



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

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

**REGULADORES DE CRECIMIENTO COMO
INDUCTORES DE TOLERANCIA A BEGOMOVIRUS
EN *Capsicum* spp. CULTIVADOS EN CAMPO**

TESIS

Que presenta:

Emmanuel Hernández Pérez

Como requisito parcial para obtener el título de:

Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical

Director de tesis:

Dr. Jairo Cristóbal Alejo

Conkal, Yucatán, México

Febrero, 2022

REPOSITORIO



TecNM



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México, a 28 de febrero de 2022

El comité de tesis del candidato a grado: Emmanuel Hernández Pérez constituido por los CC. Dr. Jairo Cristóbal Alejo, Dr. José María Tún Suárez, MC. Vicente Reyes Oregel, MC. Adrián Guadalupe Nah Canche habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **Reguladores de crecimiento como inductores de tolerancia a Begomovirus en *Capsicum* spp. cultivados en campo**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Jairo Cristóbal Alejo
Director de Tesis

MC. Adrián Guadalupe Nah Canche
Co-director de Tesis
Dr. José María Tun Suárez
Asesor de Tesis
MC. Vicente Reyes Oregel
Asesor de Tesis



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Conkal

Conkal, Yucatán, México a 28 febrero 2022

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Emmanuel Hernández Pérez

Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México Campus Conkal por haberme formado como profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización del posgrado.

Al Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N° 100 por abrirme las puertas para realizar el trabajo de tesis de maestría.

A mi comité de tesis conformado por: el Dr. Jairo Cristóbal Alejo, Dr. José M. Tun Suárez, MC. Vicente Reyes Oregel y MC. Adrián G. Nah Canche, por su dirección, sugerencias, buena disposición, correcciones y disponibilidad para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Al Lic. Pedro Angulo Pech por las muestras de apoyo recibidas durante el proceso de investigación.

Dedicatoria

A mis padres Rosa Pérez y Luis Hernández por su amor, apoyo y esfuerzo diario.

A Patricia Jimenez por el amor, apoyo, comprensión y motivación brindada día a día.

A los compañeros de generación Alecsis, Elsy, Georgina, Harumi, Isabela, José, Mauricio, María Luisa, Monserrat, Shirley, Zazi, por su amistad y los momentos vividos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
ÍNDICE DE CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	12
1.1 Introducción	12
1.2 antecedentes	14
1.2.1 Cultivo de chile habanero en Yucatán	14
1.2.2 Cultivo de <i>Capsicum annuum</i> L. (dulce, xcat'ik)	14
1.2.3 Complejo <i>Bemisia tabaci</i> -Begomovirus	15
1.2.4 Mecanismos de defensa de las plantas	15
1.2.5 Inductores de resistencia	16
1.2.6 Reguladores de crecimiento vegetal	16
1.2.7 Factores que influyen en la aplicación foliar de reguladores de crecimiento	21
1.3 Hipótesis	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo general	22
1.4.2 Objetivos específicos	22
1.5 Procedimiento experimental	23
1.6 Literatura citada	24
CAPITULO II: REGULADORES DE CRECIMIENTO COMO INDUCTORES DE TOLERANCIA A BEGOMOVIRUS EN <i>Capsicum</i> spp. CULTIVADOS EN CAMPO	32
RESUMEN	32
ABSTRACT	33
2.2 INTRODUCCION	34
2.3 Materiales y métodos	35
2.3.1 Ubicación geográfica	35

2.3.2 Material vegetal	35
2.3.3 Obtención de plántulas	35
2.3.4 Establecimiento de experimento	35
2.3.5 Aplicación de los tratamientos	35
2.3.6 Fluctuación poblacional de <i>B. tabaci</i>	36
2.3.7 Incidencia y severidad viral	36
2.3.8 Evaluación agronómica	36
2.3.9 Análisis estadístico	37
2.4 Resultados y Discusión	38
2.4.1 Fluctuación poblacional de <i>B. tabaci</i>	38
2.4.2 Incidencia y severidad viral	40
2.4.3 Evaluación agronómica	45
2.5 Conclusiones	48
2.6 Literatura citada	49

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1 parámetros epidemiológicos estimadores de intensidad de enfermedad en el patosistema <i>C. chinense</i> (habanero)-Begomovirus con reguladores de crecimiento.	42
Cuadro 2.2 parámetros epidemiológicos estimadores de intensidad de enfermedad en el patosistema <i>C. annuum</i> (dulce)-Begomovirus con reguladores de crecimiento.	43
Cuadro 2.3 parámetros epidemiológicos estimadores de intensidad de enfermedad en el patosistema <i>C. annuum</i> (xcat'ik)-Begomovirus con reguladores de crecimiento.	44
Cuadro 2.4 Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en las variables de biomasa en <i>C. chinense</i> (habanero).	45
Cuadro 2.5 Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en las variables de rendimiento en <i>C. chinense</i> (habanero).	45
Cuadro 2.6 Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en las variables de biomasa en <i>C. annuum</i> (dulce).	46
Cuadro 2.7 Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en las variables de rendimiento en <i>C. annuum</i> (dulce).	46
Cuadro 2.8 Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en las variables de biomasa en <i>C. annuum</i> (xcat'ik)	47
Cuadro 2.9 Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento en las variables de rendimiento en <i>C. annuum</i> (xcat'ik)	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Diagrama del procedimiento experimental.	23
Figura 2.1 Fluctuación poblacional de <i>B. tabaci</i> en plantas de <i>C. chinense</i> (habanero).	39
Figura 2.2 Fluctuación poblacional de <i>B. tabaci</i> en plantas de <i>C. annuum</i> (dulce).	39
Figura 2.3 Fluctuación poblacional de <i>B. tabaci</i> en plantas de <i>C. annuum</i> (xcat'ik).	39
Figura 2.4 Incidencia de virosis en plantas de <i>C. chinense</i> (habanero).	40
Figura 2.5 incidencia de virosis en plantas de <i>C. annuum</i> (dulce).	40
Figura 2.6 Incidencia de virosis en plantas de <i>C. annuum</i> (xcat'ik).	41
Figura 2.7 Severidad de virosis en plantas de <i>C. chinense</i> (habanero).	41
Figura 2.8 Severidad de virosis en plantas de <i>C. annuum</i> (dulce).	42
Figura 2.9. Severidad de virosis en plantas de <i>C. annuum</i> (xcat'ik).	44

RESUMEN

En la península de Yucatán existe una amplia diversidad genética de materiales criollos, entre los que se encuentran chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y chile xcat'ik (*C. annuum*) con importancia económica en la región. Por lo general, en los sistemas tradicionales se cultivan de forma conjunta, donde enfrentan una serie de limitaciones que afectan la calidad del producto, los rendimientos y la rentabilidad. Los Begomovirus transmitidos por mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn). son considerados, el principal factor biológico para su cultivo. En los últimos años sustancias como brasinoesteroides (Br), ácido salicílico (AS) y metil jasmonato (MeJa) han adquirido importancia en diversos cultivos, ya que además de estimular el crecimiento, pueden inducir respuestas protectoras a diversos tipos de estrés; al potenciar las barreras tanto químicas como estructurales de las plantas. El objetivo del estudio fue evaluar en campo los reguladores de crecimiento Br, AS y MeJa como inductores de resistencia en el patosistema *Capsicum* spp.- Begomovirus-*B. tabaci*. El estudio se realizó en los cultivos *C. chinense* y *C. annuum* (dulce y xcat'ik) donde se registraron las poblaciones de mosca blanca. En los tres cultivos se registró la menor población del insecto vector en los tratamientos donde se aplicaron los reguladores de crecimiento, así como la menor incidencia y severidad viral, por lo que se estiman efectos promisorios en la inducción de resistencia con diferentes niveles de efectividad en cada cultivar. Al final del cultivo destacó la productividad de *C. chinense* con el tratamiento metil jasmonato sobre los demás tratamientos por incrementar el rendimiento un 24% respecto al testigo. Sin embargo, para *C. annuum* dulce y xcat'ik se registraron efectos negativos sobre el rendimiento asociados al estrés causado por las dosis aplicadas aunadas a la fuga de recursos y energía metabólica por la expresión constante de los mecanismos de defensa.

