



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE CHILE BOLTET (*Capsicum annuum* L.)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

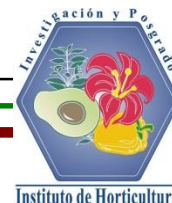


PRESENTA:

Aldo René Leyva Velázquez

FEBRERO DE 2016

Chapingo, Estado de México.

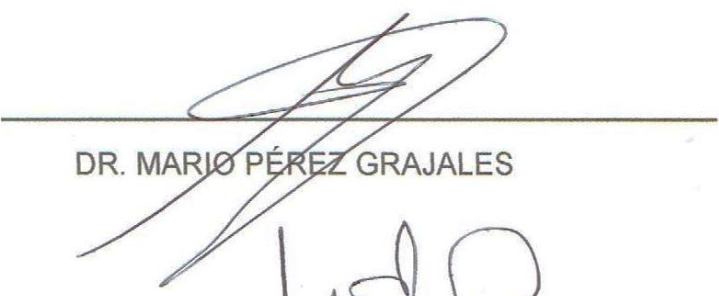


**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y
EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE CHILE BOLTET (*Capsicum annuum* L.)**

Tesis realizada por **Aldo René Leyva Velázquez** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

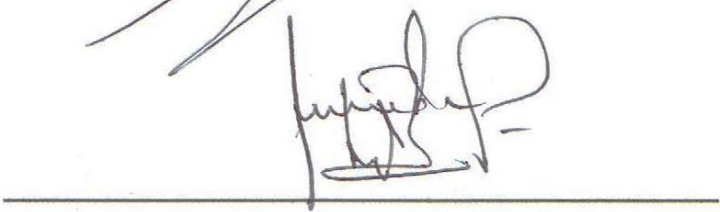
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



DR. MARIO PÉREZ GRAJALES

ASESOR:



DR. JOEL PINEDA PINEDA

ASESOR:



Ph.D. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

AGRADECIMIENTOS

A mi padre dios que ha sido mi mayor fortaleza de mi vida y por darme la oportunidad de alcanzar una etapa más en mi carrera profesional.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto de Horticultura por permitir realizar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento que me otorgo para realizar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Mario Pérez Grajales por tener la paciencia y disposición para dirigirme en la realización de la presente investigación.

Al Dr. Joel Pineda Pineda por su asesoría y apoyo brindado para la elaboración de esta investigación.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos por su disposición y asesoría en esta investigación.

Al Dr. Juan Martínez Solís por la confianza y apoyo brindado durante mi estancia en Chapingo y por haber contribuido en la revisión de esta investigación.

A la M.C. Sandra Miryam Potrero por su apoyo, disposición y amistad durante mi estancia en la Universidad Autónoma Chapingo.

A mis compañeros y amigos con los que compartí las aulas de clases durante mi estancia en Chapingo: Amelia, Silvia, Johana, Tere, Laura, Carolina y Angie. Y muy en especial a quienes pasaron desveladas junto conmigo en la fase de experimento

de esta investigación: Yolanda, Efrén, Cristian D. y Cristian L. Les agradezco y deseo mucho éxito en el siguiente paso que se les presente a cada uno de ustedes.

A Lupita Bautista Caballero una gran persona que me brindó su amistad y apoyo en mi estancia en Chapingo.

A las personas que me apoyaron en invernadero: Ing. Ismael Hernández e Ing. Placido Facundo y en los laboratorios de Fisiología Vegetal, Nutrición de Cultivos y Virología: Antonio Huescas, Ana L. Meraz, Regina Espinoza y Mario Salazar. Gracias por su confianza, disposición y amistad.

DEDICATORIA

Es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para dedicar esta investigación a una persona que fue, es y será parte fundamental en mi vida.

JOEL LEYVA MEDINA

Gracias por sus consejos y su excelente manera de instruirme para afrontar las adversidades de la vida. Gracias por sus enseñanzas las aplico día con día. Que mi padre Dios lo tenga en el cielo y sé que algún día nos hemos de encontrar.

A mis padres Ofelia y Tony, quienes en las buenas y en las malas me apoyan en cada paso que doy en la vida para poder alcanzar mis sueños que me propongo. Los quiero mucho.

A mis hermanos La Chinita y El Chema, por su apoyo que me han brindado y por tantas cosas que hacen por mi sin esperar nada a cambio.

A mi tío Miguel, su esposa Adriana e hijos, por brindarme un apoyo enorme, por darme consejos, por creer en mí y por darme su confianza que nunca defraudaré. Reitero mi admiración y respeto.

A Laly es un gusto haberte conocido. Gracias por haber estado a mi lado en las buenas y en las malas, por comprenderme, por tenerme paciencia y darme ánimos de fuerza y valor para seguir a delante.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis, nació el 23 de agosto de 1988 en Santiago Papasquiaro municipio del estado de Durango. En el mismo municipio realizó sus estudios de primaria en el Colegio “La Paz” (1994-2000), secundaria José Ramón Valdez (2000-2003) y Colegio de Bachilleres del Estado de Durango (2003-2006). En el 2006 ingresó al Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana en el estado de Durango donde realizó sus estudios de licenciatura, en el 2010 obtuvo el Título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Agricultura Protegida.

Trabajó en la empresa Agro Insumos del Norte desempeñándose como instalador de sistemas de riego e invernaderos en el periodo comprendido de 2011 a 2012.

En el 2013 ingresó a la empresa Agro Soluciones de Riego SA. de CV. donde fungió como técnico especialista en sistemas de riego presurizados.

En enero de 2014 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo para realizar sus estudios de posgrado.

ÍNDICE GENERAL

1.	ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
2.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
3.	RESUMEN GENERAL.....	1
4.	GENERAL ABSTRACT.....	4
5.	INTRODUCCIÓN GENERAL.....	7
6.	CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CHILE BOLTET (<i>Capsicum annuum</i> L.)	10
7.	RESUMEN.....	10
8.	ABSTRACT.....	11
9.	INTRODUCCIÓN.....	12
10.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
10.1	Sitio experimental.....	17
10.2	Material Vegetal	17
10.3	Diseño experimental	17
10.4	Caracteres evaluados de la guía UPOV y SNICS.....	17
10.4.1	Caracteres cualitativos.....	19
10.4.2	Caracteres cuantitativos	20

10.5	Escala propuesta para los caracteres cuantitativos de chile Boltet.....	20
10.6	Resistencia a enfermedades.....	21
10.6.1.1	Procedimiento para la inoculación de los virus	21
10.6.1.2	Procedimiento para la inoculación de <i>Phytophthora capsici</i>	22
10.7	Análisis de datos	22
10.8	MANEJO DEL EXPERIMENTO	23
11.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
11.1	Descripción varietal.....	26
11.2	Escala para caracteres cuantitativos.....	32
11.3	Homogeneidad.....	33
11.4	Estabilidad	37
11.4.1	Caracteres cualitativos:.....	37
11.4.2	Caracteres cuantitativos	38
11.5	Resistencia a enfermedades.....	39
12.	CONCLUSIÓN	43
13.	LITERATURA CITADA	44
14.	CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CHILE BOLTET (<i>Capsicum annuum</i> L.)	47
15.	RESUMEN	47

16.	ABSTRACT	48
17.	INTRODUCCIÓN	49
18.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	53
18.1	Sitio experimental.....	53
18.2	Material Vegetal	53
18.3	Diseño experimental y de tratamientos	53
18.4	Análisis de crecimiento con variables morfológicas	54
18.5	Análisis de crecimiento con materia seca	54
18.6	Tasas de eficiencia fisiológica.....	54
18.7	Análisis de datos	55
18.8	Manejo del experimento.....	56
19.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
19.1	Análisis de crecimiento con variables morfológicas	58
19.1.1	Altura de la planta	58
19.1.2	Diámetro del tallo	59
19.1.3	Número de hojas y área foliar	60
19.2	Análisis de crecimiento con materia seca	61
19.3	Tasas de eficiencia fisiológica.....	63
19.3.1	Tasa absoluta de crecimiento (TAC).....	63
19.3.2	Tasa relativa de crecimiento (TRC)	64

19.3.3	Tasa de asimilación neta (TAN).....	65
19.3.4	Razón de área foliar (RAF)	66
20.	CONCLUSIÓN.....	68
21.	LITERATURA CITADA	69
22.	CAPÍTULO III. EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE CHILE BOLTET (<i>Capsicum annuum</i> L.)	71
23.	RESUMEN.....	71
24.	ABSTRACT.....	72
25.	INTRODUCCIÓN	73
26.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	75
26.1	Sitio experimental.....	75
26.2	Material Vegetal	75
26.3	Solución nutritiva.....	75
26.4	Diseño experimental y de tratamientos	76
26.5	Análisis de muestras para la extracción nutrimental	76
26.6	Contenido y extracción nutrimental	77
26.7	Análisis de datos	77
26.8	Manejo del experimento.....	78

27.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	80
27.1	Macronutrientes	80
27.1.1	Nitrógeno	80
27.1.2	Fósforo.....	82
27.1.3	Potasio.....	84
27.1.4	Calcio	85
27.1.5	Magnesio	87
27.2	Micronutrientes.....	89
27.2.1	Hierro	89
27.2.2	Cobre	90
27.2.3	Zinc	91
27.2.4	Manganeso	92
27.2.5	Boro	93
27.3	Extracción por tonelada de fruto en plantas de chile Boltet	94
28.	CONCLUSIÓN.....	95
29.	LITERATURA CITADA	98
30.	DISCUSIÓN GENERAL.....	102
31.	CONCLUSIÓN GENERAL.....	106
32.	LITERATURA CITADA GENERAL	108

1. ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Caracteres cualitativos para la caracterización morfológica del cultivo de chile Boltet.....	19
Cuadro 2. Caracteres cuantitativos para la caracterización morfológica del cultivo de chile Boltet.....	20
Cuadro 3. Escala para los caracteres cuantitativos de plantas de chile Boltet.....	33
Cuadro 4. Caracteres cuantitativos en el ciclo de cultivo 2014 en plantas de chile Boltet.....	35
Cuadro 5. Caracteres cuantitativos en el ciclo de cultivo 2015 en plantas de chile Boltet.....	36
Cuadro 6. Caracteres cualitativos en los ciclos 2014 y 2015 de chile Boltet.....	37
Cuadro 7. Caracteres cuantitativos en los ciclos 2014 y 2015 de chile Boltet.....	38
Cuadro 8. Cantidad de fertilizantes para preparar 450 L de solución nutritiva universal de Steiner en dos concentraciones (75 y 100 %) para irrigar plantas de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días).....	76
Cuadro 9. Niveles de suficiencia de los nutrimentos en <i>Capsicum annuum</i>	80
Cuadro 10. Cantidad de nutrimentos para obtener una tonelada de fruto y un potencial promedio por hectárea de chile Boltet al 75 y 100 % de SNUS en un ciclo de cultivo (150 días).....	95

2. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a), b) y c) Plantas de chile Boltet a los 16 días después de la inoculación con virus de TMV, TEV y TSWV. d), e) y f) Resultados de las pruebas de ELISA de la inoculación con virus en plantas con TMV, TEV y TSWV.	40
Figura 2. a) y b) Plantas de chile Boltet a los 16 días después de la inoculación con virus de CMV y PVY. c) y d) Resultados de las pruebas de ELISA de la inoculación con virus de CMV y PVY.	41
Figura 3. Síntoma de marchites causada por <i>Phytophthora capsici</i> a los cuatro días después de la inoculación en plantas de chile Boltet.	42
Figura 4. Cinética de la altura de la planta de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días) en dos concentraciones de la SNUS (75 y 100 %), ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).	58
Figura 5. Dinámica del diámetro del tallo de plantas de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días) en dos concentraciones de SNUS (75 y 100 %), ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).	59
Figura 6. a) Dinámica del número de hojas, b) Acumulación de área foliar de plantas de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días) en dos concentraciones de la SNUS (75 y 100 %), ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).	60

Figura 7. Porcentaje de acumulación de materia seca en hoja, tallo, raíz y fruto en plantas de chile boltet a 75 y 100 % de concentración de solución nutritiva universal de Steiner en un ciclo de cultivo (150 días).	63
Figura 8 Cinética de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).	64
Figura 9. Cinética de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).	65
Figura 10. Cinética de la tasa de asimilación neta (TAN) en plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).	66
Figura 11. Cinética de la Razón de área foliar (RAF) en plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).	67
Figura 12. a) Contenido y extracción de nitrógeno y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).	81
Figura 13. a) Contenido y extracción de fosforo y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).	83

Figura 14. a) Contenido y extracción de potasio y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	85
Figura 15. Contenido y extracción de calcio y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).	86
Figura 16. a) Contenido y extracción de magnesio y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	88
Figura 17. a) Contenido y extracción de hierro y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	89
Figura 18. a) Contenido y extracción de cobre y b) porcentaje de extracción por órganos de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	91
Figura 19. a) Contenido y extracción de zinc y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$)	92

Figura 20. a) Contenido y extracción de manganeso y b) porcentaje de extracción por órganos de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	93
Figura 21. a) Contenido y extracción de boro y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^a Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).....	94

3. RESUMEN GENERAL

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA, ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE CHILE BOLTET (*Capsicum annuum* L.)

En el estado de Chiapas se produce el chile Boltet (*Capsicum annuum* L.), este tipo de chile es de consumo local y ha sido, en los últimos años, una hortaliza tradicional que ha formado parte del menú de los principales platillos chiapanecos. No obstante, se requiere profundizar en el conocimiento de la planta en cuanto a su caracterización morfológica, análisis de crecimiento y como lleva a cabo la extracción nutrimental. Lo anterior contribuirá en la mejora del potencial productivo de esta especie, al hacer uso eficiente de los nutrimentos, y al establecer las bases para iniciar un proceso de mejora genética de este tipo de chile con la descripción de los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos. Se realizó colecta de frutos de chile Boltet en Berriozábal, Suchiapa y Villaflores, Chiapas. Para la caracterización morfológica se siguieron los lineamientos de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) y el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para *Capsicum*. La caracterización se efectuó en dos ciclos de cultivo, 2014 y 2015, para determinar la estabilidad y homogeneidad de este tipo de chile y la resistencia a algunas enfermedades. En el análisis de crecimiento se estudiaron variables morfológicas, así como la acumulación de materia seca por órganos (hoja, tallo, raíz y fruto) y las tasas de eficiencia fisiológica (TAC, TRC, TAN y RAF) en dos concentraciones de solución nutritiva universal de Steiner (SNUS), al 75 % y 100 %. También se generaron las curvas de extracción

nutrimental en plantas completas y por órgano (hoja, tallo, raíz y fruto), con SNUS a 75 % y 100 % de concentración, cultivadas en hidroponía bajo condiciones de invernadero.

El chile Boltet se caracterizó por ser una planta de altura media y un porte erecto, sus hojas de forma lanceolada y moderadamente convexa. El fruto tiene un porte horizontal y colgante de pequeñas dimensiones, tiene una forma triangular, creció en color amarillo-blanquecino con presencia de antocianinas en la parte basal, después se torna de color anaranjado y se madura en color rojo brillante. La homogeneidad en los caracteres cualitativos presentó una similitud en los dos ciclos, en cambio en los caracteres cuantitativos solo hubo homogeneidad en diámetro del fruto y número de lóculos para el ciclo 2014 y en el ciclo 2015 solo para el número de entrenudos, número de lóculos y espesor del pedúnculo. Los caracteres cualitativos fueron estables y en los caracteres cuantitativos, de los doce evaluados, fueron estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$) excepto la altura de planta, longitud del fruto y diámetro del fruto. Las plantas de chile Boltet se consideraron susceptibles a los virus TMV, TEV y TSWV, al presentar un enanismo en comparación con plantas testigo, y tolerantes a los virus de CMV y PVY al no presentar ningún síntoma. Se observaron síntomas de marchites causada por *Phytophthora capsici* a los cuatro días después de la inoculación y se concluyó que también son susceptibles.

El análisis de crecimiento con las variables morfológicas del cultivo de chile Boltet, no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las dos concentraciones de SNUS, los valores obtenidos en: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar fueron: 76 cm, 1.64 cm, 2003 y 7047 cm², respectivamente. En el

análisis de crecimiento con materia seca tampoco se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones, la acumulación al final del cultivo fue de $143.9 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$. El orden de acumulación de materia seca en los órganos fue: tallo > hoja > raíz > frutos, con un porcentaje de 46.24, 25.7, 16.36 y 11.50 % al final del cultivo. Respecto a las Tasas de eficiencia fisiológica en las plantas de chile Boltet presentaron valores en la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de $1.53 \text{ g}\cdot\text{día}^{-1}$, la tasa relativa de crecimiento (TRC) fue de: $0.032 \text{ g}\cdot\text{gramos}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, la tasa de asimilación neta (TAN) fue de: $0.050 \text{ mg}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{día}^{-1}$ y la razón de área foliar (RAF) fue de $116.8 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$.

En el comportamiento de la extracción de los nutrimentos para el cultivo de chile Boltet, no se observaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las dos concentraciones de SNUS. Los valores obtenidos en los macronutrimentos (N, P, K Ca y Mg) fueron de: 6.43, 1.74, 20.87, 6.18 y $0.61 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ y para micronutrimentos (Fe, Cu, Zn, Mn y B) fueron de: 162, 97, 239, 415 y $83 \text{ mg}\cdot\text{planta}^{-1}$, respectivamente. Considerando $20,000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$ y los datos de la extracción nutrimental permitieron se calculó de manera aproximada la extracción requerida para obtener una tonelada de fruta fresca de chile Boltet en condiciones de invernadero. Los requerimientos son: 1.3, 0.31, 4.29, 2.28 y 0.12 kg de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente; y 150, 2.3, 43, 14, 13 g de Fe, Cu, Zn, Mn y B, respectivamente. El mayor requerimiento de los nutrimentos en las plantas de chile Boltet se dio en las etapas de floración y formación del fruto, debido a que ocurre la mayor velocidad de crecimiento, así como la máxima velocidad de absorción nutrimental.

4. GENERAL ABSTRACT

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF GROWTH AND EXTRACTION OF NUTRITIONAL BOLTET CHILI (*Capsicum annuum* L.)

In the state of Chiapas the Boltet chili (*Capsicum annuum* L.), this type of chili is for local consumption and it has been, in recent years, a traditional vegetable that has been on the menu of the main Chiapas dishes. However, it requires a deeper knowledge of the plant in terms of its morphological, growth and analysis carried out as nutrient removal. This will help in improving the productive potential of this species, to make efficient use of nutrients, and to establish a basis for initiating a process of genetic improvement of this type of chili with a description of the qualitative and quantitative morphological characters. chili fruits collection Boltet in Berriozábal, Suchiapa and Villaflores, Chiapas was performed. The morphological characterization guidelines of International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) and the National Service of Seed Inspection and Certification (SNICS) to *Capsicum* followed. The characterization was carried out in two cropping seasons, 2014 and 2015, to determine the stability and homogeneity of this type of chili and resistance to diseases. In the analysis of morphological variables growth and accumulation of dry matter for organ (leaf, stem, root and fruit) and physiological efficiency rates (TAC, TRC, TAN and RAF) in two concentrations we studied universal nutrient solution Steiner (SNUS), 75 and 100%. Also generated curves complete nutrient extraction and organ (leaf, stem, root and fruit) levels, SNUS 75 and 100% concentration, grown hydroponically under greenhouse conditions.

The Boltet chili was characterized as a plant of medium height and erect carriage, lanceolate leaves and moderately convex. The fruit has a horizontal and pendant small dimensions bearing, has a triangular shape, grew up in yellow-white color with presence of anthocyanins in the basal part, then turns orange and ripe bright red color. Homogeneity qualitative characteristics presented a similarity in the two cycles, whereas in quantitative traits only were homogeneous fruit diameter and the number of cores for the cycle 2014 and the cycle 2015 for only the number of internodes, number of cores and thickness of the peduncle. Qualitative characteristics were stable and quantitative characteristics of the twelve evaluated were statistically equal ($\alpha \leq 0.05$) except plant height, fruit length and diameter of the fruit. Pepper plants Boltet were considered susceptible to TMV, TEV and TSWV virus, presenting a dwarf compared with control plants tolerant viruses CMV and PVY to no symptoms. They are wilting symptoms caused by *Phytophthora capsici* four days after inoculation and concluded that are also susceptible observed.

The growth analysis with morphological variables from chili peppers Boltet, no significant differences ($\alpha \leq 0.05$) between the two SNUS concentrations, the values obtained in plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area were 76 cm, 1.64 cm, 2003 and 7047 cm². In the analysis of dry matter growth with no significant differences ($\alpha \leq 0.05$) concentrations, accumulation at the end of the culture was found was 143.9 g plant⁻¹. The rank of dry matter accumulation in organs was: stem> leaf> root> fruit, with a percentage of 46.24, 25.7, 16.36 and 11.50 % at the end of the crop. Regarding rates physiological efficiency chili plants Boltet he showed values

in the Absolute Growth Rate (TAC) was: 1.53 g day^{-1} , Relative Growth Rate (TRC) was: $0.032 \text{ g g}^{-1} \text{ day}^{-1}$, Net Assimilation Rate (TAN) was: $0.050 \text{ mg cm}^2 \text{ day}^{-1}$ and Leaf Area Ratio (RAF) was: $116.8 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

The behavior of the extraction of nutrients for growing chili Boltet, no significant differences ($\alpha \leq 0.05$) between the two SNUS concentrations were observed. The values obtained in the macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) were: 1.54, 0.39, 5.26, 2.80 and $0.15 \text{ g plant}^{-1}$ respectively, and micronutrients (Fe, Cu, Zn, Mn and B) were: 198.3, 29.27, 87.5, 20.59 and $213.76 \text{ mg plant}^{-1}$, respectively. According to 20,000 plants ha^{-1} and nutritional data extraction allowed calculate approximate required to get a ton of fresh fruit chili Boltet concentration under greenhouse conditions. Where the requirements are: 1.3, 0.31, 4.29, 2.28 and 0.12 kg of N, P, K, Ca and Mg respectively, and 150, 2.3, 43, 14, 13 g of Fe, Cu, Zn, Mn and B, respectively. The increased requirement for nutrients in plants chili Boltet occurs in stages of flowering and fruit formation, because the higher growth rate and the maximum rate of nutrient absorption occurs.

