



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**RESPUESTA A LA APLICACIÓN FOLIAR DEL ÁCIDO ACETIL  
SALICÍLICO EN EL CULTIVO DE CHILE X'CATIK**

*(Capsicum annum L.)*

**TESIS**

Que presenta:

**Kevin Jesús Palomo Vera**

Como requisito parcial para obtener el grado de:

**Ingeniero en agronomía**

Director de tesis:

**Dr. Miguel Ángel Mejía Bautista**

Conkal, Yucatán, México

Diciembre, 2022.



**TecNM**

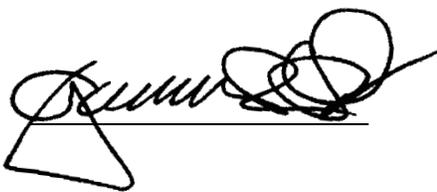


## DIRECCION DEL PROYECTO DE TITULACION

La presente tesis fue realizada por Kevin Jesús Palomo Vera, de la carrera de Ingeniería en Agronomía con la Orientación en Horticultura Protegida Sustentable y con el número de control 17800088, con el título Respuesta A La Aplicación Foliar Del Ácido Acetil Salicílico En El Cultivo De Chile X'catik (*Capsicum annuum* L.), la cual fue dirigida, asesorada y revisada por el comité que fue asignado en su oportunidad, y cuyos integrantes firman su consentimiento para que este trabajo sea presentado como requisito parcial para la titulación, de acuerdo al Proceso de Titulación Integral y al Manual de Lineamientos Académicos Administrativos de Tecnológico Nacional de México.

Director: 

Dr. Miguel Ángel Mejía Bautista

Asesor: 

M.C. Roger Gabriel Rosado Lugo

Revisor: 

Dr. Jairo Cristóbal Alejo

Conkal, Yucatán, Diciembre 2022.

## DEDICATORIAS

A Dios, que me permites lograr todo lo que me propongo que son resultado de tu ayuda, y que muchas pruebas me has puesto en el camino, pero con tu ayuda he aprendido a sobre llevarlas para aprender de mis errores. Eres quien guía el camino de mi vida, quien ha forjado mi carácter y rumbo al igual que me has mantenido siempre en el camino del bien para poder cumplir mis sueños gracias por estar siempre presente en mi vida.

A mi madre la Sra. Érica del Carmen Vera Góngora, tu esfuerzo, tu amor y sobre todo el sacrificio que haces por formarnos de la mejor manera es para mí el mejor de mi vida, por tu apoyo ilimitado e incondicional y por siempre tener las palabras justas para retomar mi camino y que a pesar de los obstáculos que has de librar siempre estas a mi lado apoyándome en las buenas y más malas. Me has educado a ser una persona que se forja en el camino del bien, por esto y muchas más gracias Mamá.

A mi padre Sr. Nery Francisco Palomo Góngora por ser una pieza fundamental en mi vida que gracias a la motivación el apoyo incondicional y el cariño que me brindas es que pude cumplir este nuevo logro y sé que siempre que lo necesite estarás para apoyarme y que eres un gran ejemplo por los sacrificios que tuviste que pasar para brindarme la vida que hoy tengo a lado de mis hermanitas.

A mi abuela Sra. María Deydad del Rosario Góngora Navarrete tú has sido mi segunda madre porque siempre puedo contar contigo eres esa persona que me enseñó muchas cosas durante todo este tiempo y más que nada por cada uno de esos consejos que me brindas día a día, también por contar con todo tu apoyo y saber que siempre poder contar contigo gracias por todo.

A mis hermanitas Monserrat Palomo Vera, Andrea Palomo Vera, por ser las cómplices en esta travesía llamada vida y que sin ellas ningún momento de mi vida sería lo mismo y que a pesar de todo siempre están conmigo.

A mi novia Isabel Cocom Gómez, por esa parte de mi vida que siempre está conmigo ayudándome a ser cada día una mejor persona y poder contar con ella en los momentos más difíciles de esta etapa la universidad.

A mis amigos Jorge Medina, Teresa Puc, Emmanuel Bacab, Absalón Chalé, Jesús Bojórquez y por muchos más que sería interminable la lista, lo cual agradezco a cada uno de ellos por ser los compañeros que la vida puso en mi camino los cuales estuvieron en todo momento y gracias por su amistad.

A un amigo con el cual tuve la dicha de tener muchos momentos alegres y una meta en común que hoy comparto con él y sobre todo que seguirá brillando como siempre lo supo hacer Marcos Pech Madera siempre te recordare mi amigo (†).

A unas personas que me enseñaron el camino correcto y que les estaré eternamente agradecido por estar en esta etapa de mi vida y que por ellos logre siempre mis objetivos académicos, Dr. Miguel Ángel Mejía Bautista, Dr. Alejandro García Ramírez y Dr. Amelio Morales Morales.

A mis maestros de vida que siempre tuvieron las palabras justas para forjar en mí el amor por la carrera y que sobre todo me compartieron sus conocimientos gracias a cada uno de ellos por este logro.

## AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico Nacional de México Campus Conkal (TecNM) por permitirme realizar mis estudios como Ingeniero en Agronomía.

A la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka'an, a los Directivos por haberme permitido realizar mi residencia profesional, y la ayuda que me fue brindada por todo el equipo de trabajo, especialmente a Emilio, en el proyecto de aplicación foliar de ácido acetilsalicílico en plantas de chile x'catik *Capsicum annuum* L.

A mi asesor el Dr. Miguel Ángel Mejía Bautista a quien admiro por todo el conocimiento que me compartió, por los consejos que me brindó, así como también por estar siempre en los momentos complicados del trabajo, también por ser buena persona y tener las palabras correctas para alentarme.

Al M.C. Roger Gabriel Rosado Lugo por su tiempo y apoyo dedicado a la revisión del proyecto, agradezco los comentarios, sugerencias y recomendaciones pertinentes en este trabajo, para poder mejorarlo.

A todos aquellos que contribuyeron en mi formación académica en esta última etapa, Carlos, Damaris, Omar, Monsserrat e Isabel, me toca terminar una etapa más en mi vida y no me queda más que agradecerles por su apoyo y constancia, el estar en los momentos difíciles, por no dejarme solo y estar junto a mí en este gran proyecto.

## RESUMEN

Las aplicaciones exógenas del ácido acetilsalicílico (AAS), pueden mejorar parámetros de vigor en plántulas, el rendimiento y la calidad de los frutos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres dosis diferentes (1, 10 y 100  $\mu\text{M}$ ) de AAS, con aplicaciones foliares en plántulas de chile x'catik (*Capsicum annuum* L.) de 10 días después de la germinación (ddg), con presencias de las primeras hojas verdaderas, y las siguientes tres aplicaciones con intervalos semanales. Se realizaron evaluaciones a los 45 ddg, antes del trasplante, para parámetros de vigor en plántulas, evaluaciones a los 45 y 70 días después del trasplante (ddt) y evaluaciones a los 140 ddt hasta rendimiento; encontrando efectos significativos sobre las variables de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de *C. annuum* L. Los resultados indican que la aplicación de dosis medias de 10  $\mu\text{M}$  de ASS, incrementa la altura, grosor de tallo, volumen de la raíz, biomasa fresca y seca de la parte aérea y de la raíz en plántulas de 45 ddg. En plantas en crecimiento y desarrollo de 45 y 70 ddt, de igual forma la misma concentración (10  $\mu\text{M}$ ) tuvo efecto en altura, diámetro del tallo y mayor número de frutos cuajados. Se observó que concentraciones altas (100  $\mu\text{M}$ ) de AAS, pueden generar efectos positivos en etapas tempranas, pero con efecto adverso en las plantas en desarrollo y en el rendimiento del cultivo en campo. Para la cuestión de rendimiento las concentraciones de 1 y 10  $\mu\text{M}$ , generó mayor número de frutos con 20.85 y 20.35 frutos planta<sup>-1</sup>, un mayor peso fresco con la dosis 10  $\mu\text{M}$  obteniendo 409.81g planta<sup>-1</sup>, mejorando los parámetros de vigor de las plantas. Aumentado el número de frutos en un 21.71% y por consiguiente el rendimiento en un 37.77%. La aplicación del AAS, es una alternativa viable para incrementar la calidad de las plántulas obtenidas, al igual que la productividad de *C. annuum* L. en campo, siendo una alternativa sustentable para un sistema de producción agroecológico.

**Palabras clave:** Ácido acetilsalicílico, Aspirina, *Capsicum annuum* L. y plántulas.

## SUMARY

Exogenous applications of acetylsalicylic acid (ASA) can improve vigor parameters in seedlings, as well as increase the yield and quality of the fruits obtained. The objective of this study was to evaluate the effect of three different doses (1, 10 and 100  $\mu\text{M}$ ) of AAS, with foliar applications on x'catik chili seedlings (*C. annuum* L.) 10 days after germination, with presence of the first true leaves, and the following three applications with weekly intervals. Evaluations were made at 45, before transplantation, for vigor parameters in seedlings, evaluations at 45 and 70 days after transplantation and evaluations at 140 until yield; finding significant effects on the variables of growth, development and crop yield of *C. annuum* L. The results indicate that the application of average doses of 10  $\mu\text{M}$  of ASS increases height, stem thickness, root volume, fresh and dry biomass of the aerial part and of the root in seedlings of 45. In plants in growth and development of 45 and 70, in the same way the same concentration (10  $\mu\text{M}$ ) had an effect on height, stem diameter and greater number of fruit set. It was observed that high concentrations (100  $\mu\text{M}$ ) of ASA can generate positive effects in early stages, but with an adverse effect on developing plants and crop yield in the field. For the question of yield, the concentrations of 1 and 10  $\mu\text{M}$  generated a greater number of fruits with 20.85 and 20.35 fruits plant<sup>-1</sup>, a greater fresh weight with the 10  $\mu\text{M}$  dose, obtaining 409.81g plant<sup>-1</sup>, improving the vigor parameters of the plants. floors. Increased the number of fruits by 21.71% and therefore the yield by 37.77%. The application of AAS is a viable alternative to increase the quality of the seedlings obtained, as well as the productivity of *C. annuum* L. in the field, being a sustainable alternative for an agroecological production system.

