2012) publicaron incrementos de 100 y 57 % por encima del control en longitud y peso seco en la raíz en el cultivo de trigo con aspersiones de 0.01 mM de AS en condiciones de salinidad. Estos datos corroboran a los datos obtenidos, ya que existieron valores entre los tratamientos en los que hubo incrementos entre el 50 y 100 % en comparación al tratamiento con menor biomasa obtenida, esto en ambos casos, cuando se utilizó la fertilización de nitrógeno y cuando no.

Por lo anterior cabe mencionar que los resultados obtenidos variaron de acuerdo a los tratamientos, y como se observó no siempre estos aumentan de acuerdo a mayores concentraciones aplicadas, si bien sabemos que la aplicación de AS vía foliar tiene efectos positivos, en algunos casos puede ser afectado por algún factor externo. De igual manera se puede concluir que la mejor concentración para obtener mejores resultados en cuanto a biomasa seca radical la encontramos en la concentración de 2.0 mM de AS sin adicionar una dosis de 5 g de fertilización de nitrógeno, esto previamente en las condiciones ambientales en las que se realizó este experimento.

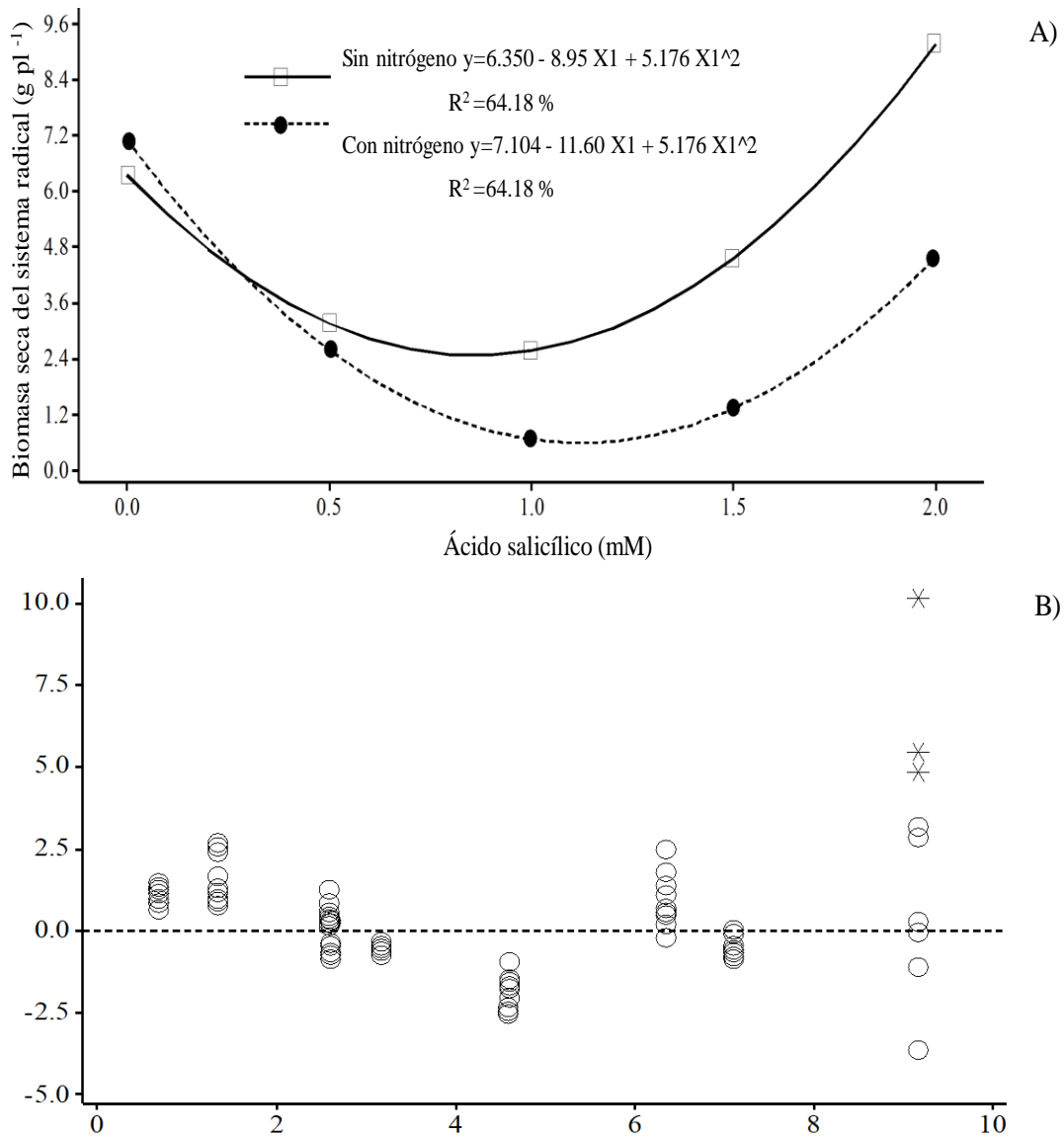


Figura 40. Biomasa seca del sistema radical de *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) residuos *versus* valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

En relación a la biomasa seca de la parte aérea, los tratamientos con mejores resultados se obtuvieron en los que se les adicionó la fertilización de 5 g de nitrógeno, como se observa en la (Figura 41A), el mejor tratamiento con mayor biomasa seca aérea fue el tratamiento de 0.0 mM de ÁS con una media de 29.1 g.pl⁻¹, que por el contrario cuando se le suministra la concentración ÁS le es desfavorable para las plantas, pues tiende a decrecer la biomasa, el tratamiento con menor resultado se observó en la concentración de 1.5 mM con promedio de 18.5 g.pl⁻¹ existiendo con una diferencia del 36.42 % entre el dato mayor y el menor entre los tratamientos.