Keywords: Boltet, Growth analysis, extraction, characterization.

5. INTRODUCCIÓN GENERAL

El chile es uno de los cultivos agrícolas más importantes en México y en el mundo, porque sus frutos se consumen tanto en fresco como en seco para proporcionar color, sabor y aroma a infinidad de platillos, lo que lo sitúa entre las principales especias. México es el país con la mayor diversidad de *Capsicum annuum*, se cultiva en todo el territorio con sistemas de producción y problemáticas muy diversos. Dentro de la amplia colección de chiles y su diversidad en usos, en nuestro país el chile Boltet, nombre regional con que se le conoce a este tipo de chile, es similar al chile blanco, pero más pequeño y de textura rugosa, es una de las alternativas económicas en zona centro del estado de Chiapas, por ser una especie de periodo vegetativo corto y de alta demanda en su consumo local que permite el ingreso económico a los productores de pequeñas parcelas o de traspatio.

El chile Boltet (*Capsicum annuum* L.) se ha venido cultivando, desde hace muchos años, en los municipios de Berriozábal, Suchiapa y Villaflores, los tres se localizan en las inmediaciones de la capital del estado, Tuxtla Gutiérrez, y sus elevaciones van de 650 a 800 msnm. Las condiciones ambientales que usualmente requiere el chile Boltet para su producción son suelos franco-arenosos y clima trópico seco. Es cultivado tradicionalmente a campo abierto y con un suministro de agua por riego rodado o con lluvia del temporal.

La superficie cultivada de chile Boltet en el estado de Chiapas es de aproximadamente 10 ha entre pequeños productores y tiene un rendimiento promedio de 750 g por planta de chile fresco. Las plantas no son homogéneas y en

los frutos se encuentran poblaciones que varían en color, forma, tamaño y picor. Su uso es en el consumo de la bebida tradicional de Chiapas llamado pozol y en platillos como empanadas, tacos fritos, cochito, etc.

La importancia local de este tipo de chile en Chiapas, requiere de los estudios básicos que contribuyan en el mejoramiento del cultivo para obtener mayor rendimiento y calidad de fruto que beneficie a productores y consumidores. Es decir, se hace necesario generar variedades mejoradas. Al respecto, Pérez y castro (1998) mencionan que para generar variedades con atributos superiores al de poblaciones criollas empleadas por los productores, se requiere la caracterización genética, fisiológica y agronómica del cultivo. Esto permitirá identificar progenitores para la obtención de variedades selectas e híbridos con mayor uniformidad, calidad y rendimientos de fruto. En el proceso de mejora genética de una especie es necesario caracterizar el germoplasma. La UPOV (2002) y el SNICS (2013) establecen los lineamientos para la caracterización de variedades vegetales de *Capsicum annum* L. de las cuales se pretenda certificar su semilla o para las cuales se solicite la expedición de título obtentor, para determinar el cumplimiento de las condiciones de estabilidad y homogeneidad.

Para complementar los estudios básicos para este tipo de chile, en el presente trabajo, se llevó a cabo el análisis de crecimiento de la planta, acompañado de las tasas de eficiencia fisiológica y la dinámica de extracción de nutrimentos. El análisis de crecimiento y la extracción nutrimental permitirán al productor hacer más eficiente el uso de insumos durante el cultivo de este tipo de chile.

Por tal motivo, el presente estudio se organizó en tres apartados, el primero se refiere a la caracterización morfológica del chile Boltet, el segundo al análisis de crecimiento y el tercero a la extracción nutrimental. En cada uno de ellos se presenta un marco de referencia (introducción), objetivos, metodología, resultados y discusión, conclusiones y literatura citada. Para armonizar los resultados de los tres apartados mencionados, se presenta una discusión general y conclusiones generales.

6. CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CHILE BOLTET (*Capsicum annuum* L.)

7. RESUMEN

Para contribuir en el establecimiento de las bases para un programa de mejoramiento genético y mejora del potencial productivo del chile Boltet (*Capsicum annuum* L.), que se encuentra distribuido en los municipios aledaños a la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, en el estado de Chiapas, se realizó una colecta y se caracterizó morfológicamente en 2014 y 2015. Se empleó la guía de la UPOV y la del SNICS para *Capsicum* y al diseño experimental completamente al azar, con 18 repeticiones. La planta de chile Boltet se caracterizó por tener hojas de forma lanceolada de color verde oscuro y tamaño medio, su abullonado es medio y en sección transversal es moderadamente convexa, el tallo presenta un hábito erecto, con entrenudos cortos y abundantes, presenta escasa pubescencia y es de color verde, la flor se considera hermafrodita, con una posición intermedia o colgante, con pétalos blancos y sus frutos son de forma triangular, con un tamaño medio de color amarillo, con un porte intermedio o colgante, su textura es ligeramente arrugada y presenta tres lóculos en promedio y al comparar el comportamiento de estos caracteres en 2014 y 2015, se concluye que existe estabilidad en todos los caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos, excepto en la altura de planta, longitud del fruto y diámetro del fruto, y ausencia de homogeneidad en número de entrenudos, número de lóculos por fruto y espesor del pericarpio. Además, es susceptible a los virus de TMV, TEV y TSWV, y a la marchites causada por *Phytophthora capsici*, y es tolerante a CMV y PVY.

Palabras clave: Boltet, homogeneidad, estabilidad y descriptores.

8. ABSTRACT

To contribute in establishing the basis for a breeding program and improving the productive potential of Boltet chili (*Capsicum annuum* L.), which is distributed in neighboring municipalities to Tuxtla Gutierrez city, in the state of Chiapas, a collection was made and characterized morphologically in 2014 and 2015. UPOV and SNICS guides for *Capsicum* were used in a completely randomized experimental design with 18 repetitions. Boltet chili plant was characterized by lanceolate leaves in dark green color and medium size, medium and blistering in cross section is moderately convex, the stem has an upright habit, with short and abundant internodes, it has little pubescence and is considered a hermaphrodite flower with white petals; fruits are triangular shape, medium sized in yellow color, medium size, its texture is slightly wrinkled and has three loculus on average and comparing behavior of these characters in 2014 and 2015, concludes that there is stability in all qualitative and quantitative morphological characters, except for plant height, fruit length and fruit diameter, and lack of homogeneity in the number of internodes, number of loculus per fruit and pericarp thickness. It is also susceptible to the virus TMV, TEV and TSWV, and wilt caused by *Phytophthora capsici*, and is tolerant to CMV and PVY.

Keywords: Boltet, homogeneity, stability and descriptors.

9. INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) es uno de los cultivos más importantes del mundo (Ortiz *et al.*, 2010). Está formado por alrededor de 30 especies, dentro de las cuales destacan *C. annuum*., *C. frutescens* L., *C. pubescens*, *C. chinense* y *C. baccatum* L., así como las especies cultivadas de mayor importancia (Bosland y Votava, 2012). Desde el punto de vista agrícola y económico, la especie más importante es *C. annuum* (Moreno-Pérez *et al.*, 2011). Tiene su centro de diversidad y domesticación en México (Martínez-Sánchez *et al.*, 2010); presenta gran variabilidad en forma, tamaño, color, sabor y picor, con una distribución desde los 0 hasta 2,500 msnm (Hernández-Verdugo *et al.*, 1998).

En el estado de Chiapas se pueden encontrar extensiones grandes y de traspatio de las especies *C. annuum* y *C. chinense*. La falta de conocimiento sobre diversidad genética que conservan los productores en sus parcelas de cultivo, el traspatio o huertos familiares, conlleva al conocimiento limitado de la distribución geográfica del género *Capsicum* en México y de la variabilidad de las especies que se cultivan de forma comercial y para autoconsumo (Latournerie *et al.*, 2002). En ese sentido, los recursos filogenéticos relacionados con el género *Capsicum*, adquieren gran relevancia por el potencial genético que presentan por ser la base para obtener variedades mejoradas (Moreno-Pérez *et al.*, 2011). Al respecto, Rodríguez *et al.*, (2007) indican que se requiere caracterizar y rescatar la diversidad genética que se encuentra dispersa en las variedades criollas y en los parientes silvestres de *Capsicum* spp., ya que constituyen un arsenal para el mejoramiento genético del cultivo.

El chile Boltet (*Capsicum annuum* L.) es una hortaliza que tiene importancia económica y social en las regiones del Estado de Chiapas, principalmente en los municipios de Tuxtla Gutiérrez, Berriozábal, Suchiapa, Chiapa de Corzo, Villaflores, donde se le cultiva y consume ampliamente.

Este tipo de chile, tiene un ciclo biológico aproximadamente de 210 días a partir de su emergencia y su fruto es apreciado por su sabor y picor en la preparación de platillos tradicionales en el estado de Chiapas. Su cultivo se realiza en pequeños huertos familiares y el producto se comercializa de manera local. Existe amplia variabilidad genética de este tipo de chile y se manifiesta en variabilidad fenotípica, y su caracterización morfológica es necesaria con fines de mejoramiento genético para que en el mediano plazo se generen materiales con características sobresalientes de la planta y del fruto para que sean empleados por los productores.

La aplicación de la guía UPOV establece los lineamientos para la caracterización de variedades vegetales de *Capsicum annuum* L. de las cuales se pretenda certificar su semilla o para las cuales se solicite la expedición de título del obtentor, para determinar el cumplimiento de las condiciones de homogeneidad y estabilidad (SNICS, 2013).

Para el examen de la homogeneidad con arreglo al Artículo 6.1 de las actas de 1961/1972 y 1978 del Convenio de la UPOV, se considerará homogénea la variedad si es suficientemente homogénea teniendo en cuenta a las características particulares de su reproducción sexuada o de su multiplicación vegetativa (UPOV, 2002).

Respecto a la estabilidad el Artículo 6.1 de las Actas de 1961/1972 y 1978 del Convenio de la UPOV prevé que la variedad deberá ser estable en sus caracteres esenciales, es decir, deberá permanecer conforme a su definición después de reproducciones o multiplicaciones sucesivas o, cuando el obtentor haya definido un ciclo en particular de reproducciones o multiplicaciones, al final de cada ciclo (UPOV, 2002).

