

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACION**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN.

CODIGO: AI-2207

Inducción de resistencia al estrés hídrico con ácido salicílico en frijol común (*Phaseolus vulgaris*), bajo riego deficitario controlado.

TÍTULO A OBTENER: INGENIERO AGRÓNOMO.

AUTORES.

Nombres, apellidos	Institución y dirección	Teléfono y E-mail	Firma
Br. Nacxit Alejandro Hernández Salas	Col. Santa Paula Av. Colonial casa 45, San Marcos, San Salvador.	Tel. +5036438-2148 HS14028@ues.edu.sv	
Ing. Agr. M. SC. Andrés Wilfredo Rivas Flores.	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal	Tel.+5037938-4988 andres.rivas@ues.edu.sv	

Visto bueno:

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento: Firma:
Ing. Agr. M. Sc. Rafael Antonio Menjívar Rosa.

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad: Firma:
Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García.

Jefe del Departamento: Firma:
Ing. Agr. M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores

Sello:

Lugar y fecha: Ciudad Universitaria, 02 de Mayo de 2022.

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: Inducción de resistencia al estrés hídrico con ácido salicílico en frijol común (*Phaseolus vulgaris*), bajo riego deficitario controlado.

AUTORES. Hernández-Salas, N.A.¹, Rivas-Flores, A.W.²

RESUMEN.

Con el propósito de inducir resistencia al estrés hídrico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). Se realizó un experimento en el invernadero y laboratorio número tres del Departamento de Protección Vegetal, el cual tuvo una duración de 6 meses comprendidos desde el mes de septiembre del año 2021 hasta el mes de marzo del año 2022. En dicho experimento se evaluó el efecto del ácido salicílico (AS), bajo condiciones de riego deficitario controlado (RDC) a 25 y 40% de reducción de los requerimientos hídricos del cultivo. Se realizó dos aspersiones de ácido salicílico (AS) a concentraciones de 25, 50, 75 y 100 ppm, 37 días después de la siembra, durante la etapa de floración (Etapa R6) con un intervalo de 7 días entre cada una de ellas. Para la evaluación se estableció dos experimentos bajo un diseño completamente al azar, constituidos por 5 tratamientos y diez repeticiones; ambos, con déficits hídricos del 25 y 40 % respectivamente. Las variables evaluadas en cada uno de los experimentos fueron: Rendimiento por tratamiento, número de vainas por tratamiento, diámetro de cuello de raíz y humedad parcial por tratamiento. Dentro de las cuales únicamente las variables número de semillas por tratamiento y diámetro de cuello de raíz mostraron diferencias significativas. Para la variable número de semillas por tratamiento se reportó diferencias significativas únicamente para el experimento A y no así para el experimento B, las plantas del tratamiento con solución de ácido salicílico (AS) a 100 ppm y un riego deficitario controlado (RDC) de 171 mm fueron las que produjeron el mayor número de semillas con un promedio de 26.7 semillas por unidad experimental, ubicándose así por encima de los demás tratamientos. Para la variable diámetro de cuello de raíz se reportó diferencias significativas únicamente para el experimento B y no así para el experimento A. Las plantas del tratamiento testigo a las cuales únicamente se les aplicó un riego deficitario controlado de 134.66 mm de agua fueron las que produjeron el mayor diámetro de cuello de raíz con un promedio de 3.23 $mm.pl^{-1}$ ubicándose por encima de los demás tratamientos. En base al análisis de presupuesto parcial se pudo observar que el tratamiento 4 del experimento A obtuvo el mejor beneficio neto, lo que indica que a una concentración del 100 ppm bajo condiciones de estrés hídrico menores o iguales al 25% el beneficio se incrementa en \$200.20. Para el caso del experimento B el tratamiento que obtuvo el mejor beneficio neto fue el tratamiento 1, indicando así que a una concentración de 25 ppm en valores menores o iguales al 40% de estrés hídrico el beneficio se incrementa en \$137.67, ambos con respecto al testigo.

Palabras Clave: Acido salicilico, Riego deficitario controlado, Estrés hídrico, *Phaseolus vulgaris*.

¹ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Estudiante tesista.

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente asesor.

NAME OF RESEARCH: Induction of resistance to water stress with salicylic acid in common bean (*Phaseolus vulgaris*), under controlled deficit irrigation.

AUTHORS. Hernández-Salas, N.A.³, Rivas-Flores, A.W.⁴.

ABSTRACT.