Keywords: Acetylsalicylic acid, Aspirin, *Capsicum annuum* L. and Seedlings.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN .....	15
1.1 ANTECEDENTES .....	15
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.3 Justificación del problema .....	16
II. OBJETIVOS.....	18
2.1 Objetivo general.....	18
2.2. Objetivos específicos .....	18
III. HIPOTESIS.....	18
IV. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	19
4.1 Origen del chile x'catik.....	19
4.2. Descripción del cultivo del chile x'catik.....	20
4.2.1. Principales plagas y enfermedades del cultivo.....	20
4.2.2 Características edafoclimáticas del cultivo .....	23
4.2.3. Rendimiento potencial .....	24
4.2.4. Requerimiento nutricional.....	24
4.4 Manejo agronómico .....	24
4.4.1 Riego.....	24
4.5 Uso de reguladores de crecimiento vegetal.....	25
4.6 El ácido acetil salicílico .....	27
4.7 Ácido acetil salicílico como regulador de crecimiento vegetal .....	28
V. DESARROLLO DEL PROYECTO .....	29
5.1 Área de estudio .....	29
5.2 Material vegetal .....	29
5.3 Manejo agronómico .....	29
5.3.1 Riego y Fertilización en semillero .....	29
5.3.2 Preparación del terreno .....	30
5.3.3 Trasplante.....	31
	10

5.3.4 Control de maleza .....	31
5.3.5 Fertilización orgánica e inorgánica .....	31
5.3.6 Manejo agroecológico de plagas y enfermedades.....	31
5.3.7 Preparación de extractos vegetales y caldo bordelés .....	32
5.4 Preparación de tratamientos de AAS (ácido acetilsalicílico).....	34
5.5 Variables evaluadas .....	36
5.5.1 Variables agronómicas.....	38
5.5.2 Variables de rendimiento y calidad de frutos.....	39
VI. RESULTADOS Y DISCUSION .....	40
6.1 Efecto de la aplicación de AAS en la promoción de crecimiento vegetal en plántulas de chile x'catik ( <i>C. annuum</i> ) a los 45 ddg.....	40
6.2. Efecto de la aplicación de AAS en el crecimiento y desarrollo en plantas de chile x'catik ( <i>C. annuum</i> ) a los 45 y 70 ddt.....	44
VII. CONCLUSION .....	54
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
IX. ANEXOS .....	63
.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cinética de crecimiento en la altura de plantas de <i>C. annuum</i> L. con aplicación foliar de AAS a los 45 ddg, 45 y 70 ddt.....	47
Figura 2 Cinética de crecimiento en el diámetro del tallo en plantas de <i>C. annuum</i> L. con aplicación foliar de AAS a los 45 ddg, 45 y 70 ddt. ....	47

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.</b> Aplicaciones de extractos y preparados para el prevención y control de plagas y enfermedades en <i>C. annuum</i> L.....	32
Cuadro 3 Tratamientos utilizados con ácido acetilsalicílico (AAS) en <i>C. annuum</i> L.....	35
Cuadro 4. Efecto de la aplicación foliar de AAS en plántulas de <i>C. annuum</i> L. a los 45 ddg.....	42
Cuadro 5. Efecto de la aplicación foliar de AAS en la biomasa fresca y seca en plántulas de <i>C. annuum</i> L. a los 45 ddg. ....	43
Cuadro 6 Efecto de la aplicación foliar de AAS en plantas de <i>C. annuum</i> L. a los 45 ddt.....	45
Cuadro 7 Efecto de la aplicación foliar de AAS en plantas de <i>C. annuum</i> L. a los 70 ddt.....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aplicación de forma manual de solución nutritiva vía fertirriego.....	63
Anexo 2. Limpieza de maleza invasiva de coquillo ( <i>Cyperus esculentus</i> L.).....	63
Anexo 3. Instalación de sistema de riego por cinta.....	64
Anexo 4. Recubrimiento de plástico negro para evitar la emergencia de rebrotes de la maleza. ....	64
Anexo 5. Trasplante de plántulas de chile <i>C. annuum</i> L. ....	65
Anexo 6. Preparación de extractos a base de cebolla, ajo, albahaca y orégano. ....	65
Anexo 7. Resultado en el incremento de la variable, altura con la aplicación de AAS a los 45 ddg.....	66
Anexo 8. Resultado en el incremento de la variable, altura con la aplicación de AAS a los 45 ddg.....	66
Anexo 9. Proceso de lavado de la raíz para la toma de datos. ....	67
Anexo 10. Evaluación de la variable altura en plántulas de <i>C. annuum</i> L.....	67
Anexo 11. Toma de datos en la variable longitud de raíz. ....	67
Anexo 12. Evaluación de variable diámetro de tallo. ....	68
Anexo 13. Evaluación de Volumen radicular. ....	68
Anexo 14. Recubrimiento con malla Agribon® 17. ....	69
Anexo 15. Evaluación en campo de plántulas de <i>C. annuum</i> L. a los 45 ddt. ....	69
Anexo 16. Plantas adultas de <i>C. annuum</i> L. ....	69
Anexo 17. Fructificación del cultivo <i>C. annuum</i> L.....	70
Anexo 18. Cosecha de frutos para su evaluación.....	70
Anexo 19. Evaluación de frutos para la variable peso de fruto. ....	71
Anexo 21. Comparativa de la raíz entre el control y el tratamiento 1.....	71
Anexo 22. Comparativa de la raíz entre el control y el tratamiento 2.....	72
Anexo 23. Comparativa de la raíz entre el control y el tratamiento 3.....	72
Anexo 24. Toma de datos del peso fresco de la parte aérea. ....	72
Anexo 25. Evaluación de la variable del volumen radicular. ....	72
Anexo 26. Peso fresco de la raíz y la parte aérea.....	72

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

El género *Capsicum* pertenece a la familia solanácea, que está dividida en dos subfamilias: Solanoideae y Cestroideae. Con características morfológicas, químicas y citogenéticas diferentes. Se cree que el complejo “*Capsicum* spp.” fue domesticado al menos dos veces, un tipo *C. annuum* en México y un tipo *C. chinense* en la Amazonía (Hernández-Pinto, 2020). En México, el cultivo de chile (*Capsicum* spp.) tiene importancia social y económica debido a su exportación (> 600 mil toneladas de chile verde); además de una amplia distribución y un consumo generalizado (FAOSTAT, 2009; Aguilar-Rincón *et al.*, 2010). El consumo per cápita está entre 8 y 9 kg, del cual 75 % se consume en fresco (González, *et al.*, 2010). En México se producen anualmente 1.9 millones de toneladas, de las cuales 700 mil toneladas se destinan al comercio exterior (SIAP, 2010).

El ácido salicílico es una fitohormona que permite mejorar, y potencializar el crecimiento y la floración de cultivos agrícolas, como en el caso del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile jalapeño (*C. annuum*) y chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). (Larqué-Saavedra *et al.*, 2010; Sánchez-Chávez *et al.*, 2011; Tucuch *et al.*, 2017). El AAS tiene la capacidad de incrementar la longevidad floral y puede tomar un papel inhibitorio en la biosíntesis de etileno en condiciones de estrés. Con efecto sinérgico cuando se combina con auxinas y las giberelinas; mejoran, controlan y protegen en procesos de estrés, al inducir tolerancia y resistencia hacia ambientes con alta salinidad o sequía. Al igual, la importancia en el control de la actividad fotosintética y la conductividad de las estomas en presencia de un estrés biótico como la sequía (Alcántara J. *et al.*, 2019).

## **1.2 Planteamiento del problema**

El sistema de producción actual del chile x'catik no consigue los rendimientos que el mercado demanda, sin embargo, actualmente la producción de chile x'catik en Yucatán ocupa sólo un 10 % del total que se ocupa, cada vez existe mayor demanda, por eso la necesidad de tener mayores rendimientos en los cultivos de la zona (Ríos-Urcelay, 2016).

El ácido salicílico (SA), es un metabolito secundario sintetizado, de forma natural, por las plantas como mecanismo de defensa contra el ataque de patógenos y estrés ambiental (Muthulakshmi & Lingakumar, 2017; Ding & Ding, 2020). Sin embargo, cuando se suministra de forma exógena y en bajas concentraciones, potencializa diversos procesos fisiológicos y bioquímicos que inciden en el rendimiento de los cultivos, sugiriendo su uso potencial en la producción agrícola (Tucuch-Haas *et al.*, 2017a). También, su análogo el ácido acetilsalicílico (ASA), comúnmente conocido como aspirina (Shinwari *et al.*, 2018), y aunque no ha sido identificado como un producto vegetal natural, se ha empleado en algunas investigaciones como sustituto de SA, sin ningún riesgo de fitotoxicidad y con efectos similares (Raskin, 1992).

Debido a la poca información del uso del ASS en *Capsicum annuum*, variedad x'catik, se estableció un cultivo con el objetivo de mejorar con la aplicación foliar el rendimiento y productividad del cultivo.

## **1.3 Justificación del problema**

El cultivo de chile x'catik actualmente se produce en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo, donde China, Estados Unidos y México son los principales productores (González, 2006).

El cultivo de chile x'catik es de gran importancia para los productores hortícolas de la zona del estado de Yucatán, por lo que se buscan alternativas que mejoren la obtención de plántulas de mayor calidad, así como mejorar el rendimiento y productividad del cultivo; así como mejorar, aspecto de calidad de los frutos, como resultado de la aplicación foliar del ácido acetil salicílico.

El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto de la aplicación foliar del AAS en la obtención de plántulas de calidad, mejorar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de chile x'catik (*C. annuum* L.).

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación foliar del ácido acetil salicílico (ASS) en el cultivo de chile x'catik (*Capsicum annuum* L).

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de concentraciones de ácido acetil salicílico (AAS) en parámetros de crecimiento y calidad de plántulas de chile x'catik (*C. annuum* L.)
- Determinar la dosis del ácido acetil salicílico con efecto en parámetros agronómicos y el rendimiento del cultivo de chile x'catik (*C. annuum* L.)
- Determinar el efecto del ácido acetil salicílico en parámetros de calidad de frutos de chile x'catik (*C. annuum* L.).

## III. HIPOTESIS

La aplicación foliar del ácido acetil salicílico (ASS) en bajas concentraciones en el cultivo de chile x'catik (*Capsicum Annuum* L.), puede generar efectos positivos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo.

## IV. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 4.1 Origen del chile x'catik

El género *Capsicum*, incluye un promedio de 25 especies y tiene su centro de origen en las regiones tropicales y subtropicales de América, probablemente en el área Bolivia-Perú, donde se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7.000 años, y desde donde se habría diseminado a toda América (Cano-Alvarado *et al.*, 1998).

Al menos cinco de sus especies son cultivadas en mayor o menor grado, pero en el ámbito mundial, casi la totalidad de la producción de chile está dada por una sola especie, *Capsicum annuum*. Esto tiende a confundir porque a partir de esta especie se generan dos productos distintos para el consumidor: Ají (del arawak axi) o fruto picante, y pimiento (de pimienta, por equivocación de C. Colón) o frutos no picantes. Los términos españoles pimentón y paprika deben reservarse para el producto seco y molido de la especie. Así mismo, menciona que el chile en México es uno de los cultivos más importantes, desde los puntos de vista cultural, agronómico, nutricional y económico. Por ser el centro de origen y domesticación de la especie de *C. annuum* se han originado una gran variedad de formas, colores y tamaño de fruto y existen poblaciones silvestres que es necesario estudiar y preservar. La cantidad de hectáreas sembradas en México son 149,000 ha, sin embargo, dependemos de semilla importada para la siembra de este cultivo o en otros casos, no se cumplen las especificaciones, ni se tienen los cuidados para lograr una semilla de calidad (Ávila, 1994).

## **4.2. Descripción del cultivo del chile x'catik**

Se trata de un chile o ají de un color amarillento pálido con figura delgada que termina en punta y, en general, tiene forma cónica alargada y algo ondulada. Puede llegar a ser moderadamente picoso, aunque por lo general su aporte al sabor es mucho mayor que su nivel de picor. Su nombre del x'catik proviene de la lengua maya y se traduce al español como rubio o güero. La planta de x'catik puede alcanzar una altura de 35 a 70 cm, dependiendo de las condiciones ambientales en las que se siembre. El color de la hoja presenta diversas tonalidades en verde (de verde oscuro a verde claro). Para el caso del fruto inmaduro es de color amarillo pálido, delgado, puntiagudo, de forma cónica alargada y algo ondulado; al madurar se torna de color naranja o rojo. Tiene una longitud que varía de 9.0 a 17.6 cm y un diámetro de 2.1 a 3.4 cm. Su peso fresco puede variar entre 23.2 y 55.8 g. En pungencia, puede ser moderadamente picoso o muy picoso

En México, el cultivo de chile es una especie hortícola de gran importancia por el valor de su producción. Se cultiva en todos los estados de la república mexicana, desde el nivel del mar, hasta los 2500 m de altura (Aguirre-Mancilla *et al.*, 2017).

