

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte
Doctorado en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

*“Nutrición con N, P, K y bioestimulantes en la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en el norte de Sinaloa”*

**Que para obtener el grado de
Doctor (a) en Ciencias Agropecuarias**

PRESENTA:

M.C. Salomón Buelna Tarín

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Gabriel Antonio Lugo García

CO-DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Cosme Bojórquez Ramos

ASESORES:

Dra. Celia Selene Romero Félix

Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. Julio 2023

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **SALOMÓN BUELNA TARÍN**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR(A)


DR. GABRIEL ANTONIO LUGO GARCÍA

CO-DIRECTOR(A)


DR. COSME BOJÓRQUEZ RAMOS

ASESOR(A)


DRA. CELIA SELENE ROMERO FÉLIX

ASESOR(A)


DR. BARDO HELEODORO SÁNCHEZ SOTO

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México. Julio 2023

CORREO ELECTRÓNICO: buelnatarin@gmail.com
CURP: BUTS820819HSLRL08



UAS- Dirección General de Bibliotecas
Repositorio Institucional
Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México). Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme y haberme permitido alcanzar una meta más en la vida.

A mis padres Eliseo Buelna Gaxiola (†) y María Teresa Tarín Ornelas por su apoyo incondicional para poder llegar a esta etapa de mis estudios y por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mi familia en general con mucho aprecio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a hasta esta meta con gran éxito y salud.

Al CONACYT por apoyarme con los medios económicos para realizar mis estudios doctorales (CVU: 758516).

A la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte por facilitarme sus instalaciones para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa por permitirme obtener una formación académica de calidad.

A nuestros padres y familiares, porque con su apoyo inmenso fue posible lograr este anhelado logro.

A mis asesores que me guiaron con su gran experiencia y sabiduría en el desarrollo y conclusión de este trabajo de investigación.

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
1.2.1. El chile jalapeño.....	2
1.2.1.1. Clasificación y origen.....	2
1.2.1.2. Taxonomía.....	2
1.3. Producción	3
1.4. Fenología del cultivo	3
1.4.1. Descripción de las etapas fenológicas.....	4
1.5. Morfología del chile jalapeño	5
1.5.1. Descripción de la planta.....	5
1.5.1.1. Raíz.....	5
1.5.1.2. Tallo.....	6
1.5.1.3. Hoja.....	6
1.5.1.4. Flor.....	6
1.5.1.5. Semilla.....	7
1.5.1.6. Fruto.....	7
1.6. Valor nutritivo	7
1.6.1. Composición química y valor nutritivo.....	8

1.7. Requerimientos edafoclimáticos	8
1.7.1. Temperatura.....	9
1.7.2. Humedad.....	9
1.7.3. Luminosidad.....	10
1.7.4. Suelos.....	10
1.8. Manejo del cultivo	10
1.8.1. Preparación del terreno	10
1.8.1.1. Establecimiento.....	10
1.8.1.1.1. Siembra directa.....	11
1.8.1.1.2. Siembra en charolas.....	11
1.8.2. Manejo de malla sombra.....	12
1.8.3. Época y método de trasplante	13
1.8.4. Riego.....	14
1.8.4.1. Requerimiento nutrimental del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	15
1.8.4.2. Fertirrigación.....	16
1.8.4.2.1. Tecnología de la fertirrigación.....	17
1.8.4.2.2. Orden de la fertirrigación.....	18
1.8.5. Combate de malas hierbas.....	18
1.8.6. Control de plagas.....	18
1.8.7. Control de enfermedades.....	21
1.8.8. Cosecha.....	22
1.8.9. Rendimiento comercial probable.....	22
1.9. LITERATURA CITADA.....	22

CAPÍTULO 2. BIOESTIMULANTES Y SOLUCIÓN STEINER EN CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Capsicum annuum* L..... 26

2.1. RESUMEN.....	26
2.2. ABSTRACT.....	27
2.3. INTRODUCCIÓN.....	28
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
2.4.1. Área experimental.....	29
2.4.2. Material vegetal.....	30
2.4.3. Tratamientos y diseño experimental.....	31
2.4.4. Variables de crecimiento y rendimiento evaluadas.....	34
2.4.5. Análisis estadístico.....	35
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
2.6. CONCLUSIONES.....	40
2.7. LITERATURA CITADA.....	40

CAPÍTULO 3. EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE DOS BIOESTIMULANTES Y UN REGULADOR DE CRECIMIENTO EN CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.).....46

3.1. RESUMEN.....	46
3.2. ABSTRACT.....	47
3.3. INTRODUCCIÓN.....	48
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
3.4.1. Área experimental.....	49
3.4.2. Material vegetal.....	50
3.4.3. Tratamientos y diseño experimental.....	50
3.4.4. Variables de crecimiento y rendimiento evaluadas.....	51
3.4.5. Análisis estadístico.....	53

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
3.6. CONCLUSIONES.....	60
3.7. LITERATURA CITADA.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Titulo	Página
1	Composición química y valor nutritivo del chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.)	8
2	Temperatura promedio por etapas fenológicas del chile jalapeño.	9
3	Manejo de plántula de chile jalapeño en invernadero.	13
4	Cantidad de macroelementos acumulados en plantas de chile (<i>Capsicum annuum</i> L.) considerando toda la planta (Kg t ⁻¹ de fruto cosechado).	15
5	Compatibilidad de fertilizantes solubles.	16
6	Principales plagas en el chile jalapeño y sugerencias para su control.	19
7	Prevención y control de enfermedades del chile jalapeño.	21
8	Valores medios para el crecimiento y rendimiento en promedio de dos cultivares de chile jalapeño (<i>Capsicum annuum</i> L.) bajo el efecto de cuatro tratamientos.	36

9	Valores medios para el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño en promedio de cuatro tratamientos.	38
10	Valores medios para el efecto de la interacción cultivar por tratamiento, para el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño y cuatro tratamientos.	39
11	Variables de crecimiento de dos híbridos de chile jalapeño.	55
12	Variables de rendimiento de dos híbridos de chile jalapeño.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Localización de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.	30
2	Sustrato peat moss (BM2 EURO Berger ®).	31
3	Plántulas de chile jalapeño.	31
4	Bolsas hidropónicas (color blanco/negro cal. 600, de 35 x 35 cm), con una capacidad de 10 L de volumen utilizadas en el experimento.	32
5	Tratamientos bioestimulantes y hormonal empleados en el experimento.	33
6	Productos agroquímicos utilizados para el control de plagas y enfermedades del chile jalapeño.	34
7	Medición de la variable diámetro de tallo (DT) con el vernier digital (Stereon®).	52
8	Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para AP (cm) media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—), Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow Excel, 3 = Aminoácidos 70 y 4 Giberelin 10.	57
9	Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para VR (mL) media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—), Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow, 3 = Aminoácidos 70%, 4 Giberelin 10.	58

- 10 Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para PTF (g)
media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—),
Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow, 3 =
Aminoácidos 70%, 4 Giberelio 10. 59
- 11 Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para PSR (g)
media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—),
Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow, 3 =
Aminoácidos 70%, 4 Giberelin 10. 60

RESUMEN

Nutrición con N, P, K y bioestimulantes en la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en el norte de Sinaloa

Salomón Buelna Tarín

La producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en invernadero está aumentando debido a la demanda de los consumidores durante todo el año. En la actualidad el uso de bioestimulantes y reguladores de crecimiento se ha incrementado de manera importante en este cultivo. Los bioestimulantes son sustancias de origen orgánico, usadas en pequeñas cantidades, cuya función es modificar los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, para llegar al potencial genético con el objetivo de obtener mayor productividad, esto debido a cambios en los niveles de hormonas, activación de procesos metabólicos, incremento en la eficiencia de la nutrición, estimulación del crecimiento, desarrollo y adaptabilidad al efecto negativo de diferentes tipos de estrés. Con el objetivo de evaluar el efecto de la solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de sustancias orgánicas (reguladores de crecimiento y bioestimulantes) sobre los parámetros de crecimiento y rendimiento en cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero, se realizaron dos ensayos experimentales, el primero consistió en cuatro tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, se utilizaron dos cultivares (Bronco y Forajido). Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (AP), diámetro de tallo (DT), peso seco de hoja (PSH), peso seco de tallo (PST), longitud de fruto (LF), número de frutos por planta (NFP), peso total de fruto (PTF), peso de fruto por planta (PFP) y número de flores (NF). El cultivar Bronco fue sobresaliente en las variables evaluadas y el tratamiento Giberelin 10 obtuvo la mayor altura de la planta (AP). En el segundo ensayo se evaluó el efecto de la solución Steiner más la aplicación vía foliar de dos bioestimulantes y un regulador de crecimiento, sobre las variables de crecimiento y rendimiento de los cultivares Dante y Everman cultivados en invernadero. Se establecieron cuatro tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (AP), diámetro de tallo (DT), peso seco de la hoja (PSH), peso seco de tallo (PST), peso seco de raíz (PSR), longitud de fruto (LF), volumen de raíz (VR), número de frutos por planta (NFP), peso total de fruto (PTF) y peso de fruto por planta (PFP). El tratamiento Giberelin 10 (GIB) obtuvo el valor más alto en VR (56.25 ml) estadísticamente igual a Maxi-Grow Excel (45.31 ml) y Aminoácidos 70 (47.96 ml), mostrando diferencias significativas con respecto al control (únicamente solución Steiner; 39.0 ml). El cultivar Everman presentó los valores más altos en las variables de crecimiento y rendimiento con excepción en el diámetro de tallo (DT) y número de frutos por planta (NFP), resultando mayores en el cultivar Dante.

Palabras clave: solución Steiner, bioestimulante, cultivares, reguladores de crecimiento.

ABSTRACT

Nutrition with N, P, K and biostimulants in the production of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) in northern Sinaloa

Salomón Buelna Tarín

Production of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse is increasing due to year-round consumer demand. Currently, the use of biostimulants and growth regulators has increased significantly in this crop. Biostimulants are substances of organic origin, which used in small quantities modify the physiological and biochemical processes of plants, to reach the genetic potential with the aim of obtaining greater productivity due to changes in hormone levels, activation of metabolic processes, increasing in nutrition efficiency, stimulation of growth, development and adaptability to the negative effect of different types of stress. The objective of this research was to evaluate the effect of the Steiner nutrient solution and foliar spray of organic substances (biostimulants and growth regulators), on growth and yield parameters of two cultivars of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. Two experimental trials were carried out, the first consisted of four treatments under a randomized complete block design with four repetitions and two cultivars (Bronco y Forajido). The evaluated variables were the following: height of plant (AP), stem diameter (DT), leaf dry weight (PSH), stem dry weight (PST), fruit length (LF), number of fruits per plant (NFP), total fruit weight (PTF), fruit weight per plant (PFP) and number of flowers (NF). The bronco cultivar was outstanding in the evaluated variables and the Giberelin 10 treatment obtained the best height of plant (AP). In the second trial, the effect of the Steiner solution plus the foliar spray of two biostimulants and a growth regulator was evaluated, on growth and yield parameters of two cultivars of jalapeño pepper (Dante y Everman), under greenhouse conditions. Four treatments were established under a randomized complete block design with four repetitions. The evaluated variables were the following: height of plant (AP), stem diameter (DT), leaf dry weight (PSH), stem dry weight (PST), root dry weight (PSR); fruit length (LF); root volume (VR); number of fruits per plant (NFP), total fruit weight (PTF) and fruit weight per plant (PFP). The Giberelin 10 treatment (GIB) obtained the highest value in VR (56.25 ml) statistically equal to Maxi-Grow Excel treatment (MGE; 45.31 ml) and Aminoacids treatment (AA; 47.96 ml) exhibiting significant differences with respect to control (only the Steiner nutrient solution; 39.0 ml). The Everman cultivar was outstanding for providing the best results in the evaluated parameters of growth and yield, except,

in stem diameter (DT) and number of fruits per plant (NFP), which were greater in Dante cultivar.

Keywords: Steiner solution, biostimulant, cultivars, growth regulators.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN Y REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es originario de México y es considerado una de las hortalizas más importantes a nivel mundial con gran impacto en la gastronomía nacional e internacional (Aguirre y Muñoz, 2015), con una producción mundial de 36,771,482 t (FAOSTAT, 2020). Nuestro país aporta cerca del 9% de la producción mundial (SIAP, 2020). En lo que respecta al chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), Sinaloa es el principal productor a nivel nacional con una superficie aproximada cosechada de 3,867.73 ha y una producción de alrededor de 139, 189.10 t (SIAP, 2021). En la actualidad una de las alternativas novedosas en la agricultura es el uso de los bioestimulantes, los cuales promueven un incremento en la calidad y productividad de las plantas cultivadas, disminuyendo el uso de fertilizantes químicos con el objetivo de lograr una producción agrícola sustentable (Villegas-Espinoza *et al.*, 2018). La aplicación con bioestimulantes se considera como un suplemento nutricional eficaz y sostenible del cultivo que puede atenuar los problemas ambientales asociados con la fertilización excesiva (Bulgari *et al.*, 2015; Halpern *et al.*, 2015). Los bioestimulantes son sustancias de origen orgánico que modifican los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, obteniendo mayor productividad, debido a cambios en los niveles de hormonas, activación de procesos metabólicos, incremento en la eficiencia de la nutrición, estimulación del crecimiento, desarrollo y adaptabilidad al estrés (Yakhin *et al.*, 2016). Por otra parte, los reguladores de crecimiento de las plantas se consideran como una nueva generación de agroquímicos después de los fertilizantes, pesticidas y herbicidas para aumentar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Sreenivas *et al.*, 2017). Por último, debido a la importancia del jalapeño en el mundo, es necesario buscar alternativas para incrementar el rendimiento por superficie en producción de campo o invernadero y obtener mayores ingresos para los productores. Con base en lo anterior, se realizaron dos ensayos experimentales, con el objetivo de evaluar el efecto de productos comerciales (bioestimulantes y reguladores de crecimiento),

sobre el crecimiento y rendimiento cultivares de chile jalapeño bajo condiciones de invernadero.

1.2. REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1. El chile jalapeño.

1.2.1.1. Clasificación y origen.

El género *Capsicum* pertenece a la familia de las solanáceas y comprende aproximadamente 35 especies, tienen su origen en las zonas templadas y tropicales de América y distribuidas desde México hasta Brasil, Paraguay y el centro de Argentina (Carrizo *et al.*, 2016). Existe gran variabilidad entre los frutos de los chiles jalapeños entre formas silvestres y domesticadas, por lo que se hace difícil definir su identidad y su relación con las especies silvestres ; además de la diversidad de criterios utilizados en su clasificación (Nuez *et al.*, 2003; Aguilar *et al.*, 2009). El nombre del chile proviene del náhuatl *chilly*, su sinónimo es *ají*, usado en España y en muchos países de Latinoamérica, tiene su origen en el arahuaco, dialecto caribeño (Amunátegui, 2014). Las variedades de chile, de las cuales se encuentran gran cantidad, usualmente se clasifican como, comúnmente se clasifican como dulces o picantes. El fruto del chile varía en su forma, sabor, picor, color y utilización culinaria (Mendoza, 2012).

1.2.1.2. Taxonomía.

El nombre científico del género *Capsicum* se deriva del griego *Kapso* (picar), o *Kapsakes* (cápsula). De acuerdo con Nuez *et al.* (2003) este género está incluido en la extensa familia de las solanáceas y se clasifica de la siguiente manera:

División: Spermatophyta.

Línea XIV: Angiospermae.

Clase A: Dicotyledones.

Rama 2: Malvales-Tubiflorae.

Orden XXI: Solanales (personatae).

Familia: Solanaceae.

Género: Capsicum

A partir de la domesticación de Capsicum emergieron las cinco especies domesticadas: *C. annuum* L., *C. baccatum* L., *C. chinense* Jacq., *C. frutescens* L. y *C. pubescens* R. y P. (IBPGR, 1983), siendo *Capsicum annuum* L. la más importante económicamente (Parán *et al.*, 1998).

1.3. Producción.

México ocupa el segundo lugar a nivel mundial en producción (9.19%) después de China con una producción del 49.45% del total (FAOSTAT, 2020). En el año 2019 la producción nacional de chile fue de 3, 238, 244.81 toneladas (SIAP, 2020). Sinaloa en el año 2020 fue el principal productor de chile en México, del cual el chile jalapeño obtuvo una producción de 127, 517.29 toneladas aproximadamente (SIAP, 2020).