With the purpose of inducing resistance to water stress in bean plants (*Phaseolus vulgaris*). An experiment was carried out in the greenhouse and laboratory number three of the Plant Protection Department, which lasted 6 months from September 2021 to March 2022. In said experiment, the effect of salicylic acid (AS), under controlled deficit irrigation (RDC) conditions at 25 and 40% reduction of the water requirements of the crop. Two sprays of salicylic acid (SA) were carried out at concentrations of 25, 50, 75 and 100 ppm, 37 days after sowing, during the flowering stage (Stage R6) with an interval of 7 days between each one. For the evaluation, two experiments were established under a completely randomized design, consisting of 5 treatments and ten repetitions; both, with water deficits of 25 and 40% respectively. The variables evaluated in each of the experiments were: Yield per treatment, number of pods per treatment, root neck diameter and partial moisture per treatment. Within which only the variables number of seeds per treatment and root neck diameter showed significant differences. For the variable number of seeds per treatment, significant differences were reported only for experiment A and not for experiment B, the treatment plants with salicylic acid solution (AS) at 100 ppm and a controlled deficit irrigation (RDC) of 171 mm were the ones that produced the highest number of seeds with an average of 26.7 seeds per experimental unit, thus placing themselves above the other treatments. For the root neck diameter variable, significant differences were reported only for experiment B and not for experiment A. The control treatment plants to which only a controlled deficit irrigation of 134.66 mm of water was applied were the ones that produced the largest root neck diameter with an average of 3.23, placing it above the other treatments. Based on the partial budget analysis, it was observed that treatment 4 of experiment A obtained the best net benefit, which indicates that at a concentration of 100 ppm under water stress conditions less than or equal to 25%, the benefit increases by \$200.20. In the case of experiment B, the treatment that obtained the best net benefit was treatment 1, thus indicating that at a concentration of 25 ppm in values less than or equal to 40% water stress, the benefit is increased by \$137.67, both with respect to the control. .

Key Words: Salicylic acid, Controlled deficit irrigation, Water stress, *Phaseolus vulgaris*.

³ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Estudiante tesista.

⁴ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente asesor.

1. INTRODUCCION.

El frijol ha sido un alimento tradicionalmente importante en América Latina y en general en una gran cantidad de países en vías de desarrollo en los cuales se cultiva (IICA, 2009). En El Salvador, el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) forma parte de la seguridad alimentaria, ya que el consumo de este grano aporta proteína, fibra y minerales. Cada habitante en este país consume anualmente cerca de 17.32 kilogramos (CENTA, 2018). En el ciclo agrícola 2018-2019 fueron sembradas 97,857.9 hectáreas de frijol, con una producción de 204,598,800 kilogramos y una productividad de 2,090.7 kg/ha (DGEA-MAG, 2019).

En los últimos años, la situación agrícola del país con relación al cultivo del frijol ha cambiado drásticamente, debido, entre otras causas, al cambio climático, al precio fluctuante del grano y a la escasez de agua para riego; por lo que la superficie sembrada se ha reducido significativamente al cabo de unos cuantos años. Se estima, que durante el lapso del ciclo agrícola 2017- 2018 al ciclo agrícola 2018-2019, se ha registrado una reducción del 1.48% de la producción total de frijol (aproximadamente unos 3,083,300 kilogramos, menos que los registrados en el ciclo agrícola 2017-2018) (DGEA-MAG, 2019). Para obtener una mejora en la producción, es necesario modificar el manejo de los cultivos y del agua. Entre las posibles estrategias están: selección de cultivares apropiados, el riego deficitario controlado (RDC) (Gómez 2010). Y el uso de inductores de resistencia al estrés hídrico como es el caso del ácido salicílico (AS) (Campos 2017).

Considerando las pérdidas en la producción y la escasez de agua para riego, según estudios realizados en otros países y basado en la importancia económica que tiene el cultivo de frijol en nuestro país, se evaluó el ácido salicílico (AS) como inductor de resistencia al estrés hídrico en frijol (*Phaseolus vulgaris*), bajo riego deficitario controlado (RDC), para que con base a los resultados obtenidos en esta investigación, puedan desarrollarse técnicas que implementen su uso y ayuden a disminuir el impacto por deficiencia hídrica dentro del cultivo.

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1. Descripción del lugar de estudio.