ABSTRACT

In the Yucatan peninsula there is a wide genetic diversity of creole materials, among which are habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq), sweet chili (*Capsicum annuum* L.) and xcat'ik chili (*C. annuum*) with economic importance in the region. Generally, in traditional systems they are grown together, where they face a series of limitations that affect product quality, yields and profitability. Begomoviruses transmitted by whiteflies (*Bemisia tabaci* Genn). Are considered the main biological factor for its cultivation. In recent years, substances such as brassinosteroids (Br), salicylic acid (AS), and methyl jasmonate (MeJa) have become important in various crops, since in addition to stimulating growth, they can induce protective responses to various types of stress; by enhancing both chemical and structural barriers of plants. The objective of the study was to evaluate in the field the growth regulators Br, AS and MeJa as inducers of resistance in the pathosystem *Capsicum* spp.- Begomovirus-*B. tabaci*. The study was carried out in *C. chinense* and *C. annuum* (sweet and xcat'ik) crops where whitefly populations were recorded. In the three crops, the lowest population of the insect vector was recorded in the treatments where the growth regulators were applied, as well as the lowest incidence and viral severity, for which promising effects are estimated in the induction of resistance with different levels of effectiveness in each cultivar. At the end of the crop, the productivity of *C. chinense* with the methyl jasmonate treatment stood out over the other treatments, as it increased the yield by 24% compared to the control. But nevertheless, for *C. annuum* sweet and xcat'ik, negative effects were recorded on performance associated with stress caused by the doses applied, coupled with the loss of resources and metabolic energy due to the constant expression of defense mechanisms.

CAPITULO 1. INTRODUCCION GENERAL

1.1 Introducción

En México existe gran diversidad de especies y variedades de chile con gran importancia cultural, gastronómica y económica (Bobadilla *et al.*, 2017). En la península de Yucatán, existe una amplia diversidad genética de materiales criollos (Cua *et al.*, 2019) donde el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es el más importante, seguido del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y chile xcat'ik (*C. annuum*) (Ix *et al.*, 2013) y donde se cultivan por lo general de forma conjunta en los sistemas tradicionales de producción (Cázares *et al.*, 2005). Estos tipos de chile se emplean para condimentar diversos platillos regionales y se complementan con base en el grado de picor, razón por la cual presentan demanda durante todo el año (Gamboa *et al.*, 2020; Ix *et al.*, 2013). La producción comercial de estas especies se enfrenta a una serie de limitaciones, capaces de reducir la calidad del producto, los rendimientos y la rentabilidad del cultivo (López *et al.*, 2017). Los Begomovirus son considerados el principal factor limitante para su cultivo, por las pérdidas que inducen debido a la amplia diseminación y alta capacidad reproductiva de su principal vector *Bemisia tabaci* (Aguilar *et al.*, 2020). Para la protección del cultivo el manejo convencional está orientado a minimizar las poblaciones de plagas y enfermedades mediante la aplicación de diversos químicos, no obstante, el éxito de estos compuestos en el incremento de la productividad agrícola ha impactado negativamente el ambiente y la salud humana (Villareal *et al.*, 2017).

Una estrategia que permiten fortalecer la resistencia de las plantas y mejorar los rendimientos del cultivo es el uso de reguladores de crecimiento. En los últimos años sustancias como brasinoesteroides, ácido salicílico y metil jasmonato han adquirido gran importancia, pues además de la estimulación del crecimiento, pueden inducir respuestas protectoras a estrés bióticos (Vázquez *et al.*, 2016; reyes *et al.*, 2008; Hernández y García 2016) potenciando las barreras tanto químicas como estructurales, que los tejidos vegetales tienen de forma constitutiva (Montoliu, 2010), esta resistencia no es específica, si no que puede ocasionar un estado de resistencia general a varios tipos de agentes causales y rara vez evita la aparición de enfermedades, si no que más bien reduce su severidad (Delgado, 2020) lo que propicia un efecto favorable en la sanidad de los cultivos y con ello mejores rendimientos (Vázquez *et al.*, 2016) Sin embargo, la capacidad de respuesta de los cultivos depende de la etapa de crecimiento (Muñoz *et al.*, 2012), el tipo de regulador y la concentración que se utilice (Hernández y García 2016),y

respondiendo a diferentes situaciones de estrés a través de acciones sinérgicas o antagónicas (Chávez *et al.*, 2012).

Con base a lo anterior es necesario evaluar en campo los reguladores ácido salicílico (AS), metil jasmonato (MeJa) y brasinoesteroides (Br) como inductores de resistencia en el patosistema *Capsicum* spp-Begomovirus-*B. tabaci* y evaluar los costos productivos.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Cultivo de chile habanero en Yucatán

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es una especie de la familia Solanácea, que se originó en los Andes y se introdujo a las islas del Caribe debido a las migraciones indígenas de los agricultores arahuacos. Sobre su llegada a México las evidencias indican que fue traída de Cuba a Yucatán por los españoles (Tapia *et al.*, 2016), donde sufrió una segunda domesticación por la influencia de los agricultores mayas, esto propició la adaptación del cultivo a las condiciones edafoclimáticas de la región, lo que permitió al chile habanero expresar la variabilidad genética y persistencia como especie local bajo sistemas tradicionales de cultivo, lo cual fue fundamental para la obtención de la denominación de origen como chile habanero de la península de Yucatán. (Meneses y Garruña 2020; Andueza *et al.*, 2017).

En las últimas dos décadas, la producción de esta hortaliza incrementó exponencialmente (Meneses y Garruña, 2020) debido a las propiedades y múltiples usos que se han encontrado por los componentes químicos del fruto conocidos como capsaicinoides. (Ruiz *et al.*, 2016).

La manera de como producir el chile habanero está determinada por el nivel económico de los productores, quienes de acuerdo al nivel de obtienen rendimientos que oscilan entre 10 y 30 t ha⁻¹ (Ebel *et al.*, 2013; Uc, 2015). El sistema tradicional a cielo abierto cultivo es afectado de forma negativa por diversos factores (López *et al.*, 2017), por la que la producción es insuficiente para satisfacer la demanda en el mercado nacional e internacional (Ramírez y lozano., 2018), lo que exige la aplicación de nuevas técnicas para mejorar su rendimiento y calidad (Ramírez *et al.*, 2016).

1.2.2 Cultivo de *Capsicum annuum* L. (dulce, xcat'ik)

México es uno de los principales centros de origen y domesticación del género *Capsicum*, en particular de la especie *C. annuum* (Cazares *et al.*, 2005), cuenta con una amplia variabilidad morfológica y genética en poblaciones silvestres (Basto y Hernández, 2020). En Yucatán, existen genotipos de *C. annuum* poco conocidos como chile dulce o xcat'ik, pero de importancia local (Chi *et al.*, 2017) y que se usan junto con el chile habanero como condimento en la elaboración de platillos regionales y salsas (Tun *et al.*, 2011).

La producción de chile dulce y xcat'ik es llevada a cabo por pequeños productores bajo sistemas tradicionales de cultivo (Gamboa *et al.*, 2020), a menudo en las mismas parcelas o cercanas entre sí (Hernández, 2020), por lo que se obtienen frutos con un morfotipo diferente por el cruzamiento natural en los campos de cultivo (Latournerie *et al.*, 2001).