### **4.2.1. Principales plagas y enfermedades del cultivo**

Según el INIFAP (2003), las principales plagas del cultivo son las siguientes:

- 1) El picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano) es un insecto plaga nativo de América central y se ha extendido por todo el continente americano. Ataca a Solanáceas, principalmente del género *Capsicum*; causa daños de hasta el 100 % durante la etapa de fructificación y dentro del rubro fitosanitario de esta hortaliza, es la plaga a la cual se

destina mayor gasto económico. Las especies hospedaras incluyen hierba mora (*Solanum nigrum*), berenjena (*S. melongena*) y variedades dulces y picosas de Chile.

- 2) Mosquita blanca (*Bermisia tabaci*) esta plaga en su estado adulto es una mosquita pequeña de color blanco que mide entre 1 y 2 mm de longitud. La hembra pone huevos en el envés de las hojas adheridos firmemente. Este insecto en la forma de ninfa permanece en las hojas alimentándose del jugo de los tejidos de la planta hasta llegar al estado adulto en el que tiene un vuelo muy activo. Constituye un problema serio desde la producción de plántula y continúa en la etapa de trasplante a formación de fruto. En esta etapa se debe muestrear por lo menos 50 plantas por cada hectárea distribuidas en 3, 5 o más sitios. Se recomienda aplicar insecticidas cuando al sacudir las plantas de Chile se observe que vuelan en promedio de 4 a 5 mosquitas blancas por planta.
- 3) Pulgón verde (*Myzus persicae*), es el vector de virus en vegetales más dañino del mundo, es capaz de transmitir más de 120 virus que afectan a más de 500 plantas hospedantes, entre las cuales se incluye el Chile serrano y otras plantas de importancia económica. Las ninfas y los adultos se alimentan en grandes colonias sobre el envés de las hojas. El daño es ocasionado por los estadios, al succionar la savia de las hojas y brotes, al alimentarse inyectan una saliva tóxica que distorsiona las hojas, el daño causa reducción de vigor de la planta, achaparramiento, marchitez, amarillamiento, encrespamiento y caída de hojas, así como el hongo que causa la fumagina que crece en la mielecilla que excretan, la cual ennegrece las hojas y se reduce la fotosíntesis. Sin embargo, el daño mayor es como el vector de enfermedades de tipo viral en la etapa de floración a cosecha del cultivo.
- 4) Minador de la hoja (*Liriomyza* spp.) el adulto es una pequeña mosquita que pone los huevos en el envés de las hojas. Cuando sale la larva, penetra en los tejidos

alimentándose de su contenido, deforma la hoja y deja galerías o minas; posteriormente las hojas dañadas se secan y se caen. Entre la etapa de floración y cosecha, se deben muestrear 50 plantas por lote de 1 a 2 hectáreas en 3 a 5 sitios diferentes, y se debe aplicar productos químicos cuando se encuentre un 20 % de daño en las hojas y estas presenten una o más minas con larvas vivas.

- 5) Araña roja (*Tetranychus* spp.) las infestaciones de araña roja empiezan por el envés de las hojas en donde se forman colonias de arañitas que secretan una fina telaraña y aunque son muy pequeñas pueden observarse con facilidad. Las plantas atacadas adquieren un aspecto enfermizo presentando un color amarillamiento y café, dando la apariencia de haber sido ligeramente polveadas. El ataque de este acaro provoca la caída de hojas. Generalmente la araña roja se presenta en temporadas secas con baja humedad relativa.

Lo que respecta a las principales enfermedades Mendoza (1999) menciona a:

- 1) En cuanto a los virus reportados en México para el cultivo de chile son: el virus rizado amarillo (Begomovirus), virus jaspeado del tabaco, virus mosaico del tabaco, dorado del fruto y virus mosaico del pepino, los cuales son transmitidos principalmente por mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) y pulgón verde (*Myzus persicae*).
- 2) Marchitez del chile, esta enfermedad es causada por un complejo de hongos y Oomycetos entre los que se encuentran *Fusarium*, *Pythium*, *Rizoctonia* y *Phytophthora*. El síntoma principal se localiza usualmente en el cuello de la raíz o base del tallo y causa un marchitamiento repentino y muerte de la planta, aunque también se puede presentar en la parte aérea de la planta.

- 3) Mancha foliar entre sus principales causantes se encuentra *Corynespora cassiicola* (Hyphomycetes: Dematiaceae). Este hongo presenta conidióforos erectos, simples u ocasionalmente ramificados, solitarios o en grupos rectos o ligeramente flexuosos, pálidos a café y lisos, septados, conidios solitarios o en cadenas de dos a seis muy variables en forma de clavados a cilíndricos, rectos o curvados, subhialinos o café y lisos.

#### **4.2.2 Características edafoclimáticas del cultivo**

El ciclo vegetativo de esta planta depende de las variedades, de la temperatura en las diferentes épocas (germinación, floración, maduración), de la duración del día y de la intensidad luminosa. El chile necesita una temperatura media diaria de 24 °C. Debajo de 15 °C el crecimiento es malo y con 10 °C el desarrollo del cultivo se paraliza. Con temperaturas superiores a los 35 °C la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco. Sin embargo, el cultivo del chile se adapta a diferentes tipos de suelo, pero prefiere suelos profundos, de 30 a 60 centímetros de profundidad, de ser posible, francos arenosos, franco limosos o franco arcillosos, con alto contenido de materia orgánica y que sean bien drenados (Cazares *et al.*, 2005).

El chile se adapta y desarrolla en suelos con pH desde 6.5 a 7.0 aunque hay que considerar que en suelos con pH de 5.5 hay necesidad de hacer enmiendas. Por abajo o arriba de los valores indicados no es recomendable su siembra porque afecta la disponibilidad de los nutrientes. Es por ello es muy importante conocer y considerar el pH del suelo porque indica los

rangos para el buen uso y asimilación de los fertilizantes y especialmente cuando sean de origen nitrogenado (Krarup, 1970).

#### **4.2.3. Rendimiento potencial**

De acuerdo a Cortes (2015), el cultivo de *Capsicum annuum* se tiene un rendimiento de fruto por planta en promedio de 1,100 g por planta lo que nos proporciona un rendimiento aproximado de 16.5 ton. ha<sup>-1</sup>.

#### **4.2.4. Requerimiento nutricional**

Los cultivos hortícolas, entre ellos el chile, requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio son de los factores de crecimiento más importantes en la expresión del rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Medina-Noh *et al.*, 2010; citado por Salazar-Jara y Juárez-López, 2012).

### **4.4 Manejo agronómico**

#### **4.4.1 Riego**

El cultivo de chile x'catik requiere una lámina de riego de 750 a 1000 mm para obtener altos rendimientos. Una lámina de riego menor a 30 mm mensuales afecta el rendimiento, el cual se ven disminuido (Ramírez *et al.*, 2006). De acuerdo con Tucuch (2012), los requerimientos de riego en el cultivo de chile x'catik son en la etapa inicial 500 ml por planta, en la etapa vegetativa 700 ml por planta, continuando así a la etapa de floración y fructificación donde se aplicarán 1200 ml por planta, para finalmente en la última etapa, cosecha se le suministrara 1500 a 2000 ml por planta.

#### **4.5 Uso de reguladores de crecimiento vegetal en cultivos hortícolas**

Los primeros indicios sobre el mecanismo de regulación del crecimiento vegetal fueron reportados en el siglo XIX por Charles Darwin y por Julius von Sachs, al demostrar que algunos de estos procesos eran regulados por sustancias que se transportaban de un sitio a otro en las plantas (Santner *et al.*, 2009).

Los fitorreguladores son utilizados en la agricultura para modificar eventos específicos durante el ciclo de vida de las plantas, logrando mejorar aspectos importantes en la producción agrícola, con lo que se puede conseguir aumentar la calidad y rendimiento de los cultivos, así como programar cosechas; también son utilizados para facilitar labores operativas durante el cultivo (Díaz, 2017).

De acuerdo con Alcántara et al. (2019), existen diversas fitohormonas que son de utilidad para promover el crecimiento vegetal:

- a) Las auxinas son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Los principales puntos de acción se encuentran a nivel celular, donde tienen la capacidad de dirigir e intervenir en los procesos de división, elongación y diferenciación celular. Esta suele encontrarse muy bien distribuida en la mayoría de las células y tejidos vegetales, por lo que puede interferir en procesos de diferenciación unicelular, pluricelular o incluso tener acción en los diferentes tejidos vegetales. Dadas las funciones que posee esta hormona es considerada como un tipo de morfógeno capaz de inducir la diferenciación celular de órganos como raíces, tallos y hojas, y así mismo, dar origen a ellos. Dentro de las auxinas más conocidas a nivel vegetal se encuentra el ácido 3-indol-

acético (AIA) que es la principal auxina producida de manera natural, aunque también se conocen otro tipo de auxinas que son producidas de manera sintética como el ácido indolbutírico (IBA), el ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y el ácido  $\alpha$ -naftalenacético (NAA).

- b) De igual forma las giberelinas, también conocidas como ácidos giberélicos, tuvieron su primera aparición en años cercanos a la década de 1930, cuando algunos científicos analizaron por primera vez algunas fitopatologías relacionadas con el arroz. Dentro de esta investigación se pudo observar la asociación de un hongo que anteriormente era conocido como *Gibberella fujikuroi* como agente etiológico de la enfermedad “bakanae” en las plántulas de arroz. Esta enfermedad usualmente era producida por la sobreexpresión de la fitohormona giberelina A que era sintetizada por este hongo y que ocasionaba un incremento en el crecimiento apical de la planta, con una morfología delgada en el desarrollado del vástago vegetal, en la década de 1950 se lograron aislar 3 tipos de giberelinas (GA1, GA2, GA3).
- c) El ácido abscísico, también conocido como ABA, es una de las fitohormonas que tiene la capacidad de inhibir y controlar algunos procesos vegetales que normalmente ocurren de manera natural. Puede ser generado de manera indirecta por las plantas a partir de la producción de ciertos carotenoides. También es sintetizado de manera directa por algunos organismos de tipo fúngicos fitopatógenos a partir del farnesil pirofosfato. Como regulador de crecimiento vegetal posee la capacidad de regular y mantener la dormancia de las semillas potencializando este efecto y tiene un rol importante en la maduración de semillas y en la producción de cigotos; También presenta una importante función en la maduración del embrión vegetal y está implicada en procesos de regulación génica y

promoción de la senescencia. Cabe resaltar que esta sustancia puede inducir la floración vegetal; no obstante, altos niveles de este metabolito pueden inducir un mal desarrollo en la planta y, como efecto secundario, puede reducirse la transpiración vegetal por medio de la regulación de las estomas estableciendo desequilibrio osmótico, lo que lleva a un nivel de turgencia impar a nivel celular.

#### **4.6 El ácido acetil salicílico**

El nombre de ácido acetilsalicílico, fue dado a este principio activo, por Raffaele Piria en 1838. La producción comercial del AS inicio en 1874 en Alemania. La aspirina, marca comercial dada al ácido acetil salicílico (ASS), derivado sintético del ácido salicílico, introducida por la compañía Bayer en 1898, se convirtió rápidamente en una de los fármacos mejor vendidos en todo el mundo; utilizándose para tratar desde resfriados comunes, hasta ataques al corazón (Raskin, 1992; Klessig y Malamy, 1994).