1.4. Fenología del cultivo.

La fenología es la rama de la agrometeorología que trata del estudio de la influencia del medio ambiente sobre los seres vivos (Yzarra y López, 2011). Según INIA (2014) la acumulación de información de la fenología de cada especie, permite construir modelos capaces de predecir con cierta exactitud, el inicio y duración de los estados fenológicos para cierta latitud, fecha del año y temperaturas.

El cultivo del chile tiene varios estados de desarrollo en su ciclo de crecimiento. Germinación y emergencia (Nuez *et al.*, 2003), crecimiento de la plántula (Tjalling, 2006), crecimiento vegetativo, floración, cuajado, desarrollo de fruto y maduración. Dicha información puede presentar variaciones debido a que cada periodo depende de la variedad, condiciones medioambientales y manejo del cultivo (Azofeita *et al.*, 2004).

1.4.1. Descripción de las etapas fenológicas.

a) Germinación y emergencia. Las semillas son aplastadas y lisas, ricas en aceite (Gómez-Cruz y Schwentesius-Rindermann, 1995). El tiempo antes de la emergencia varía entre ocho a doce días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor durante la germinación y emergencia de la semilla, primeramente emerge una raíz pivotante y las hojas cotiledóneas, después el crecimiento de la parte aérea procede muy lentamente, mientras se desarrolla la raíz pivotante. Casi cualquier daño que ocurra durante este periodo tiene graves consecuencias y es la etapa más crítica donde se presenta la mortalidad máxima (Nuez *et al.*, 2003).

b) Crecimiento de la plántula. Después del desarrollo de las hojas cotiledóneas, da inicio el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. A partir de esta etapa, la parte aérea crece lentamente, mientras la plántula sigue con su desarrollo radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz pivotante y produciendo raíces laterales secundarias (Tjalling, 2006).

c) Fase vegetativa.

Desde que inicia la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular gradualmente va disminuyendo; en cambio la del follaje y tallos aumenta, las hojas logran el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca (9 – 12 hojas), después que el brote ha terminado en una flor o vástago floral (botón floral), a medida que la planta crece, ambas ramas se sub-ramifican después que el crecimiento del brote ha producido un número específico de órganos florales (flores blancas), vuelve a iniciarse una continuación vegetativa del proceso, este ciclo se repite a lo largo del periodo de crecimiento. La tolerancia se incrementa a medida que la planta crece (de 0.3 a 1 m) y siempre que no haya otros factores limitantes, la pérdida de follaje se compensa rápidamente (Pérez-Castañeda, 2010; Orellana, 2012).

d) Fase reproductiva. La floración inicia cuando la planta empieza su ramificación, presentándose flores solitarias o en grupos de dos o más en cada una de las axilas; el botón floral se presenta envuelto completamente en el cáliz, el cual se abre

rápida hasta dejar expuesta la corola, durando un promedio de 15 días, desde el apareamiento del primordio floral en las axilas de las ramas hasta la apertura total de la corola (Carrillo *et al.*, 2013). Montaña *et al* (2002) evaluaron siete cultivares de chile donde el primero en iniciar la floración fue el cultivar Jupiter a los 32 días después del trasplante. La planta limita el crecimiento vegetativo cuando inicia la fructificación (Azofeita *et al*, 2004).

Cuando empiezan a madurar los primeros frutos, nuevamente inicia otra fase de crecimiento vegetativo y producción de flores. De esta manera, el cultivo tiene ciclo de producción constante de frutos que coincide con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a frutos con diferentes grados de madurez en la planta, o que usualmente permite cosechas semanales o quincenales durante un periodo que oscila entre 6 a 15 semanas, dependiendo del manejo agronómico del cultivo (Méndez, 2012).

1.5. Morfología del chile jalapeño.

1.5.1. Descripción de la planta.

Es una planta monoica (con los dos sexos en la misma planta), es autógama (se autofecunda); aunque puede ser fecundada por una planta vecina. Es clasificada como una planta anual con tallo ramificado, con hojas oblongas, lanceoladas y flores blancas (Mendoza, 2012).

1.5.1.1. Raíz.

De tipo pivotante, profundo y muy ramificado con raíces adventicias. La raíz principal se extiende hasta un metro de profundidad. En sentido horizontal, todo el sistema de raíces fasciculadas se extiende en un radio de alrededor de 50 cm (Hernández y Zambrano, 2014).

1.5.1.2. Tallo.

De crecimiento ilimitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente) (Sánchez, C.2004).

1.5.1.3. Hoja.

Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un peciolo largo y poco aparente. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio de la fruta. (Sánchez, 2004).

1.5.1.4. Flor.

Generalmente las flores son solitarias, terminales aparentemente axilares. Los pedicelos miden más de 1.5 cm de longitud, el cáliz es ligeramente dentado, aproximadamente de 2 mm de longitud, generalmente alargado y cubriendo la base de los frutos, la corola es rotada, campanulada, dividida en 5 o 6 partes, mide de 8 a 15 mm de diámetro, blanca o verduzca, con 5 o 6 estambres insertados cerca de la base de la corola, las anteras son angulosas, dehiscentes longitudinalmente, el ovario es bilocular, pero a menudo multilocular, bajo domesticación el estilo es simple, blanco o púrpura, el estigma es capitado, su fecundación es claramente autógama, no superando el 10% de alogamia. La polinización cruzada por insectos es del 80% (Mendoza, 2012).

Las condiciones climáticas favorables requieren de cierta madurez de la planta que en *Capsicum annuum* L. se da con la presencia mínima de 8 a 12 hojas verdaderas, la temperatura óptima para la floración es de 25 grados centígrados, debiéndose mantener en un intervalo entre 18 y 35°C. Y temperaturas nocturnas de (8 -10°C), reduce la viabilidad del polen favoreciendo la formación de frutos partenocárpicos, temperaturas menos de 10°C durante la floración, la fructificación se produce partenocárpica los frutos son pequeños. (Núñez, 2013).

1.5.1.5. Semilla.

Son abundantes y miden aproximadamente de 3 a 5 mm de longitud y son de color amarillo pálido. Debido a la gran variación de tipos de chiles (alrededor de 100 especies y variedades botánicas), la taxonomía del género *Capsicum* por muchos años ha sido complicada ya muchas de las especies o variedades no presentan características diferenciales (Mendoza, 2012).

1.5.1.6. Fruto.

Los frutos son erectos de 7 cm de longitud y de 2 a 3 cm de ancho aproximadamente, con un pedúnculo de 3 cm. El cuerpo del fruto es oblongo y termina con un ápice puntiagudo o chato, el color del fruto es verde y cambia a rojo oscuro total al llegar a su madurez. Presenta un grado intermedio de pungencia. Es una baya semiartilaginosa, indehiscente con gran cantidad de semillas, colgante o erecto, naciendo en los nudos de forma, tamaño, color y pungencia muy variable. El fruto inmaduro es verde o púrpura y cuando madura es de color rojo, con pericarpio acorchado en diferentes grados, dependiendo de la variedad (Hernández, 2003).

1.6. Valor nutritivo.

Es una fuente de vitaminas A y C, contiene más del doble de vitamina C que los cítricos, además provee de vitaminas B, B1, B2, B3 y E. Actualmente la capsicina se utiliza para combatir la inflamación y dolor (Pérez, 2012) y presenta beneficios antioxidantes para el organismo (Pérez y Rivera, 2011).

1.6.1. Cuadro 1. Composición química y valor nutritivo del chile jalapeño.

Nutrimento	Cantidad
------------	----------

Agua	121g
Carbohidratos	8.4g
Proteínas	1.3g
Grasas	0.3g
Fibra	3.5g
Vitamina A	2312 UI
Tiamina (Vitamina B1)	0.01mg
Riboflavina (vitamina B2)	0.01mg
Vitamina B6	0.3mg
Vitamina B12	0.45mg
Vitamina E	0.9 mg
Vitamina C	13.6 mg
Vitamina K	17.5 mg
Calcio	31.3 mg
Azufre	6.1 mg
Cobre	0.2 mg
Fósforo	24.5 mg
Hierro	2.6 mg
Magnesio	20.4 mg
Manganeso	0.2 mg
Potasio	263 mg
Sodio	2273 mg

Fuente: Pérez y Rivera (2011).

1.7. Requerimientos edafoclimáticos.

El medio ambiente es el conjunto de condiciones externas que afectan directamente la vida y desarrollo de un organismo, e indica lo dinámico del medio natural de una planta, ya que constantemente se está combinando la intensidad de sus factores (Zevada, 2005).

1.7.1. Temperatura.

La tasa de crecimiento de la planta, fruto, desarrollo y calidad, está directamente relacionada con la temperatura. Los rangos de temperatura entre 20° y 29°C y entre 300 a 600 msnm (condiciones óptimas) pero produce muy buen rendimiento con temperaturas de hasta 40 °C y 1600 msnm (Mendoza, 2012).

Cuadro 2. Temperatura promedio por etapas fenológicas del chile jalapeño.

Rango de la temperatura para germinación.	Días a emergencia.	Temperatura ambiente para el desarrollo (°C).
	8 a 10.	Día. Noche.
23.8°C - 29.5°C	8 - 10	18.3°C. 26.6°C

Fuente: Puertos y Gastelu, 2011.

1.7.2. Humedad.

La humedad relativa óptima comprende entre el 50% y el 70%. Cuando las humedades relativas son superiores a las indicadas se favorece el desarrollo de enfermedades foliares y se dificulta la fecundación. Al presentarse altas temperaturas en combinación con baja humedad relativa se produce aborto de flores y frutos recién formados (Acosta, 1992).

1.7.3. Luminosidad.

La planta de chile requiere altos niveles de luminosidad en las etapas de desarrollo y floración, por lo tanto, una disminución en la cantidad de luz combinada con una

alta temperatura provoca abscisión floral y afecta la tasa fotosintética, ya que disminuye la cantidad de azúcar en la hoja y flor (Aloni, 1996).

1.7.4. Suelos.

Los suelos más indicados para el cultivo del pimiento son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido de materia orgánica del 3-4% y principalmente que tengan buen drenaje (INFOAGRO, 2022).

La planta presenta una mediana tolerancia a la salinidad, sin embargo, se recomienda sembrar en terrenos sin problemas de sales y con una profundidad mínima de 70 cm (INIFAP, 2015).

Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos arenosos puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5,5 a 7.

Posee una tolerancia moderada a la salinidad del suelo y agua de riego pero su capacidad de tolerancia es menor que la del tomate (INFOAGRO, 2022).

1.8. Manejo del cultivo.

1.8.1. Preparación del terreno.

Dependiendo de la clase textural, consistencia del suelo y el cultivo anterior, se hace la sugerencia de realizar las siguientes labores: subsoleo, barbecho, dos a cuatro pasos de rastra, desterronar si se requiere, nivelación y camellones (INIFAP, 2015).

1.8.1.1. Establecimiento.

Se utiliza la siembra directa y el trasplante siendo predominante la segunda opción (INIFAP, 2015).

1.8.1.1.1. Siembra directa.

Consiste en colocar la semilla directamente en el campo donde la planta completará su ciclo de crecimiento (Ugás, 2005). La siembra de chile jalapeño puede ser

manual o mecánica; en seco, en camellones a hilera sencilla a una profundidad de 2 centímetros dependiendo del tipo de suelo.

En la siembra mateada se requieren al menos 6 kilogramos de semilla por hectárea, colocando alrededor de 30 semillas por unto de siembra. Posteriormente se realiza el aclareo cuando las plantas tengan alrededor de 10 a 15 cm de altura, lo cual sucede entre los 50 y 65 días después de la siembra (INIFAP, 2015).

1.8.1.1.2. Siembra en charolas.

Se recomienda usar charolas de 200 cavidades para obtener plántulas de calidad, con características deseables como: sana, vigorosa, con sistema radicular bien desarrollado, hojas de buen tamaño y coloración, que sea factible de trasplantar cuando sea requerido (INIFAP, 2015).

Existen en el mercado diversos tipos de sustratos donde se puede desarrollar la plántula como son: germinaza y turba (Sunshine, Terralite, Premier, cosmopeat, etc.).

Para realizar la siembra se requieren de 250 a 400 gramos de semilla por hectárea y para ello se hace lo siguiente: el sustrato se humedece de tal manera que no se apelmace, se llenan las charolas (aproximadamente un kilo de sustrato por charola), se marcan ligeramente los hoyos con una plancha marcadora o rodillo a una profundidad de 0.5 a 1.0 centímetros, se colocan de una a dos semillas por cavidad, se tapa con vermiculita y se riega a saturación. Las charolas se apilan (de 15 a 20 charolas por bulto) y se cubren con plástico para mantener la humedad y se colocan en un cuarto con una temperatura promedio de 25°C y cuando se inicie la emergencia, se pasan al invernadero (INIFAP, 2015).

1.8.2. Manejo de malla sombra.

Existen materiales con diferentes niveles de sombreado. En los invernaderos de producción de plántulas de Sinaloa, la malla sombra más comúnmente utilizada es

la del 80% de sombreado. Cuando las charolas sembradas llegan al invernadero, la malla sombra debe estar colocada y debe permanecer así hasta que las plántulas logren una altura de 4 cm, para luego removerla por periodos cortos y evitar el crecimiento rápido de las plántulas. La malla sombra debe ser instalada por las mañanas cuando la temperatura alcanza alrededor de los 34°C (entre las 10 y 11 de la mañana) y se retira por las tardes. Cada día se acorta el periodo con sombra hasta retirarla completamente (Santoyo-Juárez, 2010).

Los riegos son aplicados diariamente normalmente y en ellos se pueden aplicar fertilizantes y fungicidas. Si el substrato es pobre en nutrimentos, puede auxiliarse a la planta con una solución nutritiva de 200-100-200 ppm de N-P-K; esta solución se deberá aplicar dos o tres veces por semana como agua de riego. Aproximadamente 35 a 40 días después de la siembra, las plantas alcanzarán el tamaño apropiado para ser trasplantadas (15 cm). El trasplante se realiza en suelo húmedo, con una separación de 25 a 30 cm aproximadamente entre plantas. Bajo siembra directa o de trasplante se deberá tener una población a producción de 36 a 42 mil plantas/ha (INIFAP, 2015).

Cuadro 3. Manejo de plántula de chile jalapeño en invernadero.

Actividad	Cantidad/dosis
-----------	----------------

Aplicación por inmersión de plántulas en mezcla de 0.03 litros de Confidor y 30 litros de agua. Método preventivo de ataque de insectos chupadores.	1ml/L de Confidor.
Aplicación por inmersión de plántulas en mezcla de 0.03 litros de Previcur + 0.03 litros de Derosal en 30 litros de agua. Método preventivo de ataque de enfermedades fungosas.	1 ml/L de Previcur y 1ml/L de Derosal.
Aplicación por inmersión de plántulas en mezcla de fertilizante 08-24-00, a una dosis de 0.3 litros y 30 litros de agua.	10 ml/L de fertilizante 08-24-00.

Fuente: Santoyo J.A. (2010).

1.8.3. Época y método de trasplante.

De acuerdo con INIFAP- CIRNE (2012) el periodo óptimo de siembra para el cultivo de chile jalapeño está comprendido del 15 de junio al 31 de agosto (siembra en charolas), por lo cual el trasplante se realizará alrededor de los 40 días después de la siembra (15 de julio al 15 de septiembre).

Si la siembra es establecida antes del periodo recomendado, pueden presentarse riesgos por exceso de humedad, susceptibilidad a enfermedades fungosas o bacterianas y alta radiación al establecimiento del cultivo; por el contrario si la siembra es realizada después del periodo recomendado (siembras tardías) existe un alto riesgo de daños y pérdidas por enfermedades virales (INIFAP-CIRNE, 2012).

Se considera que las plántulas están listas para el trasplante después de 55 a 65 días de la siembra en charolas o cuando las estas tengan de seis a ocho hojas verdaderas y de 15 a 20 centímetros de altura. Una semana antes de realizar el trasplante, conviene exponer gradualmente a las plantas a mayor cantidad de luz y a las temperaturas de la intemperie, para acondicionarlas al ambiente de campo.