A pesar de que existen variedades mejoradas, los productores prefieren las variedades nativas o criollas, por la preferencia de los consumidores y por su adaptación a las condiciones edafoclimáticas de la zona, conservados por los productores de generación en generación (Hernández *et al.*, 2020). Sin embargo, como cualquier especie bajo condiciones de monocultivo, es afectado por diversos factores que limitan su productividad (Bacap, 2019). Lo que hace necesario implementar estrategias para potenciar la genética de los genotipos.

1.2.3 Complejo *Bemisia tabaci*-Begomovirus

Las plagas y enfermedades pueden ocasionar pérdidas de producción significativas en. Como todos los cultivos, el chile es susceptible de presentar daños por enfermedades en cualquier etapa de su fenología (Chew *et al.*, 2008), una de las principales limitantes en la producción, son las enfermedades de etiología viral. En este contexto, en los últimos años los Begomovirus se han catapultado como uno de los principales grupos de virus emergentes, capaces de ocasionar síntomas como ampollamientos, enanismo, mosaicos, moteados, necrosis, clorosis, y acortamiento del ciclo vegetativo, su aparición está directamente correlacionada con el incremento en las poblaciones de su insecto vector, la mosca blanca (*B. tabaci*) (Vaca *et al.*, 2019; Barron *et al.*, 2020).

El manejo convencional del complejo *B. tabaci*-Begomovirus se ha llevado a cabo mediante el uso de insecticidas altamente tóxicos para controlar las poblaciones de vectores. Sin embargo, el uso convencional de insecticidas es poco o nada funcional en el control de *B. tabaco*, pues su plasticidad genética y su ciclo de vida, le confieren gran capacidad de adaptación y altos niveles de resistencia (Rodríguez *et al.*, 2020). por lo que se hace necesario la búsqueda de alternativas que permitan reducir la cantidad de productos químicos aplicados a los cultivos e integrar métodos alternativos que permitan un buen control de la plaga, que aminoren los impactos ambientales (Barrón *et al.*, 2020) e incrementen la productividad de los cultivos (González *et al.*, 2020).

1.2.4 Mecanismos de defensa de las plantas

Las plantas constantemente interactúan con una gran variedad de patógenos potenciales, las poblaciones silvestres pueden enfrentar este tipo de ataques, sin embargo, cuando cultivos genéticamente uniformes cubren áreas extensas pueden sufrir grandes daños (García y Lozoya, 2004). Como sistema de defensa, las plantas han generado diversas estrategias basadas en barreras estructurales, químicas o metabólica activa.

La resistencia se divide en defensa constitutiva: expresada como las características estructurales y compuestos químicos presentes en el desarrollo normal de la planta, o defensa inducible: formados por la síntesis de nuevos compuestos activados después de

un intento de invasión del tejido vegetal por un patógeno (Blanco y Aguirre, 2002). Los mecanismos de defensa también se pueden activar por factores abióticos, como el choque térmico, la sequía, diversas sustancias químicas después de causar algún daño físico en los tejidos (Madriz, 2002).

La defensa inducible, se basa en el reconocimiento del invasor y un evento subsecuente de transducción de señales que conducen a la activación de las defensas, en muchos casos una infección localizada induce resistencia en contra de un amplio espectro de diferentes patógenos expresándose en el sitio de ataque del patógeno y sistemáticamente, en partes no infectadas de la planta (Rangel *et al.*, 2010).

1.2.5 Inductores de resistencia

El termino resistencia sistémica inducida, fue propuesta para designar a los tipos de respuesta que incitan a las plantas a protegerse de las enfermedades y de las plagas de insectos, esta expresión involucra a los fenómenos resistencia sistémica adquirida, activada por la presencia de organismos como hongos, virus, bacterias, nematodos etc., y resistencia sistémica inducida, generada por la presencia de moléculas sintéticas depositadas sobre los órganos vegetales (Gómez y Reis, 2011).

En la actualidad, existen variados agentes capaces de inducir estos mecanismos de defensa, con propiedades estimulantes de diferentes procesos fisiológicos en las plantas, entre los que se encuentran extractos de plantas, microorganismos no patógenos, fitohormonas y algunas moléculas químicas no definidas, estas cualidades se presentan como una alternativa biológica, ambiental y comercialmente viable frente a la creciente necesidad de disminuir el uso de plaguicidas químicos en el control de agentes causantes de plagas, así como para el incremento de la producción y el rendimiento de los cultivos (Belkis *et al.*, 2008; Gómez y Reis, 2011), sin embargo, la activación simultánea de múltiples vías de defensa puede producir altos niveles de resistencia inducida o efectos antagónicos (Ramírez y Rodríguez, 2012).

1.2.6 Reguladores de crecimiento vegetal

Las hormonas vegetales son un grupo de moléculas sintetizados en una parte de la planta y traslocado a otra parte, donde a muy bajas concentraciones, controlan procesos que van desde el crecimiento, hasta su respuesta frente a diversos tipos de estrés (Laredo *et al.*, 2017) En la biotecnología, se han podido fabricar sustancias que pueden imitar el rol de las fitohormonas naturales (Alcántara *et al.*, 2019), estas sustancias se conocen como reguladores de crecimiento, usadas en muchos casos con éxito y son en general, mucho más potentes que los análogos naturales (Graillet *et al.*, 2014).

En los últimos años, sustancias como ácido salicílico, brasinoesteroides y metil jasmonato se han considerado como reguladores de crecimiento altamente promisoras, amigables con el ambiente apropiadas para su uso hacia la protección de las plantas y aumento en la producción agrícola (Salgado *et al.*, 2008). Su aplicación exógena provoca una respuesta que reduce la severidad y el progreso de la enfermedad (Trinidad *et al.*, 2019).

El ácido salicílico (AS) es un compuesto fenólico simple que deriva del aminoácido fenilamina este compuesto además de favorecer el crecimiento vegetal, está involucrado en diversos procesos fisiológicos tales como termogénesis, resistencia a patógenos, inducción a la floración, el crecimiento de raíces y absorción de nutrimentos (Guzmán *et al.*, 2012).

Los efectos de AS han sido evaluados en cultivos con aplicaciones en diferentes etapas de crecimiento. Entre las investigaciones realizadas sobre el papel de defensa contra patógenos se encuentra el de Li *et al.* (2019), quienes evaluaron la resistencia diferencial inducida por ácido salicílico al virus del enrollamiento de la hoja amarilla del tomate (TYLCV) entre cultivares, resistentes y susceptibles obteniendo como resultados que el AS, es un factor inductor de resistencia contra este virus al modular la expresión de genes que alteran la actividad de las enzimas, relacionadas con la resistencia e inducen la expresión de genes relacionados con la patogénesis para producir resistencia sistémica adquirida. Ramos *et al.* (2020), evaluaron el efecto del AS en el control de la septoriosis en dos cultivares de trigo, obtuvieron como resultados que la cobertura de picnidios disminuyó un 45%; el área necrosada un 40%; e incrementó el número de granos por espiga en un 5% y el peso de 1000 granos un 2%. Demostraron que el AS controló la enfermedad y estimuló los componentes de rendimiento. Mogollón *et al.* (2012), evaluaron in vitro inductores de resistencia sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, obtuvieron con el AS, acibenzolar-S-metil (ASM), ácido 2,6-dicloroisonicotínico (INA), ácido 3-aminobutanoico (BABA) y fosfito de potasio disminución en el número y tamaño de colonias, esporulación y germinación de conidios del hongo, con reducciones en las concentraciones altas. Por su parte, Rangel *et al.* (2010), mencionaron que el AS juega un papel esencial en la ruta de transducción de señales que conduce a la activación de genes que codifican no solo para proteínas relacionadas con la patogénesis (PR), sino también para el establecimiento de la respuesta hipersensible (RH), considerada como una muerte celular programada que se induce para delimitar el área de infección de un patógeno, así como en la resistencia sistémica adquirida.