El experimento se realizó en el invernadero y laboratorio tres del Departamento de Protección Vegetal, ubicados en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, geográficamente localizada a una latitud de 13°43'08.1" Norte y una longitud de 89°12'02.9" Oeste. A una elevación de 700 msnm y un clima promedio que ronda entre los 22 y 28 °C dentro de las planicies internas del territorio (SNET 2020). La investigación tuvo una duración de 6 meses, comprendidos desde el mes de septiembre del 2021 hasta el mes de marzo del año 2022.

2.2. Metodología experimental.

2.2.1. Delimitación del área experimental.

En un área de $48 m^2$ se estableció dos experimentos (A y B), cada uno con un área de $20 m^2$ (2.5 m de ancho por 8 m de largo). Dentro del área de cada experimento se colocó 50 depósitos plásticos, con dimensiones de (22cm*28cm*19cm) distribuidos a una distancia de 0.50 m entre surco y 0.80 m entre planta. Finalizada dicha distribución se procedió a elaborar una malla de cuerda nylon que cumplió el papel de tutor para las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*). A lo largo de la fase de campo se realizaron dos aspersiones de ácido salicílico (AS) para ambos experimentos a concentraciones de 25, 50, 75 y 100 ppm, la primera 37 dds, durante la etapa de floración (Etapa R6) y la segunda aplicación 7 días después de haber realizado la primera.

2.2.2. Material utilizado para la siembra.

Habiendo tomado como base las características agronómicas, principalmente la tolerancia que posee el material seleccionado a la humedad limitada y la posibilidad de potenciar este efecto mediante la aplicación de ácido salicílico (AS), se tomó la decisión de utilizar semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad CENTA Sequia.

2.2.3. Llenado de depósitos.

Para el llenado de depósitos se utilizó un total de 1755.6 Kg de suelo franco arenoso, proveniente de la estación experimental y de prácticas de la Universidad de El Salvador ubicada en el municipio de San Luis Talpa. Previo al llenado de depósitos el suelo fue desinfectado con una solución de hipoclorito de sodio a una concentración del 3%.

2.2.4. Prueba de germinación.

Como resultado de esta prueba se obtuvo que la semilla de frijol utilizada para esta investigación posee un 80% de germinación. El valor obtenido fue sustituido en la fórmula para la determinación de semillas a sembrar (Fig. A-1) junto con el valor de la cantidad requerida de plantas para esta investigación (200 plantas de frijol) distribuidas a razón de 100 plantas de frijol por experimento. Como resultado de dicha operación se obtuvo un total de 250 semillas a sembrar, total que fue repartido entre las 100 unidades experimentales dando como resultado final 2.5 semillas por postura. Debido a que no pueden sembrarse 2.5 semillas por postura, se decidió sembrar 4 semillas por postura para garantizar así, el crecimiento de 2 plantas de frijol por unidad experimental.

2.2.5. Siembra.

La siembra se realizó el 23 de noviembre del año 2021, de forma manual, colocando 4 semillas por postura a una profundidad de 2.5 cm. Posterior a la emergencia se realizó un raleo en el cual se dejó únicamente dos plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) por unidad experimental.

2.2.6. Riego deficitario controlado (RDC).

Se aplicó un déficit hídrico del 25% al experimento A y 40% al experimento B. Ambos déficits fueron calculados tomando como base el requerimiento hídrico promedio del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) el cual es de 228 mm. El riego se aplicó utilizando jeringas MEDLINE de 60 ml con la cantidad de agua diaria requerida en cada una de las etapas fenológicas del cultivo. En el cuadro 1 y 2 se muestran los déficits hídricos aplicados para cada uno de los experimentos.

Cuadro 1. Déficit hídrico aplicado para el experimento A (Reducción del 25%).

Etapa	V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Duración (días)	5	3	4	6	15	11	4	8	19	14
Req. diario de agua (mm)	1.39	1.27	1.50	1.72	2.47	3.07	3.18	2.62	1.87	0.30
Req. de la etapa (mm)	6.90	3.80	6.00	10.30	37.00	33.70	12.70	20.90	35.50	4.20
Total, de agua por etapa (mm)	Fase vegetativa				64.00	Fase reproductiva				107
Requerimiento utilizado durante el ciclo del cultivo (mm)										171

Cuadro 2. Déficit hídrico aplicado para el experimento A (Reducción del 25%).