Por otra parte, para los tratamientos a los cuales no se les aplicó la fertilización de nitrógeno, fue lo contrario a lo antes mencionado, el tratamiento con mayor biomasa seca aérea se reflejó en la concentración aplicada de 2.0 mM de ÁS con una media de 18 g.pl⁻¹ mientras que la menor producción de biomasa fue en la dosis 1.0 mM de ÁS con promedio de 12.5 g.pl⁻¹, existiendo una diferencia entre el dato mayor del menor de 30.55%.

En cambio, en la (Figura 41B) podemos constatar los residuos *versus* los valores ajustados de la concentración obtenida de biomasa seca en la parte aérea, los cuales son datos poco comunes con respecto a los tratamientos que suelen indicar, que algún factor ya sea interno o externo afectaron la relación continua, que comúnmente suele darse cuando se aumentan las concentraciones de ÁS.

Según Sánchez *et al.* (2011) las plantas de maíz con tratamientos de 0.1 y 0.2 mM de AS presentaron la mayor producción de biomasa en raíz y foliar, con incrementos de 43 y 36 % respectivamente, esto en relación al tratamiento de 0.05 mM de AS donde se llegaron a presentar los valores mínimos. Sin embargo, en relación a las plantas del testigo, con 0.1 y 0.2 mM de AS, se tuvieron incrementos de 13 y 17 %, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos ya que no siempre se obtienen los resultados más favorables a concentraciones mayores. Con lo cual se afirma que podemos obtener entre un 10

% y 30 % de biomasa seca mayor en los tratamientos testigo que en los que se suministra ácido salicílico.

De acuerdo a Salisbury y Ross (1994), las modificaciones tenidas en el crecimiento de biomasa se deben a que el ácido salicílico fomenta la producción de ácido indolacético y de ácido naftalenacético que son reportados como los principales reguladores de crecimiento vegetal. Sin embargo, en este estudio los mejores resultados en cuanto a biomasa seca aérea se obtuvieron solamente cuando las plantas recibieron fertilización de 5 g nitrógeno.