Otra de las propiedades evaluadas es como reguladores de crecimiento, en este contexto se encuentra los de Tucuch *et al.* (2019), quienes evaluaron el AS en la absorción nutrimental de *C. chinense* asperjando 1 μ M al dosel de las plantas a los 17, 22, 25 y 30 días después de la siembra. Al final del experimento (218 días después de la última aplicación) se incrementó significativamente la longitud, peso fresco y peso seco de raíces, tallos, hojas y frutos, al igual que la acumulación de macro y micronutrientes en los tejidos de la planta en comparación con el testigo. Martín *et al.* (2012), evaluaron el efecto de aplicaciones de AS en la productividad de papaya (*Carica papaya*), obtuvieron incrementos en el porcentaje de plantas hermafroditas en 20% e incremento la altura y grosor de la planta con la dosis de 0.01 μ M. Esta misma concentración incrementó 19.7% el número de frutos por planta, en 2% el peso de los frutos y en 21.9% el rendimiento por hectárea. Villanueva *et al.* (2009), evaluaron el efecto del AS y dimetilsulfóxido en la floración de crisantemo (*chrysanthemum morifolium*) en Yucatán, incrementaron de manera significativa el peso de materia fresca y seca de follaje y raíz, volumen de raíz y área foliar.

Los jasmonatos son compuestos lipídicos de las plantas que median respuestas de estrés, que regulan adaptaciones de las plantas al estrés biótico y abiótico (Castañeda, 2019), en un principio fueron identificados como un potente inhibidor del crecimiento y senescencia de las plantas (Eng, 2008) pero se ha demostrado que están involucrados en procesos cruciales relacionados con el desarrollo, supervivencia (Avanci *et al.*, 2010) y el incremento de rendimientos en diversos cultivos, así como agente inductor de resistencia (Eng, 2008).

La síntesis de jasmonatos se activa por heridas a las hojas y otros tejidos causados por insectos o por daño mecánico, induciendo la formación de tricomas en hojas, las cuales confieren protección a la lámina foliar. Otra función de defensa es la activación de inmunidad contra patógenos que se alimentan de tejidos muertos como es el caso de algunos hongos o bacterias que causan enfermedades a las plantas (Garnica *et al.*, 2012).

Entre los reportes sobre el papel de defensa que ejercen se encuentran los de Boughthon *et al.* (2005), quienes evaluaron la aplicación de jasmonato de metilo y reportaron mayor densidad glandular de tricomas en tomate (*Solanum lycopersicum*) asperjando 7.5 mM de MeJa. La aplicación de MeJa indujo un aumento en las densidades de tricomas glandulares en hojas nuevas que se expanden después del tratamiento (14 ddt) lo que fue nueve veces más alta que en las plantas control. López *et al.* (2021), evaluaron si en frijol, la aplicación de MeJa y aumentaron la defensa inducida por micorrización arbuscular contra *Sclerotinia sclerotiorum*, como resultados obtuvieron que con MeJa

mejora la defensa en foliolos no micorrizados-MeJa a un nivel similar al micorrizado y que la defensa aumentó significativamente en foliolos micorrizados-MeJa, sugiriendo un efecto aditivo entre las condiciones; micorrización y tratamiento con MeJa. Gonzales *et al.* (2016), evaluaron aplicaciones de ácido jasmónico (Biojas®) en condiciones de estrés, se evaluaron respuestas ante el estrés abiótico (tránsito in vitro-ex vitro) durante la aclimatización, y ante inoculaciones con un aislado de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense raza 2, como resultado se obtuvo que la aplicación del tratamiento disminuyó los síntomas en las hojas de plantas de plátano provocados por el hongo en condiciones de aclimatización y promovió hojas con un intercambio gaseoso más eficiente al fijar más CO₂.

Sobre sus efectos no relacionados con la resistencia como el crecimiento, desarrollo ontogénico y la tasa fotosintética, está poco investigado, sin embargo, en coníferas, estudios han demostrado que la aplicación de MeJa reduce la tasa de crecimiento. Muñoz (2014), observó una disminución de crecimiento en *Pinus. pinaster*, *P. radiata* y *P. sylvestris*, sin embargo, mencionó que la pérdida de crecimiento es temporal por lo que las plantas tratadas al estar más defendidas y sufrir menos daños, acaban recuperando su capacidad de crecimiento y superando en tamaño a las plantas control. Otro de los efectos positivos sobre los cultivos es reportado por Castañeda (2019), quien evaluó los efectos MeJa en frutos de fresa (*Fragaria x ananassa*) obtuvo una mejora de la vida de postcosecha de los frutos, así como en la calidad nutricional y en la actividad de las enzimas de defensa de la fruta, pero este efecto no se relacionó con el número de aplicaciones puesto que la mejor actividad enzimática se obtuvo con tan solo una aplicación.

Los brasinoesteroides son un grupo de hormonas con amplia distribución en el reino vegetal, se encuentran en un gran número de especies de diferentes familias del reino vegetal marino y terrestre (Salgado *et al.*, 2008), principalmente en polen, hojas, yemas, flores y semillas en proporciones y formas diferentes (Hernández y García, 2016).

Los experimentos para investigar el uso potencial de los brasinoesteroides en la agricultura comenzaron en la década de los setenta, cuando se detectaron por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el polen de col (*Brassica napus*.) Sin embargo, la utilización de estos compuestos fue posible a partir del descubrimiento de rutas sintéticas en la década de los ochenta, que hicieran económicamente rentable su aplicación en los cultivos (Morejón *et al.*, 2004). Estos compuestos se caracterizan por producir la estimulación del crecimiento vegetal, el aumento de rendimiento, la producción de biomasa y el aceleramiento de la maduración de la cosecha, además de

aumentar la resistencia de las plantas a plagas y a factores de estrés como salinidad, sequía, bajas y altas temperaturas, y agentes químicos como plaguicidas y herbicidas (Torres *et al.*, 2007; Núñez *et al.*, 2010).

Entre las investigaciones realizadas sobre su papel de defensa se encuentran los de Álvarez *et al.* (2017), quienes reportaron la influencia del Biobras 16 y Fitomas-E contra el tizón temprano y el Begomovirus TYLCV en tomate y observaron menor porcentaje de intensidad y distribución del tizón temprano y Begomovirus que las no asperjadas con los bioestimulantes, siendo el Biobras 16 el de menor afectación por estas enfermedades. Nuñez *et al.* (2010), mencionaron que la aplicación de un extracto de *Lychnis viscaria* que contiene brasinoesteroides incrementó la resistencia del tabaco, pepino y tomate a patógenos virales y fúngicos hasta de un 36 % comparado con las plantas testigo.