Etapa	V0	V1	V2	V3	V4	R5	R6	R7	R8	R9
Duración (días)	5	3	4	6	15	11	4	8	19	14
Req. diario de agua (mm)	1.10	1.00	1.20	1.30	1.90	2.40	2.50	2.10	1.50	0.24
Req. de la etapa (mm)	5.50	3.00	4.80	7.80	28.50	26.40	10.00	16.80	28.50	3.36
Total, de agua por etapa (mm)	Fase vegetativa				49.60	Fase reproductiva				85.0
Requerimiento utilizado durante el ciclo del cultivo (mm)										134

2.2.7. Fertilización.

Se aplicó dos fertilizaciones granuladas y una fertilización foliar durante todo el ciclo de cultivo. La primera fertilización se realizó al momento de la siembra utilizando fórmula 15-15-15 a una dosis de $0.02285 \text{ kg.pl}^{-1}$. La segunda fertilización granular se realizó 30 dds utilizando Urea a una dosis de $0.00389 \text{ kg.pl}^{-1}$; para esta aplicación se utilizó arena como un vehículo de incorporación para evitar el daño de las raíces por el uso del palín; ya que el fertilizante se mezcló con la arena, la que luego se depositó sobre la superficie del sustrato, permitiendo así que el fertilizante pueda incorporarse por medio de infiltración al ser realizado el riego. Para concluir con el programa de fertilización se aplicó un fertilizante foliar quelatado de alta solubilidad a base de EDTA, Lignosulfonatos, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeso y Zinc a una dosis de 4 ml/litro aplicado con bomba de mochila de 4 galones (16 litros) durante la etapa de floración (Etapa R6). Las fertilizaciones descritas en este apartado fueron calculadas en base a las recomendaciones de la guía técnica del manejo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) publicada por CENTA (2018).

2.2.8. Manejo de malezas.

El control de malezas se realizó de forma manual, eliminando cualquier vestigio existente de semillas en el sustrato (suelo franco arenoso) mediante un colado previo a la siembra utilizando una zaranda de 6x6x36 plg, con el objetivo de evitar la incidencia de malezas dentro de cada unidad experimental.

2.2.9. Manejo de plagas y enfermedades.

Se realizaron rondas periódicas de vigilancia sanitaria con el objetivo de detectar cualquier indicio o presencia de plagas o enfermedades que puedan afectar el desarrollo y rendimiento del cultivo.

2.2.10. Cosecha y secado.

La cosecha se realizó a los 56 dds (el 18 de enero 2022). Para este procedimiento se contaron e identificaron por tratamiento y repeticiones (TOR1) las vainas de cada uno de los experimentos, las cuales, posteriormente se sometieron a un proceso de secado.

2.2.11. Almacenamiento de la semilla.

La semilla fue empacutada en bolsas plásticas debidamente identificadas por número de tratamiento y experimento (TOEA) y posteriormente almacenada en el refrigerador del laboratorio número tres del Departamento de Protección Vegetal a una temperatura de 20° C.

2.3. Metodología de laboratorio.

2.3.1. Metodología Estadística.

Para esta investigación se utilizó en ambos experimentos (A y B) un diseño completamente al azar; La razón por la cual se decidió utilizar este diseño fue debido a que los experimentos se mantuvieron en condiciones climáticamente similares dentro del invernadero del Departamento de Protección Vegetal. A los cuales se les aplicó déficits hídricos diferentes del 25 y 40 % respectivamente; cada uno de los experimentos fue constituido por 5 tratamientos y diez repeticiones, tomando en cuenta el déficit hídrico aplicado en cada uno de ellos. Para el análisis cuantitativo se realizó un análisis de varianza (ANVA) y una prueba de Dunnett, la cual comparó el testigo (T0) con cada uno de los tratamientos evaluados (T1, T2, T3 y T4); esto con un nivel de significancia ($p = 0.05$), con ayuda del paquete estadístico de Microsoft Excel®.

Las variables evaluadas en cada uno de los experimentos fueron: Rendimiento por tratamiento, número de vainas por tratamiento, número de semillas por vaina, peso de 25 semillas, número de flores por tratamiento, diámetro de cuello de raíz y humedad parcial por tratamiento.

La toma de datos para la variable número de flores se realizó una sola vez en la etapa R6 (Floración) del ciclo fenológico del cultivo. Para las variables, rendimiento por tratamiento, número de vainas por tratamiento, número de semillas por tratamiento, peso de 25 semillas, diámetro de cuello de raíz y humedad parcial por tratamiento fueron realizadas en el laboratorio número 3 del Departamento de Protección Vegetal posterior a la cosecha.