Para realizar el trasplante, se le aplica un riego pesado a las plántulas y se mantienen húmedas antes de ser plantadas. El trasplante puede hacerse a tierra venida o en seco. Se colocan las plantas procurando enterrar la planta hasta que el nivel del suelo quede 2 centímetros abajo de la primera hoja verdadera y se cubren de tal manera que no existan bolsas de aire entre las raíces y el suelo. (INIFAP, 2015).

La distancia entre surcos puede ser de 80 a 100 centímetros y de 30 a 40 centímetros entre plantas, con lo cual se obtienen alrededor de 30 mil a 40 mil plantas por hectárea en el trasplante.

En suelos nivelados, de textura media a pesada, con buen drenaje y alta retención de humedad aprovechable, la siembra o trasplante también puede efectuarse en camas de 1.5 a 1.8 metros de ancho, colocando dos hileras de plantas. Con este sistema hay una menor y más lenta incidencia de la enfermedad marchitez o secadera, y permite aumentar la población de plantas para lograr mayores rendimientos (INIFAP, 2015).

1.8.4. Riego.

Una vez realizado el trasplante, se deberán aplicar riegos cada 15 a 20 días durante todo el ciclo de cultivo. El número de riego dependerá del sistema de riego disponible. En riego rodado aplicar una lámina de agua de 10 cm (INIFAP-CIRNE, 2012).

1.8.4.1. Requerimiento nutrimental del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.)

De acuerdo con Salazar y Juárez (2013), para obtener una tonelada de fruto se requieren 2.4 – 4 kg de N, 0.4-1.0 kg de P₂O₅, 3.4-5.29 de K₂O, 0.55- 1.80 de CaO y 0.28 – 0.49 de MgO.

Cuadro 4. Cantidad de macroelementos acumulados en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) considerando toda la planta (Kg t⁻¹ de fruto cosechado).

Autor	Genotipo empleado	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Charlo <i>et al.</i> (2012).	Chile dulce	2.11	0.29	2.00	0.84	0.34
Terbe <i>et al.</i> (2006).	Chile pimienta	3.00	0.40	4.70	-----	-----
Azofeita y Moreira (2005).	Chile dulce	3.00	0.56	3.89	0.82	0.28
Fontes <i>et al.</i> (2005).	Chile pimienta	3.72	0.44	4.76	2.20	0.81
Gyurós (2005).	Chile pimienta	2.40	0.90	3.40	-----	-----
Noronha (2004).	Chile dulce	2.64	0.28	2.56	1.04	0.52
Agrolinz (2003).	Chile pimienta	2.40	0.90	3.50	-----	-----

Fuente: Salazar y Juárez, 2013.

1.8.4.2. Fertirrigación.

Es la aplicación en el agua de riego de sustancias nutritivas (iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores, bioactivadores, hormonas, ácidos, etcétera) necesarias para los vegetales (Santoyo, 2010).

Estas sustancias se aplican al agua, en la cantidad, proporción y forma química requeridas por las plantas, según su etapa fenológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, con el objetivo de lograr altos rendimientos y calidad, además de mantener un nivel adecuado de fertilidad general en el suelo.

El principio básico de la nutrición vegetal balanceada es el monitoreo de los elementos minerales en agua, suelo y planta, para esto se utiliza una serie de análisis y técnicas de nutrición como: Análisis de suelo, análisis de agua, análisis de solución del suelo, análisis foliar y análisis de extracto celular de pecíolo, entre los más importantes (Santoyo, 2010).

Cuadro 5. Compatibilidad de fertilizantes solubles.

Fertilizantes	UAN -32	Urea	NH ₄ NO ₃	KNO ₃	Ca (NO ₃) ₂	MgSO ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	H ₃ PO ₄	K ₂ SO ₄	KCL
UAN-32		+	+	+	+		+	+	+	C	C
Urea	+		+	+	+	+	+	+	+	C	C
(NH ₄) ₂ SO ₄	C	+	C	C	I	+	+	+	+	C	C
NH ₄ NO ₃	C	+		+	I	+	+	+	+	C	C
KNO ₃	C	+		+	I	+	+	+	+	C	C
Ca (NO ₃) ₂	+	+	I	+		I	I	I	I	I	C
MgSO ₄	C	C	C	C	I		+	+	+	C	I
NH ₄ H ₂ PO ₄	+	+	+	C	I	+		C	C	C	C
KH ₂ PO ₄	+	+	+	C	I	+		C	C	C	C
H ₃ PO ₄	+	+	+	C	I	+	C	C		C	C
K ₂ SO ₄	C	C	C	C	I	C	C	C	C	C	C
KCl	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C	

Fuente: INIFAP.

+ = Se pueden mezclar al momento de su empleo.

I = Incompatible, no se puede mezclar.

C = Compatible, sí se puede mezclar.

Donde: $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ = sulfato de amonio; NH_4NO_3 = Nitrato de amonio; KNO_3 = nitrato de potasio; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ = nitrato de calcio; MgSO_4 = sulfato de magnesio; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ = fosfato monoamónico; KH_2PO_4 = fosfato monopotásico; H_3PO_4 = ácido fosfórico; K_2SO_4 = sulfato de potasio; KCl = cloruro de potasio.

1.8.4.2.1. Tecnología de la fertirrigación.

En los sistemas de riego por goteo, es posible inyectar el fertilizante en el agua de riego, para lo cual se requiere aplica al suelo el 40% de la formula anteriormente mencionada en el sistema de riego por gravedad, lo que equivale a la aplicación de 80 kg/ha de N más 32 kg de P_2O_5 , lo cual se consigue con la mezcla de 357 kg/ha de sulfato de amonio y 61.5 kg de MAP antes del trasplante. Para el agua de riego se requiere acidificar para lograr un pH de 6.5; esto se obtiene mediante la aplicación de 200 ml de ácido sulfúrico para cada m^3 de agua de riego.

Cuando no exista información disponible acerca de los requerimientos nutrimentales del cultivo en un suelo específico es conveniente usar la fertigación con una concentración en el agua de riego de 40 ppm de N y 100 ppm de K, lo cual se obtiene agregando 227 g de KNO_3 y 34 g de fosfonitrato por cada 1000 litros de agua. El requerimiento de fósforo puede cubrirse con ácido fosfórico en el agua de riego a razón de: 900 ml diarios durante el periodo de 0-10 DDT; 1.4 L diarios de los 11-30 DDT; 900 ml diarios de los 31-75 DDT y 500 ml diarios de los 76 DDT hasta finalizar el cultivo. Las cantidades totales de ácidos y fertilizantes, así como elementos menores van a depender de el volumen de agua aplicado por hectárea, y deberán ser modificados con base en resultados de análisis de suelo y foliares como sea necesario.

1.8.4.2.2. Orden de la fertirrigación.

El tiempo de riego debe dividirse en cuatro periodos.

- 1.- De 15 a 20 minutos de agua sin fertilizante (para uniformar la presión en el sistema).
- 2.- Aplicación de ácidos (sulfúrico y fosfórico).
- 3.- Aplicación de fertilizantes (KNO_3 , fosfonitrato y microelementos).
- 4.- 15 minutos de agua sin fertilizantes (para desalojar los fertilizantes del sistema).

En el manejo de los ácidos, debe tenerse cuidado al momento de disolver los ácidos en el agua (nunca al revés); de igual manera, tener cuenta la compatibilidad de los fertilizantes (especialmente los que contengan Ca).

1.8.5. Combate de malas hierbas.

En siembras directas se puede utilizar el herbicida Napropamida en dosis de 1200 g.l.A./ha o el herbicida Bensulide a razón de 4800 g.l.A./ha en preemergencia a la maleza, y antes de que emerja la plántula de chile, en siembras directas, o bien, antes del trasplante cuando se establezca este sistema.

En siembras de trasplante, se pueden usar los productos mencionados anteriormente, o también, el herbicida Oxadiazon en dosis de 250 g.l.A./ha (Ronstar 25, 1.0 lt/ha); en todos los casos, el herbicida deberá realizarse antes del trasplante.

1.8.6. Control de plagas.

En el cuadro 6 se presentan las principales plagas que afectan al cultivo de chile jalapeño. Para el manejo integrado de plagas (MIP) se sugiere seguir las siguientes indicaciones que ayudan a disminuir el riesgo de daño causado por enfermedades virales.

- 1.- Sembrar en la fecha de siembra recomendada, en la cual la población infectiva del vector es mínima y las fuentes del inóculo también.
- 2.- Sembrar barreras físicas vegetales (maíz o sorgo), o sintéticas (mallas) alrededor del cultivo.

3.- Alta densidad de siembra, cuyo principio es incrementar el número de plantas sanas en edad reproductiva, eliminando las plantas enfermas (saneamiento).

4.- Acolchados de plástico, los cuales actúan como reflejantes de luz y dificultan la ubicación de la planta por el vector.

5.- Control de malezas; esta práctica elimina la fuente hospedante del insecto vector.

6.- Colocar trampas amarillas con pegamento alrededor del lote para atraer y atrapar los insectos vectores.

7.- Control químico; el uso de los insecticidas recomendados para el control de vectores refuerza el manejo integrado de plagas.

Cuadro 6. Principales plagas en el chile jalapeño y sugerencias para su control.

Plaga	Insecticida (nombre común)	Dosis (g.l.A./ha)	Nombre comercial	Dosis/ha. Producto comercial	Época de control.
Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> Genn.)	Imidacloprid	350	Confidor	1.0 L.	En trasplante, aplicar a la base de la planta a los 20 a 30 días de establecido el cultivo.
	Thiametoxan	150	350 SC Actara 25 W	0.6 L.	
	Pymetrozine	250			
	Endosulfán	537-716			
					Aplicar según la incidencia.

Picudo del chile (<i>Anthonomus eugenii</i> Cano).	<i>Paecilomyces fumosoroseus</i> Oxamil Clorpirifos	520-780 750	Vydate L Lorsban 50 W	2.0-3.0 L. 1.5 Kg.	A partir de la primera floración.
Pulgón verde (<i>Myzus persicae</i> Sulzer)	Pymetrozine	30	Plenum	0.5 Kg.	Al observar la presencia de adultos alados.
Minador de la hoja (<i>Liriomyza trifolii</i>).	Abamectina Cyromazina	9 75	Agrimec 1.8 % Trigard 75 PH	0.5 L. 0.1 Kg.	Al observarse las primeras minas.
Gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i> Hubner)	Clorpirifos Tebufenozide Spinosad <i>Bacillus thuringiensis</i>	750 48 80 250-500	Lorsban 50 W Confirm 2F Tracer Lepinox WDG	1.5 Kg. 0.208 L. 0.18 L. 0.5-1.0 Kg.	Controlar durante todo el ciclo, según la incidencia.
Ácaro blanco					

(<i>Polyphago tarsonemus latus</i> Banks).	Abamectina	9	Agrimec 1.8 %	0.5 L.	Todo el ciclo, según la incidencia.
---	------------	---	---------------	--------	-------------------------------------

Fuente: INIFAP, CEHUAS, 2012.

1.8.7. Control de enfermedades.

Cuadro 7. Prevención y control de enfermedades del chile jalapeño.

Enfermedad	Forma y época de prevención o control
Marchitez del chile <i>Phytophthora capsici</i> Leon.	Siembras en bordos elevados y evitar excesos de humedad. De ser necesario, aplicar Metalaxil 24 g. l.A./ha al presentarse los primeros síntomas, sobre el follaje de las plántulas. Aplicar <i>Bacillus subtilis</i> en dosis de 1 ml del producto comercial (Probacil, bocifap, etc.) por litro de agua.
Secadera (<i>Pythium</i> spp.; <i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht; <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn; <i>Phytophthora</i> spp).	Evitar excesos de humedad en etapa de plántula, o bien, realizar aplicaciones de Captán, 75 g.l.A./ha. Realizar aplicaciones semanales. Aplicación a la base de las plántulas de la mezcla de Propamocarb + Carbendazim a razón de 0.6 + 0.5 g.l.A./L agua.
Mancha bacteriana (<i>Xanthomonas vesicatoria</i>).	Aplicar Estreptomicina, 20 g.l.A./ha, o bien, oxicloruro de cobre, 1000 a 1500

	g.l.A./ha al presentarse los síntomas de la enfermedad.
--	---

Fuente: INIFAP-CIRNE, 2012.

1.8.8. Cosecha.

La cosecha se realiza cuando los frutos alcanzan una longitud aproximada de 6 a 8 cm, estén firmes al tacto y presenten una coloración verde brillante. La cosecha se realiza de forma manual.

1.8.9. Rendimiento comercial probable.

El rendimiento oscila de 20 a 30 t/ha (de 4 a 6 cortes) bajo riego de aspersión o rodado y de 40 a 60 t/ha en fertirrigación (riego por goteo).

1.9. LITERATURA CITADA.

Acosta, R.G. 1992. Madurez del fruto a cosecha y a tiempo de extracción en la calidad de semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Aguilar-Meléndez, A., Morrell, P. L., Roose, M. L. y Kim, S. 2009. Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. *American Journal of Botany*, 96(6), 1190-1202.

Aguirre, H. E. y Muñoz O. V. 2015. El chile como alimento. México. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias AC*. 66(3): 16-23.

Aloni, B., Karni, L., Zaidman, Z. and Schaffer, A. A. 1996. Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annuum* L.) flowers in relation to their abscission under different shading regimes. *Annals of Botany*, 78(2), 163-168.

Amunátegui, G. 2014. La Universidad de Chile, la Biblioteca Nacional y el libro. *Anales de la Universidad de Chile*. 6 : 233-237.

Bulgari, R., Cocetta, G., Trivellini, A., Vernieri, P. and Ferrante, A. 2015. Biostimulants and crop responses: a review. *Biological Agriculture and Horticulture*, 31(1), 1-17.

Carrillo, N. C., Marulanda, D. L. O., Baquero, C. H. y Apolinar, D. R. 2013. Etapas fonológicas en flor y fruto en ají picante en condiciones de umbráculo, en la Universidad de los Llanos. Revista Sistemas de Producción Agroecológicos, 4(2), 14-23.

Carrizo-García, C., Barfuss, M. H., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A. y Ehrendorfer, F. 2016. Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, *Solanaceae*). Annals of botany, 118(1), 35-51.

FAOSTAT. 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>. Accesada mayo 20 de 2020.

Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T. y Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. Advances in Agronomy, 130: 141-174.

Hernández, J. J. y Zambrano, M. 2014. Técnicas de cruzamiento y polinización en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) (No. SB351. P4. H472 2003.).

Hernández, Juan José. 2003. Técnicas de cruzamiento y polinización en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis de licenciatura de ingeniero agrónomo en producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 13- 16 pp.

INFOAGRO.2022. El cultivo del pimiento. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento.htm>. Accesada abril 29 de 2022.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias).2015. Paquete Tecnológico para chile jalapeño. Chihuahua, México. 9 p.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2015. Paquete Tecnológico para chile jalapeño. Chihuahua, México. 9 p.

INIFAP-CIRNE (Centro de Investigación Regional Noreste). 2012. Guía para la asistencia técnica agrícola.México. 7 p. Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/143.pdf>. Accesada mayo 05 de 2022.

International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1983. Genetic Resources of Capsicum. Rome, Italy. 49 p.

Méndez, L. 2012. Caracterización de híbridos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de sombreadero en la región Lagunera”. Tesis de licenciatura en horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 7, 15,16 pp.

Mendoza, Paola Berenice. 2012. Producción y eficiencia en uso de agua en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Tesis de licenciatura en irrigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 5, 6, 7, 8, 10 y 18 pp.

Montaño, N. y Cedeño, E. 2002. Evaluación agronómica de siete cultivares de pimentón (*Capsicum annuum* L.). Revista Científica UDO Agrícola. 2(1), 95-100.

Nuez, F., Gil, R. y Acosta, J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Grupo Mundi-Prensa. Barcelona, España. 607 p.

Núñez, M. 2013. Efecto de tres dosis de estiércol de bovino en tres especies de ajíes: tabasco (*Capsicum frutescens*), habanero (*Capsicum chinense*) y jalapeño (*Capsicum annuum*), bajo las condiciones agroclimáticas. Universidad Técnica de Cotopaxi. 28, 33,49 pp.

Orellana, B.E., Escobar, B., Morales, B., Méndez, S. 2012. Guía técnica del cultivo de chile dulce. Centa. El Salvador. 10 pp.

Parán, I., Aftergoot, E. and Shifriss, Ch. 1998. Variation in *Capsicum annuum* revealed by RAPD and AFLP markers. Euphytica. 99: 167-173.