Entre los reportes sobre su efecto sobre el crecimiento y desarrollo se encuentran los de Reyes *et al.* (2010), quienes evaluaron el análogo de brasinoesteroide (Biobras-16) en la germinación y el crecimiento inicial de plántulas de tomate en condiciones de estrés salino, como resultados se obtuvo que la concentración 10^{-6} mol.L⁻¹ de este análogo, inhibió la germinación y el crecimiento de las plántulas, mientras que con la concentración 10^{-10} mol.L⁻¹ se observó un efecto estimulador evidenciando un efecto protector a las condiciones de estrés salino. Quintero *et al.* (2018), evaluaron el efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Los bioestimulantes evaluados fueron: ME-50, ME-50 Agitado, LEBAME Fitomas E y Biobras-16®. Los resultados indicaron que la aplicación foliar de los bioestimulantes incrementaron los indicadores morfofisiológicos y de rendimiento evaluados, lo que fue superior cuando se aplicaron los bioestimulantes ME-50 y Biobras-16®. Vargas e Irizar. (2005), mostraron con el brasinoesteroide y densidad de población en la acumulación de biomasa y rendimiento de ayocote (*phaseolus coccineus*), como resultado incrementaron la biomasa total y por órganos en la mayoría de las densidades en estudio, sin embargo, los mejores rendimientos se obtuvieron con la densidad de población de 90 mil plantas por hectárea con incrementos en 68% respecto a la producción en la misma densidad sin brasinoesteroide. Graillet *et al.* (2014), realizaron la evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero, los productos Activador®, Biozyme®, Maxigrow®, y Brassinal®, con este último, cuadruplicaron el rendimiento de frutos respecto al testigo

1.2.7 Factores que influyen en la aplicación foliar de reguladores de crecimiento

El uso de reguladores del crecimiento es una práctica para mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Sánchez *et al.*, 2011), su aplicación vía foliar es una práctica que permite la incorporación inmediata de los elementos activos a la planta, sin embargo, la asimilación a través de la hoja y demás partes aéreas de la planta es afectada por diversos factores asociados a la planta, a el ambiente y la solución foliar (Trinidad y Aguilar, 1999).

Los procesos mediante los cuales una solución que se aplica al follaje de un cultivo es asimilada por la planta incluyen contacto con la hoja y partes aéreas de la planta, absorción a la superficie de la misma, penetración cuticular a través de estructuras epidérmicas, absorción celular y penetración en los compartimentos celulares metabólicamente activos y finalmente, translocación y utilización de los ingredientes activos (Fernández *et al.*, 2015).

La hoja es el órgano principal de absorción foliar de nutrimentos, se caracteriza por una compleja y diversa variedad de adaptaciones especializadas, de orden físico y químico que sirven para mejorar la tolerancia de las plantas a una extensa lista de factores de estrés, mismas que afectan la absorción foliar (Fernández *et al.*, 2015).

La penetración de nutrimentos a través de la hoja es afectada por factores externos, como la concentración del producto, la valencia del elemento, el o los nutrimentos involucrados, el ión acompañante, las condiciones tecnológicas de la aplicación y de factores ambientales como, temperatura, humedad relativa, precipitación y viento. (Meléndez y Molina, 2002).

Estudios de absorción foliar y cuticular han demostrado la mejora de la eficacia de las formulaciones que contienen adyuvantes, los que actúan mediante la mejora de las propiedades de mojado, desparramado, retención, penetración y humectación de las pulverizaciones foliares, en comparación con soluciones de elementos minerales puros, aplicados sin éstos adyuvantes aun cuando las condiciones de aplicación sean siempre diferentes (Fernández *et al.*, 2015).

1.3 Hipótesis

La aplicación foliar de metil jasmonato, ac. salicílico y brasinoesteroides inducen tolerancia al patosistema *Capsicum* spp.- Begomovirus-*B. tabaci* al potenciar las defensas naturales de las plantas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar en campo tres reguladores de crecimiento como inductores de resistencia en el patosistema *Capsicum* spp.- Begomovirus-*B. tabaci*.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estimar el efecto de metil jasmonato, ac. salicílico y brasinoesteroides, en la incidencia y severidad de virosis por Begomovirus en chile habanero (*C. chinense*) chile dulce (*C. annuum*) y chile xcat'ik (*C. annuum*).
- Estimar el efecto de metil Jasmonato, ac. salicílico y brasinoesteroides en el grado de infestación de mosca blanca en chile habanero (*C. chinense*) chile dulce (*C. annuum*) y chile xcat'ik (*C. annuum*).
- Evaluar el efecto de metil jasmonato, ac. salicílico y brasinoesteroides sobre el desarrollo de los indicadores productivos en chile habanero (*C. chinense*) chile dulce (*C. annuum*) y chile xcat'ik (*C. annuum*).

1.5 Procedimiento experimental

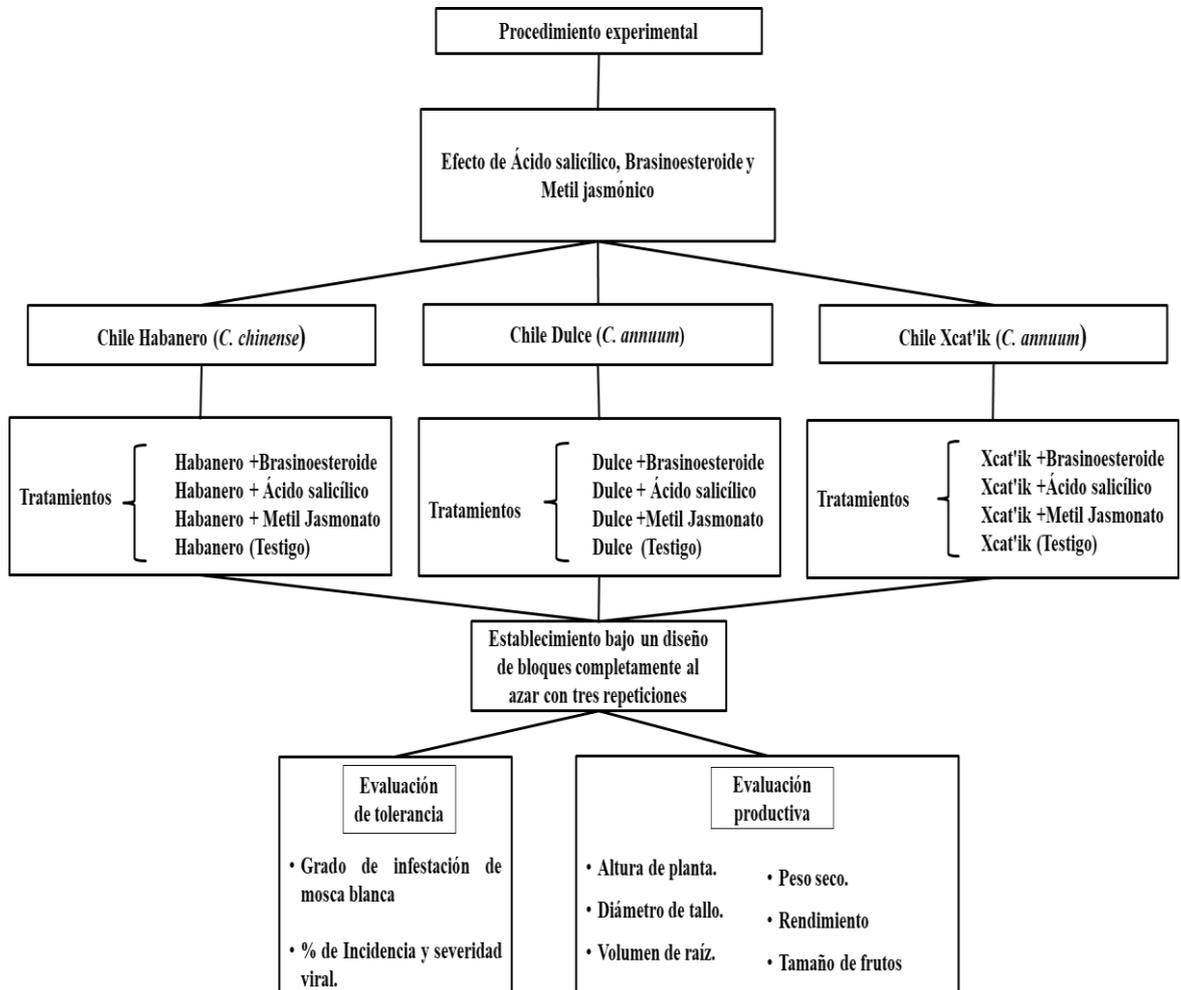


Figura 1.1 Diagrama del procedimiento experimental.