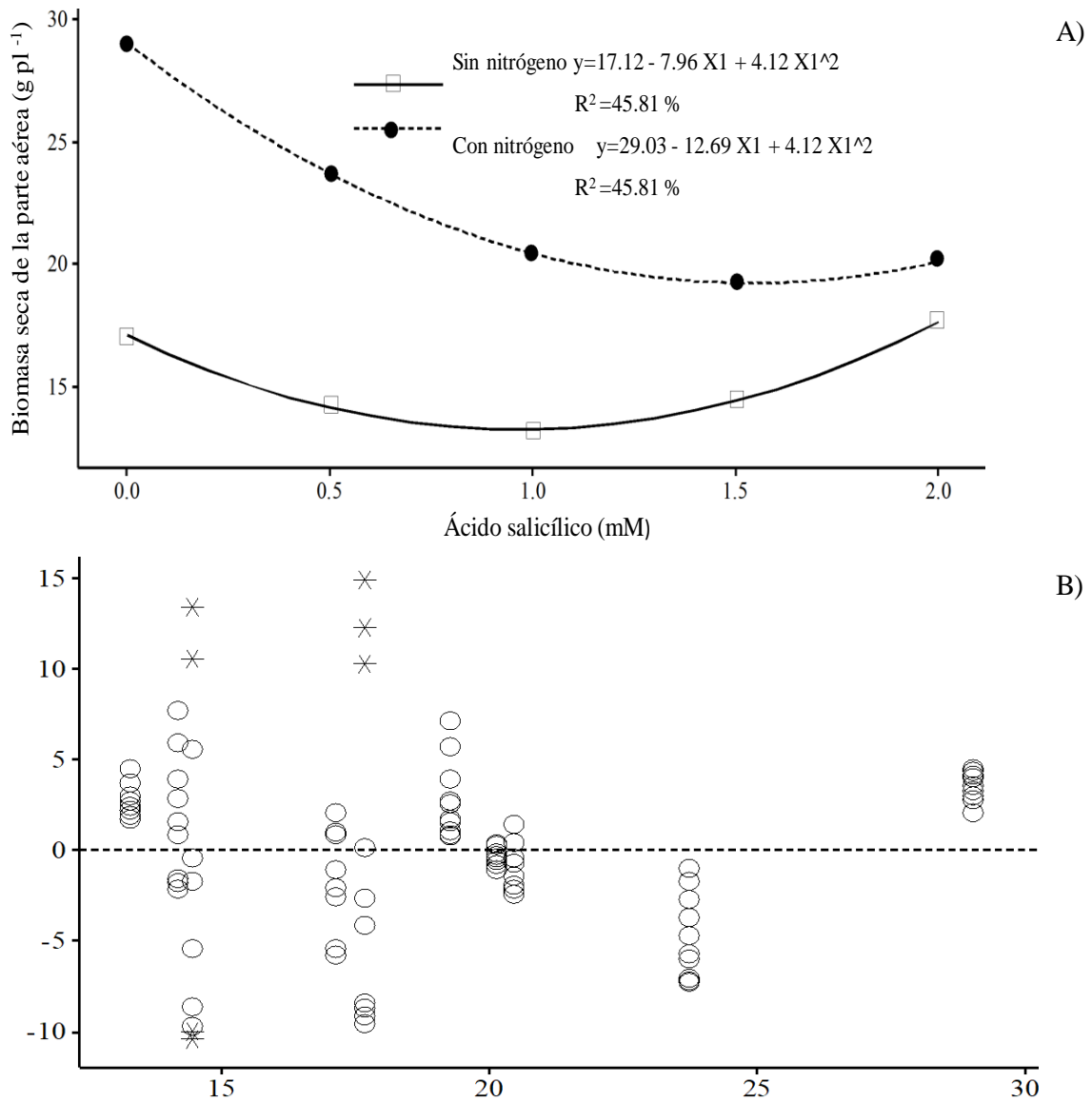


Figura 41. Biomasa seca de la parte aérea en *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) residuos *versus* los valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

4.3. Productividad de *Phaseolus coccineus* a diferente concentración de ácido salicílico

El ácido salicílico (AS) al ser un regulador de crecimiento en las plantas, ha reportado que aumenta la productividad de cultivos hortícolas tales como pepino, tomate, pimiento morrón y chile habanero Larqué-Saavedra *et al.* (2010).