La duración mínima de la evaluación debe ser normalmente de dos ciclos de cultivo independientes. Normalmente los ensayos deberán efectuarse en un solo lugar y cada ensayo debe tener por finalidad al menos 18 plantas.

Para estudiar la variedad y establecer la descripción de la variedad en las Directrices de Examen, la gama de expresiones de cada carácter se ha dividido en una serie de niveles, a los fines de la descripción, y se atribuye una “Nota” numérica a la redacción de cada nivel. En la división en niveles de expresión influye el tipo de expresión del carácter que son caracteres cualitativos y cuantitativos, con el fin de permitir el uso adecuado es importante entender las distintas maneras en que puedan expresarse.

Caracteres cualitativos: Son los que se expresan en niveles discontinuos (por ejemplo, el sexo de la planta: dioico femenino (1), dioico masculino (2), monoico unisexual (3), monoico hermafrodita (4). Estos niveles son necesarios para describir la gama completa del carácter, mientras que toda forma de expresión puede describirse mediante un único nivel (UPOV, 2002).

Caracteres cuantitativos: Estos comprenden toda la gama de variaciones, de un extremo a otro. La expresión puede describirse en una escala unidimensional lineal continua o discontinua. La gama de expresión se divide en varios niveles de expresión a los fines de la descripción (por ejemplo, longitud del tallo: muy corto (1), corto (3), medio (5), largo (7), muy largo (9). La división tiene por fin proporcionar, en la medida en que resulta práctico, una distribución equilibrada a lo largo del nivel (UPOV 2002).

Resistencia a virus y enfermedades: los virus son parásitos obligados, es decir, requieren de un hospedero vivo para su desarrollo y multiplicación. Una vez que las partículas virales se encuentran dentro de una célula, se deshacen de su cubierta proteica y el ácido nucleico dirige la producción de múltiples copias del mismo y de las proteínas relacionadas, lo cual conduce al desarrollo de nuevas partículas virales. El movimiento de célula a célula de estos patógenos ocurre a través de puentes citoplasmáticos entre células llamados plasmodesmos; la diseminación de las partículas virales dentro de la planta ocurre por medio del floema; la manifestación de la enfermedad ocurre, al menos parcialmente, debido a que la infección viral provoca una localización de los fotosintatos, así como una alteración de los procesos celulares del hospedero (Ellis *et al.*, 2008).

Con el objetivo de realizar la evaluación de la descripción varietal del cultivo de chile Boltet mediante los lineamientos como lo marca la UPOV. Así como generar información de la descripción botánica que contribuya a la conservación y la mejora del chile Boltet, se caracterizó morfológicamente en condiciones de invernadero para disminuir el efecto ambiental. Con la hipótesis de que existe homogeneidad y

estabilidad en los caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos de la colecta estudiada de chile Boltet durante dos ciclos de cultivo (2014 y 2015).

10. MATERIALES Y MÉTODOS

10.1 Sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo en dos ciclos de cultivo. El primero fue del mes de julio a diciembre del año 2014, el segundo ciclo fue de febrero a julio del año 2015 en un invernadero del campo agrícola experimental de la Universidad Autónoma Chapingo. El invernadero tuvo una temperatura promedio de 18 °C y una humedad relativa de 64 %.

10.2 Material Vegetal

Se obtuvieron semillas de chile Boltet de una colecta que se realizó en el mes de marzo en el municipio de Berriozábal, Suchiapa y Villaflores en el estado de Chiapas. Los frutos se colectaron de 12 plantas compactas, con entre nudos cortos, hojas pequeñas, flores blancas y frutos rojos.

10.3 Diseño experimental

El experimento se llevó a cabo en un diseño completamente al azar con 18 plantas como repetición y la unidad experimental consistió en una planta.

10.4 Caracteres evaluados de la guía UPOV y SNICS

La evaluación morfológica de la colecta de chile Boltet, se realizó de acuerdo a los procedimientos aprobados por la Unión Internacional para la Protección de

Obtenciones Vegetales (UPOV) y el Servicio Nacional de Inspección de Certificación de Semillas (SNICS) para *Capsicum*, la cual contempla 46 caracteres morfológicos y 10 descriptores de resistencia a virus y enfermedades, de los cuales en esta investigación solo se describen; 31 caracteres cualitativos, 12 caracteres cuantitativos, cinco descriptores de resistencia a virus y un descriptor de enfermedades.

Los caracteres y los descriptores fueron cualificados a través de la observación directa acorde a los niveles que comprende a cada uno de ellos de acuerdo a la guía UPOV. Los 12 caracteres cuantitativos y los 31 caracteres cualitativos fueron evaluados en la madurez del fruto del segundo entrenudo (120 ddt) y para la resistencia a virus y enfermedades se realizó en plantas independientes.

10.4.1 Caracteres cualitativos

En los caracteres planta y tallo se realizaron en las 18 plantas y los caracteres hoja, pedúnculo, flor y fruto se realizaron y observaron en cinco órganos correspondientes a cada carácter de las 18 plantas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracteres cualitativos para la caracterización morfológica del cultivo de chile Boltet.

PLANTA	Presencia de antocianinas en el hipocotilo (al momento del trasplante).
	Porte
	Entrenudo en la parte superior
	Pigmentación antocianica en los nudos
HOJA	Intensidad del color verde
	Forma
	Ondulación del margen
	Abullonado
	Perfil transversal
	Brillo
PEDUNCULO	Porte
TALLO	Intensidad de la pigmentación
	Pilosidad en los nudos
FLOR	Pigmentación antocianica de la antera
	Época de comienzo de la floración
FRUTO	Color antes de la madurez
	Intensidad del color
	Pigmentación antocianica
	Porte
	Forma del fruto longitudinal y transversal
	Sinuosidad del pericarpio (basal) y excluida la parte basal
	Textura de la superficie
	Intensidad del color a la madurez y brillo
	Cavidad peduncular
	Forma del ápice del fruto
	Aspecto del cáliz
	Capsaicina en la placenta del fruto
	Época de madurez

10.4.2 Caracteres cuantitativos

Todos los caracteres cuantitativos se midieron en las 18 plantas; los caracteres planta y tallo se midieron en plantas completas; hoja, pedúnculo y fruto se midieron en cinco órganos de cada planta correspondiente a cada carácter (Cuadro 2).

Cuadro 2. Caracteres cuantitativos para la caracterización morfológica del cultivo de chile Boltet.

PLANTA	Altura de planta	Se midió con un flexómetro desde la parte la parte basal hasta la parte apical.
	Número de entrenudos	En los brotes laterales de cada planta
	Longitud del entrenudo	
HOJA	Longitud del limbo de la hoja	En hojas bien desarrolladas con ayuda de un vernier
	Ancho del limbo de la hoja	
PEDUNCULO	Longitud del pedúnculo	En frutos maduros con ayuda de un vernier
	Espesor del pedúnculo	
TALLO	Longitud del tallo	En tallos principales
FRUTO	Longitud del fruto	En frutos maduros con ayuda de un vernier y visualmente el número de lóculos
	Diámetro del fruto	
	Número de lóculos	
	Espesor del pericarpio	

10.5 Escala propuesta para los caracteres cuantitativos de chile Boltet

Se generó una escala (bajo, medio y alto) para los doce caracteres cuantitativos para generar información que sirva de base en esta investigación y así mismo sea de utilidad para los próximos experimentos que se realicen en plantas de chile Boltet como los que se presentan en la parte de resultados de este capítulo.

10.6 Resistencia a enfermedades

Se realizó una prueba de resistencia a virus y enfermedades mediante inoculación como lo marca la guía UPOV, los virus analizados fueron: virus jaspeado del tabaco (TEV), virus mosaico del pepino (CMV), virus de la marchites manchada del tomate (TSWV), virus mosaico del tabaco (TMV) y virus “y” de la papa (PVY), y la enfermedad fue: *Phytophthora capsici*.

La prueba se realizó en plántulas de chile Boltet, a la edad de 16 días después de la emergencia (dde), las plántulas aun contaban con las hojas cotiledóneas y máximo con dos hojas verdaderas, se asignaron 30 plántulas a cada virus.

10.6.1.1 Procedimiento para la inoculación de los virus

Se inoculó en los cotiledones y las dos hojas que presentaba la plántula y el proceso de inoculación fue el mismo para todos los virus, ya que los cinco se transmiten de manera mecánica.

- a) De plantas infectadas con los virus respectivos, se tomó un gramo de material vegetal infectado y se le adicionó 10 ml de solución amortiguadora o buffer de extracción, se maceró hasta obtener un extracto infectivo, se preparó con esa relación las veces necesarias para inocular todas las plantas de estudio.
- b) Las hojas se asperjaron con carborundum previamente a la inoculación, cuidando de no aplicarlo en exceso.
- c) Utilizando hisopos y bolsas transparentes de laboratorio para contener la solución vírica se inoculó frotando el hisopo, previamente empapado en el

extracto infectivo, con la superficie de las hojas asperjadas con carborundum de manera suave y en una sola dirección (nervaduras de la hoja hacia el margen de la hoja) para evitar daños excesivos en las hojas.

- d) Finalmente se lavó el follaje de las plántulas con agua de la llave para eliminar los residuos de carborundum que pudieran contener las mismas.

10.6.1.2 Procedimiento para la inoculación de *Phytophthora capsici*

La inoculación se realizó en 30 plantas de chile Boltet a los 16 días después de la emergencia. El inóculo fue de Cepa 101 del *Phytophthora capsici* que fue cultivado en caja petri sobre agar (1 %) V8, se extrajo el inóculo de las cajas petri y se depositaron en una licuadora marca oster a una concentración de 10^7 esporas·mL⁻¹, además se agregó 1 L de agua destilada y 2 gotas de Tween 20. Después se aplicó a las plantas de chile Boltet mediante exposición a raíz desnuda. Las plantas infectadas se sometieron a una cámara de cultivo para mantener una temperatura de 22 °C durante 8 días.

10.7 Análisis de datos

- Para la homogeneidad, a los caracteres cuantitativos se les realizó una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para cada ciclo de cultivo de forma independiente (2014 y 2015).

- En la estabilidad, se hizo una comparación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) entre ciclos (2014 y 2015) para los caracteres cuantitativos, y para los caracteres cualitativos se realizó una comparación de observaciones entre los dos ciclos.
- En el caso de la resistencia a virus, los datos se sometieron a una prueba de ELISA para corroborar la resistencia o la susceptibilidad de los virus en las plantas de chile Boltet.
- Respecto a la *Phytophthora capsici* se compararon las plantas infectadas con plantas sanas de chile Boltet.

10.8 Manejo del experimento

La siembra se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, como sustrato se utilizó peat moss previamente humedecido para el llenado de las charolas. Se depositaron dos semillas por cavidad para asegurar el 100 % de la germinación. Posteriormente, las charolas se apilaron y se cubrieron totalmente con plástico negro para generar la temperatura y humedad adecuadas para su germinación.