Pérez, S. y Rivera, D. 2011. Análisis de la factibilidad técnica financiera para la extracción de antioxidantes y otros compuestos funcionales del chile jalapeño, cultivado en zona norte de El Salvador, y su comercialización en el mercado nacional y extranjero. Tesis de la facultad de ingeniería, Universidad Dr. José Matías Delgado, Antiguo Cuscatlán. 11 pp. Disponible en: <http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/05/INI/ADTESCA0001475.pdf>. Accesada mayo 04 de 2022.

Pérez-Castañeda, L. M. 2010. Diversidad genética de chiles (*Capsicum* spp.) del estado de Tabasco, México. Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional, SEPI, ENCB. 66 pp.

Puertos, B y Gastelu, E. 2011. "Evaluación de diferentes dosis de fertilizantes de chile jalapeño J-7 (*Capsicum annuum* L.) en la región de Amatlán de los Reyes, Veracruz". Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana. Disponible en: http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/35011/1/puertos_tinajeroenjamin.pdf. Accesada mayo 05 de 2022.

Salazar-Jara F. I. y Juárez-López P. (2013). Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). Biociencias 2 (2), 27-34.

Sánchez Reyes, C. 2004. Cultivo y comercialización de hortalizas. Ediciones Ripalme EIRL. 136 pp.

Santoyo-Juárez, J. A. 2010. Manejo integral del cultivo de chile en el sur de Sinaloa. Sinaloa, México: Fundación Produce Sinaloa.

SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Accesada abril 14 de 2022.

Sreenivas, M., Sharangi, A. B. and Raj, A. C. 2017. Evaluation of bio-efficacy and phytotoxicity of gibberellic acid on chilli. *Journal of Crop and Weed*. 13(3): 174-177.

Tjalling, H. H. 2006. Guía de manejo de nutrición vegetal de especialidad tomate. SQM. Noruega. 23 p.

Ugás, R. 2005. Curso de olericultura general. UNALM.

Villegas-Espinoza, J. A., Reyes-Pérez, J. J., Nieto-Garibay, A., Ruiz-Espinoza, F. H., Cruz-Falcón, A. y Murillo-Amador, B. 2018. Bioestimulante Liplant®: su efecto en *Solanum lycopersicum* (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(20): 4137-4147. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.985>

Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A. y Yakhin, I. A. 2016. Biostimulants in agrotechnologies: problems, solutions, outlook. *Agrochemical Herald*. 1: 15-21.

Yzarra, W.J. y López, F. 2011. Manual de Observaciones Fenológicas. SENAMHI. Perú. 10-11 pp.

Zevada, K.J. 2005. Aplicación de nitrógeno y magnesio para estimular el contenido de clorofila y los parámetros de crecimiento en chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones de invernadero". Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Sonora. 5 pp. Disponible en: http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/228_karla_zevada.pdf. Accesada mayo 01 de 2022.

CAPÍTULO 2. BIOESTIMULANTES Y SOLUCIÓN STEINER EN CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Capsicum annuum* L.

2.1 RESUMEN

El uso de bioestimulantes es una alternativa para mejorar la asimilación de nutrientes por parte de la planta, ya sea aplicados en el agua de riego o vía foliar. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de tres bioestimulantes, sobre parámetros del crecimiento y del rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero. Se establecieron cuatro tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa en octubre de 2018. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (AP), diámetro de tallo (DT), peso seco de hoja (PSH), peso seco de tallo (PST), longitud de fruto (LF), número de frutos por planta (NFP), peso total de fruto (PTF), peso de fruto por planta (PFP) y número de flores (NF). El bioestimulante Giberelin 10 tuvo efecto significativo sobre la AP. El cultivar Bronco, en promedio de tratamientos, fue sobresaliente por presentar altos valores en los parámetros del crecimiento y del rendimiento evaluados, excepto, en el diámetro de tallo y longitud de fruto, los cuales fueron mayores en el cultivar Forajido. El cultivar Forajido presentó mayor AP por efecto del tratamiento Giberelin 10; mientras que Bronco exhibió mayor NFP con el tratamiento Fiamin-fol, y mayor PFP con los tratamientos Maxi-Grow Excel y la solución nutritiva Steiner (testigo).

Palabras clave: *Capsicum annuum* L., bioestimulante, solución nutritiva, crecimiento.

CHAPTER 2. BIOSTIMULANTS AND STEINER SOLUTION IN GROWTH AND PRODUCTION OF *Capsicum annuum* L.

2.2. ABSTRACT

The use of biostimulants is an alternative to improve the assimilation of nutrients by the plant, either applied in the irrigation water or by foliar application. The objective

of this research was to evaluate the effect of the Steiner nutrient solution and foliar spray of three biostimulants, on growth and yield parameters of two cultivars of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. Four treatments were established under a randomized complete block design with four repetitions, in October 2018, in Juan José Rios, Ahome, Sinaloa. The evaluated variables were the following: height of plant (AP), stem diameter (DT), leaf dry weight (PSH), stem dry weight (PST), fruit length (LF), number of fruits per plant (NFP), total fruit weight (PTF), fruit weight per plant (PFP) and number of flowers (NF). The biostimulant Giberelin 10 had a significant effect on height of plant (AP). The bronco cultivar, on average of treatments, was outstanding for presenting higher values in the evaluated parameters of growth and yield, except, in stem diameter and length of fruit, which were greater in the Forajido cultivar. The AP variable was significantly higher in Forajido cultivar due to the positive effect of Giberelin 10 treatment; while Bronco cultivar exhibited the best result in NFP with treatment Fiamin-fol and higher PFP with Maxi-Grow Excel and Steiner nutrient solution (Control).

Keywords: *Capsicum annuum* L., biostimulant, nutrient solution, growth.

2.3. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una de las principales hortalizas cultivadas a nivel mundial, con una producción aproximada de 36 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). En México, las hortalizas de mayor importancia económica son el chile y el tomate, de los cuales el chile aporta el 20.2% de la producción a nivel nacional. A nivel estatal, Sinaloa es el principal productor de chile jalapeño, con una producción

aproximada de 127,517.29 t (SIAP, 2020). Su producción requiere de óptimas condiciones para obtener frutos de calidad y altos volúmenes de exportación, tales como prácticas de manejo, fertilización y agua, así como tecnologías de protección vegetal como malla sombra e invernaderos, lo cual mejora el crecimiento y desarrollo de las plantas, viéndose reflejado en el rendimiento y calidad del fruto. Por esta razón, es de suma importancia conocer los requerimientos nutrimentales específicos de cada genotipo de chile, así como su relación con los factores ambientales donde se produce (Ramírez *et al.*, 2017). De acuerdo con el requerimiento nutrimental del cultivo de chile jalapeño, la fertilización base (kg t^{-1}) utilizada para su manejo es nitrógeno (N, 2.4-4.0), fósforo (P_2O_5 , 0.4-1.0), potasio (K_2O , 3.4-5.29), calcio (CaO , 0.55-1.80) y magnesio (MgO , 0.28-0.49) (Salazar y Juárez, 2013). Sin embargo, tomando en cuenta algunos tipos de estrés abiótico (temperaturas extremas, estrés hídrico, etc.) que se presentan durante el ciclo de crecimiento del cultivo, los cuales ocasionan pérdidas en la calidad y producción del chile jalapeño, adicionalmente se está implementando el uso de bioestimulantes, definidos como sustancias de origen orgánico, que al ser aplicados a los cultivos estimulan su crecimiento y desarrollo al influir en sus procesos fisiológicos y bioquímicos, permitiendo mejor absorción de nutrientes y mayor resistencia ante las condiciones climáticas adversas (Batista *et al.*, 2015; Du Jardin, 2015; Veobides *et al.*, 2018; Drobek *et al.*, 2019). Se ha observado que mediante el uso de distintos bioestimulantes, formulados con aminoácidos, hormonas y microorganismos benéficos, mejora la calidad de los frutos e incrementa su producción de manera sostenible (Parađiković *et al.*, 2011); en el cultivo de chile se ha demostrado que se obtiene mayor producción de biomasa (Murillo *et al.*, 2015), se incrementa el número de flores, el crecimiento en altura de planta, el número y tamaño de frutos cuajados (Juárez, 2014; Pichardo *et al.*, 2018), el diámetro y peso de frutos (Al-Said y Kamal, 2008; Campo *et al.*, 2015; Popko *et al.*, 2018) mejorando la calidad y producción. En el norte de Sinaloa, con gran actividad agrícola, comúnmente se utiliza como fertilización base productos inorgánicos con macro y micronutrientes, además de aplicaciones foliares de nutrientes para ser absorbidos y utilizados más eficientemente por la planta en épocas críticas y, con ello, incrementar el

rendimiento del cultivo (Trejo *et al.*, 2007; Fernández, 2015). En este sentido, se tiene escasa información referente al efecto de la aplicación foliar de distintos bioestimulantes en el cultivo de chile jalapeño, siendo primordial para los productores de esta hortaliza conocer el efecto que tienen algunos productos bioestimulantes sobre su crecimiento y rendimiento, ya que a nivel experimental los bioestimulantes han tenido efecto significativo en el rendimiento, y sobre todo, su aplicación podría considerarse como una buena estrategia de producción para obtener altos rendimientos de vegetales de valor nutricional con un menor impacto en el medio ambiente (Parađiković *et al.*, 2011). El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de tres bioestimulantes, sobre parámetros del crecimiento y del rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de invernadero.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1. Área experimental.

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, ubicada en Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México a 25° 45' 57" LN, 108° 49' 23" LO y una altitud de 10 m, en un invernadero tipo túnel, con estructura metálica y cubierta de polietileno (75% de transmisión de luz). En el lugar, se pueden alcanzar temperaturas máximas de hasta 45 °C, la temperatura mínima oscila de 0 a 8 °C con una temperatura media anual de 24.5 °C, con precipitación media anual de 301.2 mm por año (CONAGUA, 2022).



Figura 1. Localización de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, Mexico.

2.4.2. Material vegetal.

La siembra se realizó el 10 de octubre de 2018. El semillero se estableció en charolas de poliestireno de 242 cavidades. Se germinaron semillas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.), cultivares Forajido (Enza Zaden) y Bronco (Vilmorin). A los 45 días después de la siembra (dds) se llevó acabo el trasplante en bolsas hidropónicas (fuelle color blanco/negro cal. 600, de 35 x 35 cm), con capacidad de 10 L de sustrato, las bolsas se llenaron con sustrato peat moss (BM2 Berger®). El cultivar Forajido se caracteriza por presentar plantas fuertes con producción concentrada de maduración intermedia a precoz, frutos color verde oscuro brillante, uniformes en forma y tamaño, ideal para la industria de proceso por sus características de pared gruesa y piel lisa sin acorchado (Enza Zaden, 2020). El cultivar Bronco es una variedad que se caracteriza por ser una planta robusta de porte mediano a alto, de buena cobertura y excelente producción. Produce frutos de un tamaño aproximado de 10 cm, con paredes gruesas y compactas, de color verde oscuro de alta calidad, altamente tolerante al ataque de bacterias y es de ciclo intermedio de 80 a 85 días a cosecha después del trasplante (Vilmorin, 2020).



Figura 2. Sustrato peat moss (BM2 EURO Berger ®). Figura 3. Plántulas de chile jalapeño.

2.4.3. Tratamientos y diseño experimental.

Se evaluaron cuatro tratamientos y dos híbridos de chiles jalapeño (Forajido y Bronco) bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de cuatro bolsas de polietileno con una plántula por bolsa. Los tratamientos fueron tres bioestimulantes comerciales (Maxi-Grow Excel, Fiamin-fol y Giberelin 10) y como testigo la solución nutritiva Steiner (sin bioestimulante). La aplicación de bioestimulantes se realizó vía foliar a los 20, 30 y 40 días después del trasplante (ddt), mientras que el testigo (solución nutritiva Steiner) se aplicó en el agua de riego cada tercer día a concentraciones de 50, 70 y 100% desde los 0 a 47 dds, de 48 a 70 ddt y 71 ddt hasta finalizar el experimento, respectivamente. Del mismo modo, las plantas que estuvieron bajo el efecto de los bioestimulantes también recibieron la aplicación de la solución nutritiva Steiner durante su ciclo de crecimiento. Los riegos se aplicaron una vez al día de forma manual, en promedio se aplicaron 500 ml por bolsa en etapa inicial de establecimiento y 1 L por bolsa en etapa de desarrollo, floración y fructificación.



Figura 4. Bolsas hidropónicas (color blanco/negro cal. 600, de 35 x 35 cm), con una capacidad de 10 L de volumen utilizadas en el experimento.

El contenido nutrimental de cada tratamiento fue el siguiente:

Testigo: Se utilizó la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1984) como tratamiento testigo, con una composición de: 12, 1 y 7 me L⁻¹ de NO₃⁻, H₂PO₄⁻ y SO₄⁻² para aniones, y 7, 9 y 4 me L⁻¹ de K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ para cationes, incluyendo además los microelementos de: 1.33, 0.62, 0.02, 0.11, 0.05 y 0.04 ppm de Fe, Mn, Cu, Zn, B y Mo para una solución de concentración al 100%. Los fertilizantes comerciales utilizados fueron: KNO₃, Ca (NO₃)₂.4H₂O, KH₂PO₄, MgSO₄.7H₂O, K₂SO₄ y para microelementos: FeSO₄.7H₂O, MnSO₄.4H₂O, Cu SO₄.5H₂O, ZnSO₄.7H₂O, Na₂B₄O₇.10H₂O y Na₂MoO₄.2H₂O.

Maxi-Grow Excel (5 mL L⁻¹ de agua): combinación de extractos orgánicos 5.625 g L⁻¹, auxinas 4.5 mg L⁻¹, giberelinas 5 mg L⁻¹, citoquininas 75 mg L⁻¹, nitrógeno (N) 0.33 g L⁻¹, fósforo (P₂O₅) 0.665 g L⁻¹, potasio (K₂O) 0.665 g L⁻¹, Calcio (Ca) 0.1 g L⁻¹, Magnesio (Mg) 0.2 g L⁻¹, cobre (Cu) 0.665 g L⁻¹, Fierro (Fe) 0.86 g L⁻¹, Manganeseo (Mn) 0.665 g L⁻¹ y zinc (Zn) 1.3 g L⁻¹.

Fiamin-fol (5 mL L⁻¹ de agua): Aminoácidos libres 5.1 g L⁻¹, nitrógeno (N) 3.3 g L⁻¹, nitrógeno ureico 0.75 g L⁻¹, nitrógeno alfa-amínico 0.85 g L⁻¹, nitrógeno proteico 2.6 g L⁻¹, materia orgánica 11.85 g L⁻¹, carbono orgánico 6.85 g L⁻¹, boro (B) 0.03 g L⁻¹, cobre (Cu) 0.032 g L⁻¹, hierro (Fe) 0.58 g L⁻¹, manganeseo (Mn) 0.295 g L⁻¹,

Molibdeno (Mo) 0.0085 g L^{-1} , zinc (Zn) 0.058 g L^{-1} , péptidos 5.05 g L^{-1} y excipiente C.B.P. 12.6465 g L^{-1} .

Giberelin 10% (0.2 g L^{-1} de agua): Giberelina (GA_3) 20 mg L^{-1} , ingredientes inertes 180 mg L^{-1} .



Figura 5. Tratamientos bioestimulantes y hormonal empleados en el experimento.

El control de plagas se llevó a cabo con los productos químicos comerciales: Sivanto (Flupyradifurone 17.09 %; 2.5 mL L^{-1}), Aben 1.8% (Abamectina 1.8%; 2.5 mL L^{-1}) y Controla 480 CE (Clorpirifos etil 44.5%; 5 mL L^{-1}); mientras que para el control de enfermedades se utilizó manzate 200 (Mancozeb 80%; 5 mL L^{-1}) y Curamycín 500 (Estreptomicina 2.19% + oxitetraciclina 0.23%; 1.5 g L^{-1}).



Figura 6. Productos agroquímicos utilizados para el control de plagas y enfermedades del chile jalapeño.