Respecto a la productividad de las plantas de frijol ayocote tratadas con ácido salicílico, se resalta que se obtiene el mejor resultado con la ayuda de la aplicación de nitrógeno, el mejor tratamiento con una media de 32 g.pl⁻¹ fue el de 2.0 mM de ÁS, mientras que el tratamiento con menor productividad fue el 0.0 mM de ÁS con una media de 23.8 g.pl⁻¹. Dados estos resultados puede percatarse que existe una diferencia del 25.62 % entre el dato mayor y menor (Figura 42A).

Por otra parte, para las plantas a las cuales no se les aplicó la fertilización de nitrógeno, el mejor tratamiento fue el de 0.0 Mm de ÁS con un promedio de 28.5 g.pl⁻¹, mientras que por el contrario el menor resultado en cuanto a la productividad fue el tratamiento de 2.0 mM de ÁS con un promedio de 26.6 g.pl⁻¹ obteniendo una pequeña diferencia del 6.66 % entre el dato mayor y el menor. De igual manera en la (Figura 42B) se aprecian los datos de los residuos *versus* los valores ajustados en cuanto a la productividad, los cuales son residuos grandes, y estos suelen indicar que existen una relación constante entre los factores, lo cuales le es favorable en los resultados de los tratamientos.

El ácido salicílico aumenta la eficiencia del uso del agua y reduce la absorción en los componentes tóxicos del sodio y el cloro, alivia el estrés y aumenta la fotosíntesis. Como resultado, aumentará la producción y la transmisión del material fotosintético a la semilla en la etapa reproductiva sensible. Khan *et al.* (2010) mostraron que la aplicación de 0.5 mM de ácido salicílico en el frijol verde aumenta el rendimiento de grano hasta en un 23 % en comparación al testigo.

De igual manera Najafabadi *et al.* (2013) en su experimento y en las concentraciones aplicadas, indico que los resultados más altos pertenecieron a concentraciones de 0.1 y 0.5 mM y la concentración de cero y 1 mM mostraron la influencia más baja. Mientras que en este experimento los tratamientos mostraron que, la concentración más alta de ÁS (2 mM) tuvo la mayor influencia en el rendimiento por planta, cabe resaltar que esto se logró adicionando la fertilización foliar de 5 g de nitrógeno, con lo cual se obtuvo un incremento mayor del 25 % de productividad en comparación con el tratamiento testigo, mientras que al no aplicar la fertilización de nitrógeno, la productividad tiende a disminuir en cuanto aumentan las concentraciones de ácido salicílico.

Con lo antes mencionado y lo observado en la Figura 42, cabe resaltar que la fertilización con nitrógeno juega un papel muy importante en plantas de frijol ayocote, ya que influyen de manera positiva para que se logre una mayor productividad.