Después de ocho días de la siembra se obtuvo un 60 % de germinación, las charolas se descubrieron del plástico y se extendieron, a los 12 días después de la siembra (dds) el 94 % de las semillas emergieron. A partir del 3 de mayo se regaron con agua (sin solución nutritiva) cada tercer día y al aparecer la primera hoja verdadera (15 de mayo) se inició la aplicación de la Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNUS) al 25 % de concentración durante 15 días, posteriormente la SNUS se aumentó al 50 % hasta el trasplante (55 dds).

Se estableció un módulo hidropónico con sistema abierto, donde se aplicó la SNUS al 100 %, este módulo consistió de 18 plantas acomodadas en dos hileras y con una distribución de macetas con marco real y una separación entre líneas de 1 m x 0.5 m entre plantas.

Al momento del trasplante se hizo una aplicación de PHC T-22® (*Trichoderma harzianum*) como preventivo, regulador y antagonista de hongos fitopatógenos, induciendo en el control natural de enfermedades fungosas. La aplicación se hizo sumergiendo la charola en solución del producto hasta cubrirla totalmente durante 5 a 10 segundos.

El trasplante se realizó en macetas de polietileno negro de 0.40 * 0.45 m, de calibre 700 con capacidad de 16 L. Se usó como sustrato tezontle fino con un diámetro de partícula de 0.5 mm.

La aplicación de solución nutritiva fue con un sistema de riego por goteo mediante piquetas con un gasto de 1 L hora⁻¹. El consumo de la planta al momento del trasplante fue de 250 mL día⁻¹ planta⁻¹ y al final del cultivo consumió 1200 mL día⁻¹ planta⁻¹.

11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en el apartado 10.1, la descripción varietal de las plantas de chile Boltet a los 55 días después de la siembra, presentaron una coloración antociánica en el hipocotilo conforme se desarrolló, su tallo fue leñoso, presentó un hábito erecto, entrenudos cortos y abundantes, muy poca pubescencia y de color verde. Se caracterizó por presentar brotes en forma helicoidal.

Las hojas de las plantas de chile Boltet se consideraron de un tamaño medio, su color fue verde oscuro y brillante, de forma lanceolada y una ondulación del margen fuerte, se consideró que tiene un abullonado medio y un perfil en sección transversal moderadamente convexo.

La flor es hermafrodita ya que presentó el gineceo y androceo, sus pétalos son de color blanco y tiene coloración antociánica en las anteras.

El fruto de las plantas de chile Boltet se consideraron pequeños (Cuadro 1), de un color amarillo y una pequeña coloración en la parte basal, se maduró en color rojo, su porte fue intermedio y colgante, su pedúnculo fue corto y no presentó cavidad peduncular, el aspecto del cáliz fue envolvente, la textura del pericarpio fue ligeramente arrugada y presentó una forma moderadamente triangular. En promedio se conforma de tres lóculos y es un fruto muy picoso. En promedio se tarda 78 días de flor a fruto.

11.1 Descripción varietal

PLANTA	Pigmentación antocianica del hipocotilo	Presente	
	Porte	Erecto	
	Longitud del tallo	Media	
	Entrenudo acortado	Ausente	
	Número de entrenudos entre la primera flor y los entrenudos acortados	Uno a tres	

	Pigmentación antocianica en los nudos	Presente	
	Altura de la planta	Media	
TALLO	Intensidad de la pigmentación antocianica de los nudos	Fuerte	
	Pilosidad en los nudos	Muy débil	
HOJA	Longitud del limbo	Media	
	Anchura del limbo	Media	

	Intensidad del color verde de la hoja	oscuro	
	Forma de la hoja	Lanceolada	
	Ondulación del margen	Fuerte	
	Abullonado	Débil	
	Perfil en sección transversal	Moderadamente convexo	
	Brillo	Débil	
PEDUNCULO	Porte	Intermedio	

	Longitud	Corto	
	Espesor	Delgado	
FLOR	Pigmentación antocianica de la antera	Presente	
FRUTO	Color (antes de la madurez)	Amarillo	
	Intensidad del color (antes de la madurez)	Muy clara	
	Pigmentación antocianica	Presente	
	Porte	Horizontal	
	Longitud	Media	

	Diámetro	Medio	
	Relación entre la longitud y el diámetro	Media	
	Forma en sección longitudinal	Moderadamente triangular	
	Forma en sección transversal (a nivel de la placenta)	Angular	
	Sinuosidad del pericarpio de la parte basal	Débil	
	Sinuosidad del pericarpio excluida la parte basal	Media	
	Textura de la superficie	Ligeramente arrugada	

	Color a la madurez	Rojo	
	Intensidad del color (a la madurez)	Clara	
	Brillo	Fuerte	
	Cavidad peduncular	Ausente	
	Profundidad de la cavidad peduncular	Ausente	
	Forma del ápice	Agudo	

	Profundidad de los surcos interloculares	Poco profunda	
	Espesor del pericarpio	Delgado	
	Aspecto del cáliz	Envolvente	
	Capsaicina en la placenta	Presente	
	Época de comienzo de la floración (primera flor del segundo nudo floral)	Media (65 ddt)	
	Época de madurez	Media (120 ddt)	

11.2 Escala para caracteres cuantitativos

Los resultados obtenidos de los doce caracteres cuantitativos (longitud del tallo, número del entrenudo, altura de planta, longitud del entrenudo, longitud y ancho del limbo de la hoja, longitud y espesor del pedúnculo, longitud y diámetro del fruto,

espesor del pericarpio y número de lóculos), se presentan en una escala baja, media y alta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Escala para los caracteres cuantitativos de plantas de chile Boltet.

ORGANO	CARACTERES	BAJA	MEDIA	ALTA
		Cm		
PLANTA	LT	20-25	25.1-30	> 31
	NE	1	2	> 3
	AP	< 84	84.1-89	>90
	LE	3	3.5	>4
HOJA	LLH	6.9-7.7	7.8-8.6	>8.7
	ALH	3.8-4.3	4.4-5.2	>5.3
PEDUNCULO	LP	< 1.65	1.66-1.77	>1.78
	EP	< 0.24	0.25-0.28	> 0.29
FRUTO	LF	< 3	3.1- 3.9	> 4
	DF	< 1.0	1.1 - 1.4	> 1.5
	EPE	< .18	0.19- 0.27	> 0.28
	NL	1	2	> 3

LT: Longitud del tallo, NE: Número de entrenudos, LE: Longitud del entrenudo, AP: Altura de planta, LLH: Longitud del limbo de la hoja, ALH: Ancho del limbo de la hoja, LP: Longitud del pedúnculo, EP: Espesor del pedúnculo LF: longitud del fruto, DF: Diámetro del fruto y EPE: Espesor del pericarpio y NL: Número de lóculos por fruto.

11.3 Homogeneidad

Conforme a la comparación de medias que se realizó en los caracteres cuantitativos, respecto a la homogeneidad para cada ciclo de cultivo, de forma independiente, se observó que, en la longitud del tallo, número de entrenudo longitud del entre nudo, altura de planta, longitud y ancho del limbo de la hoja, longitud del fruto, espesor del pericarpio, y longitud y espesor del pedúnculo; entre las plantas del ciclo 2014 no se presentó homogeneidad (Cuadro 4). Sin embargo, en el diámetro del fruto y número de lóculos por fruto no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

En el ciclo 2015 la comparación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) en los caracteres cuantitativos se comportaron homogéneos al presentar valores estadísticamente

iguales (Cuadro 5), excepto en longitud del entrenudo se presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$). Lo que se sugiere que en trabajos posteriores se realicen depuraciones de este tipo de chile para mejorarlo genéticamente y en sus caracteres morfológicos presenten homogeneidad y estabilidad.

Cuadro 4. Caracteres cuantitativos en el ciclo de cultivo 2014 en plantas de chile Boltet.

PLANTA	LT	NE	LE	AP	LLH	ALH	LF	DF	NLF	EPU	LP	EP
1	29.00 b	2.00 b	3.00 g	84 c	84.00 c	4.90 b	3.90 ab	1.31 ab	3 a	0.23 a	1.74 b	0.35 a
2	27.00 d	2.00 b	3.20 e	82 e	82.00 e	3.90 f	3.90 ab	1.12 b	3 a	0.23 a	1.86 a	0.35 a
3	28.00 c	2.00 b	3.30 d	80 h	80.00 h	3.70 h	3.70 d	1.13 b	3 a	0.23 a	1.84 a	0.21 d
4	25.00 f	2.00 b	3.00 g	83 d	83.00 d	4.90 c	3.60 e	1.13 b	3 a	0.26 a	1.84 a	0.26 bcd
5	25.00 f	3.00 a	3.00 g	82 e	82.00 e	3.90 f	3.90 ab	1.11 b	3 a	0.24 a	1.55 d	0.24 cd
6	27.00 d	2.00 b	3.00 d	84 c	84.00 c	4.00 e	3.80 c	1.15 b	3 a	0.23 a	1.65 c	0.29 abc
7	29.00 b	2.00 b	3.10 f	81 g	81.00 g	3.60 i	3.90 ab	1.16 b	3 a	0.16 a	1.64 c	0.35 a
8	26.00 e	2.00 b	3.20 e	80 i	80.00 i	3.80 g	3.90 ab	1.11 b	3 a	0.24 a	1.84 a	0.31 ab
9	27.00 d	3.00 a	3.20 e	80 i	80.00 i	3.70 h	3.80 c	1.11 b	3 a	0.23 a	1.73 b	0.27 bc
10	27.00 d	2.00 b	3.00 g	85 b	85.10 b	4.20 c	3.80 c	1.11 b	3 a	0.24 a	1.76 b	0.28 bc
11	29.00 b	2.00 b	3.00 g	82 e	82.00 e	4.15 d	3.90 ab	1.13 b	3 a	0.23 a	1.74 b	0.35 a
12	29.00 b	2.00 b	3.50 c	80 i	80.00 i	5.74 a	3.97 ab	1.13 b	3 a	0.24 a	1.84 a	0.29 abc
13	28.00 c	2.00 b	3.00 g	81 g	81.00 g	3.80 g	3.90 ab	1.14 b	3 a	0.24 a	1.75 b	0.29 abc
14	29.00 b	2.00 b	3.00 g	86 b	85.50 b	3.80 g	3.80 c	1.13 b	3 a	0.23 a	1.75 b	0.28 bc
15	26.00 e	2.00 b	3.50 c	80 i	80.00 i	3.80 g	4.00 a	1.14 b	3 a	0.23 a	1.55 d	0.26 bcd
16	28.00 c	2.00 b	3.60 b	82 f	81.50 f	3.60 i	3.98 ab	1.13 b	3 a	0.23 a	1.66 c	0.28 bc
17	30.00 a	2.00 b	4.00 a	83 d	83.00 d	4.00 e	3.80 c	1.13 b	3 a	0.23 a	1.65 c	0.27 bc
18	28.00 c	2.00 b	3.00 g	86 a	86.01 a	4.45 c	3.70 d	1.11 b	3 a	0.16 a	1.55 d	0.35 a
DMSH	0.384	0	0	0	0.05	0.06	0.06	0.06	0	0.05	0.06	0.057

DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; LT: Longitud del tallo; NE: Número de entrenudos; LE: Longitud del entrenudo; AP: Altura de planta; LLH: Longitud del limbo de la hoja; ALH: Ancho del limbo de la hoja; LF: Longitud del fruto; DF: Diámetro del fruto; NLF: Número de lóculos por fruto; EPE: Espesor del pericarpio; LP: Longitud del pedúnculo y EP: Espesor del pedúnculo, los valores que comparten la misma letra en la misma columna se consideran estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

Cuadro 5. Caracteres cuantitativos en el ciclo de cultivo 2015 en plantas de chile Boltet.