2.4.4. Variables de crecimiento y rendimiento evaluadas.

Altura de planta (AP, cm): se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta la rama más larga; diámetro de tallo (DT, mm): se midió con un vernier digital (Stern®) y se obtuvo de la base del tallo principal a 2 cm por encima del sustrato; peso seco de hoja (PSH, g) y peso seco de tallo (PST, g): las muestras se colocaron en bolsas de papel en una secadora de madera con lámparas, alcanzando una temperatura de 65 °C hasta obtener el peso seco constante; longitud de fruto (LF, cm): se midió desde el pedúnculo hasta el ápice del fruto con un vernier digital (Stern®); número de frutos por planta (NFP) y peso de frutos por planta (PFP, g): la cosecha de frutos inició a los 70 ddt cuando se observaron los primeros frutos con ligeras grietas en su superficie, realizando en total cinco cortes, uno por semana durante cinco semanas (hasta los 105 ddt). Una vez cosechados los frutos de cada planta se contaron y se obtuvo el NFP y el PFP con una báscula digital marca Scale; peso total de fruto (PTF, g): se determinó como la suma de todos los PFP cosechados durante los cinco cortes; y número de flores por planta (NF): se registraron todas las que estaban en antesis durante la quinta semana de corte o cosecha de frutos.

2.4.5. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza (Andeva) con el programa SAS versión 9.2 para Windows (SAS Institute 2009) en forma combinada ($Y_{ijk} = \mu + NT_i + C_j + NTC_{ij} + B(i)_j + E_{ijk}$), para determinar las diferencias entre los tratamientos (T), cultivares (C) y la interacción CXT. La prueba de Tukey, basada en la diferencia significativa honesta (DSH, $p \leq 0.05$) se utilizó para la comparación múltiple de medias.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza (datos no presentados) mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para las variables AP y PFP, y diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para el NFP; entre variedades, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) para la AP, DT, PSH, PST y PTF, y diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en LF y NF; y en la interacción cultivar por tratamiento se observaron diferencias estadísticas significativas para la AP y el NFP, mientras que para el resto de las variables, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$).

En el Cuadro 8, se aprecia la comparación de medias para las variables de crecimiento y rendimiento bajo el efecto de cuatro tratamientos; la altura de planta fue significativamente superior con el tratamiento Giberelin 10; el número de frutos por planta fue mayor con el tratamiento Fiamin-fol; y el peso de fruto por planta fue superior con Maxi-Grow Excel, Fiamin-fol y el testigo (solución Steiner) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores medios para el crecimiento y rendimiento en promedio de dos cultivares de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) bajo el efecto de cuatro tratamientos.

Tratamiento	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
Testigo	47.91 b	10.08 a	8.57 a	14.67 a	5.17 a	11.96 b	943 a	15.1 a	2.42 a
Maxi-Grow Excel	47.00 b	9.96 a	8.0 a	13.17 a	4.83 a	11.04 b	994 a	15.5 a	1.58 a
Fiamin-fol	49.33 b	10.13 a	8.57 a	14.33 a	4.67 a	17.54 a	843 a	14.0 a	2.54 a
Giberelin 10	53.92 a	10.04 a	8.86 a	15.67 a	4.67 a	13.5 ab	792 a	11.6 b	0.29 a
Media general	49.65	10.05	8.52	14.46	4.83	13.5	893	14.1	1.65
DSH ($p \leq 0.05$)	3.88	0.64	0.9	2.78	0.91	4.72	261.0	1.98	2.64

AP= Altura de la planta (cm); DT= Diámetro de tallo (mm); PSH= Peso seco de hojas (g); PST= Peso seco de tallo (g); LF= Longitud de fruto (cm); NFP= Número de frutos por planta; PTF= Peso total de fruto (g); PFP= Peso de fruto por planta (g); y NF= Número de flores.

Los resultados determinados en este estudio son consistentes con los reportados en estudios previos al realizar aplicaciones foliares de productos a base de giberelinas; El-al y Faten (2009) al evaluar la urea y distintos productos orgánicos (ácidos giberélico, cítrico y salicílico) en chile cv. California Wonder, determinaron mayor altura de planta (11%) con respecto a la altura de planta obtenida en este trabajo, al aplicar ácido giberelico a una concentración superior (>2.5 veces). Por su parte, Sanjay y Singh (2019) observaron mayor altura en plantas de chile (30%) al utilizar 87% mayor concentración de giberelinas a los 30 días después del trasplante, en comparación con la concentración utilizada en este trabajo. Maboko y Du Plooy (2015) obtuvieron mayor altura de la planta al aplicar vía foliar 10 ppm de ácido giberélico (GA_3) en chile dulce cv. King Arthur, siendo mayor a la registrada en este trabajo al aplicar el doble de la concentración de giberelinas. El valor medio del número de frutos por planta obtenido en este estudio con el tratamiento Fiamin-fol (aminoácidos), fue inferior (<53%) al reportado por El-Hamady *et al.* (2017), quienes aplicaron aminoácidos en chile cv. California Wonder, estas diferencias pueden atribuirse al diferente manejo agronómico realizado en ambos estudios. En el presente estudio, se utilizó una fertilización base menos concentrada en macro y

micronutrientes comparada con la implementada por El-Hamady *et al.* (2017). En otros trabajos, en diferentes especies vegetales, se ha demostrado que aplicar distintas dosis de aminoácidos vía foliar se estimula el crecimiento vegetativo y rendimiento (número de frutos por planta) de cultivos como frijol común (Zewail, 2014), pimienta (Campo *et al.*, 2015; Aly *et al.*, 2019), tomate (Hernández *et al.*, 2021; Salim *et al.*, 2021), calabaza (Abd El-Aal *et al.*, 2010) y manzanilla (El-Attar y Ashour, 2016). Así como también se ha observado que las giberelinas aplicadas en distintas concentraciones en diferentes cultivares de chile, estimulan el crecimiento y formación de estructuras reproductivas de las plantas, al incrementar el número de frutos, así como el peso de los mismos, lo cual contribuye a aumentar el rendimiento (Akhter *et al.*, 2018; Mahindre *et al.*, 2018; Pichardo *et al.*, 2018; Sanjay y Singh, 2019; Ahmed *et al.*, 2022).

El peso de frutos por planta fue superior con los tratamientos Maxi-Grow Excel, testigo o solución Steiner y Fiamin-fol comparado con el tratamiento Giberelin 10, el cual no contiene ningún nutriente adicional como en el caso de los otros tratamientos, en este sentido, este efecto se puede atribuir en parte a su composición nutricional en la que están presentes macro y microelementos que actúan en sinergia con el cultivo promoviendo el crecimiento de la planta y asegurando cosechas de mayor calidad, y a la vez incrementando los niveles de producción (Terry *et al.*, 2012; Luna-Fletes *et al.*, 2021).

En el Cuadro 9, se puede observar que el cultivar Bronco fue sobresaliente por presentar altos valores en los parámetros del crecimiento y rendimiento evaluados, excepto, el diámetro de tallo y la longitud de fruto, los cuales fueron mayores en el cultivar Forajido; Bronco presentó mayor altura de planta (6.26 cm), peso seco de hoja (11%), peso seco de tallo (20%), peso total de fruto (25%) y número de flores (62%) que Forajido. Mientras que Forajido mostró mayor diámetro de tallo (8%) y longitud de fruto (10%) que Bronco.

Cuadro 9. Valores medios para el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño en promedio de cuatro tratamientos.

Cultivar	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
Forajido	46.39 b	10.48 a	8.0 b	12.83 b	5.08 a	14.67 a	767.83 b	14.23 a	0.9 b
Bronco	52.65 a	9.63 b	9.0 a	16.08 a	4.58 b	12.35 a	1017.67a	13.92 a	2.37a
Media general	49.65	10.05	8.52	14.46	4.83	13.51	892.75	14.08	1.65
DSH (≤ 0.05)	2.01	0.33	0.47	1.45	0.47	2.45	135.9	1.03	1.37

AP= Altura de la planta (cm); DT= Diámetro de tallo (mm); PSH= Peso seco de hojas (g); PST= Peso seco de tallo (g); LF= Longitud de fruto (cm); NFP= Número de frutos por planta; PTF= Peso total de fruto (g); PFP= Peso de fruto por planta (g); y NF= Número de flores.

Altos valores en caracteres morfológicos del crecimiento del cv. Bronco, como la acumulación de peso seco en la parte aérea de la planta, está relacionado con una mayor disponibilidad y capacidad de removilización de asimilados hacia los órganos demanda de la planta (Romero *et al.*, 2015) por ejemplo para la formación de flores y frutos. Los valores medios entre ambos cultivares para la altura de planta (49.65 cm), el peso seco de tallo (14.46 g) y peso seco de hoja (8.52 g) fueron inferiores a los reportados por Alemán-Pérez *et al.* (2018) en chile híbrido Nathalie a los 72 días después del trasplante, bajo condiciones de invernadero, en Ecuador.

El efecto de la interacción cultivar por tratamiento se muestra en el Cuadro 10, donde el cv. Forajido exhibió mayor altura de planta en interacción con el tratamiento Giberelin 10, mientras que el cultivar Bronco mostró mayor valor en el número de frutos por planta con el tratamiento Fiamin-fol. Adicionalmente, Bronco tuvo mayor peso de frutos por planta por efecto de los tratamientos Maxi-Grow Excel y la solución nutritiva Steiner (testigo) (Cuadro 10).

10. Valores medios para el efecto de la interacción cultivar por tratamiento, para el crecimiento y rendimiento de dos cultivares de chile jalapeño y cuatro tratamientos.

Cultivar	AP	DT	PSH	PST	LF	NFP	PTF	PFP	NF
----------	----	----	-----	-----	----	-----	-----	-----	----

Forajido

Testigo	44b	10.3 a	8.0 a	12.3 a	5.0 a	15 a	782.67 a	15.0 a	1.25 a
Maxi-Grow Excel	43 b	10.5 a	8.0 a	12.3 a	4.67 a	13 a	849.33 a	15.67 a	1.83 a
Fiamin-fol	44 b	10.8 a	8.0 a	12.3 a	5.0 a	16 a	778.0 a	14.0 a	0.50 a
Giberelin 10	54 a	10.2 a	8.0 a	14.3 a	5.0 a	16 a	661.33 a	13.0 a	0.0 a
Media general	46	10.5	8	12.8	4.93	14.6	767.83	14.29	0.9
DSH ($p \leq 0.05$)	4.9	1.5	1.4	4.8	2.02	5.3	302.44	3.58	3.9

Bronco

Testigo	51.7 a	9.83 a	9.0 a	17.0 a	4.5 a	8.92 b	1102.3 a	15.33 a	3.58 a
Maxi-Grow Excel	49.4 a	9.42 a	8.0 a	14.0 a	5.0 a	9.42 b	1138.3 a	15.33 a	1.33 a
Fiamin-fol	55.0 a	9.42 a	9.33 a	16.33 a	4.0 a	19.58 a	907.7 a	14.0 ab	4.58 a
Giberelin 10	54.3 a	9.83 a	9.5 a	17.0 a	4.0 a	11.5 ab	922.3 a	11.0 b	0.5 a
Media general	52.6	9.63	9	16.08	4.36	12.35	1017.67	13.92	2.35
DSH ($p \leq 0.05$)	8.6	0.6	1.79	5.71	1.91	9.48	536.29	3.48	4.96

AP= Altura de la planta (cm); DT= Diámetro de tallo (mm); PSH= Peso seco de hojas (g); PST= Peso seco de tallo (g); LF= Longitud de fruto (cm); NFP= Número de frutos por planta; PTF= Peso total de fruto (g); PFP= Peso de fruto por planta (g); y NF= Número de flores.

El efecto significativo de estos tratamientos sobre algunos de los componentes del rendimiento del cultivar Bronco, puede explicarse por el contenido de macro y microelementos que contienen, como es el caso de la solución Steiner), además de las hormonas del tratamiento Maxi-Grow Excel y los aminoácidos de Fiamin-fol, los cuales estimulan la formación y amarre de estructuras reproductivas; Graillet *et al.* (2014) evaluaron mayor número de frutos y peso de frutos por planta en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) al emplear como tratamiento hormonal el producto comercial Maxi-Grow. Por su parte, Meneses-Lazo *et al.* (2020) también observaron altos valores en el peso de frutos por planta, al realizar aplicaciones de la solución Steiner en chile habanero variedad Orange en condiciones de invernadero. La solución Steiner, incrementa el crecimiento de los cultivos (González *et al.*, 2019; Urbina *et al.*, 2020), debido a que es una solución completa y equilibrada en nutrientes, permitiendo una absorción adecuada de todos ellos y una rápida asimilación del NO_3^- por parte de la planta, lo que se refleja en un incremento en el rendimiento (Alcántar y Trejo, 2010; Hawkesford *et al.*, 2012). Por

otro lado, Salim *et al.* (2021) demostraron en plantas de tomate cv. 010, que la aplicación foliar de aminoácidos en combinación con micronutrientes estimulan los parámetros de crecimiento vegetativo y los componentes del rendimiento, incluyendo número de hojas por planta, peso fresco de hoja, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, diámetro de fruto y rendimiento total del fruto, superando a las plantas testigo, a los 75 días después del trasplante.

2.6. CONCLUSIONES

La solución nutritiva Steiner y la aplicación foliar de los bioestimulantes no evidenció efecto significativo en la mayoría de los parámetros del crecimiento y del rendimiento de los dos cultivares evaluados, sin embargo, los tratamientos que fueron sobresalientes por estimular un incremento en algunos de los caracteres estudiados, fueron Fiamin-fol, Maxi-Grow Excel y la solución nutritiva Steiner utilizada como testigo.

2.7. LITERATURA CITADA

- Abd El-Aal, F. S., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. and Mahmoud, A. R. 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. Cairo, Egypt. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 6(5):583-588.
- Ahmed, I. H., Ali, E. F., Gad, A. A., Bardisi, A., El-Tahan, A. M., Abd Esadek, O. A. and Gendy, A. S. 2022. Impact of plant growth regulators spray on fruit quantity and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars grown under plastic tunnels. Egypt. Saudi Journal of Biological Sciences. 29(4):2291-2298. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.062>
- Akhter, S., Mostarin, T., Khatun, K., Akhter, F. and Parvin, A. 2018. Effects of plant growth regulator on yield and economic Benefit of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Bangladesh. The Agriculturists. 16(2):58-64. <http://dx.doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>
- Alcántar, G. y Trejo, L. 2010. Nutrición de cultivos. Colegio de postgraduados. Mundi Prensa. Montecillo, México. 441 p.
- Alemán-Pérez, R. D., Brito, J. D., Rodríguez-Guerra, Y., Soria-Re, S., Torres-Gutiérrez, R., Vargas-Burgos, J. C., Bravo-Medina, C. y Alba-Roja, J. L. 2018. Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en

invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. Ecuador. Centro Agrícola. 45(1):14-23.

Al-Said, M. A. and Kamal, A. M. 2008. Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids on flowering, yield and quality of sweet pepper. Egypt. Journal of Plant Production Sciences. 33(10): 7403-7412. [https://doi: 10.21608/JPP.2008.171240](https://doi.org/10.21608/JPP.2008.171240)

Aly, A., Eliwa, N. and Abd El Megid, M. 2019. Improvement of growth, productivity and some chemical properties of hot pepper by foliar application of amino acids and yeast extract. Egypt. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. 13(1): 831-839. [https://doi:10.5219/1160](https://doi.org/10.5219/1160)

Batista, D., Nieto, A., Alcaraz, L., Troyo, E., Hernández, L., Ojeda, C. M. y Murillo, B. 2015. Uso del FitoMas-E® como atenuante del estrés salino (NaCl) durante la emergencia y crecimiento inicial de *Ocimum basilicum* L. México. Nova Scientia. 7(15):265-284.

Campo, A., Álvarez, A., Batista, E. y Morales, A. 2015. Evaluación del bioestimulante Fitomas-E en el cultivo de *Solanum lycopersicum* L.(tomate). Cuba. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 49(2): 37-41.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2022. Estaciones Climatológicas. Disponible en: <http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/normales/estacion/EstacionesClimatologicas.kmz> Accesada marzo 15 de 2022.

Drobek, M., Frąc, M. and Cybulska, J. 2019. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress- A review. Poland. Agronomy. 9(6):1-18. [doi:10.3390/agronomy9060335](https://doi.org/10.3390/agronomy9060335).

Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Belgium. Scientia Horticulture. 196: 3-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

El-al, A. and Faten, S. 2009. Effect of urea and some organic acids on plant growth, fruit yield and its quality of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Egypt. Research Journal Agriculture and Biological Sciences. 5(4):372-379.