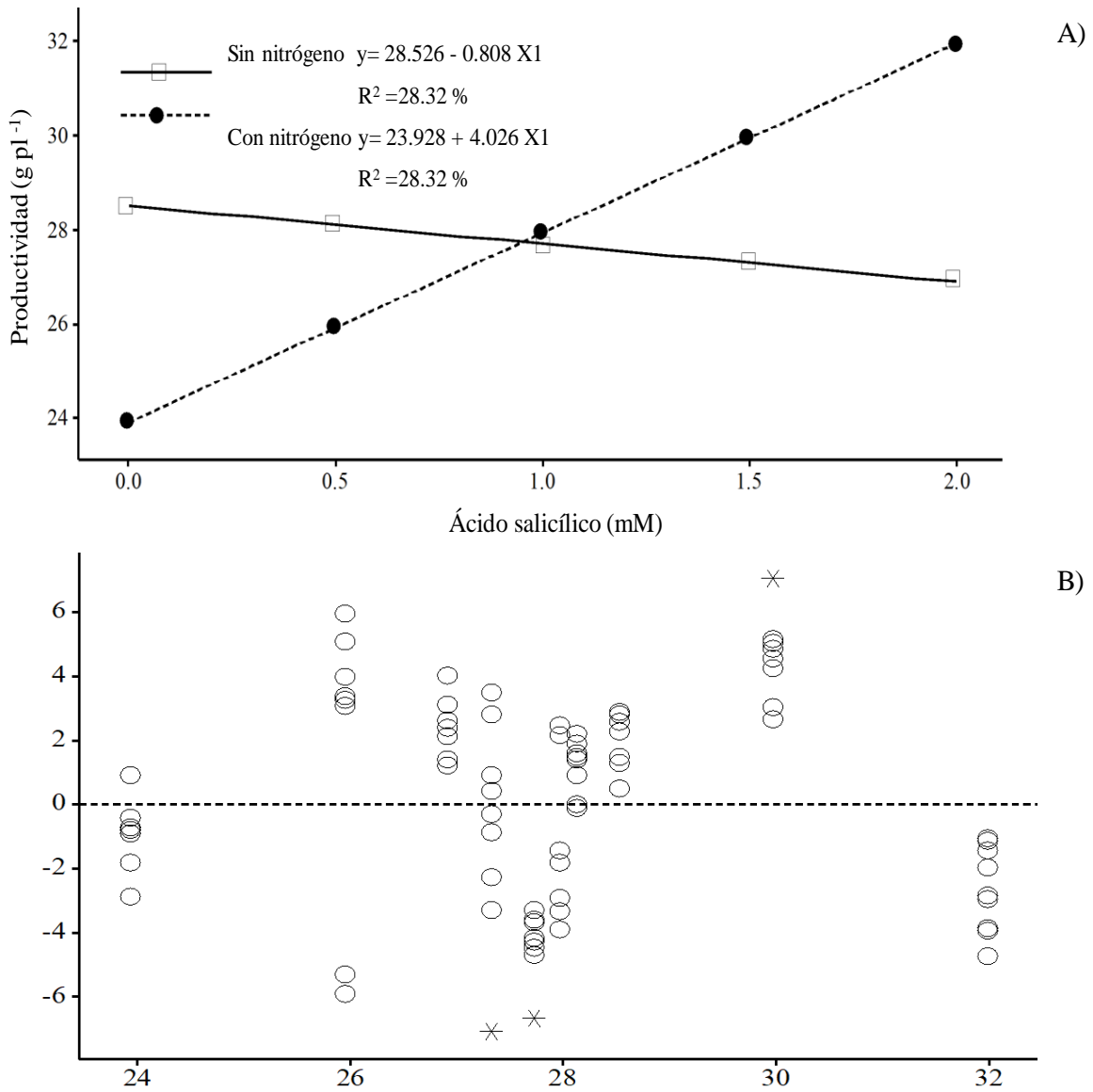


Figura 42. Productividad de *Phaseolus coccineus*; en A) con diferentes dosis de ácido salicílico; con y sin la fertilización de nitrógeno; en B) residuos *versus* los valores ajustados, valores poco comunes, aumentan la posibilidad de riesgo en los tratamientos.

5. CONCLUSIONES

Las aplicaciones del ácido salicílico (1.5 y 2 mM) en combinación con fertilización de nitrógeno (5 g) resultaron más favorables, incrementaron entre un 30 a 50 % el volumen radical, número de nódulos y el volumen de nódulos.

El porcentaje de supervivencia aumenta a mayor concentración de ÁS adicionada con las fertilizaciones, por el contrario, sin la fertilización a mayor concentración de ÁS disminuye la supervivencia.

En todos los casos la fertilización en combinación con el ÁS favorece a las plantas de frijol ayocote. Solo en el caso de la biomasa seca radical no se ve favorecida el emplear la fertilización de nitrógeno; pero aun así los tratamientos con el ácido salicílico tuvieron resultados favorables.

El frijol ayocote, con concentraciones altas de ácido salicílico (2 mM), y con aplicaciones hasta anthesis acorta el tiempo de producción e incrementa hasta un 25 % la productividad.

Es importante realizar más estudios en *Phaseolus coccineus* a diferentes concentraciones, dosis de fertilización o incluso ambientes de producción.

LITERATURA CITADA

Arfan, M., H. R. Athar, y M. Ashraf. 2007. Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress?. *Journal Plant Physiology* 164: 685-694.

Arias, J. H., Rengifo, T., Jaramillo, M. 2007. Manual técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble. CORPOICA-MANA-FAO. Gobernación de Antioquia, Colombia. 168 pp.

Basu, R. N., Bose, T. K., Roy, B. N., Mukhopadhyay, A. 1969. Auxin Synergist in rooting of cuttings. *Physiology Plant* 22: 649–652.

Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Zeuli, P. S., Logozzo, G., Stougaard, J., Mc Clean, P., Attene, G., y Papa, R. 2011. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. Disponible en internet: www.Pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1108973109.

Cárdenas, R. F. 1984. Clasificación preliminar de los frijoles en México. Ex Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos SARH y Ex Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA. Folleto técnico Núm. 81 México, D. F. 19 pp.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L). centro internacional de agricultura tropical (CIAT). Serie 04 SB-09.01: 56 pp.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) 1981. Programa de frijol del CIAT; Estrategias de búsqueda para aumentar la producción. Cali, Colombia. 87 pp.

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa de granos básicos. El salvador. 24 pp.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal Guanajuato (CESAVEG). 2015. Manual de plagas y enfermedades en frijol. Campaña manejo fitosanitario del frijol. 24 pp.

Delgado, S. A., 1988. Variation, taxonomy, domestication and germplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. In: genetic resources of *Phaseolus* beans. Gets, P.(ed.). Kluwer Academic Publishers. pp: 441-463.

Delgado, S. A., Bibler, R., Lavin, M. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): A recent diversification in an ancient and scape. Systematic Botany 31 (4): 779-791.

Echevarría M. I., R. M. Escobedo-G. M., and A. Larqué- Saavedra. 2007. Responses of transformed *Catharanthus roseus* roots to femtomolar concentrations of salicylic acid. Plant Physiology Biochemical. 45: 501-507.

Fahad, S., and A. Bano. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize grown in saline area. Pakistan Journal of Botany. 44: 1433-1438.

Fariduddin, Q., Hayat, S., and Ahmad, A. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica 41: 281-284.

FIRA. 2016. Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura. Panorama agroalimentario. 37 pp.

Food-Info. 2007. ¿Qué es el ácido salicílico y en qué productos está presente? Wageningen University, Netherlands. <http://www.food-info.net/es/qa/qa-fi27.htm> (Revisado el 27 de septiembre de 2007).

García, D. M. E., 2019. Ambientes de producción para el frijol exoyeman (*Phaseolus coccineus* subsp *Polyanthus*), en Tetela de Ocampo, Puebla. Tesis de licenciatura. Ingeniería agroforestal. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla: 53p.

Godoy. C. C., Vallo, M. 2012. Fertilización del kiwi (*Actinidia deliciosa*) durante la etapa de implantación en el sudeste bonaerense. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. (Universidad Nacional de Cuyo) 44 (1): 183-190.

Guan, L. and J.G. Scandalios. 1995. Developmentally related responses of maize catalase genes to salicylic acid. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA. 92: 5930-5934.

Gunes, A., A. Inal, M. Alpaslan, F. Eraslan, E. G. Bagci, and N. Cicek. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. Journal Plant Physiology. 164: 728-736.

Gutiérrez, C. M. A., Trejo, L. and Larqué, S. A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. Plant Physiol Biochemical 36: 563-565.