PLANTA	LT	NE	LE	AP	LLH	ALH	LF	DF	NLF	EPU	LP	EP
1	30.04 a	2.66 a	3.21 g	88.25 a	7.56 a	4.56 a	3.12 a	1.12 a	2.66 a	0.22 a	1.82 a	0.27 a
2	30.00 a	2.60 a	3.31 f	88.00 a	7.00 a	4.52 a	2.90 a	0.86 b	2.66 a	0.22 a	1.59 a	0.24 a
3	30.04 a	3.00 a	3.51 d	91.00 a	7.02 a	4.51 a	3.08 a	0.88 b	2.66 a	0.22 a	1.61 a	0.29 a
4	30.04 a	2.66 a	3.51 d	91.25 a	7.26 a	4.33 a	2.89 a	0.82 b	3.00 a	0.22 a	1.60 a	0.28 a
5	29.29 a	2.66 a	4.01 a	88.25 a	7.62 a	4.39 a	2.74 a	1.08 a	2.64 a	0.22 a	1.57 a	0.28 a
6	29.37 a	3.00 a	4.01 a	90.20 a	6.90 a	4.28 a	2.75 a	0.99 a	2.64 a	0.22 a	1.61 a	0.30 a
7	29.04 a	3.00 a	3.01 h	89.43 a	7.17 a	4.30 a	3.02 a	0.92 a	2.67 a	0.22 a	1.82 a	0.27 a
8	29.02 a	3.00 a	3.01 h	89.65 a	7.00 a	4.19 a	2.64 a	0.93 a	3.00 a	0.22 a	1.72 a	0.25 a
9	30.00 a	2.66 a	3.51 d	91.25 a	7.00 a	4.22 a	3.07 a	0.95 a	2.69 a	0.22 a	1.52 a	0.25 a
10	29.00 a	2.66 a	3.31 f	90.50 a	7.33 a	4.40 a	3.12 a	1.12 a	2.88 a	0.22 a	1.63 a	0.24 a
11	29.04 a	2.66 a	3.21 g	88.54 a	7.62 a	4.41 a	2.95 a	0.99 a	2.88 a	0.22 a	1.75 a	0.30 a
12	29.06 a	2.66 a	3.61 c	89.89 a	7.44 a	4.36 a	2.99 a	1.02 a	3.00 a	0.22 a	1.60 a	0.30 a
13	30.04 a	2.66 a	3.01 h	89.90 a	7.60 a	4.49 a	2.95 a	0.80 b	2.78 a	0.22 a	1.66 a	0.31 a
14	30.37 a	3.00 a	3.41 e	88.25 a	6.90 a	4.00 a	2.93 a	0.79 b	2.66 a	0.22 a	1.84 a	0.27 a
15	30.04 a	3.00 a	4.01 a	90.80 a	6.60 a	3.76 a	3.02 a	0.85 b	2.66 a	0.22 a	1.60 a	0.24 a
16	30.00 a	2.66 a	3.81 b	89.25 a	7.00 a	4.18 a	2.62 a	0.88 b	2.98 a	0.22 a	1.82 a	0.26 a
17	29.06 a	2.66 a	3.61 c	90.90 a	6.43 a	3.88 a	2.64 a	0.93 a	3.00 a	0.22 a	1.82 a	0.31 a
18	30.00 a	3.00 a	3.51 c	91.40 a	7.62 a	4.46 a	2.74 a	0.92 a	2.90 a	0.22 a	1.91 a	0.30 a
DMSH	1.057	0.890	0.006	1.679	0.467	0.335	0.864	0.193	0.759	0	0.645	0.034

DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; LT: Longitud del tallo; NE: Número de entrenudos; LE: Longitud del entrenudo; AP: Altura de planta; LLH: Longitud del limbo de la hoja; ALH: Ancho del limbo de la hoja; LF: Longitud del fruto; DF: Diámetro del fruto; NLF: Número de lóculos por fruto; EPE: Espesor del pericarpio; LP: Longitud del pedúnculo y EP: Espesor del pedúnculo, los valores que comparten la misma letra en la misma columna se consideran estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

11.4 Estabilidad

11.4.1 Caracteres cualitativos:

El comportamiento de la estabilidad en las plantas de chile Boltet, los caracteres cualitativos de planta, hoja, pedúnculo, tallo, flor y fruto, se consideraron estables al comparar los ciclos 2014 y 2015 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de caracteres cualitativos en los ciclos 2014 y 2015 de chile Boltet.

CARACTERÍSTICA	2014	2015
PLANTA		
Pigmentación antociánica del hipocotilo	presente	presente
Porte	erecta	erecta
entrenudo acortado (parte superior)	presente	presente
Pigmentación antociánica en los nudos	presente	presente
HOJA		
Intensidad del color verde	oscuro	oscuro
forma	lanceolada	lanceolada
Ondulación del margen	fuerte	fuerte
Abullonado	muy débil	muy débil
Perfil transversal	mod. cóncavo	mod. Cóncavo
Brillo	medio	medio
PEDUNCULO		
Porte	intermedio	intermedio
TALLO		
Intensidad de la pigmentación	media	media
pilosidad de los nudos	muy débil	muy débil
FLOR		
Pigmentación antociánica de la antera	ausente	ausente
FRUTO		
Color antes de la madurez	amarillo	amarillo
Intensidad del color	medio	medio
Pigmentación antociánica	presente	presente
Porte	colgante	colgante
Forma del fruto longitudinal	recto	recto
Forma del fruto transversal	angular	angular
Sinuosidad del pericarpio, parte basal	media	media
Sinuosidad del pericarpio ex. Parte basal	débil	débil

Cuadro 6. Continuación

CARACTERÍSTICA	2014	2015
Intensidad del color a la madurez	Fuerte	Fuerte
Brillo	Fuerte	Fuerte
Cavidad peduncular	Ausente	Ausente
Forma del ápice del fruto	Agudo	Agudo
Aspecto del cáliz	Envolvente	Envolvente
Capsaicina en la placenta del fruto	Presente	Presente

Mod: moderadamente y lig: ligeramente

11.4.2 Caracteres cuantitativos

La mayoría de los caracteres cuantitativos se consideraron estables conforme a los resultados de la comparación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$), excepto la altura de la planta, longitud del fruto y diámetro del fruto, donde los valores presentaron una diferencia mínima entre ambos ciclos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Caracteres cuantitativos en los ciclos 2014 y 2015 de chile Boltet.

CARACTERÍSTICA	2014	2015	DMS
Longitud del tallo	28.000 a	29.000 a	1.043
Numero de entrenudos	2.000 a	2.000 a	0.312
Longitud del entre nudo	3.500 a	3.500 a	0.207
Altura de la planta	82.100 b	88.400 a	1.404
Longitud del limbo de la hoja	6.770 a	7.020 a	0.409
Ancho del limbo de la hoja	3.980 a	4.080 a	0.331
Longitud del fruto	3.640 a	3.400 b	0.133
Diámetro del fruto	1.120 a	0.970 b	0.069
Número de lóculos de los frutos	3.000 a	3.000 a	0.257
Espesor de la pulpa	0.210 a	0.208 a	0.011
Longitud del pedúnculo	1.710 a	1.650 a	0.081
Espesor del pedúnculo	0.270 a	0.250 a	0.022

DMS Diferencia mínima significativa; los valores que comparten la misma letra en la misma hilera se consideran estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$).

11.5 Resistencia a enfermedades

Las plantas de chile Boltet no presentaron síntomas visibles de TMV en las hojas y los tallos, pero si presentaron un enanismo en comparación con las plantas testigo (Figura 1a), las hojas en las que se realizó la inoculación se desprendieron de la planta, sin embargo, en las pruebas de ELISA el resultado fue positivo. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Pazarlar *et al.*, (2013), quienes mencionaron que los síntomas de TMV en plantas de chile mostraron enanismo, necrosis de tallo, hojas y frutos, mosaico y deformación en hojas, defoliación y frutos pequeños; además se registró la reducción de parámetros de desarrollo vegetativo, de contenido relativo de agua, de clorofila a y b y de producción en fresco y seco; también se observó un aumento en el contenido de prolina en las hojas. Lo que se concluye que las plantas de chile Boltet son susceptibles al virus de TMV.

Respecto al TEV las plantas mostraron enanismo muy marcado a los 16 días después de la inoculación en comparación con las plantas testigo (Figura 1b), los tallos no presentaron ningún síntoma visible y la raíz fue de color normal, las hojas presentaron un color verde limón y las nervaduras de color verde. Las pruebas de ELISA fueron positivas para este virus. Lo cual concuerda con Wintermantel y Kafka (2006) quienes mencionaron que las plantas de remolacha, inoculadas con virus de TEV cuando tenían dos hojas, expresaron enanismo severo. Lo que indica que, para este virus las plantas de chile Boltet son susceptibles.

Las plantas inoculadas con TSWV solo presentaron daños locales en las hojas producidos por la inoculación y una achaparramiento a los 16 días después de la inoculación (Figura 1c). Los resultados de las pruebas de ELISA fueron positivos al

presentar al menos un anticuerpo de color amarillo, donde, las plantas de chile Boltet se consideran susceptibles al virus de TSWV. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Black *et al.*, (1991) y Hobbs *et al.* (1994) quienes mencionan que el virus TSWV induce en plantas de *Capsicum chinense*, por la reacción sintomática que se presentó (lesiones necróticas sin movimiento sistémico del virus, enanismo, defoliación y color amarillo en las hojas).