1.6 Literatura citada

- Aguilar-Astudillo, E. Rodríguez-Hernández, C., Bravo-Mojica, H., Soto-Hernández, M., Bautista-Martínez, N., Guevara-Hernández, F. 2020. Repelencia de adultos de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Heteroptera: Aleyrodidae) con clavo y pimienta. Revista Colombiana de Entomología 46 (2): e7520. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i2.7520>.
- Alcantara-Cortes, J. S., Acero-Godoy J., Alcántara-Cortés J. D., Sánchez-Mora R. M. 2019. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. 17 (32): 109-129.
- Álvarez-Rodríguez, A., Campo-Costa, A., Batista-Ricardo, E., Morales-Miranda, A., Camejo-Gálvez, A.I. 2017. Influencia del Biobras 16 y Fitomas-E contra el tizón temprano y el geminivirus (TYLCV) en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, 51(1): 3-7. ISSN: 0138-6204.
- Andueza-Noh, R. H., Latournerie-Moreno, L., Moran-Vázquez, N., Cervantes-Ortiz, F., Mendoza-Elos, M., & Rangel-Lucio, J. A. 2017. Respuesta fisiológica de la semilla de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al almacenamiento. Acta Universitaria, 27(6), 22-29. doi: 10.15174/ au.2017.1395.
- Avanci N.C., Luche D.D., Goldman G.H and. Goldman M.H.S. 2010. Jasmonates are phytohormones with multiple functions, including plant defense and reproduction. Genetics and Molecular Research 9 (1): 484-505.
- Bacab-Pérez, A. I. 2019. Antagonismo de *Bacillus subtilis* sobre hongos fitopatógenos y su efecto en *Capsicum* spp. Tesis Maestría, Tecnológico Nacional de México: instituto tecnológico de Conkal.
- Ballina-Gómez, H., Latournerie-Moreno, L., Esaú Ruiz-Sánchez, E., Pérez-Gutiérrez, A., and Rosado-Lugo, G. 2013. Morphological characterization of *Capsicum annum* L. accessions from southern Mexico and their response to the *Bemisia tabaci*-Begomovirus complex. Chilean journal of agricultural research 73(4).
- Barrón-Contreras, L., Mena-Covarrubias, J., Garza-Urbina, E. 2020. Nuevas estrategias de control de mosca blanca, vector de enfermedades virales en chile serrano en el centro y norte de México. Abanico Agroforestal. 2:1-14. <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.10>.
- Basto-Pool, C. I. & s Hernández-Pinto, C. 2020. El chile dulce, más allá de su diversidad y sus formas. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. ISSN: 2395-8790.

- Belkis Peteira, Arais Fernández, Rodríguez H. y González, E. 2008. Efecto del bion y del fitomas como inductores de resistencia en plantas de arroz infestadas con *Steneotarsonemus spinki*. Rev. Protección Veg. 23 (1): 32-37.
- Blanco-Labra, A., Aguirre-Mancilla, C. 2002. Proteínas Involucradas en los Mecanismos de Defensa de Plantas Acta Universitaria, 12(3): 3-28 ISSN: 0188-6266.
- Bobadilla-Larios, V., Esparza-Ibarra, E., Delgadillo-Ruiz, L., Gallegos-Flores, Perla., Ayala-Lujan, J. L. 2017. Variedades de chile (*Capsicum annuum* L.) identificadas mediante marcadores RAPD. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 20 (3): 465-473.
- Boughton, A. J., Hoover, K., and Felton, G. W. 2005. Methyl jasmonate application induces increased densities of glandular trichomes on tomato, *Lycopersicon esculentum*. Journal of Chemical Ecology, 31 (9). DOI: 10.1007/s10886-005-6228-7.
- Castañeda-Carrasco, Y. 2019. Efectos fisiológicos de metil jasmonato en frutos de *Fragaria x ananassa* durante la postcosecha. Tesis universidad de Talca Chile.
- Cázares-Sánchez, E., Ramírez-Vallejo, P., Castillo-González, F., Soto-Hernández, R. M., M. Rodríguez-González, T., Chávez-Servia J. L. 2005. Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chile (*Capsicum annuum* L.) del centro-oriente de Yucatán. Agrociencia 39: 627-638.
- Chew-Madinaveitia, Y. I., Vega-Piña, A., Palomo-Rodríguez, M., Jimenez-Diaz, F. 2008. Principales enfermedades de chile (*Capsicum annuum* L.). Primera edición. ISBN 978-607-425-055-8.
- Chi-Kantún N. I., Latournerie-Moreno L., López-Vázquez J.S., Mijangos-Cortes J.O., Pérez-Gutiérrez A., Sánchez-Azcorra P.S., Castañón-Nájera G. 2017. Selección masal en chile dulce criollo (*Capsicum annuum* L.). Agroproductividad: 10(6): 98-103.
- Cua-Basulto, M. E., Latournerie-Moreno, L., Ballina-Gómez, H., Pérez-Gutiérrez, A., Ruiz-Sánchez, E. 2019. Rescate de Chiles Criollos del Sureste de México: Valoración Mediante Análisis de Crecimiento y Colonización de *Bemisia tabaci*. Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria. Primera edición. 303-309.
- Delgado-Oramas, B. P. 2020. La resistencia inducida como alternativa para el manejo de plagas en las plantas de cultivo. Revista de Protección Vegetal 35(1) E-ISSN: 2224-4697.
- Ebel, R., Méndez-Aguilar, M. J., Brito-Estrella, E. E. y Calix de Dios, H. 2013. Arreglo óptimo del policultivo chile habanero y pitahaya con manejo agroecológico. Revista innovación para la vinculación. 3(2).

- Eng-Sánchez, Felipe. 2002. Jasmonatos: compuestos de alto valor para la agricultura. Parte I. Actividad biológica y ruta biosintética del ácido jasmónico en plantas ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. vol. XLII, núm. 1-3: 51-59. ISSN: 0138-6204.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P. 2015. Fertilización Foliar Principios Científicos y Práctica de Campo. Primera edición. ISBN 979-10-92366-03-7.
- Gamboa-Angulo, J., Ruíz-Sánchez, E., Alvarado-López, C., Gutiérrez-Miceli, F., Ruíz-Valdiviezo, V. M., Medina-Dzul, K. 2020. Efecto de biofertilizantes microbianos en las características agronómicas de la planta y calidad del fruto del chile xcat'ik (*Capsicum annuum* L.). Terra Latinoamericana 38: 817-826. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.716>.
- García Pineda, E., Lozoya Gloria, E. 2004. Genes de Resistencia a Enfermedades en Plantas Revista Mexicana de Fitopatología, 22 (3): 414-422. ISSN: 0185-3309.
- Garnica-Vergara, A., Raya-González, J., López-Bucio, J., Beltrán-Peña, E. 2012. Señalización del ácido jasmónico y el óxido nítrico durante el desarrollo de *Arabidopsis thaliana*. Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, UMSNH.
- Gómez, Diana E., Reis, Erlei M. 2011. Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos. Química Viva, 10(1): 6-17.
- González-Marquetti, I., Gonzalez-Rodríguez, M., Delgado-Oramas, B.P., Hans-Peter Schmidt. 2020. Biochar and its contribution to plant nutrition, growth and defense. 35 (2). Revista protección vegetal. ISSN-e: 2224-4697.
- González-Olmedo, J. L., Moreno-Herrera, A., Rodríguez-Sánchez, R., Michelena-Álvarez, G. 2016. Efectos de aplicaciones de Biojas® en plantas bajo condiciones de estrés. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 50(3): 54-58. ISSN: 0138-6204.
- Graillet-Juárez, E. M., Hernández-Hernández, J. A., Alvarado-Gómez, L. C., Retureta-Aponte, A. 2014. Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) en Acayucan, Veracruz. México. Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(4): 748-755.
- Guzmán-Antonio, A., Borges-Gómez, L., Pinzón-López, L., Ruiz-Sánchez, E., 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. 2012 ISSN: 1021-7444.
- Hernández Silva, E., García-Martínez, I. 2016. Brasinoesteroides en la agricultura. I. Revista Mexicana de Ciencias. 7(2): 441-450.
- Hernández-Pinto, M. J. 2020. Caracterización agronómica y molecular de chile bobo: híbrido originado de la cruce de X'catik y Dulce (*Capsicum annuum* L.). Tesis maestría