Delgado-Chamorro (2014), mencionó que el AAS pertenece a la amplia gama de compuestos fenólicos producidos por las plantas, pertenece al grupo de los salicilatos, cuya característica química los relaciona por presentar el radical 2-hidroxibenzoico y con fórmula molecular,  $C_9H_8O_4$ . El AAS cuenta con una masa molecular de  $180.15 \text{ g mol}^{-1}$ , es uno de los fármacos más conocidos en todo el mundo por el uso que se le da para tratar diversos dolores, la fiebre y la inflamación, debido a su efecto inhibitorio, no selectivo, de la ciclooxigenasa.

#### **4.7 Ácido acetyl salicílico como regulador de crecimiento vegetal**

Entre los efectos que causa el ácido salicílico en el desarrollo de los vegetales se tiene: inhibición de la germinación o del crecimiento de raíz y coleóptilo, inducción de la floración e inhibición de la misma (Saxena y Rashid, 1980), provoca cierre de estomas, reducción de la transpiración, mantiene turgente los estomas y altera la permeabilidad de los tilacoides (Larqué-Saavedra, 1975).

El ácido salicílico es una fitohormona que permite mejorar y potencializar el crecimiento de la floración vegetal. Tiene la capacidad de incrementar la longevidad floral y puede tomar un papel inhibitorio en la biosíntesis de etileno. Como ácido orgánico puede inducir la activación enzimática de sustancias como la amilasa y el nitrato reductasa. Naturalmente, puede tener un efecto sinérgico cuando es combinada con algunas fitohormonas como las auxinas y las giberelinas. En algunos estudios se ha comprobado su papel en el control y protección de procesos de estrés ya que puede inducir una mejor tolerancia a la germinación en ambientes con bajas temperaturas, así como mejorar la capacidad de resistencia hacia ambientes con alta salinidad o sequía. Por último, se debe mencionar su importancia en el control de la actividad fotosintética y la conductividad de las estomas en presencia de un estrés biótico como la sequía (Alcántara et al., 2019).

## **V. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **5.1 Área de estudio**

El proyecto se realizó en las instalaciones de la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka'an ubicado en el kilómetro 2 de la carretera Maní - Dzan, a 20° 30' Latitud Norte y 89° 25' Longitud Oeste, con una Altitud de 20 msnm. El trabajo se estableció en las parcelas demostrativas de dicha institución en condiciones de cielo abierto.

### **5.2 Material vegetal**

Para el material vegetal utilizado para esta investigación, se obtuvieron las plántulas de chile x'catik (*C. annuum* L.) Var. Criollo de 10 días después de la germinación (ddg) adquiridas en la unidad de producción de plántulas del Vivero Barbosa, ubicada en la comunidad de Muna, Yucatán.

### **5.3 Manejo agronómico**

#### **5.3.1 Riego y Fertilización en semillero**

Una vez obtenidos las plántulas semilleros fueron trasladados a una estructura rudimentaria denominada Ka'anché, el cual tenía un recubrimiento de la parte superior con malla sombra del 50 % de iluminación. El riego de las plántulas se realizó con una regadera manual a razón de 1 L de agua por charola, dependiendo de los requerimientos de la planta y de las condiciones del clima.

En el caso de la fertilización se realizaron aplicaciones semanales de acuerdo a las recomendaciones de Soria *et al.* (2002). Así mismo, se realizaron aplicaciones de té de composta y microorganismos benéficos en soluciones líquidas en una relación (1:10); el cual fue vía fertirriego, aplicando 1 L de la solución de forma homogénea por charola (Anexo 1).

### **5.3.2 Preparación del terreno**

Para la preparación del terreno se tomaron las recomendaciones de Mejía (2009):

- 1) *Para la preparación del terreno:* se procedió a retirar toda la maleza de forma manual con la finalidad de dejar limpia la zona; posterior a ello se rehabilitaron las camas que estaban ya marcadas, dándoles un volteado con un pico para mejorar la estructura del suelo, para retirar la maleza presente (Anexo 2). Se colocó plástico negro para recubrir el suelo y evitar la emergencia de maleza durante el tiempo que se esperaría para realizar el trasplante.
- 2) *Instalación del sistema de riego:* Se procedió a instalar el sistema de riego, el cual fue por el método de goteo con emisores a 30 cm en hileras dobles a distancia de 40 cm entre ellas, adaptadas a una tubería principal de 2" alimentadas por una bomba de 10 hp y en riegos auxiliares por gravedad (Anexo 3 y 4).
- 3) *Barrera vivas:* Al terminar la preparación e instalación del sistema de riego se prosiguió con la siembra de las barreras de maíz criollo "Eh Jub" para que, al momento del trasplante, ya tuvieran una cobertura de protección.

### **5.3.3 Trasplante**

Se realizó el trasplante el 15 de septiembre de 2021, dando un riego auxiliar por 20 minutos antes de la siembra, posterior a ello se realizaron los orificios en el suelo y se adicionaron con 100 g de composta (Muñoz *et al.*, 2013), así mismo se realizó la aplicación de Raizal 400<sup>®</sup> y tres aplicaciones subsecuentes con intervalos semanales a una dosis de 5 g .L<sup>-1</sup> (Anexo 5), Se recubrieron los surcos con túneles de malla Agribón<sup>®</sup> 17 durante 47 días.

### **5.3.4 Control de maleza**

Se realizaron deshierbes manuales en las hileras y calles, para el control de la maleza; al igual que se realizaron limpiezas en las calles con una desbrozadora, dejando la maleza como acolchado para el control de los rebrotes.

### **5.3.5 Fertilización orgánica e inorgánica**

Para la fertilización orgánica se aplicó al momento del trasplante adicionando 200 g- planta<sup>-1</sup> de composta sólida, con aplicaciones subsecuentes cada 20 días (López-Arcos *et al.*, 2012). También se aplicó una solución de microorganismos en solución líquida a una relación 1:10 vía foliar y en drench. Para la nutrición inorgánica se realizaron aplicaciones semanales de acuerdo con las recomendaciones de Soria *et al.* (2002) con la adición de fertilizaciones foliares para los micronutrientes.

### **5.3.6 Manejo agroecológico de plagas y enfermedades**

En este rubro se mantuvo el umbral de plagas por debajo del nivel de daño económico, debido a que la superficie se ha mantenido sin aplicación de agrotóxicos, lo que ha generado un nicho de biocontroladores naturales de la zona. Sin embargo, se hicieron aplicaciones preventivas para evitar la presencia de *B. tabaci*, *Liriomyza* sp. y *A. eugenii*. Plagas de

importancia agrícola al momento del destape. Para el control de hongos fitopatógenos, se realizaron aplicaciones de caldo bordelés cuando se tenía presencia de manchas foliares (Mejía, 2009). Se realizaron aplicaciones de extractos y preparados para el control de plagas y enfermedades (Cuadro 2).

Cuadro 1. Aplicaciones de extractos y preparados para la prevención y control de plagas y enfermedades en *C. annuum*.

Extractos vegetales/preparados	Dosis (mL.L <sup>-1</sup> )	Número de aplicaciones
Sábila + shampoo*	10	6
Chile habanero + Cebolla +Ajo + shampoo*	50	3
Ajo + cebolla + albahaca+ orégano	100	2
Extracto de ajo + cebolla + nem	10	3
Caldo bordelés	100	2

\*shampoo (1 mL.L<sup>-1</sup>) como adherente. Las aplicaciones se realizaron de forma intercalada.

### 5.3.7 Preparación de extractos vegetales y caldo bordelés

Para la elaboración de los extractos empleados para prevenir o controlar la presencia de las plagas y enfermedades se realizaron de acuerdo al recetario de Mejía (2009) y las del recetario de la Escuela de Agricultura Ecológica U Yits Ka'an de Maní:

- 1) Extracto de ajo + cebolla + nem: Se pone a hervir en tres litros de agua una cabeza de ajo, una cebolla morada macerados por completo y 1 kg de hojas de nem (*Azadirachta*

*indica*). Se pone a fuego por 30 minutos, posterior a ello se deja reposar por 24 horas; para su aplicación se filtra para eliminar los residuos; para la aplicación se toma del preparado  $100 \text{ mL.L}^{-1}$ .

- 2) Extracto de ajo + chile + pimienta gruesa + alcohol, se toman 500 g de ajo, 1 kilogramo de chile habanero, 250 g de pimienta gruesa y un litro de alcohol del 95 %. Para su preparación se maceran todos los ingredientes, los cuales se aforan a 10 L para ponerlos a hervir por 30 min a fuego lento. Una vez finalizado el tiempo de cocción se deja enfriar para poder adicionar el alcohol. Se deja reposar por 10 días en un contenedor con cierre hermético para su posterior aplicación ( $50 \text{ mL.L}^{-1}$ )
- 3) Ajo + cebolla + albahaca+ orégano. Se pone a hervir en tres litros de agua una cabeza de ajo, una cebolla morada, 250 g a albahaca y 250 g de orégano. Los ingredientes fueron macerados para poner a fuego lento por 30 minutos; posterior a ello se deja reposar por 24 horas; para su aplicación se filtra para eliminar los residuos, tomando  $100 \text{ mL.L}^{-1}$  del preparado.
- 4) Extracto de sábila. Se pesó un kilogramo de sábila, el cual se le adicionó agua suficiente para su licuado. El volumen final debe ser aforado a dos L de agua: se deja reposar por 15 días para fermentación; posterior a ello se puede realizar su aplicación a una dosis de  $10 \text{ mL.L}^{-1}$  (Anexo 6).
- 5) Caldo bordelés. Se pesa 80 g de sulfato de cobre y 80 g cal viva; para la preparación se adiciona 5 L agua en un recipiente de plástico, al cual se le adiciona el sulfato de cobre para diluir. Este mismo procedimiento se realiza con la cal, pero en otro recipiente por separado. Una vez realizado las diluciones, se vierte el sulfato en la dilución de cal. Esta cantidad es aforada a 20 L para su aplicación.

#### 5.4 Preparación de tratamientos de AAS (ácido acetilsalicílico)

El tratamiento utilizado para determinar la respuesta en el cultivo de chile x'catik (*C. annuum*), fue el AAS en su ingrediente puro conocido como Aspirina<sup>®</sup>, en aplicaciones foliares. Se determinó la cantidad de solución que se le suministró a cada tratamiento, tomando de referencia la solución de 1  $\mu\text{M}$  de acuerdo a los resultados obtenidos por Tzab-Koh (2019), en el cual obtuvo resultados positivos en el cultivo de chile habanero (*C. chinense*). De acuerdo a lo mencionado, se usó la solución de 1  $\mu\text{M}$  como base, así mismo las concentraciones 10  $\mu\text{M}$  y 100  $\mu\text{M}$ . Una vez determinado las concentraciones se calculó el peso molecular del ácido acetilsalicílico (180.158  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ), se tomó de referencia una pastilla de Aspirina 3.55 g de peso, y la cantidad contenida del ácido acetilsalicílico de 500 mg. Conociendo estos datos se procedió a realizar el cálculo con una regla de 3:

- 1  $\mu\text{M}$  de Aspirina (AAS)= 180.158 g; para  $10^{-4}$  M= 0.0180158 g.

$$\begin{array}{r} 3.55 \text{ g.} \\ \mathbf{X= 0.127 \text{ g.}} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0.5 \\ 0.0180158 \end{array}$$

- 10  $\mu\text{M}$  de Aspirina (AAS)= 1801.58 g; para  $10^{-4}$  M= 0.180158 g

$$\begin{array}{r} 3.55 \text{ g.} \\ \mathbf{X= 1.279 \text{ g.}} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0.5 \\ 0.180158 \text{ g} \end{array}$$

- 100  $\mu\text{M}$  de Aspirina (AAS)= 18015.8 g; para  $10^{-4}$  M= 1.80158 g

$$\begin{array}{r} 3.55 \text{ g.} \\ \mathbf{X= 12.791 \text{ g.}} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0.5 \\ 1.80158 \text{ g} \end{array}$$

- Tratamiento testigo no se le suministró AAS como regulador de crecimiento, solo se asperjó con agua destilada.