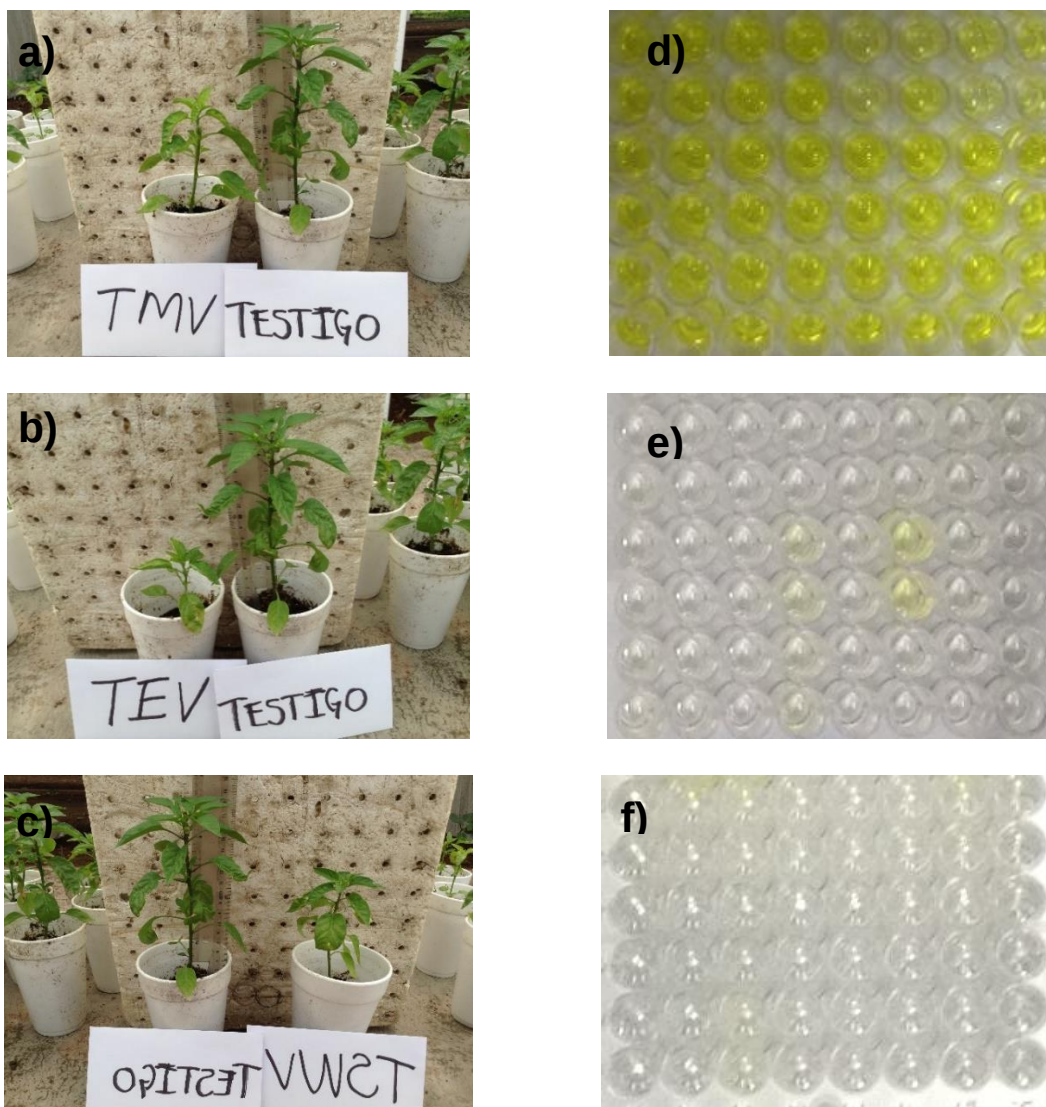


Figura 1. a), b) y c) Plantas de chile Boltet a los 16 días después de la inoculación con virus de TMV, TEV y TSWV. d), e) y f) Resultados de las pruebas de ELISA de la inoculación con virus en plantas con TMV, TEV y TSWV.

El comportamiento de las plantas en este estudio inoculadas con CMV y PVY no presentaron síntomas visibles en hojas y tallos, el crecimiento fue muy similar a las plantas testigo (Figura 2a y b). El resultado que presentaron las pruebas de ELISA para los virus CMV y PVY fue negativo al no aparecer ningún anticuerpo de las placas en color amarillo (Figura 2c y d). Las plantas de chile Boltet se consideraron tolerantes a los virus de CMV y PVY. Lo que coincide con Agrios *et al.* (1985) en plantas de *C. annuum* ("Lady Bell") donde, revelaron que las plantas inoculadas con el virus CMV al inicio fueron significativamente de menor tamaño, obtuvieron menos hojas y menos frutos totales y se redujo el número de frutos con calidad comercial; consecuentemente, el desarrollo de las plantas y el rendimiento mejoró a medida que se retrasó la inoculación en con el virus.

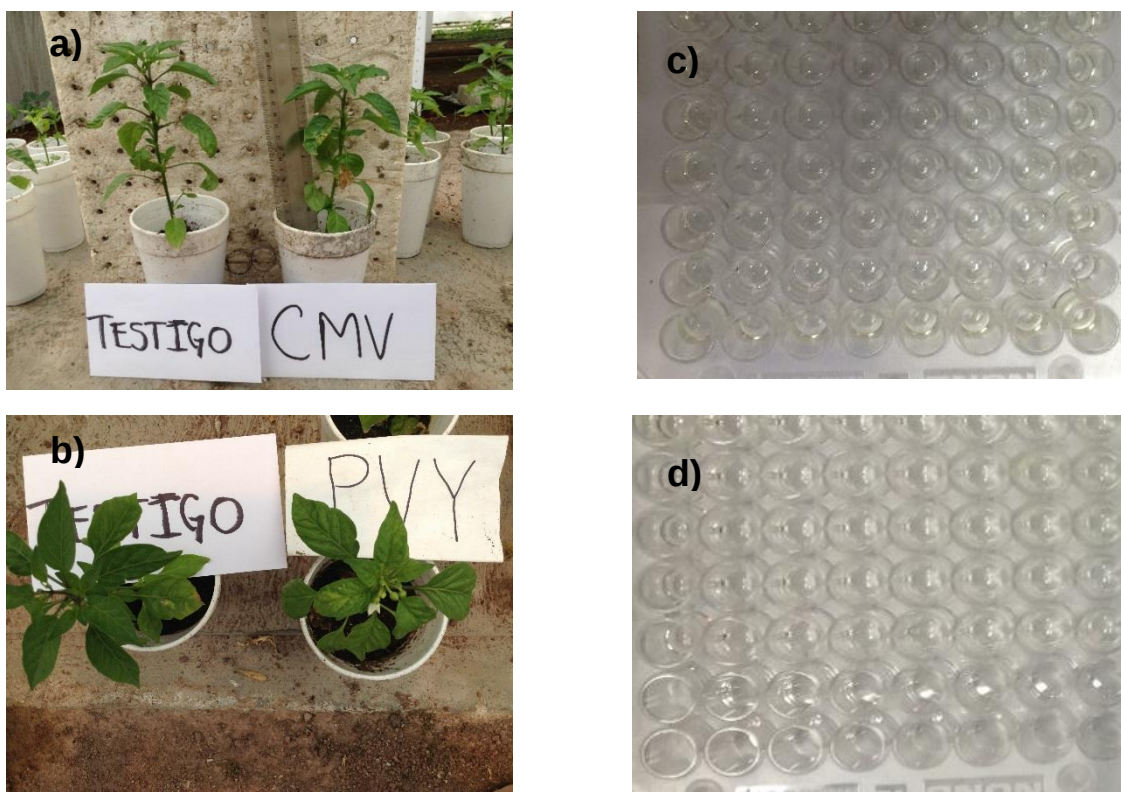


Figura 2. a) y b) Plantas de chile Boltet a los 16 días después de la inoculación con virus de CMV y PVY. c) y d) Resultados de las pruebas de ELISA de la inoculación con virus de CMV y PVY.

La marchites observada en plantas de chile Boltet causada por *Phytophthora capsici* fueron a los cuatro días después de la inoculación (Figura 3), estos síntomas fueron lesiones de color pardo rojizo en la zona del cuello, después se fue extendiendo por el tallo causando una necrosis y marchitamiento en las hojas y a los 6 días después de la inoculación causó mortandad del 100 % en las plantas de chile Boltet, por lo que se consideran susceptibles a *Phytophthora capsici*. Estos resultados coinciden con los mencionados por (Vargas *et al.*, 1996), donde encontró que en plantas de chile ancho 86-266 susceptibles al hongo de *P. capsici*, el síntoma de marchitamiento se presentó a los cuatro días después de la inoculación y la muerte de las mismas se presentó a los 5 días.



Figura 3. Síntoma de marchites causada por *Phytophthora capsici* a los cuatro días después de la inoculación en plantas de chile Boltet.

12. CONCLUSIÓN

El chile Boltet se caracterizó por ser una planta de altura media y un porte erecto, sus hojas de forma lanceolada y moderadamente convexa. El fruto tiene un porte horizontal y colgante de pequeñas dimensiones, tiene una forma triangular, creció en color amarillo-blanquecino con presencia de antocianinas en la parte basal, después se torna de color anaranjado y se madura en color rojo brillante.

La homogeneidad en los caracteres cualitativos se presentó similar en los dos ciclos, en cambio en los caracteres cuantitativos solo hubo homogeneidad en diámetro del fruto y número de lóculos para el ciclo 2014 y en el ciclo 2015 todos los caracteres fueron homogéneos a excepción de la longitud del entrenudo.

Los caracteres cualitativos mantuvieron la estabilidad en los dos ciclos y los caracteres cuantitativos fueron estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$) excepto la altura de planta, longitud del fruto y diámetro del fruto donde sus valores presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

Las plantas de chile Boltet se consideraron susceptibles a enfermedades de los virus TMV, TEV y TSWV, al presentar enanismo en comparación con plantas testigo y se consideraron tolerantes a los virus CMV y PVY, al no presentar ningún síntoma en las plantas. Y en la marchites causada por *Phytophthora capsici* también se consideraron susceptibles a este hongo.

13. LITERATURA CITADA

- Agrios, G., M. Walker, and D. Ferro. 1985. Effect of cucumber mosaic virus inoculation at successive weekly intervals on growth and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Plant Disease* 69:52-55.
- Black, L., M. Hobbs, and J. Gatti. 1991. Tomato spotted wilt virus resistance in *Capsicum chinense* PI 152225 and 159236. *Plant Disease* 75: 863.
- Bosland, P. and E. Votava. 2012. Peppers: vegetable and spice capsicums. 2nd (Ed.). Cabi publishing. London UK. 230 p.
- Conti, M., D. Gallitelli, V. Lisa, O. Lovisolo, G. Martelli, A. Ragozzino, G. Rana and C. Vovlas. 2000. Principales virus de las plantas hortícolas. Bayer. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-103.
- Ellis, S., M. Boehm and Qu. Fu. 2008. Viral diseases of plants. Fact Sheet. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University Extension. PP 401- 405.
- Hernández, S., R. Guevara, R. Rivera, C. Vázquez and K. Oyama. 1998. Los parientes silvestres del chile (*Capsicum spp.*) como recursos genéticos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62:171-181.
- Latournerie, M., S. Chavéz, P. Pérez, N. Castañón, A. Rodríguez, R. Arias and V. Ramírez. 2002. Valoración in situde la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:25-33.