El-Attar, A. B. and Ashour, H. A. 2016. The influences of Bio-stimulator compounds on growth, essential oil and chemical composition of chamomile plants grown under water stress. Egypt. Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 2(1):1-27. <https://doi.org/10.48347/IMIST.PRSM/ajmap-v2i1.4857>

El-Hamady, M. M., Baddour, A. G., Sobh, M. M., Ashour, H. M. and Manaf, H. H. 2017. Influence of mineral fertilization in combination with khumate, amino

acids and sodium selenite on growth, chemical composition, yield and fruit quality of sweet pepper plant. Egypt. Middle East Journal of Agriculture Research. 6(2):433-447.

Enza zaden. 2020. Folleto forajido. Disponible en: <https://webkiosk.enzazaden.com/leaflet-forajido-2020/65123986>. Accesada agosto 6 de 2020.

FAOSTAT (Datos sobre alimentación y agricultura). 2020. Cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Accesada abril 14 de 2022.

Fernández, V., Sotiropoulos, T. y Brown, P. 2015. Fertilización foliar. Principios científicos y prácticas de campo. Paris, Francia. Asociación Internacional de la Industria de Fertilizantes (IFA). 159: 49-82.

González, O., Bugarín, R., Alejo, G. y Juárez, C. 2019. Relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en plantas de pimiento morrón con despunte temprano. México. Revista Bio Ciencias. 6:1-14. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e548>

Graillet, E.M., Hernández, J.A., Alvarado, L.C. y Retureta, A. 2014. Evaluación de cuatro reguladores de crecimiento en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en Acayucan, Veracruz. México. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan. 2(4):748-755.

Hawkesford, M., W. Horts, T., Kichey, H., Lambers, J., Schjoerring, I., Skrumsasger, M. and White, P. 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Marschner. Third edition. San Diego, CA. USA, pp: 135-189. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00006-6>

Hernández, M., Salgado, J. y Fernández, J. 2021. Sistemas de biofertilización en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Cuba. Avances. 23(4): 384-392.

Juárez, E. M. G. 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.

Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E. y Can-Chulim, Á. 2021. Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. México. Terra Latinoamericana. 39: 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.781>

Maboko, M. M. and Du Plooy, C. P. 2015. Effect of plant growth regulators on growth, yield, and quality of sweet pepper plants grown hydroponically. South Africa. HortScience. 50(3):383-386. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.3.383>

- Mahindre, P., Jawarkar, A., Ghawade, S., Tayade, V. 2018. Effect of different concentration of plant growth regulators on growth and quality of green chilli. India. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 1:3040-3042.
- Meneses-Lazo, R. E., May-Lugo, S., Villanueva-Couoh, E., Medina-Dzul, K., Echevarría-Machado, I. and Garruña, R. (2020). Phenology and quality of habanero pepper fruits (*Capsicum chinense* Jacq.) due to nutrient solution in hydroponics. Yucatán, México. Agro Productividad. 13(9). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1673>
- Murillo, R. A. L., Pérez, J. J. R., Bustamante, R. J. L., Reyes, M., Bermeo, A. A. M., Martínez, A. V. y Pettao, R. M. 2015. Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). Ecuador. Centro agrícola. 42(4):11-18.
- Parađiković, N., Vinković, T., Vinković, V. I., Žuntar, I., Bojić, M. and Medić-Šarić, M. 2011. Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. Croatia. Journal of the Science of Food and Agriculture. 91(12): 2146-2152. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4431>
- Pichardo, J. M., Guevara, L., Couoh, Y. L., González, L., Bernardino, A., Medina, H. R. y Acosta-García, G. 2018. Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9(5): 925-934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1502>.
- Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K. and Górecki, H. 2018. Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. Poland. Molecules. 23(2): 470. <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>
- Ramírez, J. A., Troyo, E., Preciado, P., Fortis, M., Gallegos, M., Vázquez, C. y García, J. 2017. Diagnóstico de nutrimento compuesto e interacciones nutrimentales en chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en suelos semiáridos. México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 4(11):233-242. <https://doi.org/10.19136/era.a4n11.1047>.
- Romero, F. C. S., López, C. C., Miranda, C. S., Kohashi, S. J., Aguilar, R. V. H. y Martínez, R. C. G. 2015. Variabilidad del rendimiento de semilla y sus componentes en frijol común bajo condiciones de temporal. México. Ciencias Agrícolas Informa. 24(1):7-17.
- Salazar, F. I. y Juárez, P. 2013. Requerimiento macronutricional en plantas de chile (*Capsicum annuum* L.). Nayarit, México. Revista Bio ciencias. 2 (2), 27-34. DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.02.02.04>

- Salim, B., Salama, Y. A., Hikal, M. S., El-Yazied, A., El-Gawad, A. and Hany, G. 2021. Physiological and biochemical responses of tomato plant to amino acids and micronutrients foliar application. Egypt. Egyptian Journal of Botany. 61(3): 837-848. doi: 10.21608/ejbo.2021.54992.1600
- Sanjay, S. and Singh, T., 2019. Effect of gibberellic acid on growth, yield and quality parameters of chilli (*Capsicum annuum* L.). India. Journal of pharmacognosy and Phytochemistry. 8 (2):2021-2023.
- SAS. 2009. The SAS System Program release 9.1 for Windows. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina, USA. Software of statistical analysis.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Accesada abril 14 de 2022.
- Steiner A. A. 1984. The Universal Nutrient Solution. Proceeding Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands. pp: 633-650.
- Terry, E., Díaz de Armas, M. M., Padrón, J. R., Tejeda, T., Zea, M. E. and Camacho-Ferre, F. 2012. Effects of different bioactive products used as growth stimulators in lettuce crops (*Lactuca sativa* L.). Cuba. Journal of Food Agriculture and Environment. 10(2):386-389.
- Trejo, L., Rodríguez, M. y Alcántar, G. 2007. Nutrición de Cultivos, fertilización Foliar. Ediciones Mundi-Prensa. México. pp. 325-371.
- Urbina, E., Cuevas, A., Reyes, J. C., Alejo, G., Valdez, L. A. y Vázquez-García, L. M. 2020. Solución nutritiva adicionada con NH₄⁺ para producción hidropónica de chile huacle (*Capsicum annuum* L.). México. Revista Fitotecnica Mexicana. 43(3):291-291. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.291>
- Veobides, H., Guridi, F. y Vázquez, V. 2018. Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. Cuba. Cultivos Tropicales. 39(4):102-109.
- Vilmorin. 2020. Folleto pimientos jalapeños. Disponible en: https://www.vilmorinmikado.mx/sites/mexique.sam/files/News/Brochure_Jalapenos_Mexico_0918%20BD.PDF. Accesada julio 20 de 2022.
- Zewail, R. M. Y. 2014. Effect of seaweed extract and amino acids on growth and productivity and some biocostituents of common bean (*Phaseolus vulgaris* L) plants. Egypt. Journal of Plant Production. 5(8):1441-1453. doi: 10.21608/jpp.2014.64669

CAPÍTULO 3. EFECTO DE LA APLICACIÓN FOLIAR DE DOS BIOESTIMULANTES Y UN REGULADOR DE CRECIMIENTO EN CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annuum* L.).

3.1. RESUMEN

El chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) Tiene alto valor económico, nutricional y social. Es variable en sus requerimientos nutricionales por lo que es necesario su estudio. El objetivo de esta investigación fue evaluar las variables de crecimiento y

rendimiento bajo invernadero de los híbridos Dante y Everman, con la aplicación foliar de dos bioestimulantes y un regulador de crecimiento, teniendo como testigo la solución Steiner (1984). Se establecieron cuatro tratamientos bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron: altura de la planta (AP), diámetro de tallo (DT), peso seco de tallo (PST), peso seco de hoja (PSH), peso seco de raíz (PSR), volumen de raíz (VR), número total de frutos (NTF), número de frutos por planta (NFP), peso total de fruto (PTF), peso de fruto (PF), longitud de fruto (LF) y Diámetro de fruto (DF). Los híbridos fueron significativamente diferentes entre sí. Entre tratamientos las variables de crecimiento con diferencias en Dante fue AP y en Everman fueron PST, PSH y VR. Aunque no hubo diferencias significativas de las variables de rendimiento con los tratamientos, Dante dio 12 % más PTF con Maxi-Grow Excel y aminoácidos 70 % respecto al testigo y Giberelin 10.

Palabras clave: Steiner, bioestimulante, aminoácidos, reguladores de crecimiento.

CHAPTER 3. EFFECT OF FOLIAR APPLICATION OF TWO BIOSTIMULANTS AND ONE GROWTH REGULATOR ON JALAPEÑO PEPPER (*Capsicum annuum* L.).

3.2 ABSTRACT

The jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) has high economic, nutritional and social value. It varies in its nutritional requirements, so, it it needed to study them. The objective of this research was to evaluate the growth and yield variables under greenhouse of the hybrids Dante and Everman, with the foliar application of two biostimulants and one growth regulator, having as a control the Steiner (1984) solution. Four treatments were established under a design of random complete

blocks with four repetitions. They were evaluated: plant height (AP), stem diameter (DT), stem dry weight (PST), leaf dry weight (PSH), root dry weight (PSR), root volume (VR), total number of fruits (NTF), number of fruits per plant (NFP), fruits total weight (PTF), fruit weight (PF), fruit length (LF), and fruit diameter (DF). The hybrids were significantly different from each other. Between treatments the growth variable with differences in Dante was AP; in Everman they were PST, PSH, and VR. Although there were no significant differences in the yield variables after the treatments, Dante gave 12 % more PTF with Maxi-Grow Excel and aminoacids 70 % respect to the control and and Giberelin 10.

Keywords: Steiner solution, biostimulant, aminoacids, growth regulator.

3.3 INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es originario de México y es considerado una de las hortalizas más importantes a nivel mundial. Tiene gran impacto en la gastronomía nacional e internacional (Aguirre y Muñoz, 2015); a nivel mundial se producen 36, 771, 482 t (FAOSTAT, 2020). México es uno de los principales productores del mundo con una producción de 3, 238, 244 t en una superficie de 35,692 ha (SIAP, 2021). A nivel nacional Sinaloa es el principal productor con una superficie cosechada de 3,867 ha y una producción de 139,200 t (SIAP, 2021). La fertilización de la mayor parte de los cultivos de chile, especialmente los que se desarrollan bajo invernadero, toman como referencia la solución nutritiva de Steiner (1984), que es la más comúnmente empleada en la producción de cultivos su composición compleja

en nutrientes, su equilibrio iónico y rápida asimilación, lo cual incrementa los rendimientos (Steiner, 1984; López-Gómez *et al.*, 2017), ya que favorece el crecimiento de la planta y la producción de frutos (Luna Fletes *et al.*, 2021). Sin embargo, a pesar de la alta producción, existen diversos factores limitantes para el óptimo desarrollo del cultivo, entre ellos la respuesta de la planta a los nutrientes. Esto ha propiciado que en años recientes se hayan realizado diversas investigaciones para obtener nuevas tecnologías que mejoren el desempeño fisiológico de la planta e incrementen los rendimientos. Una alternativa reciente es el uso de sustancias orgánicas como los bioestimulantes y reguladores de crecimiento para promover un aumento en la calidad y productividad de los cultivos con menos fertilizantes químicos para lograr una agricultura sustentable (Sreenivas *et al.*, 2017; De Pascale *et al.*, 2018; Rouphael *et al.*, 2021). Los bioestimulantes son compuestos orgánicos naturales o sintéticos que pueden aplicarse a las diferentes partes de la planta (hoja, raíz, fruto y semilla), provocando alteraciones en los procesos fisiológicos y bioquímicos con la finalidad de incrementar la eficiencia de la nutrición, la resistencia al estrés, la producción, mejorar la calidad y facilitar la cosecha (Drobek *et al.*, 2019; Askari-Khorasgani *et al.*, 2019). Los bioestimulantes se clasifican comúnmente en ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos, extractos de algas, hongos benéficos, bacterias benéficas, quitosano y sustancias inorgánicas (Halpern *et al.*, 2015; Du Jardin, 2015); los bioestimulantes que contienen aminoácidos se utilizan para mejorar la tolerancia a condiciones ambientales desfavorables y aumentar la cantidad y calidad de las cosechas (Sarojnee *et al.*, 2009; Aly *et al.*, 2019; Abd El-Aal *et al.*, 2010). Con este mismo propósito se usan los reguladores de crecimiento (Pichardo-González *et al.*, 2018; Ahmed *et al.*, 2022) y las fitohormonas (Matthew, 2016; Honda *et al.*, 2016). El ácido giberélico (GA₃) es una hormona que a 30 mgL⁻¹ incrementa el número de frutos, el porcentaje de cuajado de fruto por planta y el rendimiento en *C. annuum* (Ahmed *et al.*, 2022), además incrementa la longitud de frutos (Akhter *et al.*, 2018); estos mismos efectos se pueden observar en *C. annuum* con GA₃ a 10 mg L⁻¹ (Chaudhary *et al.*, 2006). Debido a que el chile jalapeño es el pimiento con mayor demanda en el mundo y el principal tipo de chile que se produce en Sinaloa, México,

en esta investigación se propuso el objetivo de probar alternativas para incrementar el rendimiento de híbridos disponibles en el mercado. Para ello se evaluó el efecto de dos bioestimulantes y un regulador de crecimiento sobre variables de crecimiento y rendimiento de los híbridos Dante y Everman bajo condiciones de invernadero.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Área experimental.

Este estudio se estableció en las instalaciones de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, ubicada en la ciudad de Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México a 25° 45' 57" N y 108° 49' 23" O, a una altitud de 10 msnm, en un invernadero tipo túnel de metal cubierto con plástico de polietileno (75 % de transmisión de luz). La temperatura máxima puede ser de 45 °C, la mínima de 0 a 8 °C, con una temperatura media de 24.5 °C y una precipitación media anual de 301.2 mm (CONAGUA, 2022).

3.4.2 Material vegetal.

La siembra se realizó el 28 de enero de 2020 en charolas de germinación de poliestireno de 242 cavidades en sustrato de tierra de turberas (Peat moss BM2 euro Berger®). Se utilizaron semillas de chile jalapeño (*C. annuum* L.) de los híbridos Dante y Everman (Harris Moran Seed Company). El trasplante se hizo el 14 de marzo de 2020, 46 días después de la siembra (dds) en bolsas hidropónicas color blanco/negro calibre 600, de 35 x 35 cm con capacidad de 10 L, llenas de sustrato peat moss BM2.

3.4.3 Tratamientos y diseño experimental.

Se evaluaron cuatro tratamientos que fueron dos bioestimulantes (Maxi-Grow Excel y Aminoácidos 70 %), un regulador de crecimiento (Giberelin 10) y el testigo (solución nutritiva Steiner (1984), los cuales se aplicaron a dos híbridos, en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones; la solución Steiner se aplicó como fertilización de base en todos los tratamientos. Cada unidad experimental fue constituida por cuatro bolsas de polietileno con una plántula por bolsa. Los bioestimulantes y el regulador de crecimiento se aplicaron vía foliar a los 20, 30 y 40 días después del trasplante (ddt), mientras que la solución nutritiva Steiner se aplicó como riego a los cuatro bloques cada tercer día; a concentraciones de 50 % desde los 0 a los 47 ddt, de 70 % de los 48 a los 70 ddt y de 100 % desde los 71 ddt hasta finalizar la investigación. El riego se aplicó de forma manual una vez al día, en promedio 500 mL por planta hasta los 45 ddt y 1 L por planta hasta concluir el experimento. La composición de cada producto ya diluido aplicado fue la siguiente:

Testigo: la solución nutritiva Steiner (Steiner, 1984) composición en me L^{-1} : 12 de NO_3^- , 1 de H_2PO_4^- y 7 de SO_4^{2-} para aniones; 7 de K^+ , 9 de Ca^{2+} y 4 de Mg^{2+} para cationes. También contenía los siguientes microelementos en cantidades de mg L^{-1} : 1.33 de Fe, 0.62 de Mn, 0.02 de Cu, 0.11 de Zn, 0.05 de B y 0.04 de Mo para una solución de concentración al 100 %. Las fuentes de fertilizantes que se usaron fueron: KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, K_2SO_4 y para microelementos: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Maxi-Grow Excel (a 5 mL L^{-1} de agua) contenía lo siguiente en mg L^{-1} : 562.5 de una combinación de extractos orgánicos, 0.45 de auxinas, 0.5 de giberelinas, 7.5 de citoquininas, 33 de N, 66.5 de P_2O_5 , 66.5 de K_2O , 10 de Ca, 20 de Mg, 66.5 de Cu, 36 de Fe, 66.5 de Mn y 132.5 de Zn.