Cuadro 2 Tratamientos utilizados con ácido acetilsalicílico (AAS) en *C. annuum* L.

Tratamientos	Concentración de AAS ( $\mu\text{M}$ )	Dosis sugerida $\text{g.L}^{-1}$ de agua
1	1	0.12791218
2	10	1.2791218
3	100	12.791218
4 (Control)	0.0	0.0

Efecto de la aplicación de AAS en la promoción de crecimiento vegetal en plántulas de chile x'catik (*Capsicum annuum* L.) a los 45 días después de la germinación.

El ensayo se realizó con las plántulas de chile x'catik de la var. Criollo a los 10 días ddg. Se realizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos, con las dosis de AAS de 0.0, 0.127, 1.27, 12.79 g de AAS. Se realizaron tres aplicaciones foliares de AAS en intervalos semanales. A los 45 ddg se seleccionó un lote de 20 plántulas por tratamiento para su evaluación. Los datos obtenidos fueron sujetos a análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los análisis se realizaron con el paquete estadístico InfoStat Ver. Libre (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## 5.5 Variables evaluadas

- Altura de la plántula (AP). La altura se midió con un flexómetro (cm), desde la base del tallo hasta el ápice terminal de la plúmula.
- Diámetro de tallo (DT). El diámetro del tallo se midió con la ayuda de un vernier digital (mm), en la base del tallo por arriba de la superficie del suelo.
- Número de hojas (NH). El conteo de número de hojas de la planta se realizó mediante la observación directa, contando únicamente las hojas verdaderas.
- Longitud de radicular (LR). La longitud radicular se midió con un flexómetro (cm), por debajo de la terminación del tallo en donde inicia la raíz primaria hasta la parte terminal de la misma.
- Volumen radicular (VR). El volumen radicular se determinó con la ayuda de una probeta, aforado a 250 ml, en la cual se sumergió la raíz, el volumen (cm<sup>3</sup>) desplazado se registró con la ayuda de una jeringa.
- Biomasa fresca (BF). La biomasa fresca se midió con la ayuda de una báscula digital (g), el cual se pesó la totalidad de parte aérea y parte radical.
- Biomasa seca (BS). La biomasa seca se realizó secando las muestras en una estufa a 60°C por 72 h hasta peso constante. Se midió con la ayuda de una balanza analítica (g), la totalidad de la parte aérea y radical.

Efecto de la aplicación de AAS en el crecimiento y desarrollo en plantas de chile x'catik (*C. annuum*) a los 45 y 70 días después del trasplante

A los 45 ddg se realizó el trasplante con una última aplicación foliar de AAS. Las plántulas se establecieron a 30 cm entre plantas y 1 m entre hilera; en camas con labranza mínima, el cual consistió en hacer una remoción del suelo a una profundidad de 50 por 80 cm ancho. Se elaboró un total de cinco surcos en condiciones de cielo abierto, las plántulas al momento del trasplante se cubrieron con malla Agribón® 17, que permaneció hasta los 45 ddt. La fertilización fue con base al manejo agroecológico empleado en la unidad; el cual consistió en aplicar composta sólida por cada pocillo en una cantidad de 200 g.planta<sup>-1</sup> con frecuencia de 20 días (López-Arcos *et al.*, 2012), aplicación de microorganismos en una solución líquida (1:10), más la fertilización inorgánica recomendada por Soria *et al.* (2002). Se estableció un diseño experimental en bloques completamente al azar, con cinco repeticiones con 3 tratamientos y un control. Cada repetición constó de surcos dobles de 3.2 m de largo con 16 plantas por tratamiento, de las cuales se tomaron las 10 plantas centrales como unidades de muestreo, dejando los 6 restantes por el efecto de borde, con 50 unidades experimentales por tratamiento, con un total de 250 plantas evaluadas. Para el análisis de los datos, se evaluaron en dos fases: la primera fue a los 45 ddt al momento del destape con la malla, evaluando las variables: altura (AL), diámetro del tallo (DT) y número de botones florales (NB). La segunda evaluación fue a los 70 ddt evaluando las variables: altura (AL), diámetro del tallo (DT) y número de frutos (NF.) Los datos obtenidos fueron sujetos a un análisis de varianza (ANDEVA) y prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) con la ayuda del paquete estadístico InfoStat Ver. Libre (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Efecto de la aplicación de AAS en el rendimiento y desarrollo en plantas de chile x'catik (*C. annuum*) a los 140 ddt.

### 5.5.1 Variables agronómicas

- Altura de la planta (AP). La altura se midió con un flexómetro (cm), desde la base del tallo hasta la yema terminal.
- Diámetro de tallo (DT). El diámetro del tallo se midió con la ayuda de un vernier digital (mm), en la base del tallo por arriba de la superficie del suelo.
- Longitud de radicular (LR). La longitud radicular se midió con un flexómetro (cm), por debajo de la terminación del tallo en donde inicia la raíz primaria hasta la parte terminal de la misma.
- Volumen radicular (VR). El volumen radicular se determinó con la ayuda de una probeta, aforado a 500 ml, en la cual se sumergió la raíz, el volumen (cm<sup>3</sup>) desplazado se registró con la ayuda de una jeringa.
- Biomasa fresca (BF). La biomasa fresca se midió con la ayuda de una báscula digital (g), el cual se pesó la parte aérea y parte radical individualmente.
- Biomasa seca (BS). La biomasa seca se realizó secando las muestras en una estufa a 60°C por 192 h constante. Se midió con la ayuda de una balanza analítica (g), por separado la parte aérea y radical.

### **5.5.2 Variables de rendimiento y calidad de frutos**

- Numero de frutos (NF). El conteo del número de frutos se realizó mediante observación directa, tomando en cuenta el número total de frutos cuajados.
- Peso fresco (PF). El peso fresco se midió con la ayuda de una báscula digital, en el cual se separó la parte aérea de la parte de la raíz para obtener el peso de cada uno.
- Diámetro ecuatorial (DE). El diámetro ecuatorial se midió con la ayuda de un vernier digital (mm).
- Largo de fruto (LF). El largo de fruto se midió con una cinta métrica tomando desde la base del pedúnculo hasta el final del fruto.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 Efecto de la aplicación de AAS en la promoción de crecimiento vegetal en plántulas de chile x'catik (*C. annuum*) a los 45 ddg

El análisis de varianza para la promoción de crecimiento de plántulas de 45 ddg en chile x'catik con la aplicación foliar de AAS, desarrolladas en charolas de poliestireno de 200 cavidades, mostraron respuestas significativas ( $P \leq 0.05$ ) en las variables respuesta (Cuadro 4 y 5).

**Altura (AL):** Para esta variable se tuvo que el tratamiento 3 (12.79 g) y 2 (1.27 g) tuvieron una mejora en la altura de las plantas, que son estadísticamente superiores al control; con un incremento en la altura de 11.55 y 6.58 %, respectivamente, (Anexo 7).

**Diámetro del tallo (DT):** Para esta variable se tienen que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, generando un incremento en el DT de 4.13%.

**Número de hojas (NH):** Para la variable de número de hojas se tuvo que el tratamiento 2 y 1 fueron estadísticamente igual al control; sin embargo, presentaron valores ligeramente superiores al control; con incrementos en el número de hojas de 8.03 y 5.35 %, en su orden.

**Longitud de raíz (LR) y volumen radicular (VR).** Para la longitud de raíz se tuvo que el tratamiento 3 fue estadísticamente superior al control, con un incremento en la LR de 6.55 %. Para el volumen radicular se tiene que todos los tratamientos tuvieron efecto superior y estadísticamente diferente al control, sin embargo, se destaca el tratamiento 2 con un incremento en el VR de 36.62 %; para los tratamientos 1 y 3 con incrementos que de 15.49 y 14.08%, respectivamente, (Anexo 8).

Diversos estudios demuestran que la aplicación del AAS puede mejorar variables de crecimiento en cultivos hortícolas. Este comportamiento ha sido demostrado por Larqué-Saavedra *et al.* (2010), quienes concluyeron que la concentración de 1  $\mu\text{M}$  de AS incrementó la altura y diámetro del tallo en plántulas de tomate; en este estudio se logró tales incrementos con una dosis de 10  $\mu\text{M}$ , mejorando estas mismas variables, además del número de hojas, longitud de raíz y volumen radical. Estos mismos autores aplicaron de forma exógena en dos ocasiones el AS en las plántulas, mientras que en este estudio se aplicaron en 4 ocasiones, así como lo reportan Yildirim y Dursun (2009), en el cultivo de tomate, generando cambios fisiológicos en las plantas. Así mismo, Larqué-Saavedra *et al.* (2010), mencionaron que los efectos positivos de la aplicación AS en tomate, indican una posible mejora en el sistema radicular, lo que le permite a la planta una eficiente toma de nutrientes y agua del suelo, y con ello desarrollar un mayor dosel. Estas características son las que se ven reflejadas en el tamaño y volumen de las raíces en plantas tratadas con AAS, lo que generó mayor porte de las mismas. Además, mencionan que la aplicación en pequeñas concentraciones, resulta positivo, posiblemente por la existencia de receptores que magnifica su efecto o que un pequeño umbral dispara la cascada de efectos que se han venido reportando por diversos autores.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación foliar de AAS en plántulas de *C. annuum* L. a los 45 ddg.

Tratamiento	AL (cm)	DT (mm)	NH	LR (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )
T1	16.19 ±1.24 c	2.24 ±0.20 ab	7.87± 0.83 ab	78.94 ±6.55 c	0.82±0.10 b
T2	<b>17.81± 0.61 b</b>	<b>2.27 ±0.19 a</b>	<b>8.07 ±0.96 a</b>	81.15± 6.31 bc	<b>0.97 ±0.12 a</b>
T3	<b>18.59± 1.10 a</b>	2.14 ±0.25 ab	7.33 ±0.81 b	<b>90.13 ±9.92 a</b>	0.81 ±0.12 b
Control	16.71± 0.75 c	2.08±0.26 b	7.47± 0.51 ab	84.59± 4.15 b	0.71 ± 0.06 c
DMS	0.98	0.22	0.76	6.69	0.10

AL= Altura; DT= Diámetro del tallo; NH= Número de hojas; LR= Longitud de raíz; VR= Volumen radical; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

**Biomasa fresca de la parte aérea (BFPA) y biomasa fresca de la raíz (BFR):** Para la BFPA y BFR el análisis estadístico nos demuestra que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con un incremento del 14.63 y 22.92 %, respectivamente.

**Biomasa seca de la parte aérea (BSPA) y biomasa seca de la raíz (BSR):** Para la variable de BSPA, el análisis estadístico nos demuestra que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con un aumento en la BSPA de 22.92 %. Para la BSR, se tiene que los tratamientos 1 y 2 fueron estadísticamente superiores al control, con un incremento para ambas variables de 33.33 %.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación foliar de AAS en la biomasa fresca y seca en plántulas de *C. annuum* a los 45 ddg.