Gutiérrez, R. M., Cortés, P. A., Chávez, R. SM. y Larqué, S. A. 2003. Efecto del dimetilsulfóxido en el peso fresco de rábano y betabel. Agrociencia 37: 237-240.

Hayat, S., Fariduddin, Q., Ali, B. and Ahmad, A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agronómica Hungarica 53: 433-437.

Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan, and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany* 68: 14-25.

Hernández, X. E., Ramos, A., y Martínez, A. M. A. 1979. Etnobotánica. *In*: Engleman, M. (ed.). *Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Chapingo, México. 321-333 pp.

International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1983. *Phaseolus coccineus* descriptors. Roma, Italia. 32 pp.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2000. Síntesis geográfica del Estado de Puebla, México. Libro electrónico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Infante G., S., y G. Zárate de L. 1990. *Métodos Estadísticos: un Enfoque Interdisciplinario*. Ed. Trillas, 2a edición. México. 643 pp.

Khan, N.A., Syeed. S., Masood, A., Nazar, R., Iqba, N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology*: 10.4081/pb. 2010.

Khodary, S. E. A. 2004. Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *International Journal of Biological Sciences* 6: 5-8.

Larqué, S. A., Martí, M. R., Nexticapan, G. A., Vergara, Y. S., Gutierrez, R. M. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16 (3): 183-187.

Larqué, S. A. 1978. The antitranspirant effect of acetylsalicylic acid on *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology* 43: 126-128.

Larqué, S. A. 1979. Stomata closure in response to acetylsalicylic acid treatment. *Pflanzenphysiol* 93 (4): 371-375.

Larqué, S. A., Rodríguez, T. M. 1993. *Fisiología vegetal experimental*. Editorial Trillas, México, D. F. 193 pp.

Larqué, S. A. and Martín, M. R. 2007. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of the plants. *In*: S. Hayat and A. Ahmad (eds.). *Salicylic acid, a plant hormone*. Springer publishers. Dordrech, The Netherlands. pp. 15-23.

López-Delgado H A, Scott IM, and Mora-Herrera Me. 2007. Stress and antistress effects of salicylic acid and acetyl salicylic acid on potato culture technology. *In* Hayat S. and Ahmad A. ed. *Salicylic acid a plant hormone*. Netherlands Springer Press pp. 163-195.

Martin, M. R., Vergara, Y. A., Nexticapán, G., Larqué, S. A. 2010. Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in *Petunia hybrida*. *Agrociencia* 44: 773-778.

Martín, M. R., Nexticapán, G. R., Herrera, T. S., Vergara, Y., Larqué, S. A. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 18: 1637-1643.

Martín, M. R., Nexticapán, G., and Larqué S. A. 2013. Potential benefits of salicylic acid in food production. *In*: S. Hayat, A. Ahmad, and M. N. Alyemeni (eds.). *Salicylic acid*. Springer publishers. Dordrech, The Netherlands. 299-313

Muruaga, J. 1996. Descripción del frijol ayocote “Blanco Tlaxcala”. Desplegable, agosto. INIFAP Produce, Fundación Produce Tlaxcala A. C., SAGAR. Tlaxcala, México.

Omae, H., Kumar, A., Kashiwaba, K., Shono, M. 2007. Influence of Temperature Shift after Flowering on Dry Matter Partitioning in Two Cultivars of Snap Bean (*Phaseolus vulgaris*) that Differ in Heat Tolerance. *Plant Production Science* 10 (1): 14–19.

Padilla V. I., Castillo T. N., Ramírez J. F., Armenta C. I., Cabrera C. F., Madrid C. M. y Ortiz E. J. E. 2009. Manual para la producción de frijol en el sur de sonora. INIFAP. Centro de investigación regional del noroeste campo experimental valle del yaqui. Sonora México. 124 pp.

Palma, M. F. J. 2009. Respuestas inducidas por el ácido salicílico y ácido abscísico en las simbiosis de judía y alfalfa en estrés salino. Tesis doctoral. Universidad de Granada. España.