Aminoácidos de origen animal 70% (1.42 g L^{-1} de agua): 994 mg L^{-1} de aminoácidos libres.

Giberelin 10% (0.2 g L^{-1} de agua): Giberelina (GA_3) 20 mg L^{-1} , ingredientes inertes 180 mg L^{-1} .

Durante la etapa de crecimiento y producción se utilizaron los insecticidas Sivanto (Flupyradifurone 17.09 %, 2.5 mL L⁻¹), Aben 1.8 % (Abamectina 1.8 %, 2.5 mL L⁻¹) y Controla 480 CE (Clorpirifos etil 44.5 %, 5 mL L⁻¹); el fungicida manzate 200 (Mancozeb 80 %, 5mL L⁻¹) y el bactericida Curamycín 500 (Estreptomicina 2.19 % + oxitetraciclina 0.23 %, 1.5 g L⁻¹).

3.4.4 Variables de crecimiento y rendimiento evaluadas.

La cosecha inició el 05 de junio (129 dds). Para la evaluación de los tratamientos se consideraron las variables de crecimiento: altura de la planta (AP) en cm, diámetro de tallo (DT) en mm, peso seco de tallo (PST) en g, peso seco de hoja (PSH) en g, peso seco de raíz (PSR) en g, volumen de raíz (VR) en mL y las variables de rendimiento: número total de frutos (NTF), número de frutos por planta (NFP), peso total de fruto (PTF) en g, peso del fruto (PF) en g, longitud de fruto (LF) en cm y diámetro del fruto (DF) en cm. Para evaluar las variables de crecimiento, se cortaron las plantas al final del cultivo y se separaron las hojas del tallo (Azofeifa y Moreira, 2004). La AP (cm): se midió con una cinta métrica desde la base del tallo hasta el ápice de la planta (Beltrán Morales *et al.*, 2016); el DT (mm): se midió con un vernier digital (Stereon ®) y se obtuvo de la base del tallo principal a 2 cm por encima del sustrato (Beltrán Morales *et al.*, 2016); para el PST (g) y PSH (g) por separado se colocaron en bolsas de papel en una secadora de madera con lámparas, alcanzando una temperatura de 65 ° C hasta obtener peso constante. El VR (mL) se obtuvo sumergiendo la raíz en una probeta graduada de 1L con 500 mL de agua, el excedente de volumen por desplazamiento se registró en mL (Haghighi and Barzegar, 2017); las variables LF (cm) y DF (cm) se midieron con un vernier digital Stereon ®; evaluarla evaluación de NFP, PTF (g) y PF (g) se inició con la cosecha de frutos a los 83 ddt, cuando se observaron los primeros frutos con ligeras grietas en su superficie, lo cual indicaba su madurez fisiológica. Se realizaron cinco cortes,

uno por semana durante las siguientes cinco semanas. En cada corte se contaron los frutos cosechados por planta, con lo cual se obtuvo el PFP (g) con una báscula digital marca Scale (China); para obtener el PTF (g), al final de la cosecha se sumó el peso de los frutos obtenidos por cada tratamiento. El PF se obtuvo promediando el PTF entre el NTF para cada tratamiento.



Figura 7. Medición de la variable diámetro de tallo (DT) con el vernier digital (Stereon®).

3.4.5. Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el programa MINITAB 19 (2019); se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para cada variable y ANOVA de gráficas de interacciones para cada variable, híbrido y tratamiento; la comparación de medias se hizo usando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los híbridos Dante y Everman mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre sí en las medias generales de las variables de crecimiento AP, DT, PST y PSH

(cuadro 11). En Everman fueron mayores AP, PST y PSH; el DT fue mayor en Dante. De las variables de rendimiento resultaron diferentes NTF, NFP, PTF, PF y DF (cuadro 12); en Dante fueron mayores NTF, NFP y PTF; en Everman fueron mayores PF y DF. Everman tuvo en promedio mayor crecimiento vegetativo (cuadro 11), mientras que Dante presentó medias mayores en las variables de rendimiento, entre las que destaca PTF. Everman dio los frutos de mayor tamaño, pero en menor cantidad (cuadro 12). De acuerdo con el análisis de varianza de las variables de crecimiento en cada híbrido (cuadro 11), en Dante únicamente la AP (media 39.74 cm) mostró diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.01$) entre tratamientos (Figura 8), donde Maxi-grow Excel dio los valores más altos (42.91 cm), pero estadísticamente igual a las tratadas con Aminoácidos 70 y con solución Steiner; Giberelín 10 produjo las plantas más bajas (36.56 cm). Se esperaba que el tratamiento con giberelinas mostrara mayor AP, ya que uno de sus principales efectos es el alargamiento de los entrenudos, sin embargo, la respuesta a las giberelinas es mucho más compleja y depende de las condiciones ambientales, de la especie y del híbrido (Castro-Camba *et al.*, 2022). El efecto significativo del tratamiento Giberelin 10 sobre VR en el cultivar Everman puede explicarse por el contenido de ácido giberélico, el cual promueve y regula la expansión o elongación radicular y aumenta su biomasa fresca (Tanimoto, 2012). Kuryata *et al.* (2021) evaluaron el efecto del ácido giberélico (0.005%) en chile dulce (*Capsicum annuum* L.) obteniendo valores más altos en materia seca. Las giberelinas incrementan la AP de tomate a 30 mg L⁻¹ (Uddain *et al.*, 2009), también se ha reportado mayor AP con la solución nutritiva de Steiner sola que con reguladores de crecimiento (Luna Fletes *et al.*, 2021). En el híbrido Everman se observaron diferencias significativas en PST, PSH y VR; en PST (media = 29.09 g, $P = 0.007$), Giberelin 10 dio el mayor peso y el testigo el menor (23.9 g); en PSH (media = 29.82 g, $P = 0.008$), Giberelín 10 exhibió el valor más alto, seguido por Aminoácidos 70 %; el testigo y Maxi-Grow dieron los resultados más bajos (cuadro 11). En VR (media = 45.35 mL, $P = 0.002$), Giberelín 10 dio el valor más alto (55.0 mL), superando al resto de los tratamientos (Figura 9). Estas variables muestran que los tratamientos con Aminoácidos 70 y Giberelin 10 favorecieron el crecimiento de la raíz, el tallo y la hoja en mayor

proporción en Everman que en Dante. Los valores altos de PST, PSH y VR pueden deberse a la mayor capacidad fotosintética y fijación de carbono, dado por la mayor área foliar que proporcionan las giberelinas (Castro-Camba *et al.* 2022). Guo *et al.* (2022) obtuvieron los valores más altos en VR y PST al aplicar 75 mgL⁻¹ de GA₃ en (*Solanum lycopersicum* L.); Uddain *et al.* (2009), con 30 mgL⁻¹ de GA₃ obtuvieron mayores AP, NFP y PF, superando a las plantas testigo que fueron tratadas con otros reguladores de crecimiento.

En las variables de rendimiento no hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) respecto a los tratamientos en ninguno de los dos híbridos (cuadro 12). El NTF en Dante fue mayor con Giberelin 10; en Everman fue mayor con Aminoácidos 70. El mayor NFP en Dante se obtuvo con Maxi-Grow Excel y el más bajo con el testigo; en Everman el mayor valor se obtuvo con el testigo (sol. Steiner). Las giberelinas aumentan el NF y el PF en el cultivo de chile, dando mayores rendimientos (Akhter *et al.*, 2018; Pichardo-González *et al.*, 2018; Sanjay y Singh, 2019; Ahmed *et al.*, 2022). Se ha encontrado que la aplicación foliar de aminoácidos aumenta el crecimiento vegetativo y productivo (NFP) en pimiento (Campo *et al.*, 2015; Aly *et al.*, 2019). El mayor PTF en Dante se obtuvo con Maxi-Grow Excel y en Everman con Aminoácidos 70 (Figura 10). Pichardo-González *et al.* (2018) obtuvieron mayor PTF en chile jalapeño var. Bob-02 con la solución Steiner y GA₃ de 0 a 10 mgL⁻¹ aplicado vía foliar. La figura 10 muestra que en el híbrido Dante hay un incremento en PTF del 12.7 % con Maxi-Grow Excel y un 12.1 % aminoácidos 70, respecto al testigo, lo cual, aunque no es estadísticamente significativo, podría representar un beneficio económico para el productor, mientras que con giberelinas se obtuvo el menor PTF; Nieves-González *et al.* (2013) demostraron un incremento del 86% en la presencia de frutos al aplicar el bioestimulante Maxi-Grow Excel en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) La media más alta en el PF en Dante se obtuvo con el testigo y en Everman con el Aminoácidos 70 %. La mayor LF en Dante se obtuvo con Maxi-Grow Excel y Aminoácidos 70 % y en Everman con el testigo. El mayor DF en Dante se obtuvo con aminoácidos 70% y en Everman con el testigo. El contenido de hormonas, macro y microelementos, como es el caso de Maxi-Grow Excel estimulan la formación y amarre de estructuras reproductivas; con este producto Graillet *et al.*

(2014) obtuvieron mayor NF y PFP en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). La solución Steiner, promueve el crecimiento de los cultivos (González *et al.*, 2019; Urbina *et al.*, 2020).

Cuadro 11. Variables de crecimiento de dos híbridos de chile jalapeño.

	AP (cm)	DT (mm)	PST (g)	PSH (g)	PSR (g)	VR (mL)
Tratamientos	Híbrido Dante					
Sol. Steiner	37.25ab	10.71 a	20.14 a	19.91 a	16.98 a	41.25 a
Maxi-Grow	42.91 a	11.32 a	25.43 a	23.31 a	20.45 a	46.56 a
Aminoácidos 70	42.25 a	10.90 a	25.14 a	22.04 a	16.61 a	41.88 a
Giberelin 10	36.56 b	11.11 a	20.91 a	26.85 a	18.37 a	50.63 a
Media general	39.74	11.01	22.90	23.02	18.10	45.08
	Híbrido Everman					
Sol. Steiner	44.38 a	10.09 a	23.90 b	25.91 b	17.41 a	38.50 b
Maxi-Grow	39.41 a	9.71 a	27.02 ab	25.81 b	20.60 a	40.00 b
Aminoácidos 70	44.58 a	10.23 a	34.02 a	32.13 ab	18.40 a	47.91 ab
Giberelin 10	44.31 a	10.02 a	31.44 a	35.43 a	21.10 a	55.00 a
Media general	43.17	10.01	29.09	29.82	19.37	45.35

AP: Altura de la planta, DT: Diámetro del tallo, PST: Peso seco del tallo, PSH: Peso seco de hoja, PSR: Peso seco de raíz, VR: Volumen de raíz.

Cuadro 12. Variables de rendimiento de dos híbridos de chile jalapeño.

	NTF	NFP	PTF (g)	PF (g)	LF (cm)	DF (cm)
Tratamientos	Híbrido Dante					
Sol. Steiner	69.67 a	17.41 a	211.2 a	12.11 a	5.81 a	2.15 a
Maxi-Grow	75.67 a	22.18 a	238.1 a	10.76 a	5.94 a	1.89 a
Aminoácidos 70	81.67 a	20.41 a	236.8 a	11.69 a	5.94 a	2.26 a
Giberelin 10	85.30 a	21.32 a	221.1 a	10.47 a	5.80 a	2.07 a
Media general	78.07	20.33	226.8	11.25	5.87	2.09
	Híbrido Everman					
Sol. Steiner	50.33 a	16.00 a	187.7 a	11.79 a	5.97 a	2.52 a
Maxi-Grow	39.67 a	12.63 a	141.9 a	11.32 a	5.85 a	2.42 a
Aminoácidos 70	52.67 a	14.64 a	188.9 a	12.97 a	5.71 a	2.29 a
Giberelin 10	40.25 a	10.82 a	136.3 a	12.56 a	5.71 a	2.27 a
Media general	45.73	13.52	163.7	12.16	5.81	2.37

NTF: Número total de frutos, NFP: Número de frutos por planta, PTF: Peso total de frutos, PF: Peso por fruto, LF: Longitud del fruto, DF: Diámetro del fruto.

Por otra parte, en cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), Juárez (2014) con la dosis de 5 ml L⁻¹ de Maxi-Grow Excel que se usó en este experimento, no encontró diferencias significativas con el resto de los tratamientos, solo mostró un ligero incremento en el NFP y PF. En otros estudios, en diferentes cultivos, se ha demostrado que al asperjar aminoácidos se estimula el crecimiento vegetativo y rendimiento (mayor número y peso de frutos por planta) en pimiento (Sarojnee *et al.*, 2009; Ghoname *et al.*, 2010; Shehata y Aly *et al.*, 2019); Por otra parte, las giberelinas suministradas en diferentes concentraciones en distintos cultivares de chile, estimulan la germinación, floración, formación de fruto y aumento de rendimiento (Batlang, 2008; Uddain *et al.*, 2009; Honda *et al.*, 2016; Singh *et al.*, 2017; Akhter *et al.*, 2018; Pichardo-González *et al.*, 2018; Ahmed *et al.*, 2022).

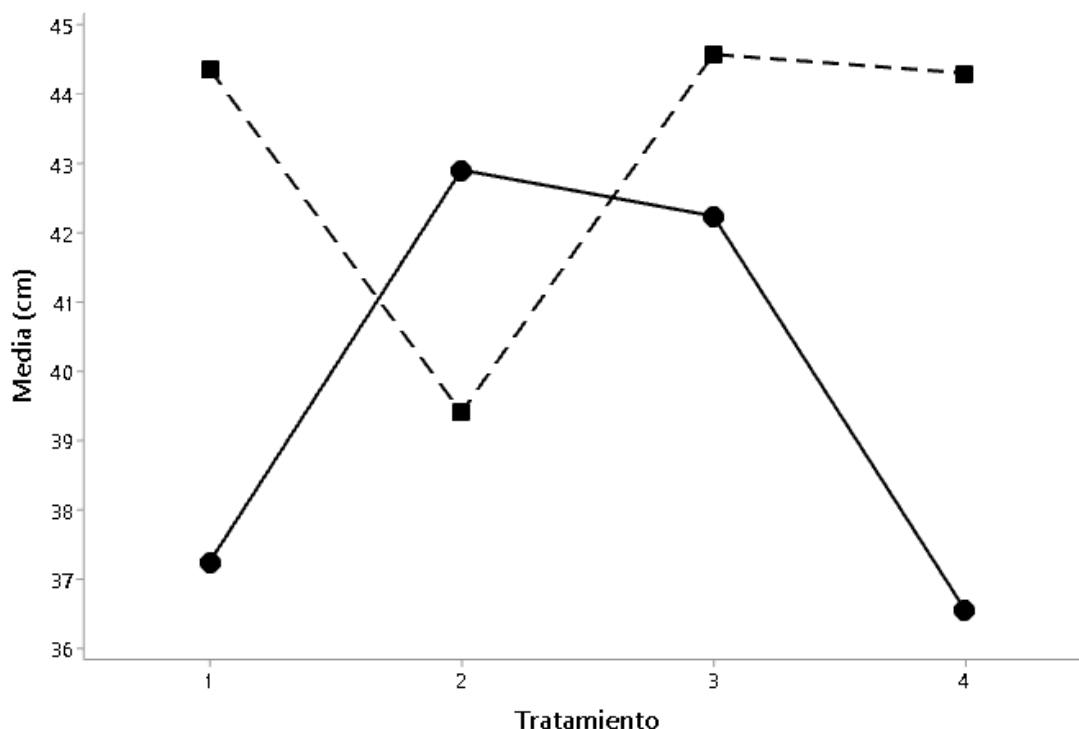


Figura 8. Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para AP (cm) media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—), Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow Excel, 3 = Aminoácidos 70 y 4 Giberelin 10.