Tecnológico Nacional de México: instituto tecnológico de Conkal.
<https://doi.org/10.1186/s12870-019-1784-0>.

- Ix-Nahuat, J. G., Latournerie-Moreno, L., Pech-May, A. M., Pérez-Gutiérrez, A., Tun-Suárez, J.M., Ayora-Ricalde, G., Mijangos-Cortes, J.O., Castañón-Nájera, G., López-Vázquez, J.S., Montes-Hernández, S. 2013. Valor agronómico de germoplasma de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) en Yucatán, México. Evaluación agronómica de chile dulce criollo 29(3): 231-242.
- Laredo-Alcalá, E. I., Martínez-Hernández, J.L., Iliná, Anna., Guillen-Cisnero, L., Hernández-Castillo, F. D. 2017. Aplicación de ácido jasmónico como inductor de resistencia vegetal frente a patógenos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(3): 673-683. ISSN: 2007-0934.
- Latournerie, L., Chavez, J. L., Pérez, M., Hernández, C. F., Martínez, R., Arias, L. M., Castañón, G. 2001. Exploración de la diversidad morfológica de chiles regionales en Yaxcaba, Yucatán, México. Agronomía mesoamericana, 12(1) 41-47.
- Li, Tong Ying Huang, Zhi-Sheng Xu, Feng Wang and Ai-Sheng Xiong. 2019. Salicylic acid-induced differential resistance to the Tomato yellow leaf curl virus among resistant and susceptible tomato cultivars. BMC Plant Biology. 19:173
- López-Gómez, J. D., Villegas-Torres, O. G., Sotelo-Nava, H., Andrade-Rodríguez M., Juárez-López, P., Martínez-Fernández, E. 2017. Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(8): 1747-1758.
- López-Meyer, M., Martínez-Ereva, O. E., Verdugo-Contreras, X. E., Ramírez-Douriet, C. M., Ibarra-Sarmiento, C. R., Martínez-Valenzuela, C., Mora-Romero, G. A. 2021. La aplicación exógena de metil jasmónico aumenta la defensa inducida por micorrización arbuscular contra *Sclerotinia sclerotiorum* en frijol. 51:e1336, DOI: 10.33885/sf.2021.51.1336.
- Madriz-Ordeñana, K. 2002. Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. Manejo Integrado de Plagas 63: 22 - 32
- Martin-Mex, R., Nexticapan-Garcéz, A., Herrera-Tuz, R., Vergara-Yoisura, S., Larqué-Saavedra, A. 2012. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(8): 1637-1643.
- Meléndez, G., Molina, E. 2002. Fertilización foliar: principios y aplicaciones. Memoria. Centro de investigaciones agronómicas, Universidad de Costa Rica.
- Meneses-Lazo, R. E., Garruña, R. 2020. El cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) como modelo de estudio en México. 23(21) ISSN: 1870-0462.

- Mogollón Ortiz, Á. M., Castaño Zapata, J. 2012. Evaluación in vitro de Inductores de Resistencia sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Revista Facultad Nacional de Agronomía, 65 (1): 6327-6336. ISSN: 0304-2847.
- Montoliu-Vidal, A. 2010. Respuestas fisiológicas de los cítricos sometidos a condiciones de estrés biótico y abiótico. Aspectos comunes y específicos. Tesis doctoral. Universitat Jaume I.
- Morejón, R., Díaz, Sandra H.; Núñez, Miriam. 2004. Efecto del análogo de brasinoesteroides biobras 6 en el rendimiento y otros caracteres en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) Cultivos Tropicales, 25(1): 55-59. ISSN: 0258-5936.
- Muñoz-Sánchez, J. A., Altúzar-Molina, A. & S. M. Teresa Hernández-Sotomayor. 2012. Phospholipase signaling is modified differentially by phyto regulators in *Capsicum chinense* J. cells, Plant Signaling & Behavior, 7(9): 1103-1105. DOI: 10.4161/psb.21220.
- Navarrete-Mapen, R. Z., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J. M., Herrera-Parra, E. Uc-Varguez, A. 2020. Principales enfermedades del chile habanero (*Capsicum chinense*) y su control. Metabolómica y cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) de la Península de Yucatán. Primera edición. 24-41. ISBN: 978-607-8734-09-2.
- Núñez, M., Mazorra, L. M., Reyes, Y., Martínez, L. 2010. Los brasinoesteroides y las respuestas de las plantas a estrés abióticos. Una visión actualizada. Cultivos Tropicales, 31(2): 56-65.
- Quintero-Rodríguez, E., Calero-Hurtado, A., Pérez-Díaz, Y., Enríquez-Gómez, L. 2018. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. Revista centro agrícola. 45 (3): 73-80.
- Ramírez Gómez, M., Rodríguez, A. 2012. Mecanismos de defensa y respuestas de las plantas en la interacción micorrízica: una revisión. Revista Colombiana de Biotecnología, vol. XIV (1): 271-284. ISSN: 0123-3475.
- Ramírez, H., Mendoza-Castellanos, J., Vázquez-Badillo, M. E., Zermeño-González, A. 2016. La prohexadiona de calcio (P-CA): una alternativa hormonal viable en chile habanero. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7 (3): 631-641.
- Ramírez-Jaramillo, G. y Lozano-Contreras M. G. 2018. Áreas potenciales para el establecimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en condiciones de riego en la península de Yucatán. Revista del centro de graduados e investigación. 33 (75); 85-90.
- Ramírez-Luna, E., Castillo-Aguilar, C. de la C., Aceves-Navarro, E., Carrillo-Ávila, E. 2005. Efecto de productos con reguladores de crecimiento sobre la floración y amarre de fruto en chile 'habanero'. Revista Chapingo. 11(1) 93-98.
- Ramírez-Vargas, B. A., Carrillo-Ávila, E., Obrador-Olán, J. J., Coh-Méndez, D., Monsalvo-Espinosa, A., & Aceves-Navarro, E. 2019. Aplicación del modelo simplificado para