Tratamiento	BFPA (g)	BFR (g)	BSPA (g)	BSR (g)
T1	0.80 ± 0.17 b	0.51 ± 0.09 b	0.09 ± 0.02 ab	<b>0.04 ± 0.01 a</b>
T2	<b>0.94 ± 0.08 a</b>	<b>0.59 ± 0.06 a</b>	<b>0.10 ± 0.02 a</b>	<b>0.04 ± 0.01 a</b>
T3	0.85 ± 0.07 b	0.49 ± 0.08 b	0.09 ± 0.02 ab	0.03 ± 0.01 b
Control	0.82 ± 0.07 b	0.48 ± 0.10 b	0.08 ± 0.01 b	0.03 ± 0.01 b
DMS	0.11	0.084	0.017	0.007

BFPA= Biomasa fresca de la parte aérea, BFR= Biomasa fresca de la raíz; BSPA= Biomasa seca de la parte aérea; y BSR= Biomasa seca de la raíz; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

Sánchez-Chávez *et al.* (2011), con la aplicación AS en concentraciones de 0.1 y 0.2 mM presentaron la máxima producción de biomasa radicular y biomasa foliar en plantas de *C. annuum* var. Jalapeño respecto a su control, con incrementos de 13.0 y 17.0 % respectivamente. Estos valores son inferiores a los obtenidos en este estudio para estas mismas variables, sin embargo, con la aplicación foliar a una concentración de 10  $\mu$ M AAS, se obtuvieron incrementos de 33.33 y 22.92 %, en su orden. Por su parte Guzmán-Antonio *et al.* (2012), con la aplicación de AS a una concentración de  $10^{-8}$  M en plántulas de *C. chinense* de 50 ddg, encontraron una mejora en la relación biomasa seca del vástago y de la raíz con un incremento de 61.58 %, valor superior a lo obtenido en este estudio.

## **6.2. Efecto de la aplicación de AAS en el crecimiento y desarrollo en plantas de chile x'catik (*C. annuum*) a los 45 y 70 ddt**

El análisis de varianza para la promoción de crecimiento de plantas de 45 ddt al destape de los túneles en el cultivo de chile x'catik con la aplicación foliar de AAS en etapa de plántula, mostraron respuestas significativas ( $P \leq 0.05$ ) en las variables evaluadas (Cuadro 6).

**Altura (AL).** Para la medición de la altura en las plantas de 45 ddt, se tiene que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con una altura de 44.80 cm y un incremento de 14.63 %.

**Diámetro del tallo (DT).** Para el DT se tiene que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control con 8.02 mm, con un incremento de 27.91%.

**Número de botones florales (NBF).** Para el número de botones florales, no se encontró diferencias significativas a entre tratamientos, sin embargo, los tratamientos con la aplicación del AAS, se mejoró la cantidad de esta variable comparado al control, con incrementos del 1.64 al 19.17 %.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación foliar de AAS en plantas de *C. annuum* a los 45 ddt.

Tratamiento	AL (cm)	DT (mm)	NBF
T1	41.28± 8.35 ab	7.25 ± 1.63 ab	5.78 ± 3.71 a
T2	<b>44.80±7.27 a</b>	<b>8.02± 2.01 a</b>	5.40± 4.49 a
T3	35.54±7.55 c	6.07±1.80 c	4.93± 4.83 a
Control	39.08±6.84 bc	6.27±1.52 bc	4.85± 3.41 a
DMS	4.29	1.05	2.06

AL= Altura; DT= Diámetro del tallo y NBF= Número de botones florales; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

El análisis de varianza para la promoción de crecimiento de plantas de 70 ddt en el cultivo de chile x'catik con la aplicación foliar de AAS en etapa de plántula, mostraron respuestas significativas ( $P \leq 0.05$ ) en las variables evaluadas (Cuadro 7).

**Altura (AL).** Para la evaluación de la altura de las plantas de 70 ddt, los tratamientos 2 y 1 fueron superiores al control, con valores de 74.38 y 71.37 cm de altura e incrementos de 10.91 y 6.42 %, respectivamente.

**Diámetro de tallo (DT).** El tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con valores de 11.79 mm y un incremento 9.06 %, respecto al control.

**Numero de frutos (NF).** El tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con valores de 3.50 frutos por planta, lo que generó un incremento de 53.51 % respecto al control.

Estudios realizados por Tzab -Koh (2019) en la evaluación de concentraciones de AAS en plantas de *C. chinense* no hubo cambios significativos en las variables de altura y diámetro del tallo, sin embargo, en este estudio si se logró obtener incrementos para estas variables. Al igual que con una dosis de 1.0  $\mu\text{M}$ , obtuvo un mayor número de frutos por planta, en comparación al control, con un incremento del 30.0 %. Este valor fue similar a lo obtenido en este estudio con la misma concentración en *C. annuum* con un incremento de 28.95 %; sin embargo, con la dosis de 10  $\mu\text{M}$  en este estudio se logró obtener un incremento de 53.51%, superior a lo que reporta en su investigación. Así mismo Tucuch *et al.* (2017), con una dosis de 1.0  $\mu\text{M}$  de AAS lograron mayor número de frutos *C. chinense*.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación foliar de AAS en plantas de *C. annuum* a los 70 ddt.

Tratamiento	AL (cm)	DT (mm)	NF
T1	<b>71.37±9.99 a</b>	10.80 ±1.81 b	2.94 ±2.36 ab
T2	<b>74.38±10.09 a</b>	<b>11.79±2.13 a</b>	<b>3.50± 2.59 a</b>
T3	65.17±8.68 b	10.31±1.88 b	2.28±2.23 b
Control	67.06±8.60 b	10.81±1.79 b	2.28±3.09 b
DMS	4.49	0.91	1.26

AL= Altura; DT= Diámetro del tallo y NF= Número de frutos; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

La aplicación foliar en etapas tempranas en las plantas de *C. annuum* con las concentraciones utilizadas en este estudio, se puede observar que la adición de una mayor concentración de AAS en etapas tempranas de crecimiento, se mejoraron algunas variables como

la altura, sin embargo, en etapas de desarrollo y en la floración y fructificación, se observaron efectos adversos con la aplicación a concentraciones mayores (100  $\mu\text{M}$ ), respecto al control (Figura 1 y 2). Esto lo mencionan algunos autores como Larqué-Saavedra *et al.* (2010), que con dosis mínimas se pueden lograr efectos positivos en los cultivos hortícolas.

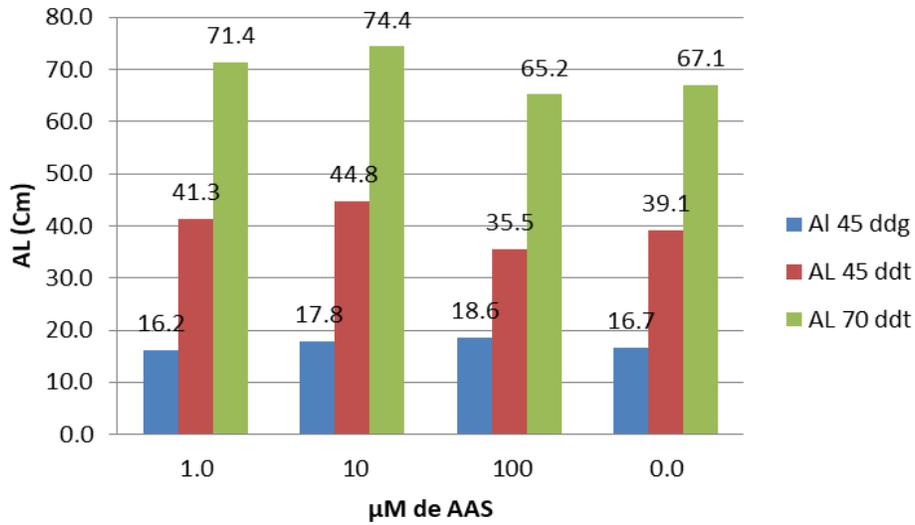
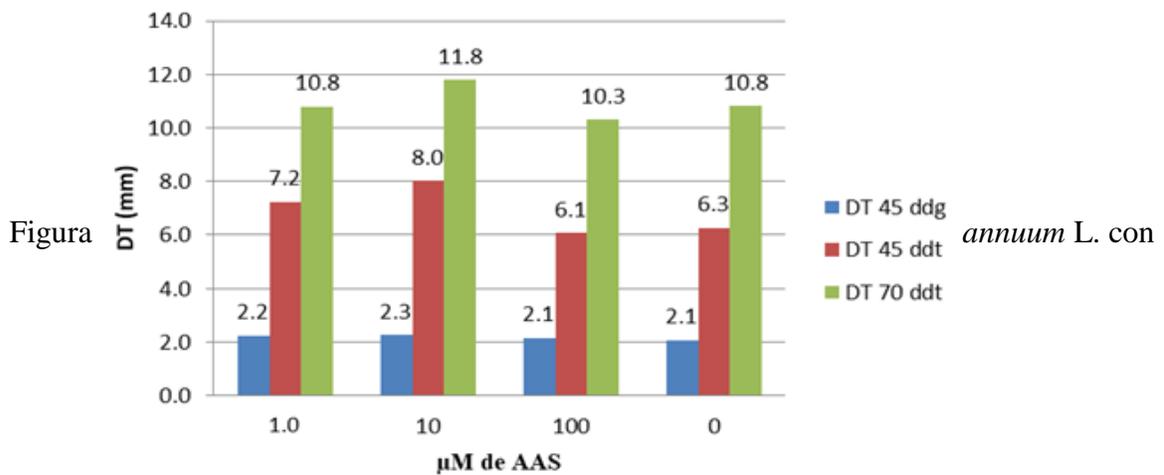


Figura 1. Cinética de crecimiento en la altura de plantas de *C. annuum* con aplicación foliar de AAS.



Figura

*annuum* L. con

## **Efecto de la aplicación de AAS en el rendimiento y desarrollo en plantas de chile x'catik a los 140 ddt.**

El análisis de varianza para el rendimiento, desarrollo y calidad de frutos en el cultivo de chile x'catik con la aplicación foliar de AAS, mostraron respuestas significativas ( $P \leq 0.05$ ) en las variables evaluadas (Cuadro 8, 9 y 10).

**Numero de frutos (NF).** Para la evaluación del número de frutos en chile x'catik, los tratamientos 2 y 1 fueron estadísticamente superiores al control, con valores promedios de 20.85 y 20.35 frutos planta<sup>-1</sup> e incrementos de 21.71 y 18.79 %, respectivamente.

**Peso del fruto (PF).** Para el Peso del fruto, se tiene que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con un valor de 409.81 g planta<sup>-1</sup> y un incremento de 37.77 %, respecto al control. Al realizar la extrapolación del rendimiento se tiene 9.02 ton ha<sup>-1</sup>, con la aplicación de 10.0  $\mu\text{m}$  de AAS.

**Largo del fruto (LF).** Para el LF, se tiene que el tratamiento 3 fue estadísticamente superior al control, con valores de 16.25 cm, lo que genera un incremento de 5.31 % respecto al control.

**Diámetro ecuatorial (DE).** Para el Diámetro ecuatorial del fruto, se tiene que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control, con un valor de 28.01 mm y un incremento de 10.62 %, respecto al control.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación foliar de AAS en el rendimiento y calidad de frutos en el cultivo de *C. annuum*.