Parsons, B. D. 2001. Frijol y chícharo. Manuales para educación agropecuaria. 2^{da} edición. Editorial Trillas. México. 88 pp.

Pérez, H. P., Esquivel, E. G., Rosales, S. R. y Acosta, G. J. A. 2002. Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 52: 172-180.

Sánchez, C. E., Barrera, T. E., Muñoz, D. L., Ojeda, B., Anchondo, N. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional del chile jalapeño. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 17: 63-66.

San Miguel, R.; Gutiérrez, M.; Larqué, S. A. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. *Southern Journal of Applied Forestry*. 27: 52-54.

Senaratna, T., D. Touchell, E. Bunn and K. Dixon. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30:157-161.

Salisbury, FB; Ross, CW. 1994. *Fisiología vegetal*. Traducido por González, V. V. Edit. Iberoamérica, México. 673 p.

Shakirova, F. M., A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. A. Fatkhutdinova, and D. R. Fatkhutdinova. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. *Plant Science* 164: 317-322.

Silvester R. 1983. Fijación biológica de nitrógeno por leguminosas: Aspectos agronómicos relacionados con su nodulación de *Rhizobium*. *Suelos Ecuatoriales*. 13(2): 28- 35.

Tamayo V. A. 2006. Respuesta del cultivo del frijol a la inoculación con micorrizas y rhizobium. En: Taller internacional sobre metodologías para determinación de requerimientos hídricos, nutricionales y micorrizas. Tibaitatá, Mosquera (Colombia). Bogotá, Colombia. 8 pp.

Tucuch, H. C., Alcántar, G. G., Volke, H. V., Salinas, M., Trejo, T. I., Libia y Larqué, S. A. 2016. Efecto del ácido salicílico sobre el crecimiento de raíz de plántulas de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7 (3): 709-716.

Vargas V. P. e Irizar, G. M. 2001. Distribución de materia seca en el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), variedad Blanco Tlaxcala. *Agricultura Técnica Mexicana* 27 (1): 69-71.

Villanueva-Couoh, E., G. Alcántar-González, P. Sánchez-García, M. Soria-Fregoso y A. Larqué Saavedra. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de *Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura en Yucatán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15: 25-31.

Xie, Z., Z. L. Zhang, S. Hanzlik, E. Cook and Q.J. Shen. 2007. Salicylic acid inhibits gibberellin-induced alpha-amylase expression and seed germination via a pathway involving an abscisic-acid inducible WRKY gene. *Plant Molecular Biology* 64:293-303

White J. W. 1985. Conceptos básicos de Fisiología del frijol. Ing. López, M.I. Fernández., AVan Schoonhoven (ed). *Frijol: Investigación y Producción*. CIAT. Cali. Colombia, p. 43.60.

Wentworth, M., Murchie, E. H., Gray, J. E., Villegas, D., Pastenes, C., Pinto, M., & Horton, P. 2006. Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress II. Acclimation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 57 (3): 699-709.



BUAP

Oficio No. CRN-SA/TIT 010/2020

Asunto: Impresión de Tesis

C. Erick Jonathan Rosales Vicelis
Alumno del Complejo Regional Norte
Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Jesús Mao Estanislao Aguilar Luna (**Director de Tesis**), M.C. Benjamín Barrios Díaz y M.C. Gloria Vázquez Huerta (**Revisores**), en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

“EFECTO DEL ÁCIDO SALICÍLICO EN EL DESARROLLO DE FRIJOL AYOCOTE
(Phaseolus coccineus L.), EN MINIRIZOTRONES”

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agroforestal.

Sin otro particular por el momento me despido de Usted.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

Chignahuapan, Pue. 07 de enero de 2020.

Mtra. Ariadna Leecet González Solís
Secretaría Académica



c.c.p. archivo
ALGS/mmg

Complejo Regional Norte | Av. Universidad s/n (corredor educativo)
Chignahuapan, Puebla C.P. 73300
Tel. 01 797 9 71 14 03