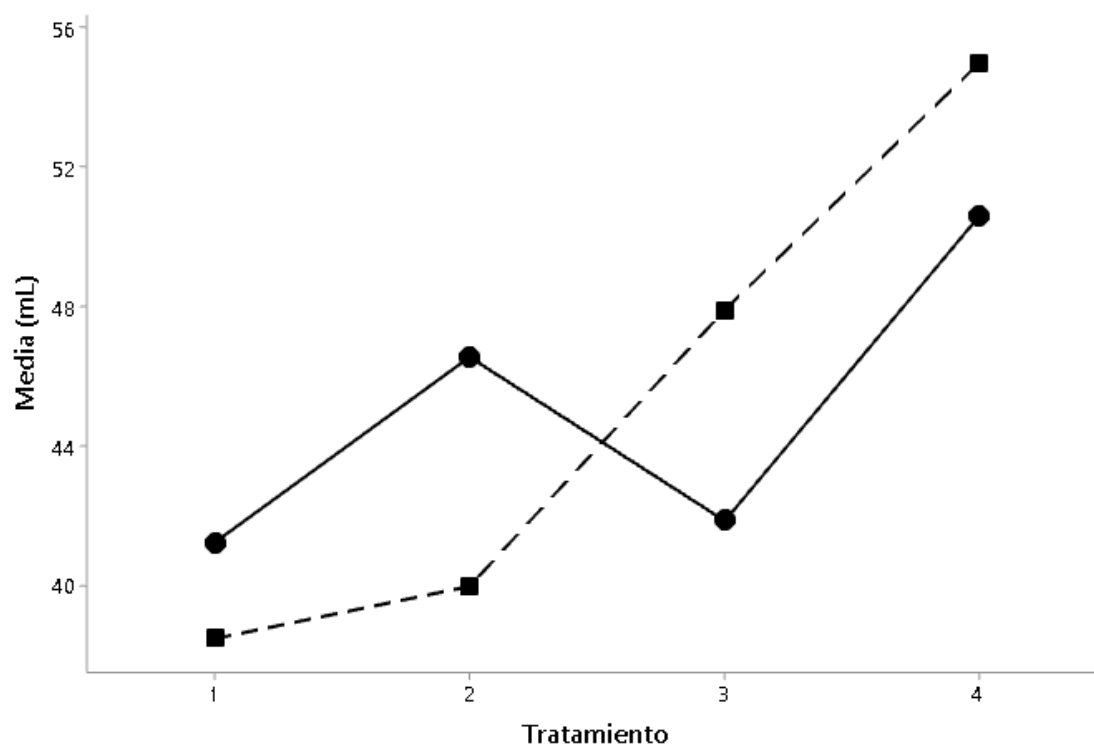


Figura 9. Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para VR (mL) media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—), Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow, 3 = Aminoácidos 70%, 4 Giberelin 10.

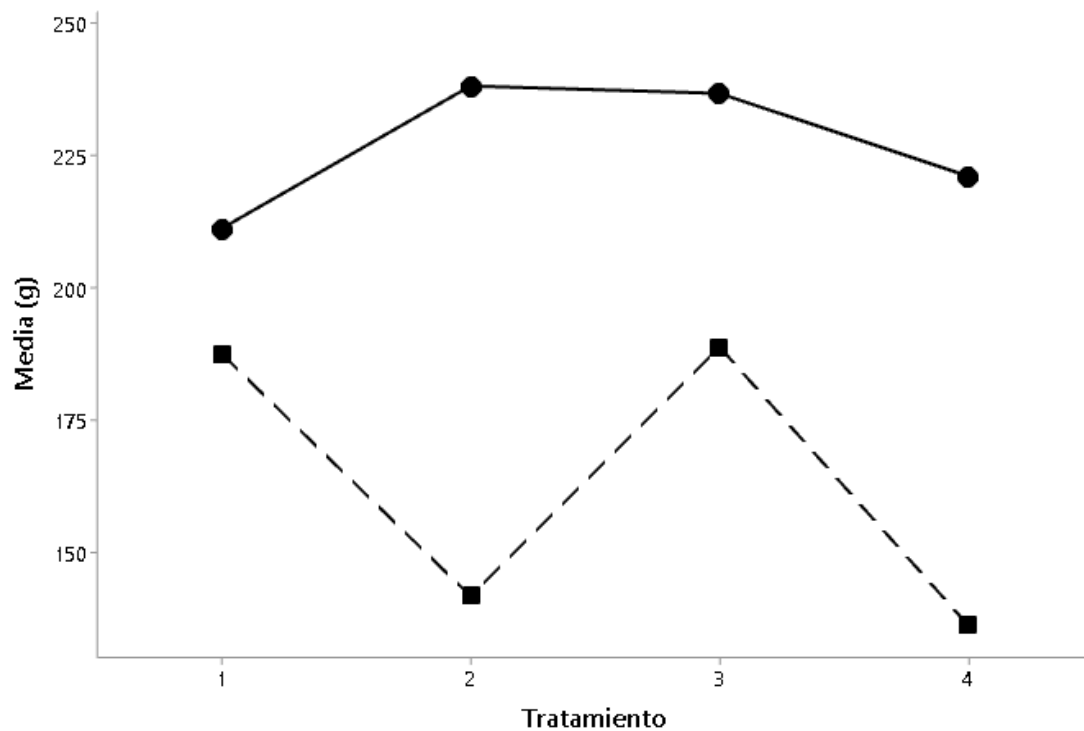


Figura 10. Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para PTF (g) media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—), Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow, 3 = Aminoácidos 70%, 4 Giberelio 10.

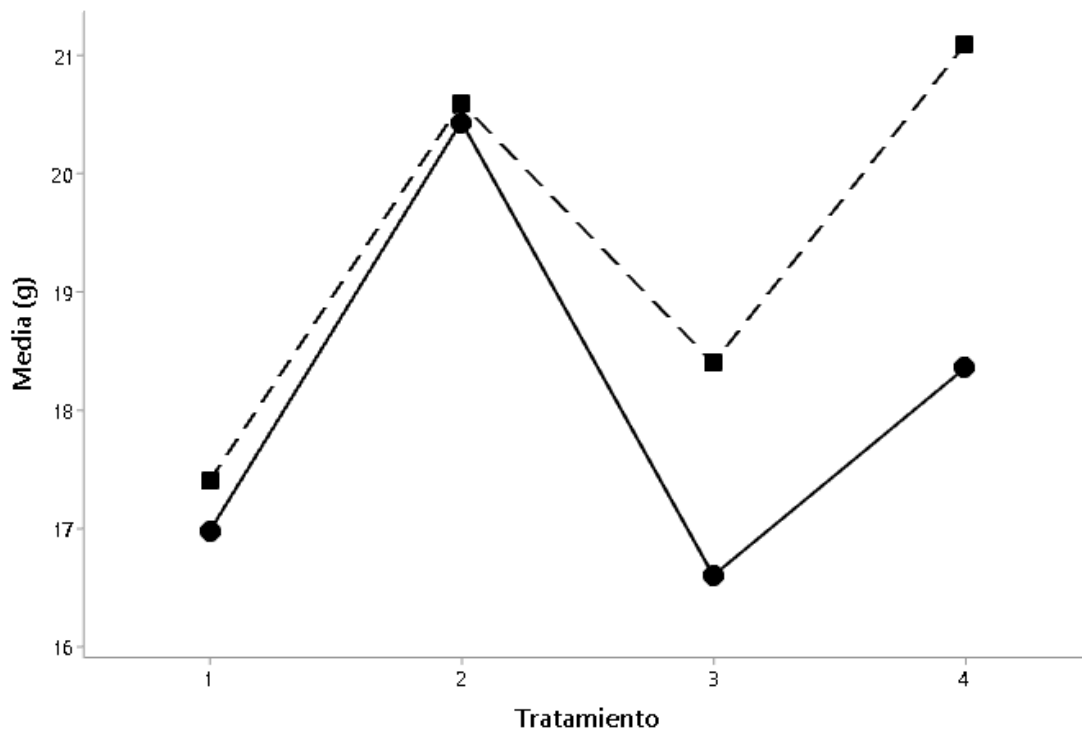


Figura 11. Gráfica de interacción entre híbridos y tratamientos para PSR (g) media de datos, para cuatro tratamientos. Híbrido Dante (—), Híbrido Everman (- - -). 1 = Sol. Steiner, 2 = Maxi Grow, 3 = Aminoácidos 70%, 4 Giberelin 10.

2.6. CONCLUSIONES

Los híbridos Dante y Everman son diferentes en sus características agronómicas; Everman exhibió mayor crecimiento vegetativo que el híbrido Dante, el cual mostró mayor rendimiento expresado por PTF, el cual, aunque no fue significativamente diferente, Maxi-Grow Excel y Aminoácidos 70 % exhibieron un incremento aproximado al 12 % respecto al testigo; lo cual podría significar beneficios económicos al productor al obtener mayor rendimiento y calidad de producción. La solución nutritiva Steiner sola (Testigo) no mostró diferencias significativas con respecto su combinación con bioestimulantes y fitohormonas foliares en la mayoría de las variables de rendimiento evaluadas por lo que sigue siendo una buena opción

de fertilización. Maxi-Grow Excel y Aminoácidos 70 podrían aportar beneficios económicos al productor, una vez que se conozca su aplicación óptima en las condiciones locales.

2.7. LITERATURA CITADA

Aguirre, H. E. y Muñoz O. V. 2015. El chile como alimento. México. Revista de la Academia Mexicana de Ciencias AC. 66(3): 16-23.

Ahmed, I. H., Ali, E. F., Gad, A. A., Bardisi, A., El-Tahan, A. M., Abd Esadek, O. A. and Gendy, A. S. 2022. Impact of plant growth regulators spray on fruit quantity and quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars grown under plastic tunnels. Saudi Journal of Biological Sciences. 29(4): 2291-2298. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.062>

Akhter, S., Mostarin, T., Khatun, K., Akhter, F. and Parvin, A. 2018. Effects of plant growth regulator on yield and economic benefit of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). The Agriculturists, 16(02): 58-64. <http://dx.doi.org/10.3329/agric.v16i02.40343>

Aly, A., Eliwa, N. and Abd El Megid, M. H. 2019. Improvement of growth, productivity and some chemical properties of hot pepper by foliar application of amino acids and yeast extract. Potravinarstvo. 13(1): 831-839. <http://dx.doi.org/10.5219/1160>

Azofeifa, Á. y Moreira, M. A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense, 28(1), 57-67.

Batlang, U. 2008. Benzyladenine plus gibberelins (GA4+7) increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Biological Sciences. 8(3): 659-662.

Beltrán-Morales, F. A., García-Hernández, J. L., Ruiz-Espinoza, F. H., Valdez-Cepeda, R. D., Preciado-Rangel, P., Fortis-Hernández, M., & González-Zamora, A. 2016. Efecto de sustratos orgánicos en el crecimiento de seis variedades de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Ecosistemas y recursos agropecuarios, 3(7), 143-149.

Castro-Camba, R., Sánchez, C., Vidal, N. and Vielba, J. M. 2022. Plant development and crop yield: The role of gibberellins. Plants, 11(19), 2650.

Chaudhary, B. R.; Sharma, M. D.; Shakya, S. M. and Gautam, D. M. 2006. Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of chilli (*Capsicum annuum* L.) at Rampur, Chitwan. Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science. 27: 65-68. <https://doi.org/10.3126/jiaas.v27i0.697>

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2022. Estaciones climatológicas. <http://smn.conagua.gob.mx/climatologia/normales/estacion/EstacionesClimatologicas.kmz> (consultado 01 de noviembre de 2022).

De Pascale, S., Roupshael, Y. and Colla, G. 2018. Plant biostimulants: Innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. European Journal of Horticultural Science. 82: 277–285. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>

Drobek, M., Frąć, M. y Cybulska, J. 2019. Plant biostimulants: importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress. A review. Agronomy, 9(6): 335. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060335>

Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. Scientia Horticulturae, 196: 3-14.

FAOSTAT. 2020. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura <https://www.fao.org/faostat/es/#data>. Consultado el 20 de mayo de 2020.

Ghoname, A. A., Dawood, M. G., Sadak, M. S. and Hegazi, A. A. 2010. Improving nutritional quality of hot pepper (*Capsicum annuum* L.) plant via foliar application with arginine or tryptophan or glutathione. Journal of Biological Chemistry and Environmental Sciences. 5: 409-429.

Haghighi, M. and Barzegar, M. R. 2017. Effect of amino acid and mycorrhiza inoculation on sweet pepper growth under greenhouse conditions. Iran Agricultural Research. 36(2): 47-54.

Guo, T.; Gull, S., Ali, M. M., Yousef, A. F., Ercisli, S., Kalaji, H. M. y Ghareeb, R. Y. 2022. Heat stress mitigation in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) through foliar application of gibberellic acid. Scientific Reports. 12(1): 1-13.

Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T. y Yermiyahu, U. 2015. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. Advances in Agronomy, 130: 141-174. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.001>

Honda, I., Matsunaga, H., Kikuchi, K., Matuo, S., Fukuda, M. and Imanishi, S. 2016. Involvement of cytokinins, 3-indolacetic acid and gibberellins in early fruit growth in pepper (*Capsicum annuum* L.). The Horticulture Journal. 86: 52-60. <https://doi.org/10.2503/hortj.MI-120>

Juárez, E. M. G. 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.

Kuryata, V. G., Kushnir, O. V., Kravets, O. O., Poprotska, I. V., Golynova, L. A., Shevchuk, O. A. and Baiurko, N. V. 2021. Features of leaf mesostructure rearrangement and redistribution of assimilates of sweet pepper plants under the action of gibberellic acid in connection with crop productivity. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. 11 (3): 46-51.

López-Gómez, J. D., Villegas-Torres, O. G., Sotelo-Nava, H., Andrade-Rodríguez, M., Juárez-López, P. y Martínez-Fernández, E. 2017. Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) por efecto del régimen nutrimental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 8: 1747-1758. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.699>

Luna-Fletes, J. A., Cruz-Crespo, E. y Can-Chulim, Á. 2021. Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. México. Terra Latinoam. 39: 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.781>

Meneses-Lazo, R. E., May-Lugo, S., Villanueva-Couoh, E., Medina-Dzul, K., Echevarría-Machado, I. and Garruña, R. 2020. Phenology and quality of habanero pepper fruits (*Capsicum chinense* Jacq.) due to nutrient solution in hydroponics. Agro Productividad, 13(9). 1-6. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1673>

Minitab 19 (2019), version 19.1

Nieves-González, F., Alejo-Santiago, G. y Luna-Esquevel, G. 2013. Técnicas sustentables para el manejo de la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Revista Bio Ciencias, 2(3). 1-4. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.03>

Pichardo-González, J. M., Guevara-Olvera, L.; Couoh-Uicab, Y. L., González-Cruz, L., Bernardino-Nicanor, A., Medina, H. R. y Acosta-García, G. 2018. Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). Revista mexicana de ciencias agrícolas. 9(5): 925-934. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1502>

Rouphael, Y., Formisano, L., Ciriello, M., Cardarelli, M., Luziatelli, F., Ruzzi, M. and Colla, G. 2021. Natural biostimulants as upscale substitutes to synthetic hormones for boosting tomato yield and fruits quality. Italus Hortus. 28: 88-99. <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2021.1.8899>

Sarojnee, D. Y., N.F. Boodia, and C.H. Sembhoo, 2009. Effect of naturally occurring amino acid stimulants on the growth and yield of hot peppers (*Capsicum annuum* L.). Journal of Animal and Plant Sciences. 5(1):414 - 424.

SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 14 de abril de 2022.

Singh, P., Singh, D., Jaiswal, D. K., Singh, D. K. and Singh, V. 2017. Impact of Naphthalene Acetic Acid and Gibberellic Acid on Growth and Yield of *Capsicum annuum* (L.) cv. Indra under Shade Net Conditions. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(6): 2457-2462.

Sreenivas, M., Sharangi, A. B. and Raj, A. C. 2017. Evaluation of bio-efficacy and phytotoxicity of gibberellic acid on chilli. Journal of Crop and Weed. 13(3): 174-177.

Steiner A. A. 1984. The Universal Nutrient Solution. Proceeding Sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands. 633-650 pp.

Tanimoto, E. 2012. Tall or short? Slender or thick? A plant strategy for regulating elongation growth of roots by low concentrations of gibberellin. Annals of Botany. 110 (2): 373-381. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs049>

Uddain, J., Hossain, K. A., Mostafa, M. G. and Rahman, M. J. 2009. Effect of different plant growth regulators on growth and yield of tomato. International Journal of Sustainable Agriculture, 1(3): 58-63. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.171>