Cabe aclarar que para la variable humedad parcial por tratamiento los datos obtenidos fueron transformados mediante una transformación angular por arcoseno para luego ser analizados bajo un diseño completamente al azar (DCA) y determinar si existía diferencia significativa en cada uno de los experimentos (A y B).

2.4. Metodología Económica.

Para el análisis económico se utilizó la metodología de presupuestos parciales ya que permitió evaluar la rentabilidad de las diferentes técnicas de manejo implementadas (Rivas 2017).

3. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1. Riego deficitario.

Para esta investigación se utilizó un total de 12.87 litros de agua, distribuidos de la siguiente manera: para el experimento A se utilizó un total de 7.24 litros y para el experimento B un total de 5.95 litros. La cantidad de agua que se utilizó en cada uno de los experimentos se aplicó según la etapa fenológica.

3.2. Manejo de plagas y enfermedades.

Durante la fase de campo se detectó la incidencia de diversas plagas y enfermedades dentro del cultivo, estas fueron identificadas y puestas bajo control con el objetivo de detener su propagación. Con el fin de dejar un registro de dicha actividad. A continuación, se redacta en el cuadro 3; el tipo de plaga o enfermedad detectada, la técnica utilizada para su control, dosis utilizada y la edad de cultivo en días después de la siembra, en la que fueron detectadas cada una de las plagas y enfermedades.

Cuadro 3: Cuadro resumen de plagas y enfermedades detectadas.

Plaga o enfermedad detectada	Control utilizado	Dosis	DDS
Mildiu polvoriento (<i>Oidium sp</i>)	Jabón de azufre	1/8 pastilla por litro de agua	19 (11 Dic 2021).
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)			23 (15 Dic 2021).
Trips (<i>Thrips sp</i>)	Insecticida orgánico (Neem y MM)	20ml/litro	34 (26 Dic 2021).

3.4. Variables evaluadas.

En el cuadro 4 y 5 se presenta un resumen de las variables evaluadas dentro ambos experimentos denotando sus respectivas significancias estadísticas evaluado bajo un análisis de varianza (ANVA) y una prueba de Dunnet al 5 %.

Cuadro 4: Variables evaluadas en el experimento A y sus significancias estadísticas.

Experimento A	
Variable	Significancia estadística
Rendimiento por tratamiento	No significativa
Número de vainas por tratamiento	No significativa
Número de semillas por tratamiento	Significativo
Peso de 25 semillas	-----
Número de flores por tratamiento	No significativa
Diámetro de cuello de raíz	No significativa
Humedad parcial por tratamiento	No significativa

Cuadro 5: Variables evaluadas en el experimento B y sus significancias estadísticas.

Experimento B	
Variable	Significancia estadística
Rendimiento por tratamiento	No significativa
Número de vainas por tratamiento	No significativa
Número de semillas por tratamiento	No significativa
Peso de 25 semillas	-----
Número de flores por tratamiento	No significativa
Diámetro de cuello de raíz	Significativa
Humedad parcial por tratamiento	No significativa

Dentro de las variables evaluadas en ambos experimentos, únicamente la variable número de semillas por tratamiento y diámetro de cuello de raíz mostraron diferencia significativa con respecto al testigo.

3.5. Numero de semillas por tratamiento.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) (Cuadro 6) para la variable número de semillas por tratamiento reporto diferencias significativas únicamente para el experimento A y no así para el experimento B. Las plantas del tratamiento con solución de ácido salicílico (AS) a 100 ppm y un riego deficitario controlado de 171 mm fueron las que produjeron el mayor número de semillas con una media de 26.7 semillas por unidad experimental, ubicándose por encima de los demás tratamientos (Fig.1). Según Araujo y Teixeira (2008), la removilización de nutrientes como el N desde los órganos vegetativos hacia los reproductivos juegan un papel fundamental en el rendimiento de grano de las leguminosas, dicha información posee afinidad con la publicada con Schultz *et al.* (2005) quienes mencionan que la contribución de la removilización de N a las semillas varía de 70% en chicharos, de 43 a 94% en lentejas, 80% en habas y 84% en frijol común. Los resultados obtenidos para esta variable concuerdan para el caso del cultivo del trigo la aplicación de ácido salicílico (AS) en concentraciones de 1×10^{-2} y 1×10^{-8} M aumento, el número de granos por espiga, incrementando así el rendimiento agronómico con respecto al testigo (López *et al.*, 1998).

Cuadro 6: Análisis de varianza (ANVA) para la variable número de semillas por tratamiento.

Experimento	F calculada	F tabla	
A	2.70	2.606	Significativo*
B	0.61	2.606	No significativo

*Según prueba de Dunnet al 5%.

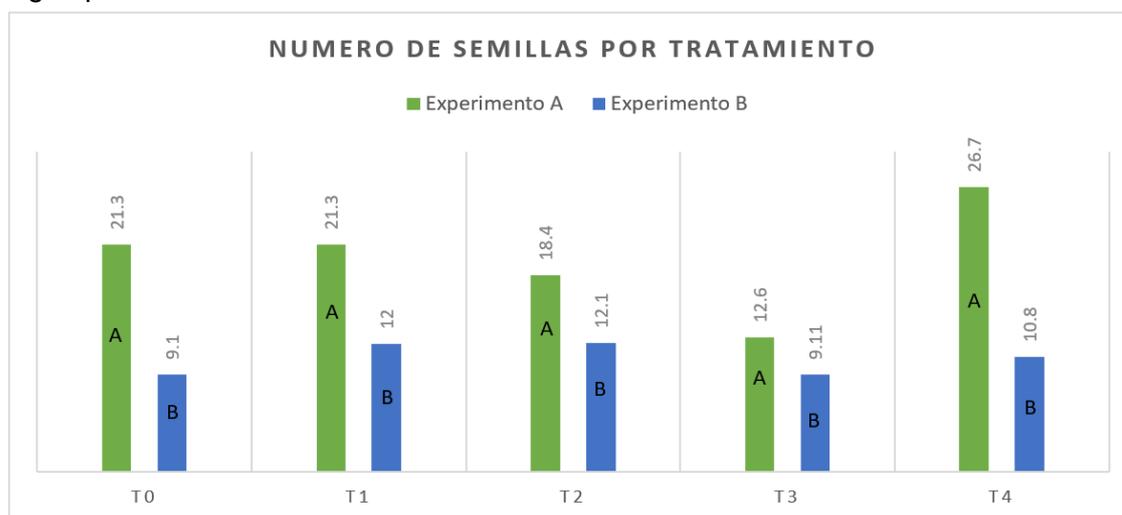


Fig. 1: Numero de semillas por tratamiento.

3.6. Diámetro de cuello de raíz.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) (Cuadro 7) para la variable diámetro de cuello de raíz (mm), reportaron diferencias significativas únicamente para el experimento B y no así para el experimento A. Las plantas del tratamiento testigo a las cuales únicamente se les aplicó un riego deficitario controlado de 134.66 mm de agua, fueron las que produjeron el mayor diámetro de cuello de raíz con una media de 3.23 mm.pl^{-1} ubicándose por encima de los demás tratamientos (Fig. 2) dentro del experimento B. Según Villanueva *et al* (2009). al trabajar con Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* (Ramat) Kitamura) demostraron que las plantas asperjadas con ácido salicílico (AS)

obtuvieron un diámetro de tallo más grande con respecto al testigo incrementando de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje, volumen de raíz y área foliar con los tratamientos a concentraciones de 1×10^{-2} y 1×10^{-8} M respectivamente. Del mismo modo Larqué-Saavedra *et al* (2010) determino que las plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) asperjadas con ácido salicílico (AS) a concentraciones de $1 \mu\text{M}$ o menores aumentan significativamente el crecimiento y desarrollo de su raíz y tallo. La respuesta positiva al tratamiento por ácido salicílico (AS) se detectó siete días después de la última aspersión, coincidiendo con los autores citados.

Cuadro 7: Análisis de varianza (ANVA) para la variable diámetro de cuello de raíz.

Experimento	F calculada	F tabla	
A	1.15	2.606	No significativo
B	2.73	2.606	Significativo*

*Según prueba de Dunnet al 5%

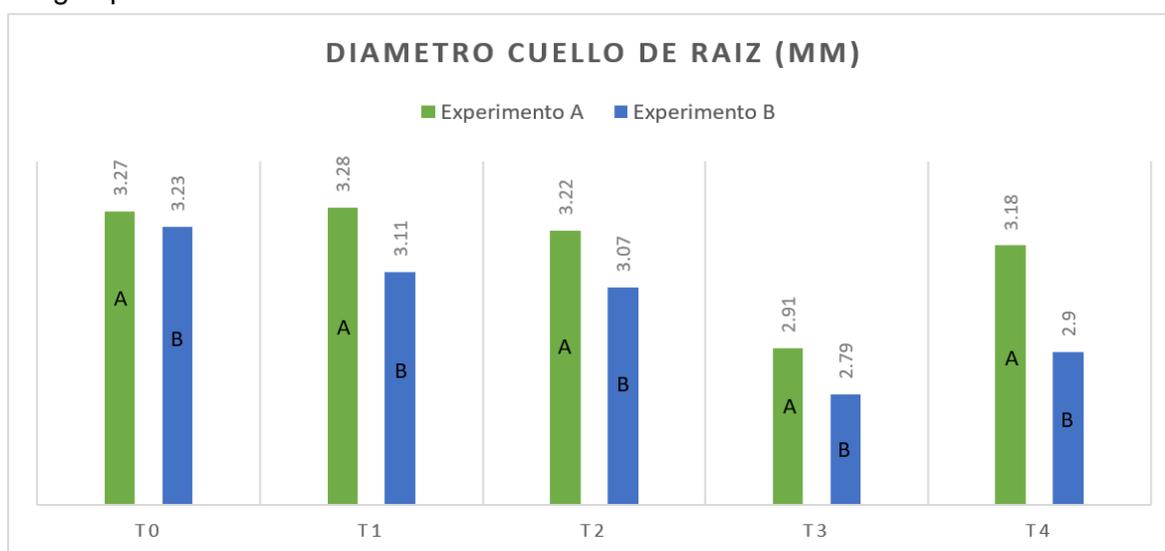


Fig. 2: Diámetro cuello de raíz.

3.7. Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una hectárea)

Aplicando la metodología de presupuesto parcial (Cuadro 8), se puede apreciar que el tratamiento 4 del experimento A obtuvo el mejor beneficio neto, lo que indica que a una concentración de 100 ppm bajo condiciones de estrés hídrico menores o iguales al 25 % el beneficio se incrementa en \$200.20. Para el caso del experimento B el tratamiento que obtuvo el mejor beneficio neto fue el tratamiento 1, indicando así que a una concentración de 25 ppm en valores menores o iguales al 40% de estrés hídrico el beneficio neto se incrementa en \$137.67, ambos con respecto al testigo.

Cuadro 8: Análisis de presupuesto parcial (Proyectado para una hectárea).

Experimento A		
Tratamientos	Costo manejo (USD)	Beneficio neto (USD)
T0 vs T1	\$ 0.30	+\$ 143.68
T0 vs T2	\$ 0.30	+\$ 57.30
T0 vs T3	\$ 0.30	-\$ 38.70
T0 vs T4	\$ 0.30	+\$ 200.20
Experimento B		
Tratamientos	Costo manejo (USD)	Beneficio neto (USD)
T0 vs T1	\$ 0.30	+\$ 137.67
T0 vs T2	\$ 0.30	+\$ 65.40
T0 vs T3	\$ 0.30	-\$ 31.60
T0 vs T4	\$ 0.30	+\$ 10.30

4. CONCLUSIONES.

La aplicación de ácido salicílico en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris*), produjo un efecto potenciador a la resistencia de estrés hídrico bajo condiciones de riego deficitario controlado.

El ácido salicílico aplicado en concentraciones de 25 y 100 ppm fueron las que aportaron los mejores resultados como inductores de resistencia al estrés hídrico en rangos menores o iguales al 40%.

Se observó el efecto conocido como compensación de componentes como una respuesta de la planta al estrés en ambos experimentos.

En condiciones de estrés hídrico las aplicaciones exógenas de ácido salicílico, es una alternativa viable para evitar pérdidas económicas considerables en el cultivo.

A medida que aumenta el estrés hídrico en la planta, la utilización de ácido salicílico por parte de esta es inversamente proporcional a la concentración aplicada.

La aplicación de ácido salicílico demostró ser una alternativa viable para el manejo sostenible del cultivo

5. RECOMENDACIONES.

Continuar realizando investigaciones sobre la inducción de resistencia al estrés hídrico con ácido salicílico (AS) en otros cultivos de importancia agrícola, para obtener mayores evidencias de sus efectos inductores.

Evaluar las diferentes concentraciones empleadas en esta investigación bajo diferentes tipos de escenarios como por ejemplo el efecto de inducción de resistencia que genera el ácido salicílico bajo diferentes tipos de fertilización (orgánica y convencional) y comparar el efecto de estos y sus interacciones.

Mantener una vigilancia fitosanitaria constante del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) de la variedad CENTA Sequia para prevenir la incidencia de plagas y enfermedades que puedan llegar a afectar su rendimiento y desarrollo.

Considerar futuras investigaciones a nivel de campo para conocer el efecto inductivo de resistencia al estrés hídrico que aporta el ácido salicílico bajo diferentes gradientes de estrés que sirvan de patrón de comparación con esta investigación.

Evaluar otros tipos de agentes inductores de resistencia a estrés ambiental en el cultivo de frijol.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- Araujo y Texeira. 2008. Aspectos agronómicos y bromatológicos de leguminosas en el nordeste brasileño. (en línea). Consultado 11 enero. 2022. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Aspectos-agron%C3%B4micos-e-bromatol%C3%B3gicos-de-no-Teixeira-Dubeux/24ff4a0d622260db4d22d61fb335e9696427c9b8>
- Campos, J. 2017. Evaluación del efecto del ácido salicílico en los niveles intra y extracelulares de peróxido de hidrógeno en las suspensiones celulares de *C. chinense* JACQ. (en línea). Consultado 11 ago. 2021. Disponible en https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi7ILaf4Nr1AhVzIkQIHQD1DPsQFnoEAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.repositorioinstitucional.mx%2Fjspui%2Fbitstream%2F1003%2F861%2F1%2FPCB_M_Tesis_2017_Chan_Campos_Julieta.pdf&usq=AOvVaw3bzG5RRwVghTRR6nOFSy_z
- CENTA (Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdoba”). 2018. Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). (en línea). Consultado 14 sep. 2021. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/2015/frijol/>
- DGEA-MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Economía Agropecuaria). 2019. Anuario de estadísticas agropecuarias. (en línea). Consultado 30 oct. 2019. Disponible en https://www.google.com/search?q=Anuario+de+estad%C3%ADsticas+agropecuarias&rlz=1C1GCEU_esSV926SV926&ei=Sgf4YaaLBO-MwbkP_YaCsAk&ved=0ahUKEwim2Ofprdz1AhVvRjABHX2DAJYQ4dUDCA4&uact=5&oq=Anuario+de+estad%C3%ADsticas+agropecuarias&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBQgAEIAEMgYIABAWEB5KBAhBGAFKBAhGGABQrA1YrA1gjRhoAnAAeACAAWiIAWiSAQMwLjGYAQCgAQGgAQKwAQDAAQE&sclient=gws-wiz
- Gómez, B. 2010. Ácido salicílico, inductor de resistencia a sequía en canola de riego bajo labranza reducida. (en línea). Consultado 6 jun. 2021. Disponible en https://issuu.com/mauriciomoreno59/docs/acido_salicilico_inductor_de_resist
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2009. Guía técnica para el cultivo de frijol en los municipios de Santa Lucía, Teustepeque y San Lorenzo del Departamento de Boaco, Nicaragua. (en línea). Consultado 8 jun. 2021. Disponible en <http://repiica.iica.int/DOCS/B2170E/B2170E.PDF>
- Larque, A., R. Martín-Mex, A. Nexticapan-Garcéz, S. Vergara-Yoisura y M. Gutiérrez-Rendon. 2010. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). (en línea). Consultado 12 dic. 2021. Disponible
- López, R; V, Camacho; M, Gutiérrez. 1998. Aplicación de ácido salicílico para incrementar el rendimiento agronómico en tres variedades de trigo. (en línea). Consultado 22 ago. 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316105>
- Rivas. 2017. Manejo Integrado de Plagas. 1ª edición. Editorial Sinaí. San Salvador. El Salvador. Universidad de El Salvador (UES). Facultad de ciencias agronómicas. 296p.
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). 2020. Clima en el Salvador. (En Línea). Consultado el 4 de abril. Disponible en: <https://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/clima+en+el+salvador/#:~:text=De%201%2C200%20a%202%2C700%20metros&text=a%2010%20C%20en%20valles,de%20Chalatenango%2C%20con%202%2C700%20metros.>

Schultz.2005. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of the plants. In: Salicylic acid. Springer publishers Dordrech Netherlans 15-23 p.

Villanueva E., Alcantar G., Sánchez P., Fregoso M., y Larque A. 2009. Effect of salicylic acid and dimethyl sulphoxide in the flowering of ***Chrysanthemum morifolium*** (Ramat) Kitamura in Yucatan. (en línea). Consultado 20 nov. 2021. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2009000400005