Tratamiento	NF	PF (g)	LF (cm)	DE (mm)
T1	20.35± 7.16a	341.97±136.68b	15.67±0.94bc	26.90±2.01b
T2	<b>20.85± 5.91a</b>	<b>409.81±124.38a</b>	16.15±0.91ab	<b>28.01±1.86a</b>
T3	19.68±6.43ab	357.51±130.64ab	<b>16.25±1.12a</b>	26.46±1.78b
Control	17.13±7.72b	297.46±140.86b	15.43 ±1.05c	25.32±2.10c
DMS	4.02	76.73	0.517	1.024

NF= Numero de frutos; PF=Peso de frutos; LF= Longitud de fruto y DE= Diámetro ecuatorial; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

En este estudio la aplicación foliar de ASS a diferentes concentraciones, generaron efectos significativos en el rendimiento del cultivo de *C. annuum*. Vázquez-Díaz *et al.* (2016) con la aplicación de ASS en el cultivo de *Solanum lycopersicum* L. obtuvieron que con una dosis de 0.025 y 0.1 mM, se generaron incrementos del 30 y 23% en el rendimiento del cultivo antes mencionado. Efecto u obtenido en este estudio ya que a una dosis de AAS (10  $\mu$ M) fue estadísticamente superior al control, con un incremento de 37.77 %.

**Altura (AL).** Para la evaluación de la altura de las plantas, el tratamiento 2 fue estadísticamente superiores al control, con un valor de 130.87 cm de altura y un incremento del 6.69 %.

**Diámetro de tallo (DT).** Para el DT, se tiene que no existió diferencia estadística, sin embargo, el tratamiento 1 incremento un 4.99 %, respecto al control.

**Longitud de raíz (LR) y volumen radicular (VR).** Para la longitud de raíz se estimó en el tratamiento 1 estadísticamente superior al control, con un valor de 46.90 cm y un incremento de 31.08 %. Para el volumen radicular el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control con 60.63 cm<sup>3</sup>, con un incremento del 60.60 %.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación foliar de AAS en variables agronómicas en plantas de *C. annuum*.

Tratamiento	AL (cm)	DT (mm)	LR (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )
T1	125.14±11.40 ab	18.50 ±3.48 a	<b>46.90± 7.09 a</b>	55.60±13.94 ab
T2	<b>130.87±12.68 a</b>	18.21±3.35 a	45.18±8.03 ab	<b>60.63±11.87 a</b>
T3	125.60±13.18 ab	17.88±3.09 a	38.06 ±5.46 ab	49.38±8.20 ab
Control	122.66±16.66 b	17.62±2.28 a	35.78±6.37 b	37.75±18.84 b
DMS	7.12	1.78	10.66	20.38

AL= Altura; DT= Diámetro del tallo; LR= Longitud de raíz; y VR= Volumen radicular; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

La aplicación foliar en etapas tempranas de AAS a bajas concentraciones indica la existencia de mejoras en el crecimiento de las plantas y sus efectos en etapa adulta, como es el efecto positivo en la altura, longitud de raíz y volumen radicular, siendo los tratamientos 1 y 2 con los mejores efectos en estas variables; estos resultados coincide con lo reportado por Larqué-Saavedra *et al.* (2007), en el cultivo de tomate en el cual la aplicación foliar del AS a bajas

concentraciones (1.0, 0.01 y 0.0001  $\mu\text{M}$ ) en etapas tempranas repercuten y actúan como biorreguladores del crecimiento en las plantas de tomate. Estos efectos generan aumentos en el porte de las plantas e incrementan el área foliar, al igual que mejoran la longitud y densidad de raíces.

Por su parte Gutiérrez-Coronado *et al.* (1998) reportaron que la aplicación de soluciones acuosas de AS, a los brotes de soja (*Glycine max* L.), aumentaron significativamente el crecimiento de brotes y raíces medido después de siete días de aplicado el tratamiento. La pulverización de brotes con SA no tuvo un efecto significativo sobre la tasa fotosintética. Se obtuvieron incrementos de crecimiento en plantas cultivadas tanto en invernadero como en campo; Se midieron en el campo aumentos inducidos por SA en el crecimiento de raíces de hasta el 100%.

Al igual, Tucuch Haas *et al.* (2015) mencionaron que en los resultados de los experimentos se aprecia que, a pesar de que el patrón de elongación de las raíces de las plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.) induzcan un estímulo por la aplicación o del ácido salicílico (AS), estas diferencias no son significativas. En el tratamiento de 1  $\mu\text{M}$  de AS favoreció la elongación en 3 cm, equivalente a 34%, en tanto que en el tratamiento de 0.01  $\mu\text{M}$  el efecto fue de 1.1 cm, equivalente a 9.6%, en comparación con el control. Lo que ocurrió en este estudio, al obtenerse para la longitud de raíz que el tratamiento 1 fue estadísticamente superior al control, con un valor de 46.90 cm y un incremento de 31.08 %.

**Biomasa fresca de la parte aérea (BFPA) y biomasa fresca de la raíz (BFR):** Para la BFPA el análisis estadístico mostró en el tratamiento 2 diferencia estadística al control con 748.91 g, con un incremento del 45.70 %. Para la BFR, no se encontró diferencia estadística

entre tratamientos, pero, si hubo efectos positivos en relación al control, en donde en los tratamientos 2, 1 y 3 generaron incrementos con 25.50, 23.55 y 4.61 %, en su orden.

A si mismo Tucuch Haas *et al.* (2015) reportaron que la producción de biomasa fresca total en las plántulas de *T. aestivum* y los tratamientos reportados reflejaron que el AS incrementó significativamente la formación de biomasa de las plántulas tratadas con este regulador del crecimiento. El tratamiento de 1  $\mu\text{M}$  de AS fue el que mejor favoreció este incremento, en 31.7% con respecto al control. La concentración 0.1  $\mu\text{M}$  no fue significativa. Los resultados obtenidos en las variables estimadas, permiten señalar que las gramíneas, en este caso el trigo, responden positivamente a este regulador del crecimiento, principalmente el peso fresco de la raíz, altura de planta y biomasa fresca total.

**Biomasa seca de la parte aérea (BSPA) y biomasa seca de la raíz (BSR):** Para la variable de BSPA, el análisis estadístico mostró que el tratamiento 2 fue estadísticamente superior al control con 144.28 g, con un incremento del 45.28 %. Para la BSR, no se encontró diferencia estadística, sin embargo, el tratamiento 2 y 1 generaron valores superiores al control, con incrementos de 30.29 y 13.61 %, respectivamente.

La aplicación foliar del AS, funge como un regulador de crecimiento en las plantas; causa un incremento en los parámetros agronómicos y en la productividad de cultivos hortícolas como: (*Cucumis sativus*, *S. lycopersicum*., *C. annuum*, *C. chinense*, entre otros), estos efectos positivos se han atribuido a la aplicación foliar del AS, en particular en el sistema radicular, lo cual favorece a un mejor aprovechamiento de nutrientes y absorción del agua. (Larqué-Saavedra y Martín-Mex, 2007; Hayat *et al.*, 2010; Rivas-San Vicente y Plasencia, 2011).

De igual forma en estudios realizados por Elwan y E-Hamahmy (2009) y Sánchez-Chávez *et al.* (2011) en cultivos de *C. annuum* y *S. lycopersicum*, encontraron efectos de mejora con la aplicación foliar del AAS y AS encontrando incrementos en el peso fresco y seco de la raíz de un 30 % en ambos cultivos; estos resultados con similares a los obtenidos en este estudio con incrementos en la BSR y BFR de 45.28 y 25.50 %, respectivamente.

En otros cultivos como *T. aestivum* se ha encontrado efectos positivos al colocar las semillas a una imbibición en soluciones de 10  $\mu$ M de AS, lo que estimuló la actividad del nitrato reductasa, generando incrementos en el peso fresco y seco de plantas de trigo (Hayat *et al.*, 2005).

Cuadro 10. Efecto de la aplicación foliar de AAS en biomasa fresca y seca en plantas de *C. annuum*.

Tratamiento	BFPA (g)	BFR (g)	BSPA (g)	BSR (g)
T1	543.92±130.13 b	60.27±13.65 a	104.25±24.91 b	12.94±3.91 a
T2	<b>748.91±136.46 a</b>	<b>61.22±15.38 a</b>	<b>144.28±32.15 a</b>	14.84±4.49 a
T3	566.57±133.21 ab	51.03±10.21 a	117.03±22.04 ab	11.49±2.77 a
Control	514.02±76.46b	48.78±20.28 a	99.31±20.78 b	11.39±5.14 a
DMS	192.24	23.08	39.45	6.36

BFPA= Biomasa fresca de la parte aérea, BFR= Biomasa fresca de la raíz; BSPA= Biomasa seca de la parte aérea; y BSR= Biomasa seca de la raíz; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

## VII. CONCLUSION

La aplicación foliar del ácido acetil salicílico (AAS) a 10  $\mu$ M en etapas tempranas en plántulas de chile x'catik (*Capsicum annuum* L), generó incrementos en el vigor de las plántulas.

La aplicación de AAS a 10  $\mu$ M, en etapas tempranas y antes del trasplante del cultivo de *C. annuum* generaron cambios significativos en el cultivo durante el crecimiento y desarrollo.

La aplicación de ASS a 100  $\mu$ M en etapas tempranas puede tener un buen efecto; sin embargo, un efecto adverso en desarrollo, floración y fructificación en el cultivo.

La dosis de AAS a 10  $\mu$ M, generó los mejores efectos en las variables agronómicas del cultivo en crecimiento y desarrollo; de igual manera fue el tratamiento con efectos positivos en el número, la calidad de los frutos y el rendimiento del cultivo.

La aplicación de AAS a 10  $\mu$ M, en etapas tempranas y antes del trasplante, son una alternativa viable para incrementar la productividad del cultivo de chile x'catik.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar-Rincón, V. H., Corona-Torres, T., López-López, P., Latournerie-Moreno, L., Ramírez-Meraz, M., Villalón-Mendoza, H. y Aguilar-Castillo, J. A. 2010. Los chiles de México y su distribución. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT Conkal, UANL, UAN. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 114 p.

- Aguirre-Mancilla, C. L., De La Fuente, G. I., Ramírez-Pimentel, J. G., Covarrubias-Prieto, J. G., Chablé-Moreno, F., & Raya-Pérez, J. C. 2017. El chile (*C. annuum* L.), cultivo y producción de semilla. Cienc. Tecnol. Agropec. Méx. 19-27 pp.
- Ávila, Quiroa, J. E. 1994. Caracterización agronómica y bromatológica de 42 cultivares de chile (*Capsicum* sp.) nativos de Guatemala, en el valle de la Fragua, Zacapa. Tesis de Ingeniería en. Agronomía. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 97 p.
- Cano-Alvarado, Antonio C. y Cortes E. 1998. Evaluación agronómica de una población de chile x'catik (*Capsicum annum* L.)", Instituto Tecnológico de la Zona Maya. 13 p.
- Cazares, E., Ramírez P., Castillo F., Soto R., Rodríguez, M., y Chávez, J. 2005. Capsaicinoids and preference of use in different morphotypes in chili peppers (*Capsicum annum*) of east-central Yucatán. Agrociencia. 39: 627-638.
- Delgado-Chamorro, S. 2014. Efecto del ácido acetilsalicílico para activación de defensas en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), en el sector de Chapués, cantón Tulcán, Carchi – Ecuador', Universidad politécnica estatal del Carchi, Ecuador. 31-33 pp.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz, M. D. 2017. Biorreguladores de Crecimiento en las Plantas. Serie Nutrición Vegetal Núm. 89. Notas Técnicas de INTAGRI. México.

Ding, P. & Ding, Y. (2020). Stories of Salicylic Acid: A Plant Defense Hormone. Trends in plant science, 25(6): 549-565 pp.