- estimar dosis sustentables de fertilización fosforada en el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 27(78); 23-33.
- Ramos-Cabrera, E. V., Delgado-Espinosa, Z. Y., Jiménez, O. D. 2020. Efecto del ácido salicílico en el control de la septoriosis y su efecto de rendimiento en dos cultivares de trigo. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. Bogotá - Colombia, 12 (1): 51 - 62, DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.3853>.
- Rangel-Sánchez, G., Castro-Mercado, E., Beltrán-Peña, E., Reyes de la Cruz, H., García-Pineda E. 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. Biológicas, 12(2): 90–95.
- Retes-Manjarrez, J. E., Hernández-Verdugo, S., Benedicte Pariaud, Melgoza-Villagómez, C. M., Pacheco-Olvera, A., Parra-Terraza, S. y Garzón-Tiznado, J.A. 2016. Detección de resistencia al virus huasteco vena amarilla del chile y su heredabilidad en genotipos silvestres de *Capsicum annuum* L. Interciencia, 41(8).
- Reyes, Y., Mazorra, L. M., Martínez, L., Núñez, M. 2010. Efecto del análogo de brasinoesteroide (biobras-16) en la germinación y el crecimiento inicial de las plantas de dos variedades de tomate en condiciones de estrés salino. Cultivos Tropicales. 31 (2): 103-109.
- Reyes, Y., Mazorra, L. M., Núñez, M. 2008. Aspectos fisiológicos y bioquímicos de la tolerancia del arroz al estrés salino y su relación con los brasinoesteroides. 29(4): 67-75. ISSN 0258-5936.
- Rodríguez-Montero, L., Berrocal-Jiménez, A., Campos-Rodríguez, R., Madriz-Martínez, M. Determinación de la actividad biocida de extractos vegetales para el combate de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Tecnología en Marcha. 33(3): 117-129. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4373>.
- Ruiz-Bello, R., Nava-Tablada, M. E., Landeros-Sánchez, C., Díaz-Padilla, G. 2016. Potencial productivo y limitantes para el cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el estado de Veracruz, México. 1 (1): 01-11.
- Salgado-Garciglia, R., Cortés-Rodríguez, M. A., Del Río, R. E. 2008. Uso de brasinoesteroides y sus análogos en la agricultura. Biológicas, 10:18-27.
- Sánchez-Chávez, E., Barrera-Tovar, R., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D. L., Anchondo-Nájera, A. 2011. Efecto del ácido salicílico sobre biomasa, actividad fotosintética, contenido nutricional y productividad del chile jalapeño. Revista Chapingo Serie Horticultura. 17(1): 63-68.

- Tapia-Vargas, M., Larios-Guzmán, A., Díaz-Sánchez, D. D., Ramírez-Ojeda, G., Hernández-Pérez, A., Vidales-Fernández, I., Guillén-Andrade, H. 2016. Producción hidropónica de chile habanero negro (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. Fitotec. Mex. 39(3): 241 – 245.
- Torres-Ruiz, B. L., Espinosa-Calderón, A., Mendoza-Rodríguez, M., & Rodríguez-de la O, J. L., Irizar-Garza, M. B., Castellanos-Ruiz, J. S. 2007. Efecto de brasinoesteroides en híbridos de maíz androestériles y fértiles. Agronomía Mesoamericana, 18(2):155-162. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43718201>.
- Trinidad-Cruz, J.R., Rincón-Enríquez G., Quiñones-Aguilar, E. E., Arce-Leal A. P., Leyva-López, N. E. 2019. Inductors of plant resistance in the control of *Candidatus Liberibacter asiaticus* in Mexican lemon (*Citrus aurantifolia*) trees. Mexican Journal of Phytopathology 37(2): 304-317. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1901-1.
- Trinidad-Santos, A., Aguilar-Manjarrez, D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Terra Latinoamericana, 17(3): 247-255.
- Tucuch-Haas C. J., Pérez-Balam, J. V., Dzib-Ek M. G., Alcántar-González, G., Larqué-Saavedra, A. 2019. El ácido salicílico aumenta la acumulación de macro y micronutrientes en chile habanero. 10(4).
- Tun-Suárez, J. M., Castillo-Peraza, M. E., Cristóbal-Alejo, J., y Latournerie-Moreno, L. 2011. Etiología de la mancha foliar del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y su control in vitro en Yucatán, México. Fitosanidad 15(1): 5-9.
- Uc-Pat, A. G. 2015. Evaluación agronómica de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) a través de ambientes. Tesis de maestría. Instituto tecnológico de Conkal, Yucatán
- Vaca-Vaca J. C., Morales-Euse J., Rivera-Toro D. M., López-López K. Primer reporte de begomovirus infectando cultivos de ají (*Capsicum* spp.) en Colombia. Acta biol. Colomb. 24(3):452-462. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n3.79367>.
- Vargas-Vázquez, M. L. P., Irizar-Garza, M. B. G. 2005. Efecto del brasinoesteroide y densidad de población en la acumulación de biomasa y rendimiento de ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) Revista Chapingo Serie Horticultura.11 (2): 269-272. ISSN: 1027-152X.
- Vázquez-Díaz, D. A., Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Segura-Castruita, M. Á., González-Fuentes, J. A., Valenzuela-García, J. R. 2016. Efecto del ácido salicílico en la producción y calidad nutracéutica de frutos de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 17: 3405-3414.
- Villanueva-Couoh, E., Alcántar-González, G., Sánchez-García, P., M. Soria-Fregoso, M., Larque-Saavedra, A. 2009. Efecto del ácido salicílico y dimetilsulfóxido en la floración de [*Chrysanthemum morifolium*(Ramat) Kitamura] en Yucatán. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(2): 25-31.

Villarreal-Delgado M.F., Villa-Rodríguez E.D., Cira-Chávez L.A., Estrada-Alvarado M.I., Parra-Cota F.I., De los Santos-Villalobos S. 2017. The genus *Bacillus* as a biological control agent and its implications in the agricultural biosecurity. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1): 95-130. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1706-5.

CAPITULO II: REGULADORES DE CRECIMIENTO COMO INDUCTORES DE TOLERANCIA A BEGOMOVIRUS EN *Capsicum* spp. CULTIVADOS EN CAMPO

RESUMEN

En la península de Yucatán existe una amplia diversidad genética de materiales criollos, entre los que se encuentran chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), chile dulce (*Capsicum annuum* L.) y chile xcat'ik (*C. annuum*) con importancia económica en la región. Por lo general, en los sistemas tradicionales se cultivan de forma conjunta, donde enfrentan una serie de limitaciones que afectan la calidad del producto, los rendimientos y la rentabilidad. Los Begomovirus transmitidos por la mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn). Son considerados, la principal limitante en campo para su cultivo. En los últimos años sustancias como brasinoesteroide (Br), ácido salicílico (AS) y metil jasmonato (MeJa) y han adquirido importancia en diversos cultivos, ya que además de estimular el crecimiento, pueden inducir respuestas protectoras a diversos tipos de estrés; al potenciar las barreras tanto químicas como estructurales de las plantas. El objetivo principal del estudio fue evaluar en campo los reguladores de crecimiento Br, AS y MeJa como inductores de resistencia en el patosistema *Capsicum* spp.- Begomovirus-*B. tabaci*. El estudio se realizó en los cultivos *C. chinense* y *C. annuum* (dulce y xcat'ik) donde se registraron las poblaciones de mosca blanca; registrando en los tres cultivos la menor población en los tratamientos donde se aplicaron los reguladores de crecimiento, incidencia y severidad viral; con efectos promisorios en la inducción de resistencia con diferentes grados en cada cultivar, y al final del cultivo una evaluación productiva, destacó en *C. chinense* el tratamiento metil jasmonato para incrementar el rendimiento un 24% respecto al testigo, para *C. annuum* dulce y xcat'ik se registraron efectos negativos sobre el rendimiento asociados al estrés causado por las dosis aplicadas aunadas a la fuga de recursos y energía metabólica por la expresión constante de los mecanismos de defensa.

Tesista: Emmanuel Hernández Pérez

E-mail: Emmanuel.hp19@gmail.com

Director de tesis: Dr. Jairo Cristóbal Alejo

E-mail: jairoca54@hotmail.com

: