

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS



**Efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris*)
Var. CENTA Sequía.**

POR:

WILBER VLADIMIR SERRANO PERAZA

San Salvador, Ciudad Universitaria, febrero de 2023

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL**



**Efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris*)
Var. CENTA Sequía.**

POR:

WILBER VLADIMIR SERRANO PERAZA

REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRONOMO

San Salvador, Ciudad Universitaria, febrero de 2023

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Lic. MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

Ing. MSc. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DECANO:

Dr. FRANCISCO LARA ASCENCIO

SECRETARIO

Ing. Agr. BALMORE MARTINEZ SIERRA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

Ing. Agr. MSc. ANDRES WILFREDO RIVAS FLORES

DOCENTE DIRECTOR

Ing. Agr. MSc. ANDRES WILFREDO RIVAS FLORES

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACION

Ing. Agr. MSc. RAFAEL ANTONIO MENJIVAR ROSA

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) Var. CENTA Sequía. Se estableció un experimento en el invernadero del Departamento de Protección Vegetal de la Universidad de El Salvador. La investigación tuvo una duración de 6 meses comprendidos desde el mes de mayo del año 2022 hasta el mes de octubre del año 2022. Para evaluar el efecto de AS en frijol, se establecieron cinco tratamientos con veinte repeticiones cada uno. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes: el T0 consistió en tratar el cultivo con agua, el T1 consistió en aplicar el AS a 25 ppm, el T2 a 50 ppm, el T3 a 75 ppm y el T4 a 100 ppm. Las aplicaciones de AS se realizaron en las siguientes etapas: Etapa V3 (Aparición de la primera hoja trifoliada), etapa R5 (Prefloración), etapa V7 (Formación de vainas), las variables evaluadas en esta investigación fueron: rendimiento por tratamiento, número de vainas por tratamiento, número de flores por tratamiento, número de granos por tratamiento, peso de 25 granos por tratamiento, diámetro de cuello de raíz, humedad parcial de la planta por tratamiento, días a floración del cultivo, días a madurez fisiológica. La aplicación del ácido salicílico mostró un efecto positivo en las variables evaluadas. El T2 (50 ppm) mostró un aumento en el rendimiento por tratamiento con un 24.69% más con respecto al testigo con un total de 10.1 g, el peso de los 25 granos por tratamiento aumentó un 21.05% más con respecto al testigo, con un total de 4.60 g, así mismo el diámetro de cuello de raíz aumentó un 0.76% con respecto al testigo registrándose un promedio de 2.63 mm. El T1 (25 ppm) mostró los mejores efectos sobre la variable número de flores por tratamiento, con un promedio de 7.26 flores por planta con el cual se obtuvo un incremento de 7.26% con respecto al testigo, al igual en la variable de humedad parcial por tratamiento el ácido salicílico mostró resultados positivos cuando se aplicó el T1 (25 ppm) ya que aumentó el peso seco aéreo de las plantas de frijol. El número de vainas por tratamiento y número de granos por tratamiento se incrementó en el testigo. Sin embargo, el peso del grano fue superior en comparación cuando se aplicó el T2 (50 ppm). Además, a través del análisis de presupuesto parcial se determinó que el T2 (50 ppm) produjo un mayor beneficio neto lo que indica que al aplicar ácido salicílico a una concentración de 50 ppm el beneficio neto se incrementó ligeramente al proyectarlo para una manzana de terreno y para una hectárea.

ABSTRAT

With the purpose of evaluating the effect of salicylic acid on the yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*) Var. CENT Drought, an experiment was established in the greenhouse of the Plant Protection Department of the University of El Salvador. The investigation lasted 6 months from May 2022 to October 2022. To evaluate the effect of SA on beans, five treatments with twenty repetitions each were established. The treatments applied were the following: T0 consisted of treating the crop with water, T1 consisted of applying SA at 25 ppm, T2 at 50 ppm, T3 at 75 ppm and T4 at 100 ppm. The SA applications were carried out in the following stages: Stage V3 (Appearance of the first trifoliate leaf), stage R5 (Pre-flowering), stage V7 (Formation of pods), the variables evaluated in this research were: yield per treatment, number of pods per treatment, number of flowers per treatment, number of grains per treatment, weight of 25 grains per treatment, root collar diameter, partial moisture of the plant per treatment, days to crop flowering, days to physiological maturity. The application of salicylic acid showed a positive effect on the variables evaluated. T2 (50 ppm) showed an increase in yield per treatment with 24.69% more than the control with a total of 10.1 g, the weight of the 25 grains per treatment increased 21.05% more than the control, with a total of 4.60 g, likewise the diameter of the root neck increased by 0.76% with respect to the control, registering an average of 2.63 mm. The T1 (25 ppm) showed the best effects on the variable number of flowers per treatment, with an average of 7.26 flowers per plant, with which an increase of 7.26% was obtained with respect to the control, as well as in the partial humidity variable. By treatment, salicylic acid showed positive results when T1 (25 ppm) was applied, since it increased the aerial dry weight of the bean plants. The number of pods per treatment and number of grains per treatment increased in the control. However, grain weight was higher compared to when T2 (50 ppm) was applied. In addition, through the partial budget analysis, it was determined that T2 (50 ppm) produced a greater net benefit, which indicates that by applying salicylic acid at a concentration of 50 ppm, the net benefit increased slightly when projecting it for a block of land and for one hectare.

AGRADECIMEINTOS

A Dios por darme la protección y sabiduría en mis decisiones.

A mis padres, Selvin Serrano López y Norma Cristina Peraza De Serrano, por su apoyo incondicional, consejos, esfuerzo y sacrificios para darme el estudio, a mi hermano Steven Alexis Serrano Peraza,

A Ana Roxana Estrada Vásquez, por acompañarme a lo largo de la carrera y siempre brindarme su apoyo en todo momento.

Al Ing. Agr. MSc. Andrés Wilfredo Rivas Flores, por sus recomendaciones, consejos, asesorías y apoyo en el desarrollo de la investigación, entre otras actividades.

Al Ing. Agr. MSc. Rafael Antonio Menjivar Rosa, por sus asesorías y recomendaciones dentro de esta investigación.

Al Ing. Agr. MSc. Ricardo Ernesto Gomez Orellana, por sus asesorías y recomendaciones dentro de esta investigación.

Al Ing. Agr. Leopoldo Serrano Cervantes, por sus asesorías y recomendaciones dentro de esta investigación.

Al Lic. Mvz. Juan Antonio Aguirre Sandoval, por su apoyo en el pesado de los fertilizantes y muestras en el laboratorio de investigación y diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal.

A Ing. Agr. Nacxit Alejandro Hernández Salas, por su apoyo en el establecimiento, manejo y toma de datos en el experimento, y apoyo a lo largo de la carrera.

A mis amigos por su apoyo y consejos a lo largo de la carrera.

Al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), por facilitar la semilla utilizada en esta investigación a través de la donación de la semilla de la variedad CENTA Sequía.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador por facilitarme el equipo y herramientas necesarias para el desarrollo de esta investigación, y a los docentes en general por el aporte en mis nuevos conocimientos académicos.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y acompañarme en cada momento de mi formación académica.

A mi padre Selvin Serrano López y Norma Cristina Peraza De Serrano, por apoyarme incondicionalmente en mis decisiones y por todo su amor, paciencia y buenos consejos durante toda mi formación académica.

A mi hermano Steven Alexis Serrano Peraza por apoyarme en mis decisiones.

A Ana Roxana Estrada Vásquez por apoyarme, darme consejos y su valiosa compañía en todo momento.

A mis familiares por brindarme su ayuda cuando los necesite.

Al Ing. Agr. MSc. Andrés Wilfredo Rivas Flores por ser mi asesor de tesis y apoyarme a lo largo del experimento y formación académica.

Al Ing. Agr. Nacxit Alejandro Hernández Salas por ayudarme en esta investigación y a lo largo de la carrera

A mis amigos por su amistad a lo largo de toda la carrera y ayudarme cuando los busque.

INDICE GENERAL

RESUMEN	iv
ABSTRAT	v
1 INTRODUCCION	1
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Generalidades del cultivo de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	2
2.1.1 Origen y distribución del frijol común.....	2
2.1.2 Descripción de la especie	3
2.1.3 Hábitos de crecimiento de la planta de frijol común	3
2.2 Requerimientos edafoclimáticos del frijol común	5
2.2.1 Temperatura.....	5
2.2.2 Luminosidad	5
2.2.3 Clima.....	5
2.2.4 Rangos altitudinales	5
2.2.5 Suelo.....	5
2.2.6 PH del suelo.....	6
2.3 Requerimientos nutricionales del frijol común.....	6
2.3.1 Fertilización	6
2.4 Requerimiento hídrico del frijol común	6
2.5 Ciclo del cultivo de frijol común	7
2.6 Fase vegetativa.....	7
2.6.1 Etapa V0: Germinación.....	7
2.6.2 Etapa V1: Emergencia	7
2.6.3 Etapa V2: Aparición de hojas primarias	7
2.6.4 Etapa V3: Primera hoja trifoliada	8
2.6.5 Etapa V4: Tercera hoja trifoliada.....	8
2.7 Fase Reproductiva	8
2.7.1 Etapa R5: Prefloración.....	8
2.7.2 Etapa R6: Floración.....	8
2.7.3 Etapa R7: Formación de vainas	8
2.7.4 Etapa R8: Llenado de las vainas	9

2.7.5	Etapa R9: Madurez fisiológica	9
2.8	Situación del cultivo de frijol en El Salvador	9
2.9	Consumo per cápita de frijol en El Salvador	10
2.10	Rendimiento del cultivo de frijol.....	10
2.11	Generalidades de la variedad de frijol CENTA Sequía.....	10
2.12	Manejo agronómico de la variedad CENTA Sequía (CENTA 2020).....	11
2.12.1	Preparación del suelo para la siembra en terrenos planos.....	11
2.12.2	Preparación del suelo para la siembra en terrenos con pendientes	11
2.12.3	Densidad de siembra.....	11
2.12.4	Fertilización	11
2.12.5	Control de enfermedades	11
2.12.6	Manejo de malezas	11
2.12.7	Manejo de plagas	12
2.12.8	Cosecha	12
2.13	Ácido salicílico (AS).....	12
2.14	Generalidades del Ácido salicílico (AS).....	12
2.14.1	Origen del ácido salicílico	12
2.14.2	El ácido salicílico como una hormona vegetal multifuncional	13
2.14.3	Biosíntesis del ácido salicílico.....	14
2.14.4	Efecto del ácido salicílico en las plantas.....	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1	METODOLOGÍA DE CAMPO.....	15
3.1.1	Descripción del lugar de estudio	15
3.1.2	Duración de la investigación	16
3.1.3	Preparación del área experimental.....	16
3.1.4	Tutorado para las plantas.....	16
3.1.5	Delimitación del área experimental	16
3.1.6	Tipo de suelo y llenado de los depósitos para siembra	17
3.1.7	Semilla utilizada en el experimento	17
3.1.8	Siembra	17
3.1.9	Riego del cultivo	17
3.1.10	Fertilización	18
3.1.11	Manejo de plagas	18

3.1.12	Cosecha y secado	19
3.1.13	Almacenamiento de la semilla	19
3.2	METODOLOGÍA DE LABORATORIO	19
3.2.1	Prueba de germinación de la semilla	19
3.2.2	Preparación de las soluciones de ácido salicílico	19
3.2.3	Aplicación del ácido salicílico	20
3.3	METODOLOGÍA ESTADÍSTICA	20
3.3.1	Diseño experimental	20
3.3.2	Tratamientos	20
3.3.3	Análisis de datos.....	21
3.4	Variables evaluadas.....	21
3.5	Descripción de las variables evaluadas	21
3.5.1	Rendimiento por tratamiento	21
3.5.2	Número de vainas por tratamiento.....	21
3.5.3	Número de flores por tratamiento.....	21
3.5.4	Número de granos por tratamiento.....	21
3.5.5	Peso de 25 semillas por tratamiento	21
3.5.6	Diámetro de cuello de raíz	22
3.5.7	Humedad parcial de la planta por tratamiento	22
3.5.8	Días a floración del cultivo	22
3.5.9	Días a madurez fisiológica	22
3.6	METODOLOGÍA ECONÓMICA	22
3.6.1	Análisis de presupuesto parcial.....	22
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1	Porcentaje de germinación	23
4.2	Riego proporcionado por etapa y ciclo del cultivo.....	23
4.3	Plagas registradas en el experimento y su manejo.....	23
4.4	Días a floración.....	26
4.5	Días a Madurez fisiológica.....	26
4.6	Rendimiento por tratamiento (g).....	26
4.7	Número de vainas por tratamiento	27
4.8	Número de granos por tratamiento.....	28
4.9	Peso de 25 granos por tratamiento (g)	29

4.10	Número de flores por planta.....	30
4.11	Diámetro de cuello de raíz (mm).....	30
4.12	Humedad parcial de la planta por tratamiento (%)	31
4.13	Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una hectárea).....	32
4.14	Análisis de presupuesto parcial (proyectado para una manzana)	32
5	CONCLUSIONES	34
6	RECOMENDACIONES	35
7	BIBLIOGRAFÍA	36
8	ANEXOS	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Clasificación taxonómica del frijol común	5
Cuadro 2.	Requerimientos de N-P-K en el ciclo del cultivo del frijol común.	6
Cuadro 3.	Características agronómicas de la variedad de frijol CENTA Sequía	12
Cuadro 4.	Requerimiento promedio de agua según la etapa fenológica (mm).	18
Cuadro 5.	Determinación de las fuentes de variación del diseño experimental.	20
Cuadro 6.	Descripción de tratamientos.	20
Cuadro 7.	Cantidad de agua proporcionada en litros para el cultivo.	23
Cuadro 8.	Resumen de plagas y enfermedades en el cultivo.	25
Cuadro 9.	Peso del total de granos por tratamiento (g)	26
Cuadro 10.	Número de granos por tratamiento.	28
Cuadro 11.	Peso de 25 granos por tratamiento (g).....	29
Cuadro 12.	Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una hectárea).	32
Cuadro 13.	Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una manzana).....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Centro independiente de domesticación de <i>Phaseolus vulgaris</i>	2
Figura 2. Hábitos de crecimiento de la planta de frijol común.	4
Figura 3. Estructura química del ácido salicílico.....	13
Figura 4. Ubicación del invernadero y laboratorio del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas.....	16
Figura 5. Peso del total de los granos por tratamiento (g).	27
Figura 6. Número de vainas promedio por planta.	27
Figura 7. Número de granos por tratamiento.....	28
Figura 8. Peso de 25 granos por tratamiento (g)	29
Figura 9. Número de flores promedio por planta.	30
Figura 10. Diámetro de cuello de raíz (mm).....	31
Figura 11. Humedad parcial de la planta por tratamiento (%).	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Fig. A-1. Germinación de la semilla.....	42
Fig. A-2. Emergencia de la plántula.....	42
Fig. A-3. Hojas primarias.....	42
Fig. A-4. Primera hoja trifoliada.....	42
Fig. A-5. Tercera hoja trifoliada.....	42
Fig. A-6. Prefloración.....	42
Fig. A-7. Floración.....	43
Fig. A-8. Formación de vainas.....	43
Fig. A-9. Llenado de vainas.....	43
Fig. A-10. Madurez fisiológica.....	44
Fig. A-11. Preparación del área experimental.....	44
Fig. A-12. Tutorado.....	44
Fig. A-13. Delimitación de área experimental.....	44
Fig. A-14. Llenado de los depósitos.....	44

Fig. A-15. Siembra de la semilla.....	45
Fig. A-16. Aplicación del riego.....	45
Fig. A-17. Pesado de fertilizante 18-46-0 para 1ra fertilización.....	45
Fig. A-18. Pesaje y aplicación de Urea 46% N para 2da fertilización.....	45
Fig. A-19. Aplicación de fertilizante foliar.....	46
Fig. A-20. Preparación y aplicación del insecticida EM-5.....	46
Fig. A-21. Cosecha y secado.....	46
Fig. A-22. Almacenamiento de la semilla.....	47
Fig. A-23. Germinación de la semilla.....	47
Fig. A-24. Preparación de concentraciones de AS.....	47
Fig. A-25. Aplicación de ácido salicílico en las plantas.....	48
Fig. A-26. Distribución de los tratamientos.....	48
Fig. A-27. Análisis de varianza para el DCA.....	49
Fig. A-28. Lesiones en planta por araña roja, trips, y babosas.....	49
Fig. A-29. Infecciones mixtas de BnYDV y <i>E. persicina</i> según Zanón <i>et al.</i> (2006).....	50
Fig. A-30. Muestras de infecciones según Zanón <i>et al.</i> (2006).....	50
Fig. A-31. Sintomatología y su avance en el follaje de las plantas.....	50
Fig. A-32. Colocación de sacos para bajar la temperatura.....	51
Fig. A-33. Retiro de agua infiltrada y sellado de orificios en invernadero.....	51

ÍNDICE DE CÁLCULOS EN ANEXOS

Cal. (A-1). Cálculo de solución de lejía (Hipoclorito de sodio) al 3 %.....	52
Cal. (A-2). Cálculo de volumen de suelo franco arenoso para llenado de las macetas.....	52
Cal. (A-3). Cálculo de número de semillas a sembrar.....	53
Cal. (A-4). Cálculo de la cantidad de agua en ml por etapa fenológica.....	53
Cal. (A-5). Elaboración del insecticida EM-5	55
Cal. (A-6). Cálculo de AS para Solución madre (1000 ppm) y 25, 50,75 y 100 ppm.....	55
Cal.(A-7). Fórmula para determinar la humedad parcial de cada unidad experimental.....	57

INDICE DE CUADROS EN ANEXOS

Cuadro. A- 1 Resultado de ANVA para la variable número de vainas por tratamiento	58
Cuadro. A- 2 Resultado de ANVA para la variable número de flores por tratamiento	58
Cuadro. A- 3 Resultado de ANVA para la variable diámetro de cuello de raíz.....	58
Cuadro. A- 4 Resultado de análisis de varianza ANVA para humedad parcial de la planta por tratamiento	58

1 INTRODUCCION

El frijol es una de las leguminosas más importantes debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por su complemento nutricional ya que las semillas poseen 22% de proteína (CIAT 1985). El cultivo de frijol en el país es uno de los rubros más importantes de la dieta de los salvadoreños, debido al aporte de aminoácidos esenciales, calcio, fósforo, hierro y vitamina B-12 (IICA, 1996). El consumo per cápita por habitante en el país ronda los 17.32 kg de frijol (CENTA 2018).

En El Salvador, los pequeños agricultores se caracterizan por producir el frijol en zonas de ladera, en suelos erosionados y empobrecidos que viven en condiciones de pobreza extrema, con bajos niveles de acceso a servicios básicos, la producción de grano de frijol en un 90 % se atribuye a productores individuales y 1% por parte de cooperativas o empresa privada o pública. Aun así, la oferta del frijol en El Salvador es insuficiente debido a que se sigue importando (SC 2019). Para el ciclo 2020/2021 en el país se cultivaron 100,951 ha representado un 2.93 % más en comparación con el ciclo 2019/2020, sin embargo, el rendimiento disminuyó un 8.98% (MAG, 2021). debido a estos factores el precio por el grano de frijol tiende a aumentar. Por esa razón es necesario alternativas que aumenten la producción del cultivo de frijol en el país.

En la actualidad el uso de inductores de crecimiento como el ácido salicílico (AS) es una práctica que se ha utilizado para mejorar la bioproductividad de los cultivos, ya que el AS se caracteriza por tener una alta actividad fisiológica y metabólica en las plantas, que le permite realizar funciones reguladoras en su desarrollo, provoca aumento de la actividad fotosintética, lo cual, se refleja en una mayor producción de biomasa foliar, radicular y de frutos (Sariñana 2019).

Por esa razón en la presente investigación se evaluó el efecto del ácido salicílico sobre el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) Var. CENTA Sequía; Para dar alternativas de solución es respuesta al aumento de la producción y una mejor estabilidad para el productor.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*)

2.1.1 Origen y distribución del frijol común

Entre los años 9000 y 5000 a. C, en diferentes partes del mundo se domesticaron diversas especies vegetales, entre ellas el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) (Fig. 1) y que hasta en tiempos actuales, el conjunto de conocimientos recabados, la edad de los restos fósiles y las características morfológicas, agronómicas y genéticas, establecen que el frijol común se originó en Mesoamérica y posteriormente se domesticó entre los 5000 y 2000 años a. C. En dos sitios del continente americano: Mesoamérica (México y Centroamérica) y los Andes (Sudamérica) Hernández et. al. (2013). México ha sido aceptado como el más probable centro de origen, o al menos como el centro de diversificación primaria, además se dice que debido a su clasificación se le reconoce como de origen exclusivamente americano (CIAT 1985).

La región mesoamericana es considerada como el centro primario de origen y diversidad de las especies cultivadas y silvestres del género *phaseolus*. Ya que diversas investigaciones sobre restos fósiles, características morfológicas y genéticas, incluso utilizando herramientas biotecnológicas y genómicas, dan evidencias de que tienen su origen en Mesoamérica entre los años 5000 y 2000 a.C. Además, se podría incluso considerar a la región andina norte (Ecuador y norte de Perú) como otro centro de origen del género *Phaseolus*. La especie de *Phaseolus vulgaris* proviene principalmente de dos procesos de domesticación independientes: el mesoamericano (América Central, México y Colombia) y el andino del sur (Perú, Bolivia y norte de Argentina). Se dice que la región centro-occidente de México (Jalisco y Guanajuato) ha sido el lugar definido como su domesticación (FAO 2018). Las semillas de *Phaseolus vulgaris* en tiempos precolombinos se utilizaron como una fuente de escritura de lenguaje no fonético con base a sus diferentes formas y colores. Fue recién en el siglo XVII que se distribuye esta especie a toda América, África, Asia y Europa (FAO 2018).

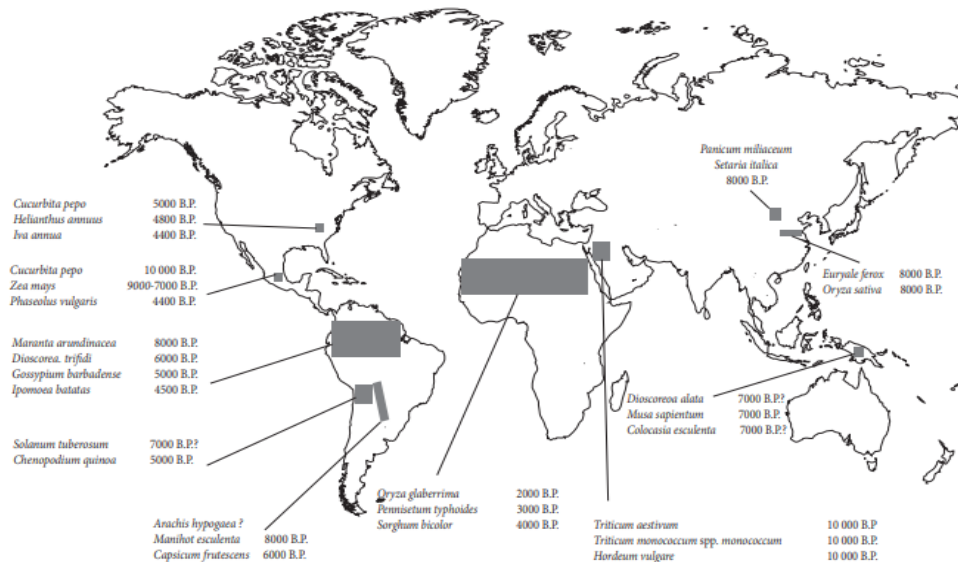


Figura 1. Centro independiente de domesticación de *Phaseolus vulgaris*.

Fuente: Hernández et. al. (2013).

2.1.2 Descripción de la especie

El frijol (*Phaseolus vulgaris*), es una planta anual, herbácea, termófila es decir que no soporta heladas, cultivada esencialmente para obtener las semillas, es una de las leguminosas más importantes debido a su amplia distribución en los cinco continentes y por su complemento nutricional ya que las semillas poseen 22% de proteína (CIAT 1985).

En la primera etapa del desarrollo de la planta de frijol, el sistema radical está formado por la radícula del embrión, para luego convertirse en la raíz principal, pocos días después de la emergencia de la radícula es posible ver las raíces secundarias desarrollándose en la parte superior o cuello de la raíz principal, sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces tercerías y pelos absorbentes, los cuales se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz, la raíces cuaternarias se desarrollan literalmente sobre las raíces tercerías CIAT (1985). En la planta de frijol la superficie mayor en cuanto a la concentración de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo (CCB 2015).

El tallo es identificado como el eje central de la planta, es de tipo herbáceo con sección cilíndrica o levemente angular, además el tallo está formado por una sucesión de nudos y entrenudos (CENTA 2008).

El tallo se puede distinguir fácilmente ya que en cada nudo se encuentra una estipula, una hoja y entre el peciolo de la hoja y la prolongación del tallo, en las axilas, se encuentran estructuras vegetativas como las ramas o estructuras reproductivas como las inflorescencias (CIAT 1985). El tipo de desarrollo de la parte terminal del tallo es uno de los principales caracteres morfo-agronómicos que ayudan a determinar el hábito de crecimiento de la planta de frijol (CIAT 1984).

2.1.3 Hábitos de crecimiento de la planta de frijol común

Tipo I- Hábito de crecimiento determinado arbustivo: en estas plantas la altura varía entre 30 y 50 cm. Algunas veces pueden ser de 15 a 20 cm. El tallo y las ramas terminan en una inflorescencia desarrollada. Cuando esta inflorescencia está formada, el crecimiento del tallo y las ramas generalmente se detiene, con bajo número de entrenudos; además la etapa de floración es corta y la madurez de todas las vainas ocurre casi al mismo tiempo. Tipo II- Hábito de crecimiento indeterminado arbustivo: Estas plantas presentan un tallo erecto sin aptitud para trepar, aunque termina en una guía corta, las ramas no producen guías, además continúan creciendo durante la etapa de floración a un ritmo lento, con más de 12 nudos. Tipo III- Hábito de crecimiento indeterminado postrado: estas plantas presentan una ramificación bien desarrollada, la altura puede ser mayor de 80 cm, el tallo como las ramas terminan en guías. Además, poseen aptitud trepadora o semitrepadoras especialmente si las plantas cuentan con algún soporte, el número de nudos es mayor en comparación con las plantas de crecimiento determinado arbustivo y crecimiento indeterminado arbustivo. Tipo IV- hábito de crecimiento indeterminado trepador: estas plantas pueden alcanzar más de dos metros con soporte adecuado, y tener de 20 a 30 nudos cuando alcanza dicha altura. A partir de la primera hoja trifoliada el tallo desarrolla la doble capacidad de torsión, lo que se traduce en su habilidad trepadora (Fig. 2) (CIAT 1984).

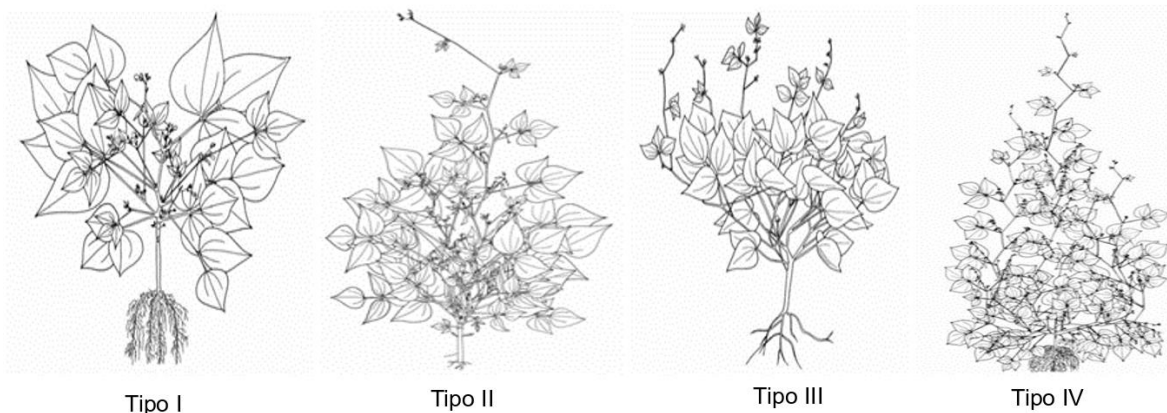


Figura 2. Hábitos de crecimiento de la planta de frijol común.
Fuente: (CIAT 1984).

Las hojas de frijol son de dos tipos: simples y compuestas, están insertadas en los nudos del tallo y las ramas, las hojas primarias son simples que aparecen en el segundo nudo del tallo, caen antes que las planta esté completamente desarrollada. Las hojas compuestas (Trifoliadas) aparecen a partir del tercer nudo, estas son las hojas típicas de frijol, tienen tres folíolos, un peciolo y un raquis. El folíolo central o terminal es simétrico y acuminado; los dos laterales son asimétricos y también acuminados (CIAT 1985).

Las inflorescencias pueden ser axilares o terminales. Desde el punto de vista botánico se consideran racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales de originan de un complejo de tres yemas (Traída floral), se encuentra ubicada en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis. En cada triada floral cada una de las dos yemas laterales generalmente produce una flor (CIAT 1984).

Las flores se desarrollan en una inflorescencia de racimo, que puede ser terminal, para el caso de las variedades de hábito de crecimiento determinado o lateral, como en las variedades de crecimiento indeterminado, son flores hermafroditas y autofecundables, y pueden ser de color blanco, crema o rosado (FAO 2018).

El fruto es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido. Debido a que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. En la unión de las dos valvas aparecen dos suturas, una es la sutura dorsal llamada placentar, y otra sutura se denomina sutura ventral (CIAT 1985).

Las semillas se unen a las valvas en forma alterna sobre la sutura placentar. Las vainas pueden ser glabras o subglabras con pelos muy pequeños, pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad (FAO 2018). La semilla es exalbuminosa, es decir que no posee albumen, por lo tanto, es en los cotiledones donde se concentran las reservas nutritivas, y puede tener varias formas: cilíndrica, riñón, esférica u otras (CIAT 1985). Puede tener una amplia variación de color (blanco, rojo, crema, negro, café o combinados). Se encuentra rodeada por una testa o cubierta protectora con el nombre de epispermo (FAO 2018). A continuación, en el cuadro 1 se describe la clasificación taxonómica del frijol común *Phaseolus vulgaris*.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del frijol común

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Sub familia	Faboideae
Género	<i>Phaseolus</i>
Especie	<i>Vulgaris</i>

Fuente: Valladares (2010).

2.2 Requerimientos edafoclimáticos del frijol común

2.2.1 Temperatura

La planta de frijol se desarrolla de forma adecuada en temperaturas promedio entre 15 y 27° C (CCB 2015). Es una especie que se desarrolla y produce mejor a temperaturas entre 18 °C y 24 °C, pero algunas variedades también producen en zonas más frías o más calurosas (FAO 2018).

2.2.2 Luminosidad

El papel principal de la luz está en la fotosíntesis, pero también afecta la fenología y morfología de una planta por medio de reacciones de fotoperiodo y elongación (CENTA 2018). Las plantas de frijol necesitan un mínimo de unas 6 horas de luz completa del sol cada día (Fisque, K. 2021).

2.2.3 Clima

El frijol es una especie de origen tropical FAO (2018). Es un cultivo que se adapta mejor a regiones subtropicales (Ruiz *et. al.* 2013).

2.2.4 Rangos altitudinales

El cultivo de frijol se comporta bien desde 200 m a 2,900 m de altura. Además, se dice que esta especie se puede establecer a una altitud desde los 0 a 2400 m (Ruiz *et. al.* 2013). Existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades con respecto a la adaptación del cultivo a diferentes altitudes (CENTA 2008).

2.2.5 Suelo

Para un buen desarrollo la planta requiere de suelos con buen contenido de materia orgánica, ya que es un cultivo que necesita suelos fértiles, con buena aireación y drenaje. Para el establecimiento del cultivo se deben buscar terrenos que permitan el crecimiento radicular hasta por lo menos 0.35 m a 0.40 m (FAO 2018). Los suelos más adecuados son los francos arenosos (IICA 2009).

2.2.6 PH del suelo

Para el buen desarrollo de la planta, el pH del suelo, debe estar entre 5.5 a 6.5 (CCB 2015). El pH adecuado del suelo debe ser de 6.5 a 7.5, ya que dentro de estos límites la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presenta su máxima disponibilidad (SIAP 2020).

2.3 Requerimientos nutricionales del frijol común

Para que la planta de frijol pueda expresar un buen crecimiento, desarrollo y productividad, se necesita proporcionarle los nutrientes necesarios y esto se logra mediante una fertilización adecuada, principalmente cuando los suelos son pobres o están agotados (CENTA 2008). En el cuadro 2 se muestran los requerimientos nutricionales de N-P-K.

Cuadro 2. Requerimientos de N-P-K en el ciclo del cultivo del frijol común.

N	P205 (Oxido de fósforo)	K20 (Oxido de potasio)
102 (Kg/ha)	21(Kg/ha)	112 (Kg/ha)

Fuente: CIAT (1992).

2.3.1 Fertilización

La primera fertilización del frijol debe hacerse al momento de la siembra, ya que la planta del frijol tiene un ciclo de vida muy corto, y si se hace después de la siembra, el cultivo no alcanza a aprovechar gran cantidad del fertilizante (CCB 2015).

Cuando no se tiene un análisis de suelos, para establecer un cultivo de frijol común, se opta por realizar dos fertilizaciones básicas al suelo y una o dos fertilizaciones vía foliar (CENTA 2008), las cuales se describen a continuación:

1° Fertilización: Aplicar 285.7 kg/ha de fertilizante formula 18-46-0, a la siembra.

2° Fertilización: Aplicar 107.2 kg/ha de fertilizante Urea 46% N, 25 a 30 días después de la siembra

3° Fertilización: Aplicar un fertilizante foliar que contenga micro elementos, al momento de la prefloración.

2.4 Requerimiento hídrico del frijol común

El objetivo del riego es suplir las necesidades hídricas del cultivo durante todas sus etapas fenológicas, aportando la cantidad necesaria y la calidad requerida en el momento oportuno, durante el desarrollo del cultivo, la prefloración, floración y desarrollo del fruto son los periodos críticos en que necesita un buen suministro de agua por lo tanto el riego en estas etapas es indispensable (CENTA 2003).

Para el caso del cultivo del frijol necesita consumir 228 mm de agua para poder completar su ciclo de vida. De esos 228 mm la fase vegetativa necesita 85.7 mm aproximadamente, en donde las etapas V3 y V4 requiere 63.3 mm de agua; mientras que en la fase reproductiva el consumo aproximado es superior al de la fase vegetativa, consumiendo 143.2 mm, en esta fase las etapas R5 y R8 son las que requieren mayor volumen de agua equivalentes a 92.6 mm (CENTA 2018).

2.5 Ciclo del cultivo de frijol común

El desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general dos fases sucesivas, en donde se tiene la fase vegetativa y reproductiva, fase vegetativa. En esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción, inicia en el momento que la semilla tiene a disposición las condiciones favorables para germinar y finaliza cuando aparecen los primeros botones florales, fase reproductiva. Esta fase da inicio a partir de la aparición de los primeros botones o racimos florales y culmina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha (CIAT 1986).

La identificación de cada etapa se hace con base en un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa; es decir, V si la etapa pertenece a la fase vegetativa o R si pertenece a la reproductiva. El número del 0 al 9 indica la posición de la etapa en la escala, la fase vegetativa incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada (CIAT 1985).

2.6 Fase vegetativa

2.6.1 Etapa V0: Germinación

El proceso de germinación empieza cuando la semilla sembrada absorbe agua y se hincha, una vez que la semilla se encuentra en condiciones para germinar, emerge de ella en primer lugar la radícula, la cual se convierte en la raíz primaria, posteriormente aparecen las raíces secundarias y terciarias, luego se alarga el hipocótilo y finalmente se pueden observar los primeros cotiledones en la superficie del suelo (CIAT 1986). Se toma como iniciación de esta etapa el día en que la semilla tiene humedad suficiente para el comienzo de este proceso, es decir el día del primer riego, o de la primera lluvia si se siembra en un suelo seco (Fig. A-1) (SIAP 2020).

2.6.2 Etapa V1: Emergencia

Este proceso inicia cuando el 50% de las plántulas del cultivo presentan los cotiledones a nivel del suelo, posterior a la emergencia como tal, el hipocótilo se endereza y crece hasta alcanzar su tamaño máximo, las hojas primarias, ya formadas en el embrión de la semilla, crecen y se despliegan. Los distintos órganos de la parte aérea se vuelven verdes; en ciertas variedades aparece una pigmentación rosada o morada, especialmente en el hipocótilo (Fig. A-2) (CIAT 1986).

2.6.3 Etapa V2: Aparición de hojas primarias

Esta etapa se marca cuando el 50% de las plantas del cultivo presentan las hojas primarias desplegadas, las hojas primarias son simples (unifoliadas) y opuestas (ambas colocadas en el mismo nudo, el segundo del tallo principal), cuando están completamente desplegadas, por lo general se colocan generalmente en posición horizontal. Al comienzo de esta etapa, la yema terminal del tallo principal se puede distinguir entre las dos hojas primarias (Fig. A-3) (CIAT 1986).

2.6.4 Etapa V3: Primera hoja trifoliada

Esta etapa se inicia cuando el 50% de las plantas del cultivo presentan la primera hoja trifoliada desplegada, el entrenudo que está entre las hojas primarias y la primera hoja trifoliada, y el peciolo de esta última son todavía cortos, al comienzo de esta etapa, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias, también se puede observar que la segunda hoja trifoliada presenta un tamaño reducido y los cotiledones se han secado completamente y caídos de las plantas, al final de esta etapa comienza a formarse la primera rama, generalmente a partir de la yema de la primera hoja trifoliada (Fig. A-4) (CIAT 1986).

2.6.5 Etapa V4: Tercera hoja trifoliada

Esta etapa es la más larga de la fase vegetativa, Inicia cuando el 50 % de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada, al iniciar esta etapa, la hoja trifoliada se encuentra todavía debajo de la segunda hoja trifoliada. En la axila de cada hoja (incluso de las primarias y de los cotiledones) se encuentra una tríada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/ o reproductivas; generalmente, las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas (Fig. A-5) (CIAT 1986).

2.7 Fase Reproductiva

Según el CIAT (1985). En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración.

2.7.1 Etapa R5: Prefloración

Inicia cuando aparece el primer botón o racimo (SIAP 2020). Comienza la fase reproductiva, esta etapa se inicia cuando en el 50% de las plantas aparecen los primeros botones florales o los primeros racimos, según sea el hábito de crecimiento, En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal, y en las variedades tipo II, III, IV, en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. Al finalizar la prefloración, los pedúnculos de los racimos se alargan y la corola aparece entre las bractéolas (Fig. A-6) (CIAT 1986).

2.7.2 Etapa R6: Floración

Etapa en la cual inicia cuando el 50% de las plantas del cultivo tienen abierta la primera flor, en donde la primera flor abierta corresponde al primer botón formado (CIAT 1986). La floración en las ramas ocurre en el mismo orden que el tallo, es decir, es descendente en el hábito determinado y ascendente en el indeterminado, una vez que la flor ha sido fecundada y se encuentra abierta, la corola se marchita (Fig. A-7) (CIAT 1985).

2.7.3 Etapa R7: Formación de vainas

Esta etapa se considera iniciada cuando en el 50% de las plantas del cultivo aparece la primera vaina, después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y puede estar desprendida o colgando de un extremo inferior de la vaina, y la vaina empieza a crecer hasta alcanzar su longitud máxima para dar por finalizada dicha etapa (Fig. A-8) (CIAT 1986).

2.7.4 Etapa R8: llenado de las vainas

Inicia cuando la primera vaina empieza a llenar. Es el inicio del crecimiento activo de la semilla. Las vainas presentan abultados que corresponden a las semillas en crecimiento (SIAP 2020).

Empieza cuando en el 50% de las plantas del cultivo la primera vaina formada cesa de alargarse y comienza a llenarse debido el crecimiento de la semilla, al final de la etapa, las semillas comienzan a pigmentarse, comenzando alrededor del hilum, luego se extiende a toda la testa, Al finalizar esta etapa también se observa el inicio de la defoliación, comenzando por las hojas inferiores que se tornan cloróticas y caen. (Fig. A-9) (CIAT 1985).

2.7.5 Etapa R9: Madurez fisiológica

Se considera como la última de la escala de desarrollo, ya que en ella ocurre la maduración, además esta etapa se caracteriza porque en ella las plantas inician la decoloración y secado de las vainas (CIAT 1985). Esta etapa se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas del cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado, las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen (Fig. A-10) (CIAT 1984).

Estos cambios en la coloración de las vainas indican el inicio de la maduración de la planta, continúa el amarillamiento y la caída de las hojas y todas las partes de la planta se secan, y además el contenido de agua de las semillas baja hasta alcanzar un 15%, momento en el cual las semillas adquieren su color típico. Aquí la planta termina su ciclo biológico y el cultivo se encuentra listo para su cosecha (SIAP 2020).

2.8 Situación del cultivo de frijol en El Salvador

En El Salvador el cultivo de frijol forma parte de la seguridad alimentaria, ya que al consumir el grano de frijol este aporta proteína, fibra y minerales (CENTA 2018). Además de constituir uno de los rubros más importantes de la dieta alimenticia de los salvadoreños, el frijol aporta aminoácidos esenciales y elementos como Calcio, fósforo, hierro y vitamina B-12 (IICA, 1996).

La producción de grano de frijol en un 90 % se atribuye a productores individuales y 1% por parte de cooperativas o empresa privada o pública (IICA, 2013). Según el SC (2019) En El Salvador, al igual que en el resto de los países de Centro América, los pequeños agricultores se caracterizan por producir en zonas de ladera, en suelos erosionados y empobrecidos que viven en condiciones de pobreza extrema, con bajos niveles de acceso a servicios básicos.

Las épocas de siembra de frijol en El Salvador son tres: mayo-junio (primera cosecha), agosto-septiembre (apante) y noviembre-diciembre (postrera). La época donde se siembra la mayor superficie es durante la cosecha postrera, la que representa cerca del 90.0% de la producción total. El Salvador, pese a ser un país con una alta tradición agrícola, sigue dependiendo de las importaciones de un buen número de productos agropecuarios. El nivel de dependencia de las importaciones en frijol es del 23%, las importaciones de nuestro país proceden principalmente de Nicaragua y Honduras. Esto se explica porque estos dos países producen y consumen la misma variedad de frijol rojo (SC. 2019).

Según la DGEA (2022). En los últimos meses del año 2021 el precio por quintal de frijol rondo entre los \$58.5, sin embargo, para octubre del 2022 el precio por quintal de frijol ronda los \$ 100. El cual se observa un incremento del 70.94%.

2.9 Consumo per cápita de frijol en El Salvador

Para el periodo de 1980-1995, en El Salvador el consumo per cápita de frijol por habitante por año era de 10.24 kg (IICA 1998). El consumo per cápita promedio de frijol para el año 2013 en El Salvador fue de 20 kg (SC 2019). Según el CENTA (2018) cada habitante en el país consume anualmente cerca de 17.32 kg de frijol.

2.10 Rendimiento del cultivo de frijol

El frijol, es la leguminosa alimenticia más importante para el consumo humano en el mundo, ya que además de aportar proteína es abundante en vitaminas del complejo B, como niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina. (SC 2019). Este cultivo es cosechado en sistemas, regiones y ambientes tan diversos como América Latina, África, Medio Oriente y Europa, siendo un alimento tradicional y básico, específicamente en Brasil, México, América Central y el Caribe. Durante los años 2012-2018, el rendimiento promedio en el mundo fue 15 qq /ha, de los principales países productores del mundo, sólo Estados Unidos, China, Myanmar y Etiopía obtuvieron un rendimiento superior de 2.04, 1.67, 1.59 y 1.56 ton/ha, respectivamente (CEDRRSA 2020).

Según la FAO (2022). A través de los datos sobre alimentación y agricultura para el año 2020, los rendimientos superiores a nivel mundial se registraron en algunos países como: Barbados con 57.14 qq/ha, Sudan 34.93 qq/ha, Turquía con 27.14 qq/ha, Canadá con 26,71 qq/ha, Estados Unidos con 22.03 qq/ha.

Para el año 1992 en rendimiento promedio entre México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, fue de 0.67 (Ton/ha), equivalente a 6.68 qq /ha, en donde Panamá se posicionó en primer lugar, seguido de El Salvador, con una producción promedio de 195,000 ton. (CIAT 1992).

De acuerdo a los datos estadísticos de FAOSTAT según la FAO (2022). Durante el periodo 2000-2020, el rendimiento promedio en Centro América fue 7.83 qq /ha, con una producción promedio de 1.74 millones de toneladas.

Según el MAG (2021). Para el ciclo agrícola del cultivo de frijol en el periodo de 2019/2020. En El Salvador se cultivaron 98,079 ha de frijol aumentando a 100,951 ha cultivadas para el ciclo 2020/2021, sin embargo, el rendimiento en ambos ciclos tuvo una pequeña variación, ya que para el ciclo 2020/2021 se presentó una disminución del 8.98% con respecto al rendimiento para el ciclo 2019/2020, pasando de 22.57 qq/ha a 20.71qq/ha, debido a las pequeñas mejoras en cuanto a la productividad en campo.

2.11 Generalidades de la variedad de frijol CENTA Sequía

Esta variedad fue desarrollada por el CENTA con la colaboración del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). En el cuadro 3 se muestran las características agronómicas de dicha variedad. Es una variedad de grano color rojo, posee alto potencial de rendimiento, tolerancia a las principales enfermedades que afectan al cultivo, presenta buen color de grano para su comercialización. El principal atributo de dicha variedad es la tolerancia a sequía moderada y altas temperaturas, siendo una alternativa sostenible para reducir los efectos ocasionados por el cambio climático (CENTA 2020).

2.12 Manejo agronómico de la variedad CENTA Sequía (CENTA 2020)

2.12.1 Preparación del suelo para la siembra en terrenos planos

Para garantizar un buen desarrollo radicular de las plantas de frijol y permitir un buen drenaje y la aireación del suelo, se recomienda realizar dos pasos de rastra, el primero para incorporar los rastrojos, a una profundidad de 30 cm y el segundo (Cruzando el terreno) antes de la siembra para homogenizar el suelo.

2.12.2 Preparación del suelo para la siembra en terrenos con pendientes

En este tipo de terrenos se debe esparcir o carrilear los rastrojos en la superficie del suelo, eliminar las malezas, esta actividad se puede hacer de forma manual o con productos químicos (herbicidas de viñeta verde).

2.12.3 Densidad de siembra

Para el establecimiento en una hectárea de terreno, la cantidad de semilla que se requiere es de 51.96 kg por hectárea, a 0.50 m entre surco, dos a tres semillas por postura distanciada a 0.20 m.

2.12.4 Fertilización

Para brindar una buena fertilización al cultivo se recomienda realizar un análisis de suelo previo a la siembra. Generalmente se recomienda aplicar de 285.8 a 428.5 kilogramos por hectárea, de fórmula 18-46-0 a la siembra y 142.8 kilogramos por hectárea de Urea 46% a los 25 a 30 días después de la siembra.

2.12.5 Control de enfermedades

En presencia de insectos vectores y afectación de enfermedades como; el mosaico dorado amarillo, mosaico común, mustia hilachosa, mancha angular y roya, se recomienda el uso de semilla de buena calidad de las variedades mejoradas de frijol, y realizar dos aplicaciones preventivas de fungicidas sistemáticos de amplio espectro a los 22 y 35 días después de la siembra. Para mosca blanca hacer aplicaciones de un insecticida específico a los 15 a 20 días después de la siembra.

2.12.6 Manejo de malezas

Para evitar el crecimiento de plantas no deseadas en el terreno, se recomienda realizar deshierbes manuales a los 15 a 20 días antes de la siembra y 25 a 30 días después de la siembra o mediante la aplicación de herbicidas pre-emergentes y pos-emergentes tolerados al cultivo.

2.12.7 Manejo de plagas

En zonas con alta incidencia de plagas del follaje: mosca blanca, ligosa, tortuguillas, Trips, minador de la hoja, picudo de la vaina y gusanos cortadores, se recomienda el uso de tratadores de semillas y realizar tres aplicaciones de insecticidas específicos orgánicos o químicos, a los 15,22 y 35 días después de la siembra de forma preventiva. Si la aplicación de productos orgánicos se observan buenos resultados reducir los tiempos de aplicación.

2.12.8 Cosecha

Para la cosecha las plantas se deben arrancar cuando alcanzan la madurez fisiológica. Si existe mucha lluvia, es necesario secarlas bajo techo, colocando las plantas en manojos con las raíces hacia arriba a una altura de 1 a 1.5 metros sobre el suelo, aporreo y limpieza del frijol, el grano debe colocarse al sol para reducir la humedad al 13%.

Cuadro 3. Características agronómicas de la variedad de frijol CENTA Sequía

Características	Valoración
Hábito de crecimiento	II B (guía corta)
Días a floración	33-35
Días a madurez fisiológica	65
Color de grano	Rojo claro
Forma del grano	Arriñonada
Número de granos por vainas	6-7
Número de vainas por planta	20
Color de vaina	Crema
Reacción al virus del mosaico dorado amarillo	Resistente
Reacción al virus del mosaico común	Resistente
Reacción a mancha angular	Ligeramente tolerante
Reacción a mustia hilachosa	Susceptible
Reacción a bacteriosis	Susceptible
Altas temperaturas	Tolerante
Humedad limitada	Tolerante
Peso de 100 granos (g)	23
Rendimiento potencial (qq/mz)	35
Adaptación (msnm)	300-900
Contenido de hierro (ppm)	46
Contenido de zinc (ppm)	30

Fuente: CENTA (2020).

2.13 Ácido salicílico (AS)

2.14 Generalidades del Ácido salicílico (AS).

2.14.1 Origen del ácido salicílico

El ácido salicílico se llamó así porque se extrajo de la corteza del sauce, específicamente del sauce blanco (*Salix alba L*). El sauce pertenece a la familia de las salicáceas, árbol de gran porte, que puede llegar a los 20 m de altura, presenta la característica de producir ciertos

glucósidos, pero el más importante, la salicina ya que es la que se convierte en ácido salicílico (Segura y Torres, 2009).

El ácido salicílico, perteneciente al grupo de los agentes analgésicos, antipiréticos y antiinflamatorios, fue descrito por primera vez en el siglo XVIII por el reverendo Richard Stone que observó que las infusiones de la corteza del sauce blanco común (*Salix alba*) curaba la fiebre. El 1827 se obtiene el ingrediente activo de la corteza, el glucósido salicina, por Henri Leroux, fue hasta en 1860 que se logra la obtención de los silicatos sintéticos por Kolbe y Lauternaann. Rápidamente desplazaron a los naturales por ser menos costosos de producir. Según la nomenclatura internacional, el ácido salicílico tiene los siguientes sinónimos, ácido otoxibenzóico, acidum salicylicum, y su fórmula molecular: $C_7H_6O_3 = 138.1g/mol$ (Cuellar, *et al.* 2008).

2.14.2 El ácido salicílico como una hormona vegetal multifuncional

Ácido salicílico (SA) es un compuesto fenólico simple que deriva del aminoácido fenilalanina (Fig. 3) (Jordán y Casaretto, 2006). El ácido salicílico (AS) es una hormona vegetal que forma parte de un amplio grupo de compuestos denominados fenólicos y que está presente en todos los órganos vegetales y desempeña un papel fundamental en la regulación del crecimiento, desarrollo e interacción de las plantas con otros organismos patógenos, así como en la inducción de defensa de las plantas frente a diferentes tipos de estreses ambientales (INTAGRI 2001).

Rangel *et al.* (2010). Indican que el ácido salicílico forma parte de un amplio grupo de compuestos sintetizados en plantas denominados fenólicos, los cuales poseen en su estructura química un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático. Los compuestos fenólicos participan en muchas funciones metabólicas en plantas, como son la síntesis de lignina, actividad alelopática, y en algunos casos en la biosíntesis de compuestos relacionados a la defensa como las fitoalexinas. El AS participa en procesos como la germinación de semillas, crecimiento celular, respiración, cierre de estomas, expresión de genes asociados a senescencia, repuesta a estrés abiótico y de forma esencial en la termogénesis, así como en la resistencia a enfermedades.

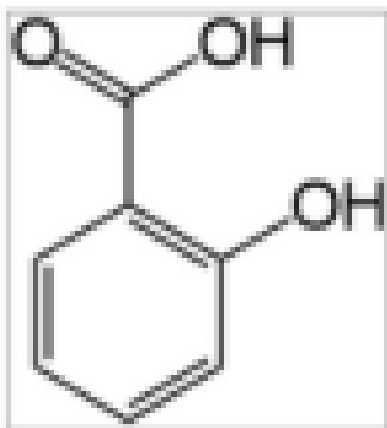


Figura 3. Estructura química del ácido salicílico.
Fuente: (Jordán y Casaretto. 2006.)

2.14.3 Biosíntesis del ácido salicílico

En relación a la biosíntesis del AS, se ha descrito que puede ser generado por dos distintas vías enzimáticas que requieren del metabolito primario corismato. El aminoácido L-fenilalanina, puede ser convertido en ácido salicílico por dos vías, una mediante el intermediario benzoato y la otra mediante el ácido cumárico, a través de una serie de reacciones enzimáticas inicialmente catalizadas por la enzima Fenilalanina Amonio Liasa (FAL). A su vez, el corismato puede también ser convertido en AS vía isocorismato, en un proceso de dos pasos que implica la participación de las enzimas Isocorismato Sintasa (ICS) e Isocorismato Piruvato Liasa (IPL) (Rangel, *et al.* 2010).

2.14.4 Efecto del ácido salicílico en las plantas

En la actualidad el uso de inductores de crecimiento como el ácido salicílico (AS) es una práctica que se ha utilizado para mejorar la bioproductividad de los cultivos, ya que el AS se caracteriza por tener una alta actividad fisiológica y metabólica en las plantas, que le permite realizar funciones reguladoras en su desarrollo, provoca aumento de la actividad fotosintética, lo cual, se refleja en una mayor producción de biomasa foliar, radicular y de frutos (Sariñana 2019).

Es una fitohormona que a nivel vegetal permite mejorar y potencializar el crecimiento de la floración vegetal. Tiene la capacidad de incrementar la longevidad floral. Como ácido orgánico puede inducir la activación enzimática de sustancias como la amilasa y el nitrato reductasa, a nivel celular presenta un rol inhibitorio en la síntesis de etileno, control de actividad fotosintética y control de la conductividad de las estomas (Alcántara, *et al.* 2019).

El AS (ácido 2 – hidroxibenzoico) ingrediente activo de la aspirina, participa en diversos procesos fisiológicos tales como termogénesis, resistencia a patógenos, inducción a la floración, el crecimiento de raíces y absorción de nutrimentos, aumenta la actividad fotosintética (Vásquez, *et al.* 2016).

López *et al.* (1998). Utilizaron dosis diferentes de ácido salicílico en concentraciones molares de 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-8} y un testigo en tres variedades de trigo y según los resultados obtenidos obtuvieron incrementos en el rendimiento en donde para la variedad Altar C84 la dosis de 10^{-5M} arrojó los mejores resultados con incrementos de 900 kg ha^{-1} en relación al testigo y en Oasis F86 y Opata M85 la dosis de 10^{-4} molar fue la mejor con aumentos de 500 kg ha^{-1} de diferencia.

Fariduddin *et al.* (2003) aplicaron AS en mostaza, de 30 días de germinada, en dosis de 0.1 y 0.01 mM de AS, y obtuvieron que a los 60 días el número de vainas y la producción de semilla aumentó 8.4 y 14 %, respectivamente, en comparación a las plantas del testigo.

Sánchez *et al.* (2011), publican que el ácido salicílico actuó en forma positiva con las dosis de 0.1 y 0.2 mM aplicado a la solución nutritiva para el riego en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cv. Chichimeca sobre la producción de biomasa en raíz y foliar, ya que se obtuvo un incremento del 13 y 17 % respectivamente, en relación a las plantas del testigo. De igual manera dicho ácido incremento un 17 y 28% respectivamente, sobre la producción de frutos con las mismas dosis, con respecto al testigo.

Anchondo *et al.* (2011), señaló que el AS estimula el proceso de floración, incrementa la altura de la planta, el número de hojas y frutos en relación al testigo. Por los datos registrados se pudo señalar que el ácido salicílico es un regulador de crecimiento que estimula la bioproductividad de la fresa (*Fragaria anassasa*) bajo condiciones de invernadero.

Martin *et al.* 2012. Reportan que el ácido salicílico produjo un efecto positivo sobre la productividad de papaya (*Carica papaya*), ya que el AS a concentraciones de 0.01 μ M incremento el porcentaje de plantas hermafroditas en 20% sobre el control e incremento significativamente la altura de la planta. Esta misma concentración incremento 19.7% el número de frutos por planta, en 2% el peso de los frutos y en 21.9% el rendimiento por hectárea. El AS a todas las concentraciones probadas incremento significativamente la variable de productividad analizada. La dosis de 0.0001 μ M (Micrómolar) AS produjo en la planta de papaya un diámetro mayor del tallo, con 50.15 cm, el cual supero al testigo con 48.44 cm.

Tucuch *et al.* (2017). Mencionaron que el ácido salicílico aplicado en maíz (*Zea mayz*) en dos localidades diferentes, con AS a una concentración de (1 μ M) aumentó ($p \leq 0.05$) la producción del grano por planta, la biomasa seca total y el contenido de N, P₂O₅ y K₂O en tejido y grano.

Morales y Gonzales, (2018). Obtuvieron un incremento en la producción de flores por racimo en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) al aplicar ácido salicílico con dosis de 10⁻⁵ Molar, se obtuvo una producción media de 19 flores, el cual con el aumento en la producción de flores con el tratamiento 10⁻⁵ M de AS indujo una producción de 5.2 flores más por racimo respecto al testigo, lo cual incrementa la probabilidad de producir frutos de tomate. Asimismo, al evaluar el peso de los frutos el ácido salicílico genero un efecto positivo con la dosis de 10⁻⁷ M y 10⁻⁵ M respectivamente, ya que se obtuvo un peso medio de frutos de 95.08 gr y 93.68 gr, mientras que el testigo tuvo una media de 85.68 gr. así mismo en dicha investigación al evaluarse el diámetro de tallo de las plantas no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, todos los tratamientos superaron al testigo, con medias superiores a los 19.04 mm.

Rosales, E. (2019). evaluó el efecto del ácido salicílico en el desarrollo del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) en donde el tratamiento con mayor biomasa seca aérea se reflejó en la concentración aplicada de 2.0 mM de AS con una media de 18 g.pl⁻¹ mientras que la menor producción de biomasa fue en la dosis 1.0 mM de AS con promedio de 12.5 g.pl⁻¹, en donde se obtuvo una diferencia entre el dato mayor del menor de 30.55%.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA DE CAMPO

3.1.1 Descripción del lugar de estudio

La investigación se realizó en el laboratorio número 3 y el invernadero del Departamento de Protección Vegetal, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (Fig. 5). Ubicada en Final de Av. Mártires y Héroes del 30 julio, San Salvador, a una altura de 700 msnm, con una temperatura que oscila entre los 22 a 28° C, y coordenadas geográficas 13°43'09.5" N y 89°12'01.6" (SNET 2022).



Figura 4. Ubicación del invernadero y laboratorio del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
Fuente: Google Maps 2022.

3.1.2 Duración de la investigación

La investigación tuvo una duración de 6 meses el cual inició a partir del mes de mayo de 2022 hasta el mes de octubre de 2022.

3.1.3 Preparación del área experimental

El experimento se estableció en el invernadero del Departamento de Protección Vegetal, previamente al montaje se hizo una limpieza dentro del invernadero, el cual consistió regar el piso y paredes con agua de chorro con el fin de retirar todo el polvo acumulado. Con el propósito de eliminar agentes patógenos que se encontraran en el piso y paredes, se mezcló agua más lejía comercial (hipoclorito de sodio) al 3%, para ello se agregaron 298 ml de lejía en un galón de agua posteriormente esta mezcla se asperjó sobre el piso y laterales del invernadero, además se cubrieron algunos orificios sobre el techo y laterales de invernadero con el propósito de reducir la entrada de insectos y agua lluvia (Fig. A-11). El cálculo matemático para obtener una concentración de lejía al 3% se muestra en el resumen de cálculos (Cal. A-1).

3.1.4 Tutorado para las plantas

Previamente a la siembra de la semilla en las macetas se procedió a realizar una “red” de pita Nylon, con el objetivo que sirvieran de soporte a las guías; la pita se trazó a lo largo de los surcos con el espacio adecuado hasta una altura de 2 metros aproximadamente, haciéndose algunos nudos entre lo largo de la pita para proporcionar un mayor agarre de la planta (Fig. A-12).

3.1.5 Delimitación del área experimental

El experimento consistió de 100 unidades experimentales, las mediciones para colocar las macetas se realizaron con cinta métrica, el área total para las macetas consistió de 20 m², en

donde fueron establecidos 100 depósitos plásticos con dimensiones de (0.22 m x 0.28 m x 0.19 m), cada maceta representó una unidad experimental, con un área de 0.0418 m², simulando una distancia entre surco de 0.58 m y 0.35 m entre planta, con el propósito de facilitarle el crecimiento a cada planta, realizar muestreos con facilidad dentro de los surcos. evitar el salpique por el riego y evitar una dispersión por plagas (fig. A-13).

3.1.6 Tipo de suelo y llenado de los depósitos para siembra

El sustrato que se utilizó fue un suelo franco arenoso con el propósito de brindarle un crecimiento radicular adecuados a cada planta y permitir buen drenaje y aireación , el suelo provenía de la Estación Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador, el suelo fue desinfectado previamente a la siembra con lejía comercial (Hipoclorito de sodio) a una concentración del 3% (Fig. A-14), cada maceta fue llenada con suelo hasta dejar 5 cm aproximadamente de borde superior, el suelo se homogenizo previamente a la siembra, para ello se tamizó para retirar las partículas grandes de suelo. Para facilitar el drenaje en los depósitos por el riego proporcionado se hicieron orificios alrededor de ellos.

El cálculo matemático de la cantidad de sustrato utilizado para las 100 macetas se muestra en la parte de resumen de cálculos en el (Cal. A-2).

3.1.7 Semilla utilizada en el experimento

La semilla de frijol utilizada fue la variedad CENTA Sequía, este material fue utilizado debido a las características agronómicas descritas en el cuadro 3. Específicamente porque es una variedad de guía corta, soporta altas temperaturas, los días a madurez fisiológica y su rendimiento potencial.

3.1.8 Siembra

La siembra de la semilla se realizó de forma manual, se colocaron 3 semillas por postura a una profundidad de 2 cm aproximadamente, una semana después de la emergencia de las plántulas se realizó un raleo dejando dos plantas por maceta como unidad experimental (Fig. A-15). El cálculo matemático para conocer la cantidad de semillas a sembrar por postura se muestra en el apartado de resumen de cálculos (Cal. A-3).

3.1.9 Riego del cultivo

El riego se aplicó de forma manual, de acuerdo a la duración de cada etapa fenológica (Fig. A-16). Para ello se utilizaron jeringas de 60 ml. El riego proporcionado fue calculado en base a los requerimientos hídricos del cultivo de frijol común según CENTA (2018), los cuales se observan en el cuadro 4. Durante el desarrollo del cultivo en algunos días no se aplicó riego ya que el suelo permaneció húmedo debido a las condiciones climáticas ocurridas desde el sábado 11 de junio de 2022 hasta el jueves 23 de junio de 2022, debido a paso de la tormenta tropical "Agatha". Durante este periodo se presentaron lluvias, alta humedad relativa dentro del invernadero, y poca evapotranspiración de las plantas.

Cuadro 4. Requerimiento promedio de agua según la etapa fenológica (mm).

Etapas	V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Duración (días).	5	3	4	6	15	11	4	8	19	14
Requerimiento diario de agua (mm).	0.08	0.07	0.08	0.10	0.14	0.17	0.18	0.15	0.10	0.02
Requerimiento de la etapa (mm).	0.4	0.21	0.32	0.6	2.1	1.87	0.72	1.2	1.9	0.28
Total, de agua por fase (mm).	Fase vegetativa				3.64	Fase reproductiva				5.97
Total del ciclo (mm).	Requerimiento durante el ciclo del cultivo									9.61

Fuente: CENTA 2018

La cantidad de agua proporcionada a cada maceta se calculó en ml, según el área y la etapa fenológica del cultivo. El cálculo matemático de la cantidad de agua en ml se muestra en la parte de cálculos en el apartado de anexos. (Cal. A-4)

3.1.10 Fertilización

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron dos aplicaciones de fertilizante granulado y una fertilización vía foliar, en la primera aplicación se colocaron 7.20 gr por planta de fertilizante con formula 18-46-0, aplicándose al momento de la siembra e incorporándolo al suelo de forma manual (Fig. A-17), en la segunda aplicación se colocaron 3.0 gr por planta de Urea 46% N, 30 días después de la siembra, alrededor de la base del tallo (Fig.A-18). En la tercera fertilización se aplicaron 3 ml de fertilizante foliar con elementos menores por litro de agua, con dos repeticiones, al momento de la prefloración, y 8 días después de la prefloración, utilizando un aspersor plástico con capacidad de un litro de agua (Fig. A-19), las aplicaciones de fertilizante se realizaron en horas de la mañana, posterior a las fertilizaciones granuladas se realizó el riego correspondiente a ese día con el propósito de degradar las partículas del fertilizante y que la planta lo pueda asimilar en menor tiempo, las cantidades de fertilizante granulado fueron pesadas en una balanza semi analítica y así asegurarse de brindarle la misma cantidad a todas las plantas, el fertilizante y momento de aplicación se realizaron en base al manejo del cultivo de frijol de la variedad CENTA Sequía, según CENTA (2020).

3.1.11 Manejo de plagas

Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo se realizaron revisiones periódicas de las plantas con el propósito de detectar alguna plaga. Para el registro de estas actividades se creó cuadro en Microsoft Word el cual se registraron datos como: tipo de plaga, edad del cultivo en la aparición de dichas plagas, técnica o producto de combate. Con el objeto de prevenir problemas de plagas las plantas fueron tratadas con el insecticida natural conocido como EM-5, en dosis de 15 a 18 ml por litro de agua (Fig.A-20). El procedimiento de la elaboración del insecticida se muestra en el apartado del resumen de cálculos (Cal. A-5).

3.1.12 Cosecha y secado

Las plantas fueron cosechadas de forma manual a los 66 días después de la siembra, se colocaron en bolsas de papel y se agruparon en base a cada tratamiento, ese mismo día se extrajeron las vainas por cada planta y se agruparon por cada tratamiento (Fig. A-21), posteriormente las vainas fueron secadas de forma natural dejándolas tres días al sol y dos días a la sombra.

3.1.13 Almacenamiento de la semilla

La semilla fue almacenada en bolsas plásticas en base a cada tratamiento, las bolsas fueron identificadas previamente, luego se almacenaron en el refrigerador del laboratorio número tres del departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas (Fig. A-22).

3.2 METODOLOGÍA DE LABORATORIO

3.2.1 Prueba de germinación de la semilla

Este procedimiento se realizó en el laboratorio número tres del Departamento de Protección Vegetal, La prueba de germinación se realizó con el objetivo de conocer y determinar el potencial de germinación del lote de semillas, y estimar la cantidad semillas para de siembra (Anexo A-23). Para ello se utilizaron 100 semillas, cada semilla representó el 1%, dichas semillas fueron desinfectadas con alcohol 90 a través de una inmersión en dicha sustancia con una duración de 30 segundos, y posteriormente una inmersión por 1 minuto en agua destilada, luego de este proceso se colocó papel toalla al interior de 10 cajas Petri, colocando 10 semillas por caja sobre el papel, y posterior a ello se recubrió las semillas con papel toalla y se remojaron con agua destilada para finalmente sellar las cajas colocándolas en un lugar plano, y permitiendo la entrada de radiación solar hacia las cajas. El riego de las semillas durante este proceso se aplicó de forma manual periódicamente, con el fin de proveer humedad dentro de las cajas. El conteo de las semillas germinadas se realizó una semana después de colocadas en las cajas Petri, así se determinó la cantidad de semillas por postura para establecer las 100 unidades experimentales. Luego de conocer el porcentaje de germinación se calculó la cantidad de semillas a sembrar.

3.2.2 Preparación de las soluciones de ácido salicílico

El AS se utilizó a concentraciones de 25, 50 75 y 100 ppm, según Rivas (1996) y Hernández (2021) demostraron que tales dosis no causan daño fitotóxico en plantas de frijol. Para obtener dichas concentraciones se utilizó una solución madre a una concentración de 1000 ppm esta se obtuvo mediante la dilución de un gramo de AS previamente pesado en un litro de agua, luego se ajustaron las concentraciones de interés (Fig. A-24). Para obtener una solución a 25 ppm se extrajeron 25 ml de la solución madre, luego esos 25 ml se diluyeron en un litro de agua, para obtener una solución a 50 ppm se extrajeron 50 ml de la solución madre, luego esos 50 ml se diluyeron en un litro de agua, para obtener una solución a 75 ppm se extrajeron 75 ml de la solución madre y esos 75 ml se diluyeron en un litro de agua y finalmente para obtener la solución a 100 ppm se extrajeron 100 ml de la solución madre y esos 100 ml se diluyeron en un litro de agua, el cálculo matemático para la elaboración de dichas concentraciones se describe en el apartado de resumen de cálculos (Cal. A-6).

3.2.3 Aplicación del ácido salicílico

El AS fue aplicado con un aspersor manual sobre el follaje de la planta en horas de la mañana. La primera aplicación se realizó en la etapa V3, cuando el 50 % de las plantas presentaban la primera hoja trifoliada completamente desplegada, la segunda aplicación se realizó en la etapa R5, cuando en el 50 % del cultivo estaba en la prefloración, y la tercera aplicación se realizó en la etapa R7, llenado de vainas. Se realizaron tres aplicaciones para promover el efecto del AS en la producción de biomasa, flores y formación de granos.

3.3 METODOLOGÍA ESTADÍSTICA

3.3.1 Diseño experimental

Para esta investigación se aplicó un diseño completamente al azar "DCA", ya que el ensayo se estableció en condiciones de invernadero permitiendo condiciones climáticamente similares para todas las unidades experimentales dentro de los tratamientos establecidos, en donde cada uno de ellos tienen una variación dada únicamente por el efecto del tratamiento y el error experimental (Cuadro 6). La asignación de los tratamientos se hizo de forma aleatoria, logrando así homogeneidad entre las unidades experimentales. El diseño mencionado presenta en siguiente modelo matemático: " $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$ "

En donde la característica observada en cualquier unidad experimental (Y_{ij}) es igual a la media experimental (μ) más el efecto de cualquier tratamiento (T_i) más el efecto del error experimental de la celda (ε_{ij}).

Cuadro 5. Determinación de las fuentes de variación del diseño experimental.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	T-1 (5-1)= 4
Error experimental	N-T (100-5)=95
Total	N-1 (100-1)= 99

Fuente: (León 2002).

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos asignados a las unidades experimentales (Cuadro 7) se realizaron de forma aleatoria, el ensayo se constituyó por 5 tratamientos, y cada tratamiento constituido por 20 repeticiones, con un total de 100 unidades experimentales para el ensayo (Fig. A-26).

Cuadro 6. Descripción de tratamientos.

Tratamiento	Descripción	Número de aplicaciones
T ₀	Testigo, aplicación de agua	-
T ₁	Solución de ácido salicílico a 25 ppm	3
T ₂	Solución de ácido salicílico a 50 ppm	3
T ₃	Solución de ácido salicílico a 75 ppm	3
T ₄	Solución de ácido salicílico a 100 ppm	3

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Análisis de datos

Para el análisis cuantitativo de los datos generados en el experimento, se aplicó el análisis de varianza (ANVA) (Fig. A-27), y la prueba de comparación de medias de Dunnet, con el propósito de determinar cuál de los tratamientos mostraba efectos diferentes al testigo, el diseño estadístico se trabajó con un nivel de significancia del 5%, el análisis se realizó con el software estadístico infoStat.

3.4 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron en el experimento fueron las siguientes: Rendimiento por tratamiento (g/tratamiento), número de vainas por tratamiento (N/planta), número de flores por tratamiento (n° / planta), número de granos por tratamiento (n°/vaina), peso de 25 semillas por tratamiento (g), Diámetro de cuello de raíz (mm) y humedad parcial de la planta por tratamiento (%), días a floración del cultivo y días a madurez fisiológica.

3.5 Descripción de las variables evaluadas

3.5.1 Rendimiento por tratamiento

Para conocer el rendimiento por tratamiento en gramos, se pesaron en una balanza semi-analítica todas las semillas obtenidas por cada unidad experimental, previamente separadas y agrupadas en base a cada tratamiento, las semillas fueron pesadas después del secado.

3.5.2 Número de vainas por tratamiento

Para la medición de esta variable se registró el número de vainas por planta a los 66 días después de la siembra, posteriormente las vainas fueron separadas y agrupadas por cada tratamiento. Los datos obtenidos por los tratamientos fueron analizados bajo el DCA.

3.5.3 Número de flores por tratamiento

El conteo de flores se realizó dos veces durante la etapa de floración del cultivo, sin embargo, la tabulación y procesamiento de datos se realizó con una toma de datos, es decir, cuando las plantas presentaron el mayor número de flores durante la etapa de floración. Los datos obtenidos por los tratamientos fueron analizados bajo el DCA.

3.5.4 Número de granos por tratamiento

El conteo de granos se tabuló en base a cada tratamiento, se realizó al momento de cosechar las vainas, posterior al secado de las mismas, para ello las vainas eran abiertas de forma manual del cual se extraían y contabilizaba el número de granos por vaina.

3.5.5 Peso de 25 semillas por tratamiento

Se extrajeron 25 semillas de forma aleatoria del grupo de semillas por cada tratamiento, luego las 25 semillas se depositaron en una bolsa plástica y estas fueron pesadas en una balanza semi-analítica, con el fin de conocer el peso en gramos por cada grupo de semillas seleccionadas.

3.5.6 Diámetro de cuello de raíz

La toma de diámetro del cuello de la raíz de las plantas se realizó una sola vez al momento de la cosecha, se utilizó un calibrador vernier, la unidad de medida con la cual se trabajó fue en milímetros. Los datos obtenidos por los tratamientos fueron analizados bajo el diseño estadístico completamente al azar.

3.5.7 Humedad parcial de la planta por tratamiento

El procedimiento para determinar la humedad parcial de las plantas se realizó posterior a la cosecha, el cual consistió en determinar el peso de la biomasa seca aérea (Cuello de raíz más follaje). Para ello se pesó 100 bolsas de papel Kraft en una balanza semi-analítica, luego se registró el peso en gramos por cada bolsa de acuerdo a las repeticiones por tratamiento, luego se clasificó y almacenó el material vegetativo de cada unidad experimental previamente identificado con el número de repetición y tratamiento, se pesaron de nuevo las bolsas de papel con el material vegetativo dentro, una vez pesadas las 100 bolsas estas se colocaron en una estufa de aire circulante durante 24 horas a una temperatura de 65° C. Pasado este tiempo se pesaron de nuevo las bolsas con el material en una balanza semi-analítica, con el fin de obtener la diferencia de pesos en gramos. Finalmente se aplicó la fórmula de humedad parcial (Cal. A-7). Los datos obtenidos por los tratamientos fueron analizados bajo el diseño estadístico completamente al azar y se aplicó la prueba estadística de comparación de medias de Dunnett, con el fin de conocer cuál de los tratamientos mostró los mejores efectos sobre esta variable.

3.5.8 Días a floración del cultivo

Para ello se registró los días transcurridos desde la siembra hasta el día que se observó el 75% de las plantas con su primera flor abierta según el tratamiento aplicado.

3.5.9 Días a madurez fisiológica

Los días a madurez fisiológica de las plantas no se pudieron determinar con exactitud, ya que las plantas fueron extraídas de los depósitos previo a esta etapa, por motivos de daños por plagas que afectaron el cultivo, sin embargo, la cosecha se realizó a los 66 días después de la siembra.

3.6 METODOLOGÍA ECONÓMICA

3.6.1 Análisis de presupuesto parcial

Para el análisis económico se desarrolló el cálculo de presupuestos parciales, con el fin de evaluar la rentabilidad de diferentes opciones de manejo del cultivo de frijol, en base al rendimiento de las plantas según el tratamiento aplicado, en el cuadro 12 y 13 se muestra el formato que según los resultados obtenidos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Porcentaje de germinación

Tomando en cuenta que una semilla representó el 1%, el porcentaje de germinación de las 100 semillas fue del 95 %, luego se determinó la cantidad de semillas a sembrar por postura y tomando en cuenta que la cantidad de semillas requeridas para el establecimiento del ensayo era la cantidad de 200 semillas, entonces se sustituyó en la fórmula de “semillas a sembrar” y se obtuvo que se necesitan 210 semillas entre las 100 unidades experimentales y por postura se requería de 2.10 semillas entonces se optó por sembrar tres semillas por postura para garantizar la germinación de todas las semillas y trabajar con dos plantas por unidad experimental.

4.2 Riego proporcionado por etapa y ciclo del cultivo

Para el experimento se utilizó un total de 681 litros de agua para el desarrollo del cultivo, aplicando 6.81 litros por maceta o unidad experimental, la cantidad de agua fue proporcionada de acuerdo a la duración de cada etapa fenológica. Debido a que el cultivo se estableció en época de lluvia, las condiciones climáticas fueron muy variables ya que algunos días permaneció completamente nublado o con lluvias por lo que se tomó la decisión de limitar el riego cuando se observaba que el suelo en los depósitos permanecía bastante húmedo. La cantidad de agua proporcionada durante todo el ciclo se muestra en el cuadro 7.

Cuadro 7. Cantidad de agua proporcionada en litros para el cultivo.

Etapa	Duración (Días)	Requerimiento hídrico (ml)	Días con riego	Riego aplicado (L)
V0	6	80 ml	6	48 L
V1	5	70 ml	4	28 L
V2	7	80 ml	6	48 L
V3	7	100 ml	7	70 L
V4	11	140 ml	10	140 L
R5	4	170 ml	4	68 L
R6	4	180 ml	3	54 L
R7	9	150 ml	7	105 L
R8	13	100 ml	12	120 L
R9	-	-	-	
Total de agua utilizada para el desarrollo del cultivo				681 L

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Plagas registradas en el experimento y su manejo

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron revisiones periódicas de las plantas, con el propósito de detectar anomalías y plagas. Entre las plagas detectadas en el cultivo se tuvieron: trips, araña roja, mosca blanca, babosas (Fig. A-28). En la etapa previa a la madurez fisiológica se observó en las plantas un amarillamiento y un decaimiento generalizado, según Zanón *et al.* (2006) al realizar un trabajo de investigación sobre diagnóstico de plagas y enfermedades en cultivos de judía en Andalucía, España, determinó la presencia de enfermedades como: marchitez bacteriana del frijol común por las bacterias *Curtobacterium*

flaccumfaciens pv. *flaccumfaciens*, y *Erwinia tabaci*, el virus del desorden amarillo de la judía (BnYDV) transmitido por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, las infecciones en plantas de judía se muestran en la (Fig. A-29, A-30). Según lo antes mencionado la sintomatología de las plantas analizadas en su investigación concuerdan con la sintomatología de las plantas en la investigación presente (Fig.A-31). La presencia y daño en el cultivo por estas plagas y enfermedades se produjo debido a las condiciones ambientales favorables para el crecimiento y propagación dentro del invernadero, ya que se registraron altas temperaturas con valores entre 27 °C hasta alcanzar los 37° C y alta humedad relativa con valores de 45%, 67% hasta un 93% dentro del invernadero, ante esta situación se tomaron algunas medidas para reducir la temperatura como: colocar sacos alrededor y entre los depósitos los cuales se remojaran todos días (Fig. A-32). Para disminuir la humedad relativa dentro del invernadero se doblaban los sacos después de las lluvias, el agua infiltrada era retirada de forma manual y se colocaba tirro o cinta adhesiva para tapar los orificios en los que entraba el agua lluvia (Fig. A-33). Ante la presencia de trips, araña roja y ácaros se realizaban 2 aplicaciones por semana del insecticida orgánico conocido como EM-5, el cual se aplicó de forma preventiva y como control en horas frescas de la mañana a partir de la tercer semana de establecido el cultivo con una frecuencia de 2 veces por semana, con dosis de 15 ml por litro de agua.

La babosa se eliminó de forma manual. Ante la presencia de las sintomatologías antes mencionadas solamente se optó por realizar podas de limpieza en las plantas más dañadas ya que no se identificó el posible agente causal de la enfermedad, y como medida de control se aplicó el insecticida para reducir la población de mosca blanca. Los síntomas más graves en las plantas fueron: caída de flores y vainas en formación, amarillamiento de las hojas, necrosis del follaje, mal formación de las vainas, reducción de crecimiento de vainas. El mayor daño en el cultivo se presentó a partir de la etapa R7 ya que muchas de las plantas abortaron sus flores y se limitó la producción de frutos, la aparición de estas plagas. A partir de la tercera semana de establecido el cultivo algunas hojas de las plantas presentaban lesiones y cambio de color de café a grisáceo, en la prefloración se observaron algunos botones florales dañados que según las muestras observadas en microscopio se determinó la presencia de trips. Según Garcés *et al.* (2008). los trips son insectos que pueden afectar el cultivo de frijol ya que pueden encontrarse en hojas, brotes y flores. Estos insectos por lo general se alimentan raspando la epidermis de las hojas, producen deformaciones y cambio de color en el área foliar, generalmente de color bronceado. Las hojas deformadas dan la apariencia de haber sido atacadas por virus; este tipo de daño pueden ser causados por la saliva tóxica de los trips causando importantes pérdidas económicas y se desarrollan en diferentes altitudes.

Otro de los daños en el follaje fueron manchas de color café a color rojizo, deformación de hojas, reducción del tamaño de las hojas y según de Oro *at. Al.* (2021). Mencionan que los ácaros son artrópodos que producen manchas claras en las hojas, que después se tornan amarillas y finalizan con un color rojizo, lo cual causa un debilitamiento de las plantas, debido a la alimentación de los adultos y las larvas. Ocasionan caídas de hojas que provocan la muerte de la planta cuando hay altas poblaciones. Estos artrópodos se reproducen rápidamente en épocas de sequía y con temperaturas altas, Además, mencionan que la mosca blanca es una de las plagas hortícolas que afecta muchos cultivos, entre los que se encuentra el frijol. La importancia de esta especie es principalmente la transmisión de virus, y ataques severos pueden ocasionar la pérdida total del follaje. Las poblaciones de mosca blanca se incrementan de manera gradual con los aumentos de la temperatura y la humedad relativa.

Durante el experimento las altas temperaturas registradas a partir de las 10:00 am y la alta humedad relativa después de las lluvias, fueron claves para la presencia de mosca blanca.

La babosa se hizo presente por la alta humedad relativa dentro del invernadero, estos individuos a pesar de que las plantas se encontraban en depósitos lograban ascender hasta el follaje de la planta principalmente en horas de la noche y al día siguiente el follaje se encontraba incompleto y con una sustancia incolora tipo moco. Según la FAO (2011), la babosa se alimenta de las hojas, las ramas y las vainas tiernas de la plantita de frijol, ataca de noche y en los días nublados.

A inicios de la etapa de floración en el cultivo las plantas comenzaron a presentar un amarillamiento en las hojas, sin cambiar la coloración verde de las nervaduras, posteriormente estas hojas comenzaron a necrotizarse hasta el punto de caerse por sí solas, luego las inflorescencias, flores abiertas y vainas en formación mostraban un aspecto débil y con flacidez hasta el punto de caerse por sí solas debilitado toda la planta, estas síntomas son similares a los resultados de Zanón *et al.* (2006). Las plantas de judías presentaron la siguiente sintomatología: amarillos internerviales en hojas que evolucionan a manchas cloróticas definidas y zonas necrosadas adquiriendo en un último estado tonalidades marrones, manteniendo los nervios verdes. Las plantas presentan poca masa foliar y un pobre desarrollo que puede llevarlas a la muerte. En vainas se observan manchas acuosas, el grano marcado y forma de “gancho”. Pérdidas cerca del 50% del cultivo. En el cuadro 8 se muestran las plagas encontradas y la medida de control utilizada durante el desarrollo del ensayo.

Cuadro 8. Resumen de plagas y enfermedades en el cultivo.

Plaga o enfermedad	Medida de control	Dosis	Días de después de siembra
Ácaros Araña roja <i>Tetranychus</i> sp	Insecticida orgánico	15 ml/ litro de agua	22 días después (01 de junio)
Trips <i>Thrips palmi</i> Karny <i>Trips tabaci</i>	Insecticida orgánico	15 ml/ litro de agua	37 días después (22 de junio)
Mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i>	Insecticida orgánico	15 ml/ litro de agua	37 días después (22 de junio)
Babosa	Eliminación manual	-	36 días después (21 de junio)
Sintomatología asociada probablemente a los siguientes patógenos. <i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> pv. <i>Flaccumfaciens</i> , <i>Erwinia persicina</i>	Podas sanitarias	-	42 días después (21 de junio)
Virus del desorden amarillo (BnYDV)	Insecticida orgánico para controlar vector	15 ml/ litro de agua	42 días después (21 de junio)

4.4 Días a floración

Las plantas iniciaron su floración de forma no homogénea. Como resultado las primeras plantas con flores fueron las plantas tratadas con ácido salicílico a 25 ppm (T₁) al iniciar su floración a los 40 días, en segundo lugar, las plantas tratadas con AS a 50 ppm (T₂) a los 42 días, luego las plantas tratadas con AS a 100 ppm (T₄), tratamiento testigo (T₀) a los 43 días, y finalmente las plantas tratadas con AS a 75 ppm (T₃), a los 43 días. según (CENTA 2020) los días a floración para la variedad CENTA Sequía son de 33 a 35 días después de la siembra, según los resultados se determinó que hubo una diferencia de 8 días entre la primera floración en el cultivo y los días según menciona CENTA, esta diferencia se debe posiblemente a los tratamientos y a las condiciones climáticas durante el experimento. Sin embargo, el AS a 25 ppm mostro un efecto positivo en las plantas sobre la producción de flores.

4.5 Días a Madurez fisiológica

El cultivo no llegó a madurez fisiológica por motivos de enfermedades y condiciones climáticas desfavorables que se presentaron a lo largo del experimento. El cultivo finalizó hasta la etapa de llenado de vainas a los 66 días después de la siembra. Según el CENTA (2018) la madurez fisiológica para la variedad CENTA Sequía se logra a los 65 días después de la siembra.

4.6 Rendimiento por tratamiento (g)

Según los resultados obtenidos que se muestran en el cuadro 9 y figura 5, se determinó que las aplicaciones del ácido salicílico en plantas de frijol generan un efecto positivo sobre el rendimiento de las plantas, debido a una mayor actividad fotosintética y un aumento en el peso de los granos en plantas que se aplicó el ácido, ya que al aplicarse el T₂ (AS a 50 ppm) se obtuvo el rendimiento superior con 10.1g. Tratamiento⁻¹ con una diferencia de 24.69% con respecto al testigo, estos resultados coinciden con Vásquez *et al.* (2020) quienes demostraron que aplicaciones de ácido salicílico vía solución nutritiva en chile jalapeño afectó significativamente el rendimiento con dosis de 0.2 mM, superando al control en un 35% . Así mismo Sariñana (2019) menciona que el AS le permite a la planta realizar funciones reguladoras en su desarrollo, provoca aumento de la actividad fotosintética, lo cual, se refleja en una mayor producción de biomasa foliar, radicular y de frutos. Los tratamientos que presentaron los menores rendimientos fueron el T₃ Y T₄ debido a un daño mayor en las plantas causado por las plagas.

Cuadro 9. Peso del total de granos por tratamiento (g)

Tratamiento	Peso grano (g)
T ₀	8.1
T ₁	4.6
T ₂	10.1
T ₃	2.7
T ₄	3.2

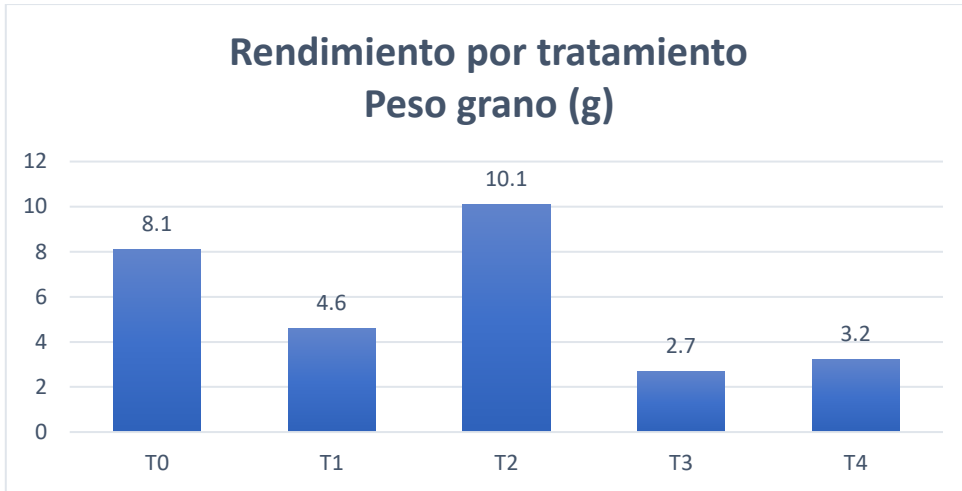


Figura 5. Peso del total de los granos por tratamiento (g).

4.7 Número de vainas por tratamiento

Los resultados se presentan en la figura 6. Según el análisis de varianza ANVA los resultados obtenidos no presentaron diferencia significativa (Cuadro A-1). El tratamiento que mostró los mejores efectos sobre la variable número de vainas por planta promedio fue el t_0 (agua) con un promedio de 5.35 vainas por planta, sin embargo el tamaño de algunas vainas eran inferiores en comparación a las vainas de los demás tratamientos lo que concuerda con Fariduddin *et al.* (2003) ya que al aplicar AS en mostaza, de 30 días de germinada, en dosis de 0.1 y 0.01 mM de AS, obtuvieron que a los 60 días el número de vainas y la producción de semilla aumentó 8.4 y 14 %, respectivamente, en comparación a las plantas del testigo, Además, Vásquez *et al.* (2016) indicaron que el incremento en SST (Solidos solubles totales) en los frutos puede atribuirse a que el AS incrementa la actividad fotosintética y por ende a una mayor disponibilidad de translocación de fotoasimilados al fruto.



Figura 6. Número de vainas promedio por planta.

4.8 Número de granos por tratamiento

Los resultados sobre la variable número de granos por tratamiento se muestran en el cuadro 10 y figura 7. El tratamiento que produjo los mejores efectos sobre la producción de grano le corresponde al tratamiento T₀ (Agua) con un total de 74 granos, seguido del tratamiento 2 (AS a 50 ppm), sin embargo, el T₂ superó el peso del grano al T₀ aun con una cantidad menor de granos como se muestra en la figura 8. El cual coincide con Tucuch *et al.* (2017). ya que mediante la aplicación de ácido salicílico en el cultivo de maíz (*Zea mays*) a una concentración de 1 μ M, el AS incrementó el número de grano por mazorca en dos experimentos superando al testigo en un 56.04 y 159.70% respectivamente, además aumentó el contenido de N, P₂O₅ y K₂O en el grano con respecto al testigo. De acuerdo a López *et al.* (1998) Hasta el momento no existe explicación sobre el mecanismo de acción del ácido salicílico sobre el número de granos y peso; pero se piensa que este ácido actúa sinérgicamente con las auxinas, ya que estas regulan la acumulación de fotosintatos.

Cuadro 10. Número de granos por tratamiento.

Tratamiento	Número de granos por tratamiento
T ₀	74
T ₁	46
T ₂	66
T ₃	33
T ₄	35

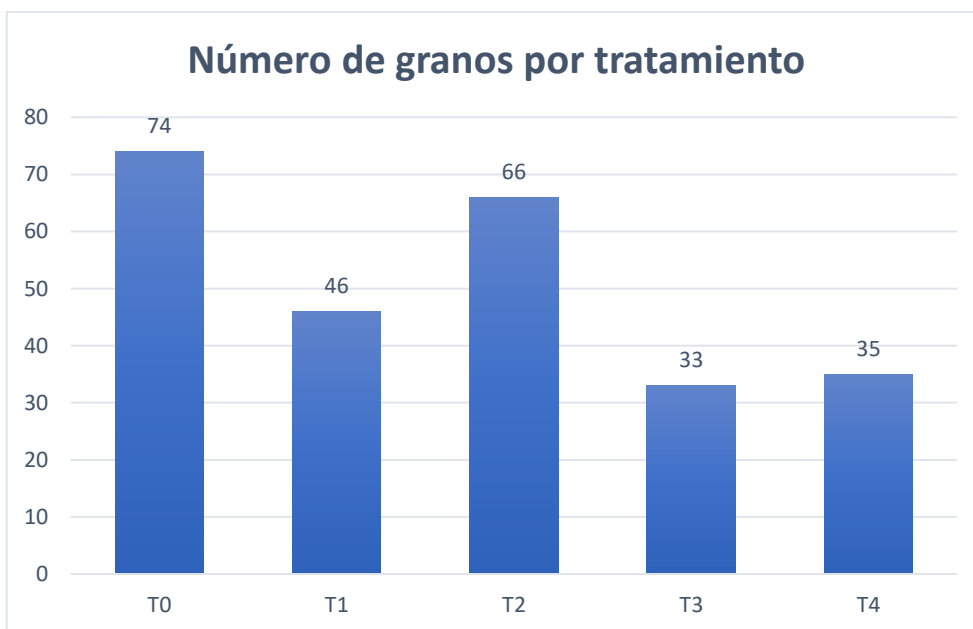


Figura 7. Número de granos por tratamiento.

4.9 Peso de 25 granos por tratamiento (g)

En cuanto al peso de 25 granos, según los resultados obtenidos en la figura 8 se muestra que hubo un incremento del peso en gramos con el tratamiento T₂ (50 ppm) con 4.60 g, seguido del tratamiento testigo con 3.80 g. con una diferencia de 21. 05%, el efecto positivo del ácido salicílico en el peso del grano coincide con lo observado por Morales y Gonzales (2018) ya que al aplicar AS en cultivo de tomate mencionaron que hubo un incremento en el peso medio de frutos con los tratamientos 10⁻⁷ M con 10.97 % y el tratamiento 10⁻⁵ M con 93.68 gr respecto al testigo. Así mismo Tucuch *et al.* (2019) mencionan que al asperjar ácido salicílico 1 μM de AS, al dosel de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense*), demostraron que la acumulación de N, P, y K en frutos fue superior en (116, 110 y 97%) sobre los valores de la planta control, alcanzado un peso mayor de los frutos en un 117.41 % con respecto al control.

Cuadro 11. Peso de 25 granos por tratamiento (g)

Tratamiento	Número de granos por tratamiento
T ₀	3.80
T ₁	3.40
T ₂	4.60
T ₃	2.40
T ₄	2.80



Figura 8. Peso de 25 granos por tratamiento (g)

4.10 Número de flores por planta

Los resultados obtenidos indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos sobre la variable número de flores por planta según el análisis estadístico ANVA (Cuadro.A-2), sin embargo según la figura 10 se observó un estímulo en el proceso de floración con el tratamiento T_1 (25 ppm) con una media de 7.26 flores por planta (Figura 9) superando al testigo en un 17.07%, además el tratamiento 1 mostró un efecto positivo en los días transcurridos desde la siembra a la floración ya que las primeras flores abiertas se observaron en las plantas tratadas con el T_1 , lo cual coincide con Martin *et al.* (2010) al reportar efectos positivos en el número de flores y la fecha del inicio de floración en petunia (*Petunia hybrida*) mediante aplicaciones de ácido salicílico (AS) a concentraciones de $1 \mu\text{M}$, ya que no sólo el número de flores aumentó en un 72 %, con respecto al testigo, sino también indujo la floración seis días antes. Los resultados obtenidos concuerdan con Anchondo *et al.* (2011), al aplicar AS a concentraciones de 1, 0.01, 0.0001 μM en el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*) obtuvo un aumento de 16.3, 15.9, 63.6% flores por planta con respecto al testigo.

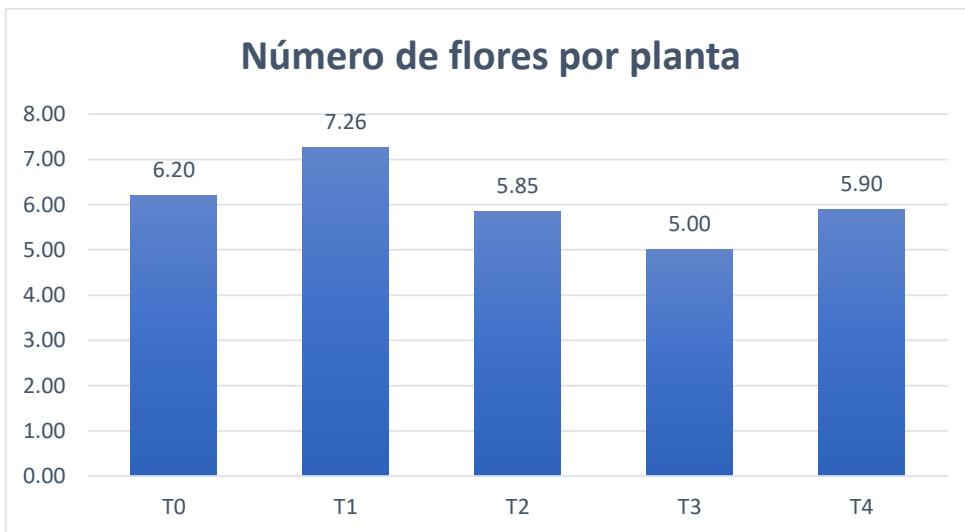


Figura 9. Número de flores promedio por planta.

4.11 Diámetro de cuello de raíz (mm)

Los resultados sobre el diámetro de cuello de raíz no mostraron diferencias entre los tratamientos según el análisis estadístico ANVA (Cuadro. A-3), sin embargo al observar la (Figura 10) se muestra que el ácido salicílico generó un efecto positivo en el engrosamiento del cuello de raíz en plantas tratadas con el T_2 (50 ppm) al presentar una media de 2.63mm, superando al testigo en un 0.76%, este resultado se debe a una mayor asimilación de los nutrientes en la planta lo cual se logra con el estímulo del ácido salicílico, el efecto del AS en esta investigación concuerda con Villanueva *et al.* (2009) al evaluar el efecto de varias concentraciones de ácido salicílico en plantas de (*Chrysanthemum morifolium*) obtuvo un mayor diámetro de tallo en plantas tratadas con AS a 10^{-8} M alcanzando los 9.8 mm, superando al testigo en un 36.92 %, mientras que Martin *et al.* (2012). Reporta que el ácido salicílico

produjo un efecto positivo sobre el diámetro de tallo en plantas de papaya (*Carica papaya*) al aplicar la dosis de 0.0001 μM (Micrómolar) con el cual se alcanzó un diámetro de 50.15 cm, superando al testigo en un 3.5 % con un diámetro de 48.44 cm.

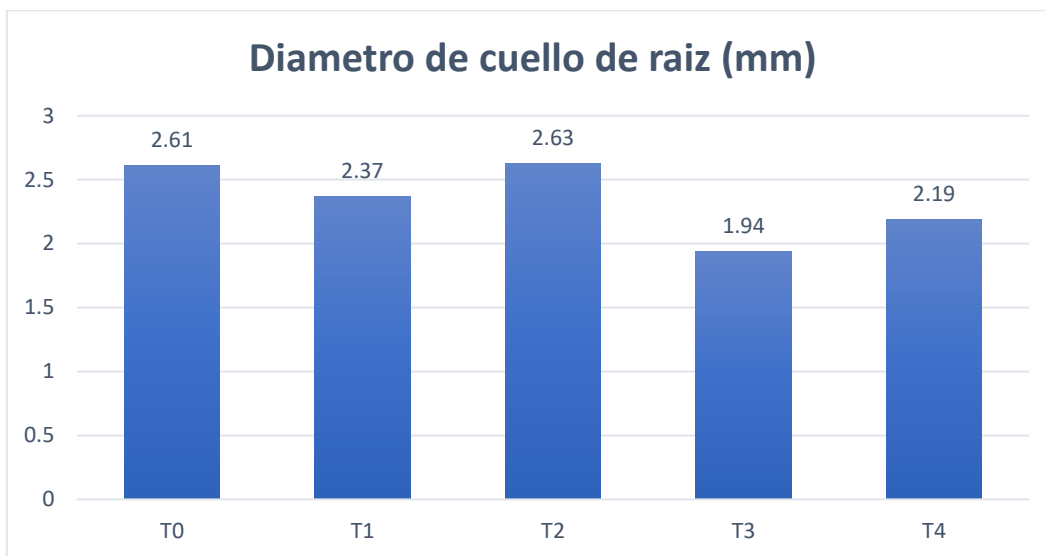


Figura 10. Diámetro de cuello de raíz (mm)

4.12 Porcentaje de humedad parcial de la planta por tratamiento (%)

Según los resultados obtenidos mediante el análisis ANVA se determinó que existe diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro. A-4), por lo que a través de la prueba estadística de Dunnett, se determinó que el T₁ (25 ppm) y T₂ (50 ppm) fueron similares, mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos, y el T₁ mostro una ligera diferencia con respecto al T₂ con relación a la acumulación de biomasa foliar; con un 55.41%, superando al testigo con una diferencia de 7.88 %, (Figura 11). Este resultado se debe a una mayor acumulación de agua dentro de los tejidos en plantas tratadas con el T₁. Según Larqué, A. 1978. el ácido salicílico induce al cierre de estomas y reducción de la transpiración. Estos resultados concuerdan con Sánchez *et al.* (2011). Al reportar que ácido salicílico actuó en forma positiva con las dosis de 0.1 y 0.2 mM aplicado a la solución nutritiva para el riego en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cv. Chichimeca sobre la producción de biomasa foliar se obtuvieron incrementos de 13 y 17 %, con respecto al testigo, así mismo Rosales, E. 2019. Menciona que al aplicar ácido salicílico a una concentración de 2.0 mM sobre el cultivo de Frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) observó un incremento en el peso de la biomasa seca área con un promedio de 18 g.pl⁻¹ el cual superó al testigo en un 16.12 %. Los tratamientos que presentaron los menores rendimientos fueron el T₃ Y T₄ debido a un daño mayor en las plantas causado por las plagas.

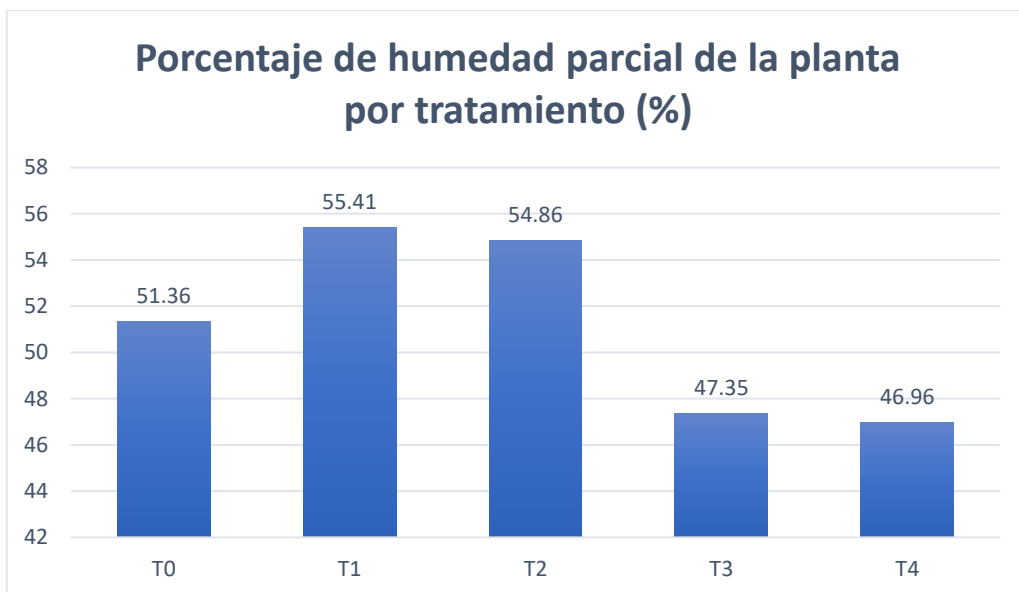


Figura 11. Humedad parcial de la planta por tratamiento (%).

4.13 Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una hectárea)

Según los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento de cada tratamiento se aplicó la metodología de presupuesto parcial, según el (cuadro 12) se determinó que el tratamiento 2 (AS a 50 ppm) produjo el mejor beneficio neto por lo que mediante dicho tratamiento el beneficio se incrementa en \$23.93 /ha con respecto al testigo donde no se aplicó ninguna concentración de ácido salicílico.

Cuadro 12. Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una hectárea).

Tratamientos	Costo manejo (USD)	Benéfico neto (USD)
T ₀ vs T ₁	0.3	-\$36.3
T ₀ vs T ₂	0.3	+\$23.93
T ₀ vs T ₃	0.3	-\$67.6
T ₀ vs T ₄	0.3	-\$66.21

4.14 Análisis de presupuesto parcial (proyectado para una manzana)

Según los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento de cada tratamiento se aplicó la metodología de presupuesto parcial, según el (cuadro 13) se determinó que el tratamiento 2 (AS a 50 ppm) produjo el mejor beneficio neto por lo que mediante dicho tratamiento el beneficio se incrementa en \$15.86. con respecto al testigo donde no se aplicó ninguna concentración de ácido salicílico.

Cuadro 13. Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una manzana).

Tratamientos	Costo manejo (USD)	Benéfico neto (USD)
T ₀ vs T ₁	0.3	-\$28.05
T ₀ vs T ₂	0.3	+\$15.86
T ₀ vs T ₃	0.3	-\$49.14
T ₀ vs T ₄	0.3	-\$41.64

Con base en los resultados obtenidos del presupuesto parcial se estimó que el incremento en el beneficio neto por hectárea y por manzana es muy bajo para satisfacer al productor. Debido a la poca producción que se obtuvo. Esta situación en este resultado obedece a que las condiciones de producción en invernadero son completamente diferentes y no pueden ser completamente utilizables para estimaciones a nivel de campo. Sin embargo, se pudo observar que el ácido salicílico en efecto mejora algunas de las variables asociadas al rendimiento, lo cual concuerda con la literatura revisada.

5 CONCLUSIONES

Se observó que el ácido salicílico ejerce diferentes acciones metabólicas de acuerdo con las dosis empleadas.

El ácido salicílico de manera general ayuda a mejorar algunas de las variables involucradas en el rendimiento del cultivo.

En condiciones de invernadero concentraciones arriba de 50 ppm, no son metabólicamente viables para el desarrollo y rendimiento del cultivo.

En condiciones de invernadero no climatizado el frijol no se desarrolla de la mejor forma, además de predisponer a las plantas al ataque de plagas.

Los datos de rendimiento obtenidos en las condiciones en que se realizó el experimento no permiten hacer proyecciones para áreas más grandes en campo.

Las condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del experimento, afectaron el desarrollo de las diferentes etapas fenológicas, con respecto al tiempo, según lo establecido para la variedad utilizada.

La utilización de ácido salicílico para mejorar el rendimiento del cultivo es una alternativa sostenible para el sistema de producción de frijol.

6 RECOMENDACIONES

Realizar otras investigaciones utilizando el ácido salicílico a diferentes concentraciones y en condiciones de campo similares a las de los productores, para tratar de mejorar los rendimientos de frijol.

Se recomienda dar a conocer este tipo de tecnología a los productores, la cual sería de mucho beneficio en la parte económica y ambiental.

Continuar con más investigaciones aplicando el ácido salicílico en diferentes cultivos de importancia agrícola como el tomate, pepino, maíz, entre otros.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara; Godoy, J, Sánchez, R. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. (En línea). Revista de SciELO. 109-129 P. Consultado 25 Ene 2022. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Anchondo, A; Núñez, A; Ruiz, T, Martínez, J. Vergara, S; Larqué, A. 2011. efecto del ácido salicílico en la bioproductividad de la fresa (*Fragaria ananassa*) cv Aromosa. (En línea). Revista de ScieELO. Chihuahua, México. 293-298 P. Consultado 10 de oct. 2022. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n2/v2n2a10.pdf>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2003. Guía técnica Cultivo de Ejote. (En línea). La Libertad, El salvador. 32 P. Consultado el 25 Ene 2022. Disponible en <http://simag.mag.gob.sv/uploads/pdf/2014120114527.pdf>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2008. Guía técnica para el manejo de variedades de frijol. (En línea). La Libertad, El Salvador. 23 P. Consultado 18 de Ene 2022. Disponible en https://issuu.com/oscaraliriovalladareslima/docs/guia_tecnica_frijol
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2018. Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*). (En línea). La libertad, El Salavdor. 37 P. Consultado el 18 Ene 2022. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/download/guia-tecnica-cultivo-de-frijol/>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2020. Variedad de frijol rojo (*Phaseolus vulgaris*) CENTA Sequía. (En línea) Boletín técnico. La Libertad, El salvador. 32 P. Consultado el 20 Ene 2022. Disponible en <https://www.centa.gob.sv/2021/download/boletin-tecnico-cultivo-de-frijol-centa-sequia/>
- CCB (Cámara de Comercio de Bogotá). 2015. Manual Frijol. (En línea). Bogotá, Colombia. 60 P. Consultado 14 Ene 2022. Disponible en <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14313/Frijol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Morfología de la Planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) (En línea). 2ª. Edición. Cali, Colombia. 49 P. Consultado 15 Ene. 2022. Disponible en <https://books.google.com.sv/books?id=AtOLF2NhJogC&printsec=frontcover&dq=guia+tecnic+a+del+frijol+com%C3%BA+en+el+salvador&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiRt8Liy8r1AhVvQzABHaydAMc4ChDoAXoECAMQAq#v=onepage&q&f=false>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1985. Frijol: Investigación y producción (En línea). Cali, Colombia. 426 P. Consultado 16 Ene 2022. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/26201.pdf
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1986. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). (En línea). Cali, Colombia. 44 P. Consultado 25 Ene. 2022. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/ciat/28093.pdf
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1992. Manejo agronómico del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) (En línea). Cali, Colombia. 211 P. Consultado 16 Ene. 2022. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/2015/SB_327_U5_Vol.5.pdf

- CEDRRSA 2020. Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Mercado del frijol, Situación y prospectiva. Ciudad de México, México. 20 P. Consultado 26 Ene 2022. Disponible en <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>
- Cuellar, L; Sehtman, A; Allevato, M. 2008. Ácido salicílico. (En Línea). Buenos aires, Argentina. 5 P. Consultado 26 Ene. 2022. Disponible en http://www.atdermae.com/pdfs/atd_31_02_06.pdf
- De Oro, R; Sánchez, T; Rubiano, Sierra, P. 2021. Principales plagas del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Cesar, Colombia. (En línea). Mosquera, Colombia. 48 p. Consultado 08 de oct. 2022. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/36614/Ver_documento_36614.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- DGEA (Dirección general de Economía Agropecuaria). 2022. Informe diario de precios de productos agropecuarios. (En línea). La Libertad, El Salvador. Informe del MAG. Consultado 18 de Oct. 2022. Disponible en <https://www.mag.gob.sv/informe-diario-de-precios-de-productos-agropecuarios/>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. Manejo de la babosa del frijol. (En línea). Pesa, Honduras. 12 P. Consultado el 13 sep. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/at785s/at785s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018 Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. (En Línea). Ciudad de Panamá, Panamá. 292 P. Informe de la FAO. Consultado 18 de Ene. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. FAOSTAT Datos sobre Cultivos y productos de ganadería. (En línea, Sitio Web). Consultado 10 Feb. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. Materiales para capacitación en semillas - Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma. (En línea). Roma, Italia. 128 P. Consultado 26 Ene 2022. Disponible en <https://www.fao.org/3/ca1492es/CA1492ES.pdf>
- Fariduddin, Q; Hayat, S; Ahmad, A. 2003 Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity, and seed yield in *Brassica juncea*. (En línea). Aligarh, India. 41 (2): 281-284 P. Consultado 10 oct. 2022. Disponible en <https://ps.ueb.cas.cz/pdfs/phs/2003/02/24.pdf>
- Fiske, K. 2021. El efecto de la luz en el crecimiento de las plantas de frijol. (En línea). Consultado 10 Oct 2022. Disponible en https://www.ehowenespanol.com/efectos-luz-crecimiento-plantas-frijoles-info_97523/
- Garcés, S; Lomas, L; Peralta, E. 2008. Manejo de trips (*Thysanoptera: Thripidae*) en el cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). (En línea). Quito, Ecuador. 2 P. Consultado 09 de oct. 2022. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2625/1/iniapscpl297.pdf>

- Google Maps. 2022. Universidad de El Salvador. (En línea). San salvador, El Salvador. Consultado el 09 sep. 2022. Disponible en <https://www.google.com/maps/@13.719323,-89.2030613,1504m/data=!3m1!1e3>
- Hernández, V; López1, Vargas, L; Muruaga, J. 2013. Origen, domesticación y diversificación del frijol común. avances y perspectivas. (En línea). Tamaulipas, México. Revista de SciELO. 10 p. Consultado 28 de Ene. 2022. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n2/v36n2a2.pdf>
- Hernández, N. 2021. Inducción de resistencia al estrés hídrico con ácido salicílico en frijol común (*Phaseolus vulgaris*), bajo riego deficitario controlado. Tesis Ing Agr. San Salvador, El Salvador. 76 P.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) 1996. Perfil del cultivo de frijol en El salvador. (En línea). San Salvador, El Salvador. 134 P. Consultado el 20 de Ene.2000.Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6804/BVE18039993e.pdf;jsessionid=3A0700BFD2F97B98D9A88FB21A6B249F?sequence=1>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa lucia, Teustepe y san Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua. (En línea). Boaco, Nicaragua. 28 P. Consultado 24 de Ene. 2022. Disponible en <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) 2013. Estudio de las cadenas de valor maíz blanco y frijol en Centroamérica. (en línea). Consultado 18 oct. 2022. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/b3540e/b3540e.pdf>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2014. la cadena de maíz y frijol en Centroamérica y república dominicana: la experiencia del proyecto presica. (En línea). San José, Costa Rica. Informe IICA. Consultado 05 Feb. 2022. Disponible en <http://repiica.iica.int/docs/B4124e/B4124e.pdf>
- Intagri (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). 2001. Efecto del ácido salicílico en los cultivos. (En línea Sitio web). Guanajuato, México. Consultado 24 Ene. 2022 Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/efectos-del-acido-salicilico-en-los-cultivos>
- Jordán C y Casaretto. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Etileno, Ácido Abscísico, Brasinoesteroides, Poliaminas, Ácido Salicílico y Ácido Jasmónico. (En línea). La Serena, Chile. 28 P. Consultado 25 Ene. 2022. Disponible en <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Etileno,aba,jasmonico,brasino,.pdf>
- Larque, A. 1978. The Antitranspirant Effect of Acetylsalicylic Acid on *Phaseolus vulgaris*. (En línea). México. 126-128 p. Consultado el 12 sep. 2022. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1978.tb01579.x>
- León, M. 2002. Manual de aplicación de diseños experimentales básicos en el paquete NCSS. (En línea). Veracruz, México. 81 P. Consultado 05 Feb. Disponible en <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47703/LeonSalazarMercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- López, R; Camacho, V; Gutiérrez, M. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. (En línea). Chapingo, México. Revista de Redalyc. 43-48 p. Consultado el 16 sep. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316105.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2020. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2019-2020 (En línea, Sitio Web). Consultado 06 de Feb. 2022. Disponible en <https://www.mag.gob.sv/wp-content/uploads/2021/09/Anuario-de-Estadi%CC%81sticas-Agropecuarias-2019-2020-Final-1.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2021. Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2020-2021 (En línea, Sitio Web). Consultado 09 de Sep. 2022. Disponible en <https://www.mag.gob.sv/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>
- Martin, R; Vergara, S; Nexticapan, A, Larque, A. 2010. Application of low concentrations of salicylic acid increases the number of flowers in *Petunia hybrida*. (En línea). Yucatán, México. Revista de SciELO. 773-778 p. Consultado el 18 sep. 2022. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n7/v44n7a4.pdf>
- Martin, R; Nexticapan, A; Herrera, R. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). (En línea). Yucatán, México. 1637-1643 P. Consultado el 10 sep. 2022. Disponible en <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/1328/1173>
- Morán, M. 2011. Manual para la elaboración y uso de insumos agrícolas orgánicos. (En línea). El Salvador. 38 P. Consultado 01 febrero 2022. Disponible en <https://fedcoopades.org/descargas/MANUAL%20DE%20AGRICULTURA%20ORGANICA.pdf>
- Morales P y Gonzales E. 2018. “Efecto de aplicaciones de ácido salicílico en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero en dos localidades del altiplano del Departamento de San Marcos, Guatemala”. (En línea). San Marcos, Guatemala. Consultado 03 Feb. 2022. Disponible en <http://cunori.edu.gt/descargas/efecto-de-aplicaciones-de-ácido-salicílico-en-tomate.pdf>
- Rangel, G; Castro, E; Beltrán, E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. (En línea). Hidalgo, México. 90–95 P. Consultado el 10 Sep. 2022. Disponible en: <https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Elácidosalic%C3%ADlico-y-resistencia-en-plantas.pdf>
- Rivas F. 1996. Evaluación en *Phaseolus vulgaris*, del antagonismo por bacterias e inducción de resistencia de un fosfato, hacia *Isariopsis griseola* y *Uromyces phaseoli*. (En línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 81 P. Consultado 24 Ene. 2022. Disponible en <http://biblioteca.catie.ac.cr/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=102485>
- Rivas, F. 2017. Manejo integrado de plagas. 1ª edición. Editorial Sinaí. San Salvador. El Salvador. Universidad de El Salvador. 296p. Consultado el 20 de feb. 2022.
- Rosales E. 2019. Efecto del ácido salicílico en el desarrollo del frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), en minirizotrones. (En línea). Tesis. Lic. En ingeniería agroforestal. Puebla,

- México. Consultado el 10 sep. 2022. Disponible en <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/9975/20200925155431-9182-TL.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Ruiz, J; García, G; González I. 2013. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. (En línea). 2da edición. Jalisco, México. 579 P. Consultado 24 Ene. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Jose-Ruiz-Corral/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion/links/5f1310e04585151299a4c447/REQUERIMIENTOS-AGROECOLOGICOS-DE-CULTIVOS-2da-Edicion.pdf
- Sánchez, E; Barrera, R; Muñoz, E. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. (En línea). Chihuahua, México. 63-68 P. Consultado el 12 sep. 2022. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v17nspe1/v17nspe1a10.pdf>
- Sariñana, O. 2019. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad de tomate. (En línea). Tesis. Maestro en ciencias del suelo. 103 P. Consultado el 26 Ene 2022. Disponible en <http://www.ittorreon.edu.mx/pages/tesis/maestriasuelos/2019/oscar%20sarinnana%20aldaco%20%20efecto%20del%20acido%20salicilico%20en%20la%20produccion%20y%20calidad%20de%20tomate.pdf>
- SC (Superintendencia de Competencia).2019. Caracterización de la agroindustria del frijol rojo y sus condiciones de competencia en El Salvador (2007-2014). (En línea). La libertad, El Salvador. 86 P. Consultado 18 oct. 2022. Disponible en https://www.sc.gob.sv/wpcontent/uploads/estudios_IE/estudios_PDF/Estudio_Frijol.pdf
- Segura M y Torres J. 2009. Historia de las plantas en el mundo antiguo. (En línea). Bilbao, Madrid. 478 P. Consultado 26 Ene. 2022. Disponible en https://books.google.com.sv/books?id=rNFspzc-ps0C&pg=PA104&dq=Segura+y+Torres,+2009+origen+del+acido+salicilico&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiQxZ_fguT1AhWwRTABHTeKDh0Q6AF6BAqHEAI#v=onepage&q=Segura%20y%20Torres%2C%202009%20origen%20del%20acido%20salicilico&f=false
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Aptitud agroclimática del frijol en México ciclo agrícola otoño invierno. (En línea). Hidalgo, México. 30 P. Consultado 24 Ene. Disponible en [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/495087/Reporte de Aptitud agroclim tica de M_xico del frijol OI 2019-2020.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/495087/Reporte_de_Aptitud_agroclim_tica_de_M_xico_del_frijol_OI_2019-2020.pdf)
- SNET (Sistema Nacional de Estudios Territoriales) 2022. Clima en El Salvador. (En línea) Sitio Web). Santa tecla, El Salvador. consultado 19 ene 2022. Disponible en <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/>
- Tucuch, C; Alcántar, G; Larque, A.2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo (En línea). Estado de México, México. Revista de SciELO. 33: 63-68 p. Consultado 03 Feb. 2022. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n1/2395-8030-tl-33-01-00063.pdf>
- Tucuch, C; Alcantar, G; Trejo, L. 2017. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento, estatus nutrimental y rendimiento en maíz (*zea mays*). (En línea). Yucatán, México. 771-781 P.

Consultado el 13 sep. 2022. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n7/1405-3195-agro-51-07-00771.pdf>

Tucuch, C; Pérez, J; Dzib, M, Alcantar, A. 2019. El ácido salicílico aumenta la acumulación de macro y micronutrientes en chile habanero. (En línea). Yucatán, México. 9 p. Consultado el 16 sep. 2022. Disponible en <2007-0934-remexca-10-04-839.pdf> (scielo.org.mx)

Valladares, C. 2010. Taxonomía y Botánica de los Cultivos de Grano. UNAH. (En línea). La Ceiba, honduras.28 p. Consultado 28 de Ene. 2022. Disponible en <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf>

Vásquez, D; Pérez, L; Rangel P. 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. (En línea). Estado de México, México. Revista de Redalyc. 11 P. consultado 28 Ene. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263149506002.pdf>

Vásquez, D; Salas, L; Gonzales, Lázaro, E. 2020. Commercial and nutraceutical quality of jalapeño pepper affected by salicylic acid levels. (En línea). México. 423-427 P. Consultado el 15 sep. 2022. Disponible en https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2020/10/03_6689_Com_Preciado_v45n9_5.pdf

Villanueva, E; Alcantar, G; Sánchez, P; Soria, M. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de (*chrysanthemum morifolium*(ramat) kitamura) en Yucatán. (En línea). Yucatán, México. Revista de Redalyc. 25-31 p. Consultado 15 sep. 2022. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/609/60912623004.pdf>

Zanón, M; Font, M; De cara, M; Janssen, D; Gonzales, A, Tello, C; Jorda, C.2006. Amarilleo necrótico de la judía: una enfermedad preocupante a diagnóstico. (En línea). Valencia, España. 7 P. Consultado 08 de oct. 2022. Disponible en <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD%20Congreso%20Zaragoza/Ponencias/138%20Zan%C3%B3n%20Com-%20Amarilleo.pdf>

Zavala, M. 2014. Efecto del Ácido Salicílico en el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento de Dos Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris*) Bajo Condiciones de Temporal. (En línea). Tesis Ing. En Agrobiología. Coahuila, México, UAAAN. Consultado el 07 de Feb. 2022. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6501/62916%20ZAVALA%20RAMIREZ%2c%20MARIA%20GUADALUPE%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

Zelada, L. 2014. El Salvador coyuntura económica primer trimestre. Revista del (INVE) Instituto de investigaciones económicas. San salvador, El Salvador. (En línea). 82 P. (32-33).consultado 12 feb.2022.Disponible en <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/coyunec/issue/view/41>

8 ANEXOS



Fig. A- 1 Germinación de la semilla



Fig. A- 2. Emergencia de la plántula



Fig. A- 3. Hojas primarias



Fig. A- 4. Primera hoja trifoliada



Fig. A- 5. Tercera hoja trifoliada



Fig. A- 6. Prefloración.



Fig. A- 7. Floración



Fig. A- 8. Formación de vainas.



Fig. A- 9. Llenado de vainas.



Fig. A- 10. Madurez fisiológica
Fuente: CENTA. (2018).



Fig. A- 11. Preparación del área experimental



Fig. A- 12. Tutorado



Fig. A- 13. Delimitación de área experimental



Fig. A- 14. Llenado de los depósitos.



Fig. A- 15. Siembra de la semilla.



Fig. A- 16. Aplicación del riego.



Fig. A- 17. Pesado de fertilizante 18-46-0 para 1ra fertilización

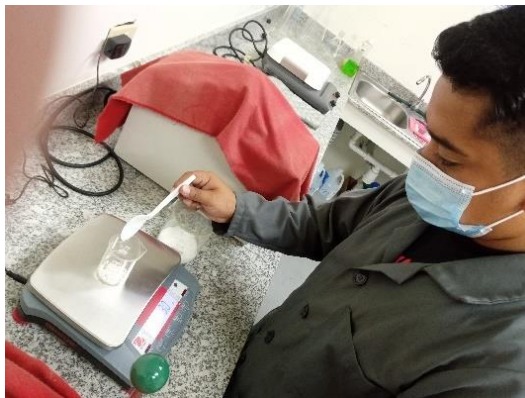


Fig. A- 18. Pesaje y aplicación de Urea 46% N para 2da fertilización.



Fig. A- 19. Aplicación de fertilizante foliar



Fig. A- 20. Preparación y aplicación del insecticida EM-5.



Fig. A- 21. Cosecha y secado.



Fig. A- 22. Almacenamiento de la semilla.



Fig. A- 23. Germinación de la semilla.



Fig. A- 24. Preparación de concentraciones de AS



Fig. A- 25. Aplicación de ácido salicílico en las plantas

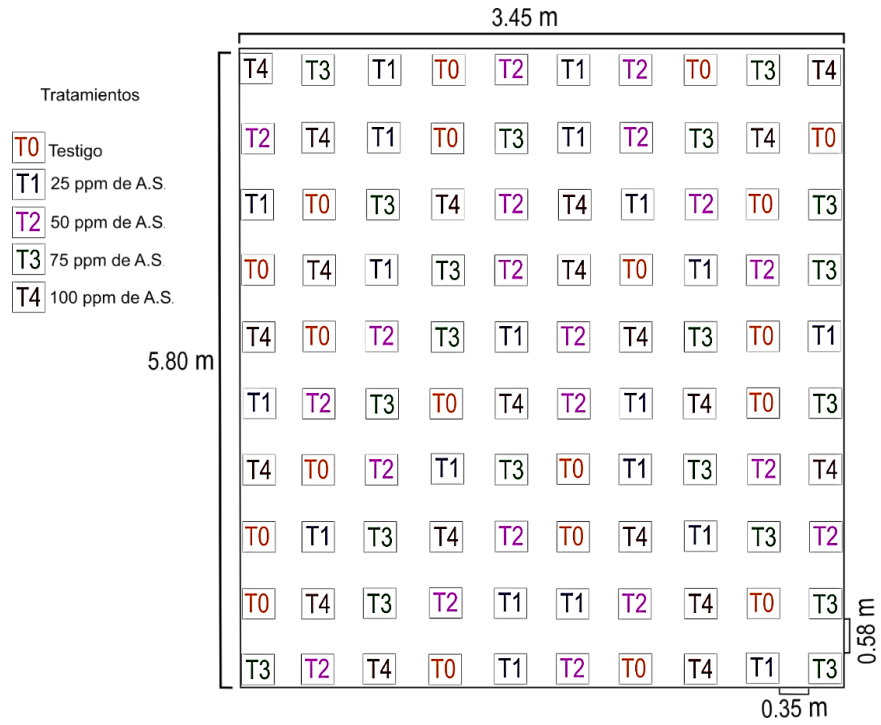


Fig. A- 26. Distribución de los tratamientos

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F _c
Tratamientos	t-1	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^t n_i (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{t-1}$	$\frac{CM_{Trat}}{CM_{\epsilon}}$
Error	N-t	$SC_{\epsilon} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$	$CM_{\epsilon} = \frac{SC_{\epsilon}}{N-t}$	
Total	N-1	$SC_{Tot} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$		

Fig. A- 27. Análisis de varianza para el DCA



Fig. A- 28. Lesiones en planta por araña roja, trips, y babosas



Fig. A- 29. Infecciones mixtas de BnYDV y *E. persicina* según Zanón *et al.* (2006).



Fig. A- 30. Muestras de infecciones según *et al.* (2006)



Fig. A- 31. Sintomatología y su avance en el follaje de las plantas.



Fig. A- 32. Colocación de sacos para bajar la temperatura



Fig. A- 33. Retiro de agua infiltrada y sellado de orificios en invernadero.

RESUMEN DE CÁLCULOS

Cal. (A-1). Cálculo de solución de lejía (Hipoclorito de sodio) al 3 %

Datos

Concentración de lejía a utilizar = 4.25%

Volumen del depósito= 210 ml

Concentración necesitada = 3%

¿Volumen final?

$$C1V1 = C2V2 \quad V2 = \frac{C1 \cdot V1}{C2} \quad V2 = \frac{4.25\% \cdot 210 \text{ ml}}{3\%} = 298 \text{ ml}$$

Cal. (A-2). Cálculo de volumen de suelo franco arenoso para llenado de las macetas

Datos

Número de macetas: 100

Tipo de suelo: franco arenoso

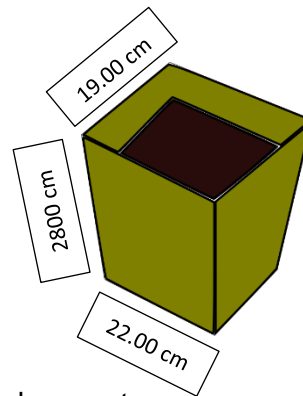
Densidad aparente. $1.5 \text{ g/cm}^3 = 1500 \text{ kg/m}^3$

Dimensiones del depósito:

Largo: 22 cm

Ancho: 19 cm.

Alto: 28 cm



1. Cálculo del volumen de sustrato que puede contener la maceta.

Volumen del sustrato = Largo x Ancho X Alto

Volumen del sustrato = 22 cm X 19 cm x 28 cm

Volumen del sustrato = **11,704 cm³ por maceta**

2. Cálculo del volumen total para 100 depósitos (m^3).

Volumen total= Cantidad de depósitos x Volumen de sustrato por maceta

Volumen total = 100 depósitos x 11,704 cm³ por maceta

Volumen total= **1,170,400 cm³**

3. Conversión de unidades (cm^3 a m^3 $1 \text{ m}^3 = 1,000,000 \text{ cm}^3$

$$\left(1,170,400 \frac{\text{cm}^3}{\text{sustrato}} \right) = \left(\frac{1\text{m}^3}{1000000 \text{ cm}^3} \right) = \mathbf{1.1704 \text{ m}^3 \text{ sustrato}}$$

4. Cálculo de la cantidad de sustrato con base a la densidad aparente del suelo en kg/cm^3 .

Cantidad de sustrato = Volumen total de sustrato x densidad aparente del suelo

Cantidad de sustrato = 1.704 m³ x 1500 kg/m³

Cantidad de sustrato= 1755.6 kg de sustrato

Cal. (A-3). Cálculo de número de semillas a sembrar en base al porciento de germinación

$$\text{Semillas a sembrar} = \frac{\text{Cantidad requerida}}{\% \text{ de germinacion}} \times 100$$

$$\text{Semillas a sembrar} = \frac{200 \text{ plantas}}{95\%} \times 100$$

$$\text{Semillas a sembrar} = 210 \text{ semillas}$$

$$\text{Semillas a sembrar por postura} = 210 \text{ semillas} / 100 \text{ depósitos}$$

$$\text{Semillas a sembrar por postura: } 2.10 \text{ semillas.}$$

Cal. (A-4). Cálculo de la cantidad de agua en ml por etapa fenológica según el área de maceta.

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ litro de agua distribuido en un m}^2$$

$$\text{Cantidad diaria} = ((\text{Total mm etapa}) (1000 \text{ mm (1 litro)}) / \text{duración de la etapa}$$

$$\text{Área del depósito} = \text{Largo} \times \text{ancho}$$

$$\text{Área del depósito} = 0.19 \text{ m} \times 0.22 \text{ m}$$

$$\text{Área del depósito} = 0.0418 \text{ m}^2$$

Cálculo para etapa v0

$$1.86 \text{ mm} \text{-----} 1 \text{ m}^2$$

$$0.08 \text{ mm} \text{-----} 0.0418 \text{ m}^2$$

$$0.08 \text{ mm} \times 5 \text{ días (Duración de la etapa)} = 0.40 \text{ mm}$$

$$\text{Cantidad diaria} = (0.40 \text{ mm} \times 1000) / 5 \text{ días} = 80 \text{ ml}$$

Cálculo para etapa v1

$$1.7 \text{ mm} \text{-----} 1 \text{ m}^2$$

$$0.07 \text{ mm} \text{-----} 0.0418 \text{ m}^2$$

$$0.07 \text{ mm} \times 3 \text{ días (Duración de la etapa)} = 0.21 \text{ mm}$$

$$\text{Cantidad diaria} = (0.21 \text{ mm} \times 1000) / 3 \text{ días} = 70 \text{ ml}$$

Cálculo para etapa v2

$$2 \text{ mm} \text{-----} 1 \text{ m}^2$$

$$0.08 \text{ mm} \text{-----} 0.0418 \text{ m}^2$$

$$0.08 \text{ mm} \times 4 \text{ días (Duración de la etapa)} = 0.32 \text{ mm}$$

$$\text{Cantidad diaria} = (0.32 \text{ mm} \times 1000) / 4 \text{ días} = 80 \text{ ml}$$

Cálculo para etapa v3

2.3 mm----- 1 m²
0.10 mm----- 0.0418 m²
0.10 mm x 6 días (Duración de la etapa) = 0.60 mm

Cantidad diaria= (0.60 mm x 1000) / 6 días = 100 ml

Cálculo para etapa v4

3.3 mm----- 1 m²
0.14 mm----- 0.0418 m²
0.14 mm x 15 días (Duración de la etapa) = 2.1 mm

Cantidad diaria= (2.10 mm x 1000) / 15 días = 140 ml

Cálculo para etapa R5

4.1 mm----- 1 m²
0.17 mm----- 0.0418 m²
0.17 mm x 11 días (Duración de la etapa) = 1.87 mm

Cantidad diaria= (1.87 mm x 1000) / 11 días = 170 ml

Cálculo para etapa R6

4.25 mm----- 1 m²
0.18 mm----- 0.0418 m²
0.18 mm x 4 días (Duración de la etapa) = 0.72 mm

Cantidad diaria= (0.72mm x 1000) / 4 días = 180 ml

Cálculo para etapa R7

3.50 mm----- 1 m²
0.15 mm----- 0.0418 m²
0.15 mm x 8 días (Duración de la etapa) = 1.20 mm

Cantidad diaria= (1.20 mm x 1000) / 8 días = 150 ml

Cálculo para etapa R8

2.50 mm----- 1 m²
0.10mm----- 0.0418 m²
0.10 mm x 19 días (Duración de la etapa) = 1.90 mm

Cantidad diaria= (1.90 mm x 1000) / 19 días = 100 ml

Cálculo para etapa R9

0.40 mm----- 1 m²

0.02mm----- 0.0418 m²

0.02 mm x 14 días (Duración de la etapa) = 0.28 mm

Cantidad diaria= (0.28mm x 1000) / 14 días =20 ml

Cal. (A-5). Elaboración del insecticida EM-5

Ingredientes para 5 litros

0.11 kg de ajo

0.11 kg de cebolla

0.11 kg de chile picante

0.11 kg Jengibre

200ml de vinagre

200ml de alcohol

5 litros de agua sin cloro

50 g de hoja de eucalipto

50 g de hoja de epacina

50 g de hoja de ruda

50 g de hoja de menta

50 g de orégano

50 g de yerba buena

50 g de zacate de limón

Preparación

1. Se realizó la limpieza de los ingredientes.
2. Se Trituro de forma mecánica los ingredientes.
3. los ingredientes triturados se colocaron en un recipiente plástico con capacidad para 5 litros.
4. Se agregó el vinagre y el alcohol al recipiente con los ingredientes triturados.
5. Se agregó 5 litros de agua limpia sin cloro y el deposito fue tapado.
6. El deposito se colocó en un lugar fresco, sin acceso a luz directa del sol.
7. La mezcla se revisó periódicamente observando que presentara buen olor y color.
8. La mezcla se dejó reposar por 20 días.

Cal. (A-6). Cálculo de AS para Solucion madre (1000 ppm) y 25, 50,75 y 100 ppm

Cálculo de peso atómico del ácido salicílico = C₇H₇O₃

C= 12.0107 x 7 = 84.0749 g/mol

H= 1.00794 x 6 = 6.04764 g/mol

$$O = 15.9994 \times 3 = 47.9982 \text{ g/mol}$$
$$\Sigma = 84.0749 + 6.04764 + 47.9982 = 138.121 \text{ g/mol}$$

Cálculo de gramos existentes en la solución madre a 1000 ppm, fórmula:
 $\text{Ppm} = \text{mg/L}$

$$\text{Ppm} = \text{mg/L}$$
$$\text{Mg de } C_7H_7O_3 = (\text{ppm}) (1 \text{ lt})$$
$$\text{Mg de } C_7H_7O_3 = (1000) (1)$$
$$\text{Mg de } C_7H_7O = 1000$$

Convirtiendo mg a g, tomando en cuenta que $1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$

$1000 \text{ mg de } C_7H_7O_3 (1 \text{ g} / 1000 \text{ mg}) = 1 \text{ g de } C_7H_7O_3$
Cálculo de moles de la solución madre utilizando la fórmula:

$$n = \text{masa} / \text{peso atómico}$$
$$n = 1 \text{ g de } C_7H_7O_3 / 138.121 \text{ g/mol}$$
$$n = 0.0072400028 \text{ mol}$$

Cálculo de molaridad de la solución madre. Utilizando la fórmula: $M = n / \text{vol.}$

$$M = n / \text{vol}$$
$$M = 0.00072400028 \text{ mol} / 1 \text{ lt}$$
$$M = 0.00072400028 \text{ mol} / 1 \text{ lt}$$

Para el cálculo de la molaridad para las soluciones de 25, 50, 75 y 100 ppm, se realizó el mismo procedimiento, en donde se muestran a continuación:

Solución a 25 ppm, a una molaridad de 0.00018100
Solución a 50 ppm, a una molaridad de 0.00036200
Solución a 75 ppm, a una molaridad de 0.00054300
Solución a 100 ppm, a una molaridad de 0.00072400

Cálculo del volumen de extracción de la solución madre para disolver en un litro de agua, según las concentraciones de las soluciones de interés.

$$\text{Formula: } C1_{\text{molar}} V1 = C2_{\text{molar}} V2$$

Cálculo para una dilución a 25 ppm

$$C1_{\text{molar}} = 0.007240028 \text{ M}$$
$$V_i = ?$$
$$C2_{\text{molar}} = 0.00018100 \text{ M}$$
$$V_F = 1 \text{ L ó } 1000 \text{ ml}$$

$$\text{Despejando } V_i = C2_{\text{molar}} \times V_F / C1_{\text{molar}}$$

$$V1 = (0.00018100 \text{ M}) (1000 \text{ ml}) / (0.007240028 \text{ M})$$

$$V1 = 0.811 \text{ M} / 0.007240028$$

$$V1 = 25 \text{ ml de solución madre}$$

De la misma manera se realizó el cálculo para conocer la cantidad a extraer de la solución madre para realizar una solución a 50, 75, 100 ppm, en donde se obtuvo como respuesta lo siguiente:

$$V1 \text{ para una solución de } 50\text{ppm} = 50 \text{ ml de solución madre}$$

$$V1 \text{ para una solución de } 75\text{ppm} = 75 \text{ ml de solución madre}$$

$$V1 \text{ para una solución de } 100\text{ppm} = 100 \text{ ml de solución madre}$$

(A-7). Fórmula para determinar la humedad parcial de cada unidad experimental.

$$\text{Humedad parcial (\%)} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{peso muestra seca})}{\text{Peso muestra húmeda}} \times 100$$

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXOS

Cuadro. A- 1 Resultado de ANVA para la variable número de vainas por tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.97	4	12.99	1.12	0.3529
Tratamiento	51.97	4	12.99	1.12	0.3529
Error	1080.94	93	11.62		
Total	1132.91	97			

Cuadro. A- 2 Resultado de ANVA para la variable número de flores por tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50.60	4	12.65	0.53	0.7114
Tratamiento	50.60	4	12.65	0.53	0.7114
Error	2205.23	93	23.71		
Total	2255.84	97			

Cuadro. A- 3 Resultado de ANVA para la variable diámetro de cuello de raíz

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6.71	4	1.68	1.15	0.3379
Tratamiento	6.71	4	1.68	1.15	0.3379
Error	135.64	93	1.46		
Total	142.35	97			

Cuadro. A- 4 Resultado de análisis de varianza ANVA para humedad parcial de la planta por tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1031.88	4	257.97	3.51	0.0109
Tratamiento	1031.88	4	257.97	3.51	0.010
Error	5730.03	78	73.46		
Total	6761.91	82			