Elwan, M. W. M, and M. A. M. El-Hamahmy. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. Sci. Hortic. 122: 521-526.

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2009) Exportaciones: País por producto. Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia.

González E. T; Gutiérrez, P. L y Contreras, M. F. 2006. El chile xcat'ík de Yucatán. Ciencia y Desarrollo. CONACYT.

González, E. T., C. Casanova, C., L. Gutiérrez, P., L. Torres, T., F. Contreras, M. y S. Peraza, S. 2010. Chiles cultivados en Yucatán. En: Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. R. Durán y M. Méndez (Eds.). CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 pp.

Gutiérrez-Coronado, M. A.; Trejo-López, C.; Larqué-Saavedra, A. 1998. Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybeans. Plant Physiol. Biochem. 36: 563-565.

- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L. Ruiz-Sánchez, E. y Zúñiga-Aguilar, J. 2012. Efecto del ácido salicílico y la nutrición mineral sobre la calidad de plántulas de chile habanero. *Agronomía Mesoamericana* 23(2): 247-257.
- Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan, and. A. Ahmad 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environ. Exp. Bot.* 68: 14-25.
- Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali, and A. Ahmad. 2005. Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. *Acta Agron. Hungarica* 53: 433-437.
- INIFAP. 2003. El cultivo de chile serrano en la zona media de San Luis Potosí, S.L.P., México, Folleto para productores núm. 37.
- Alcantara Cortes Johan, S., Acero Godoy Jovanna , Alcántara Cortés Jonathan D., Sánchez Mora Ruth M.. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. 112-114 pp.
- Klessig Daniel, F., Jocelyn Malamy 1994. The salicylic acid signal in plants. *Plant Molecular Biology*. 26, 1439-1458 p.
- Krarup, a 1970. Clasificación y Descripción de algunos ajíes y pimentones cultivados en Chile. *Austral de Chile, Boletín N°*. Valdivia, Chile. 37 p.
- Larqué-Saavedra, A., and R. Martín-Mex. 2007. Effects of salicylic acid on the bioproductivity of the plants.: S. Hayat and A. Ahmad (eds.). *Salicylic acid, a plant hormone*. Springer publishers. Dordrecht, The Netherlands. 15-23 pp.

- Larqué-Saavedra, A., Martín-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, Á., Vergara-Yoisura, S. y Gutiérrez-Rendón, M.. (2010). Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Chapingo. Serie horticultura* , 16 (3), 183-187. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1027-152X2010000300006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2010000300006&lng=es&tlng=es). Checar más inf. con este articulo
- Larqué-Saavedra, F. A. (1975). Studies on Hormonal Aspects of Plant Growth in Relation to Chemical and Environmental Treatments (Doctoral dissertation, Imperial College London (University of London)).
- López Arcos M., Poot Matu J. E. y Mijangos Cortez M. A. 2012. Respuesta del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) al suministro de abono orgánico en Tabasco, México.
- Noh -Medina. J., Borges, G. L. y Soria, F. M. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Tropical and Subtropical Agroecosystems. Vol. 12, núm. 2, 219-228.
- Mejía-Bautista, M. A. 2009. Métodos ecológicos para el control de mosquita blanca (*Bemisia tabaci* Genn.) En chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Tesis de licenciatura, Ingeniero en Agronomía. Instituto Tecnológico de Conkal. 30-40 pp.
- Mendoza, Z. C. 1999. Diagnóstico de enfermedades fungosas de las hortalizas. Departamento de Parasitología Agrícola, Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México, 88 p.

- Muthulakshmi, S., and Lingakumar, K. 2017. Role of salicylic acid (SA) in plants - A review. International Journal of Applied Research, 3: 33-37.
- Productores de Hortalizas. 2016. Guía de plagas de chiles y pimientos. México. Consultado el (8/12/21) en: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/principales-plagas-y-enfermedades-del-chile-serrano>.
- Ramírez, J. G. Avilés, B. W. Dzip, E. R. 2006. Áreas con Potencial Productivo para Chile Habanero (*Capsicum chinense*, Jacq) en el Estado de Yucatán. En: Primera Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. INIFAP, COFUPRO, CICY, AMEAS y OTRAS INSTITUCIONES. Mérida, Yucatán, México. 66 p.
- Raskin I. (1992). Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Bioi. 43: 439-463.
- Raskin, I. 1992. Role of Salicylic acid in plants. Ann Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43 p.
- Ríos Urcelay, A. 2016. (ACOM) Presidente del Consejo Estatal de Productores de Chile (Ceproch), Mérida, Yucatán, México. Consultado el (8/12/21) en <http://www.larevista.com.mx/yucatan/chile-xcatic-importante-en-la-exportacion-solo-detras-del-habanero-2434>
- Rivas-San Vicente, M., and J. Plasencia. 2011. Salicylic acid beyond defence: Its role in plant growth and development. J. Exp. Bot. 62: 3321-3338.

- Salazar-Jara, F. I. y Juárez-López, P. 2012. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). Revista Bio Ciencias 2(2): 27-34. Disponible en: <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/32/169>
- Sánchez-Chávez, E., R. Barrera-Tovar, E. Muñoz-Márquez, D. L. Ojeda-Barrios y A. Anchondo-Nájera. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional del chile jalapeño. Rev. Chapingo Serie Hortíc.17: 63-66.
- Santner, A., Calderon-Villalobos, L. I., Estelle, M. 2009. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. Natural Chemical Biology, 5 (5): 301-307.
- Saxena, P.K., and A. Rashid. 1980. Differentiation of budcell on the protonema of the moss *Anoectanquium fhomsonii*. Effect of aspirin and salicylic acid. Z. Pflanzenphysiology 99: 187-189.
- Shinwari, A., Ahmad, I., Khan, I., Khattak, H., and Azimi, A. S. (2018). Thermo-Tolerance in Tomato: Acetyl Salicylic Acid Affects Growth and Yield of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Under the Agro-Climatic Condition of Islamabad, Pakistan. Adv Agr Environ Sci. 1 (3): 102-107.
- SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2010. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350).

Soria, M., Trejo, J., Tun, J. y R. Terán. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Secretaría de Educación Pública. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas (SEP-SEIT-ITA). Instituto Agropecuario No. 2, Conkal, Yucatán, México. 1-75.

González Estrada Tomás, Casanova Chávez Claudia, Gutiérrez Pacheco Luis, Torres Tapia Luis, Contreras Martín Fernando, Peraza Sánchez Sergio. 2011. Chiles cultivados en Yucatán, Usos De La Biodiversidad, Disponible en: <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap7/04%20Chiles%20cultivados.pdf>.

Tucuch Haas, Gabriel Alcántar González y Alfonso Larqué Saavedra, 2015. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento de la raíz y biomasa total de plántulas de trigo. Terra latinoamericana.33 (1): 63-68.

Tucuch, C. Alcantar, G., Ordaz, V., Santizo, J., y Larqué. A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones de  $\text{NH}_4 + / \text{NO}_3^-$  y tamaño de partículas de sustratos. Tierra latinoamericana 3: 9-15.

Tucuch, C., Alcantar, G., Trejo, L., Volke, H., Salinas, Y., y Larque, A. 2017. Efecto del ácido salicílico en el crecimiento, estatus nutrimental y rendimiento en maíz (*Zea mays*). Agrociencia. 51 (7): 771-781.

Tucuch-Haas, C. J., Pérez-Balam, J. V., Díaz-Magaña, K. B., Castillo-Chuc, J. M., Dzib-Ek, M. G., Alcántar-González, G., and Larqué-Saavedra, A. 2017a. Role of Salicylic Acid in the Control of General Plant Growth, Development, and Productivity. In: Nazar, R.,

Iqbal, N., Khan, N. (eds) Salicylic Acid: A Multifaceted Hormone. Springer, Singapore  
Salicylic Acid: A Multifaceted Hormone, 1-15.

Tzab -Koh S. 2019. Calidad de plántulas y rendimiento de *Capsicum chinense* tratadas con aspirina (ácido acetilsalicílico), Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán, México, 1-47.

Vázquez Díaz David Alejandro, Salas Pérez Lilia, Preciado Rangel Pablo, Segura Castruita Miguel Ángel, González Fuentes José Antonio, Valenzuela García Jesús Rodolfo 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (17). 3405-3414.

Yıldırım, E. y Dursun, A. 2009. Efecto de las aplicaciones de ácido salicílico foliar sobre el crecimiento vegetal y rendimiento de tomate en condiciones de invernadero. Acta Horticulturae. 807, 395-400 DOI: 10.17660 / ActaHortic.2009.807.56  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.807.56>.

## IX. ANEXOS



Anexo 1. Aplicación de forma manual de solución nutritiva vía fertirriego.



Anexo 2. Limpieza de maleza invasiva de coquillo (*Cyperus esculentus* L.)



Anexo 3. Instalación de sistema de riego por cinta.



Anexo 4. Recubrimiento de plástico negro para evitar la emergencia de rebrotes de la maleza.



Anexo 5. Trasplante de plántulas de chile *C. annum* L.



Anexo 6. Preparación de extractos a base de cebolla, ajo, albahaca y orégano.



Anexo 7. Resultado en el incremento de la variable, altura con la aplicación de AAS a los 45 ddg.



Anexo 8. Resultado en el incremento de la variable, altura con la aplicación de AAS a los 45 ddg.



Anexo 9. Proceso de lavado de la raíz para la toma de datos.



Anexo 10. Evaluación de la variable altura en plántulas de *C. annuum* L.



Anexo 11. Toma de datos en la variable longitud de raíz.



Anexo 12. Evaluación de variable diámetro de tallo.



Anexo 13. Evaluación de Volumen radicular.



Anexo 14. Recubrimiento con malla Agribon® 17.



Anexo 15. Evaluación en campo de plántulas de *C. annuum* L. a los 45 ddt.



Anexo 16. Plantas adultas de *C. annuum* L.



Anexo 17. Fructificación del cultivo *C. annuum* L.



Anexo 18. Cosecha de frutos para su evaluación.



Anexo 19. Evaluación de frutos para la variable peso de fruto.



Anexo 20. Evaluación de frutos para la variable diámetro ecuatorial.



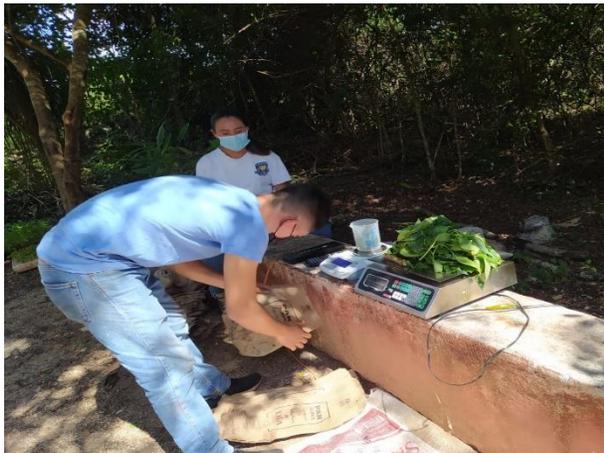
Anexo 21. Comparativa de la raíz entre el control y el tratamiento 1.



Anexo 22. Comparativa de la raíz entre el control y el tratamiento 2.



Anexo 23. Comparativa de la raíz entre el control y el tratamiento 3.



Anexo 24. Toma de datos del peso fresco de la parte aérea.



Anexo 25. Evaluación de la variable del volumen radicular.



Anexo 26. Peso fresco de la raíz y la parte aérea.