- Martínez, D., M. Pérez, J. Rodríguez and E. Moreno. 2010. Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 16: 169-176. doi: 10.5154/r.rchsh.2010.16.021.
- Miller, D., G. Howell, and J. Flores. 1996. Effect of shoot number on potted grapevines: I. Canopy development and morphology. American Journal of Enology and Viticulture, 3: 244-250.
- Moreno, E., C. Avendaño, R. Mora, J. Cadena, V. Aguilar and J. Aguirre. 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. Revista Chapingo Serie Horticultura 17: 23-30.
- Ortiz, R., F. Delgado, G. Alvarado and J. Crossa. 2010. Classifying vegetable genetic resource – A case study with domesticated *Capsicum* spp. Scientia Horticulturae 126:186-191.
- Pazarlar, S., M. Gumus and B. Otzekín. 2013. The effects of Tobacco mosaic virus infection on growth and physiological parameters in some pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici 41:427-433
- Rodríguez, J., O. Peña, M. Gil, C. Martínez, F. Manzo and L. Salazar. 2007. Rescate in situde chile "Poblano" en Puebla, México. Revista Fitotecnia Mexicana 30: 25-32.
- Smithyman, P., L. Wample and S. Lang. 2001. Water deficit and crop level influences on photosynthetic strain and blackleaf symptom development in Concord grapevines. American journal of enology and viticulture, 52(4), 364-375.

UPOV. 2002. Introducción general al examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad y la elaboración de descripciones armonizadas de las obtenciones vegetales.

Vargas, M., E. Zavaleta and A. Hernández. 1996. Rompimiento de resistencia a *phytophthora capsici* leo. en chile (*Capsicum annuum* L.) Serrano cm 34 por *Nacobbus berrans* thorne y allen. *Nematropica*, 14: 164- 169.

Wintermantel, W. and S. Kaffka. 1996. Sugar beet performance with curly top is related to virus accumulation and age at infection. *Plant Disease* 90:657-662.

14. CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CHILE BOLTET (*Capsicum annuum* L.)

15. RESUMEN

Se efectuó el análisis de crecimiento de chile Boltet con cuatro variables morfológicas (altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar) y a través de la acumulación de materia seca total por planta y por órgano (raíz, tallo hoja y fruto). También se calcularon las tasas de eficiencia fisiológica TAC, TRC, TAN y RAF. Se empleó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y los tratamientos fueron dos concentraciones (75 % y 100 %) de la solución nutritiva universal de Steiner (SNUS). Se realizaron diez muestreos destructivos, uno cada 15 días, a partir del trasplante. La altura de la planta, diámetro de tallo, número de hojas y área foliar fueron de 76 y 84 cm, 1.64 y 2.08 cm, 2003 y 2520 y 7,047 y 10, 222 cm², respectivamente, para las concentraciones de 75 y 100 de la SNUS. En el análisis de crecimiento con materia seca las plantas acumularon 143.9 y 217.65 g en las concentraciones de 75 y 100 de la SNUS, respectivamente, y por órganos (hoja, tallo, raíz y fruto) acumularon: 41.83 y 58.4 g, 72.4 y 104.35 g, 25.35 y 36.92 g y 17.85 y 25.97 g, respectivamente. Los máximos valores de las tasas de eficiencia fisiológica se obtuvieron a los 75 días después del trasplante, que correspondió a la mitad del ciclo biológico de este tipo de chile (150 días). Los valores de TAC, TRC, TAN y RAF fueron de 1.53 y 1.91 g·día⁻¹, 0.032 y 0.041 g·g⁻¹·día⁻¹, 50 y 58 mg·cm²·día⁻¹ y 117 y 119 cm²·g⁻¹·día⁻¹, respectivamente, para las concentraciones de 75 y 100 de la SNUS. Estadísticamente, éstos resultados no fueron significativamente ($\alpha \leq 0.05$) diferentes entre los dos tratamientos.

Palabras clave: Boltet, crecimiento, variables morfológicas y tasas de eficiencia fisiológica.

16. ABSTRACT

The growth analysis of chili Boltet was made with four morphological variables (plant height, stem diameter, number of leaves and leaf area) and through the accumulation of total dry matter per plant and organ (root, stem, leaf and fruit). Rates of physiological efficiency TAC, TRC, TAN and RAF were calculated. The completely randomized experimental design with three replications and two treatments (75 and 100%) of universal Steiner nutrient solution (SNUS) was used. Ten destructive sampling, every 15 days, were made from the transplant. The plant height, stem diameter, leaf number and leaf area were 76 and 84 cm, 1.64 and 2.08 cm, 2003 and 2520 and 7,047 and 10, 222 cm², respectively, for concentrations of 75 and 100 of the SNUS. In growth analysis with dry matter, plants accumulated 143.9 and 217.65 g in concentrations of 75 and 100 of the SNUS, respectively, and organs (leaf, stem, root and fruit) accumulated: 41.83 and 58.4 g, 72.4 and 104.35 g, 36.92 g and 25.35 and 17.85 and 25.97 g, respectively. Physiological efficiency rates were obtained at 75 days after transplantation, corresponding to half the life cycle of this type of chili (150 days). TAC, TRC, TAN and RAF were 1.53 and 1.91 g day⁻¹, 0.032 and 0.041 g g⁻¹ d⁻¹, 50 and 58 mg cm² d⁻¹ and 117 and 119 cm² g⁻¹ d⁻¹, respectively, for concentrations of 75 and 100 of the SNUS. Statistically, these results were not significantly ($\alpha \leq 0.05$) different between the two treatments.

Keywords: Boltet, growth rates morphological and physiological variables efficiency

17. INTRODUCCIÓN

El chile Boltet (*Capsicum annuum* L.) es un tipo de chile semejante al chile blanco, pero con una textura del pericarpio más arrugado y más pequeño. Es apreciado en el estado de Chiapas por sus características culinarias, pero no existen trabajos documentados que expliquen su comportamiento en crecimiento, fisiología y otras variables fisiotécnicas que aporten información necesaria para el manejo adecuado del cultivo.

En general los eventos que ocurren desde el inicio hasta el final del proceso de crecimiento pueden tener marcada influencia sobre el rendimiento de la materia seca. Una aproximación al análisis de los factores que influyen en el rendimiento y desarrollo vegetal es la acumulación de fotosintatos a través del tiempo, lo que ha sido conocido como análisis de crecimiento.

Para realizar un análisis de la eficiencia fisiológica de una planta en función de sus parámetros de crecimiento se requieren dos operaciones básicas: la cuantificación del material vegetal existente en una planta o cultivo y la medida del sistema asimilador de esta planta o ese cultivo en intervalos de tiempos sucesivos.

De esas operaciones se obtienen medidas directas, como masa seca (W), área foliar total (AF), tiempo (t) e índices derivados como la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) y Relación de Área foliar (RAF), que se deben obtener por cálculos del análisis funcional.

El índice de crecimiento evalúa cuantitativamente el crecimiento de las plantas e involucra técnicas mediante comparaciones que permiten estudiar los patrones de crecimiento (Hunt, 1978).

Puede efectuarse mediante dos métodos: A) **Método clásico**, el cual evalúa el crecimiento con base en datos que provienen de muestras con un alto número de repeticiones, pero a intervalos prolongados, en este método no se realiza el ajuste de datos mediante modelos matemáticos, aunque pueden analizarse estadísticamente (Hunt, 1982). B) **Método funcional**, donde el crecimiento es evaluado en datos con pocas repeticiones, pero a intervalos cortos sobre todo cuando existen mucha variación en la información, de los cuales pueden ser utilizados para el ajuste de modelos (Hunt, 1982).

El análisis de crecimiento con el enfoque funcional, utiliza datos a partir de muestras colectadas periódicamente y se ha utilizado con éxito en plantas anuales, bianuales, y perennes (Brand y Weetman, 1987).

La Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) es una clara y simple medición de la tasa de incremento en peso seco de la planta por unidad de tiempo, es un índice importante para cuantificar la fuerza de demanda de cualquier órgano de la planta demandante, es una relación de crecimiento en términos de peso en función del tiempo, expresado en $\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$, por lo general adopta una forma sigmoideal y la diferencia entre dos puntos consecutivos de cualquier serie proporciona la tasa de crecimiento en este periodo (Hunt, 1982).

La Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) representa la eficiencia de la planta para producir nuevo material en un tiempo determinado dado e grados de materia seca ganados por gramo de materia seca existente por unidad de tiempo $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$. (Hunt, 1982; Gardner *et al.*, 1990).

La Tasa de Asimilación Neta (TAN) representa la ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar, es una medida indirecta de la fotosíntesis (Hunt, 1982). Es conocida también como la tasa foliar unitaria, y definida como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo y se expresa en $\text{g} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{día}^{-1}$ (Beadle, 1988).

La Razón de Área Foliar (RAF) se refiere a la razón de material asimilatorio por unidad de material vegetal presente, indica la cantidad de área foliar producida con relación al peso seco total de la planta (Beadle, 1985; Hunt, 1982). Se expresa en unidad de área por gramo de peso seco ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$).

Con los índices de eficiencia fisiológica se obtiene conocimiento sobre el proceso de acumulación y distribución de biomasa a lo largo del ciclo o en una etapa específica de su desarrollo, tanto en la planta completa como en sus diferentes órganos de modo que permite conocer la relación entre la fuente y la demanda (Evans, 1972).

La acumulación de materia seca es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido, frecuentemente, al área foliar total (Taiz y Zeiger, 2006). El área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas. Además, la cantidad de área foliar es importante, porque esta determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos.

Por ello, en este estudio se efectuó en dos concentraciones de la SNUS (75 % y 100 %), el análisis de crecimiento del chile Boltet con cuatro variables morfológicas (altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar) y a través de la acumulación de materia seca total por planta y por órgano (raíz, tallo, hoja y fruto). También se calcularon las tasas de eficiencia fisiológica TAC, TRC, TAN y RAF para generar información del crecimiento de este tipo de chile que sirvan de base para el manejo adecuado durante su cultivo.

18. MATERIALES Y MÉTODOS

18.1 Sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo de mayo a diciembre del año 2014 en un invernadero del campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado geográficamente a 19° 29" de latitud norte y 98° 53" longitud oeste, a una altitud de 2240 msnm (García, 1988). La temperatura y humedad relativa promedio dentro del invernadero fue de: 18 °C y 64 %, respectivamente.

La medición de variables morfológicas y de materia seca se llevó a cabo en el laboratorio de fisiología vegetal del departamento de fitotecnia de la misma universidad.

18.2 Material Vegetal

Se obtuvieron semillas de chile Boltet de una colecta que se realizó en el mes de marzo en los municipios de Berriozábal, Suchiapa y Villaflores en el Estado de Chiapas. Los frutos se colectaron de 7 plantas compactas, con entrenudos cortos, hojas pequeñas, flores blancas y frutos rojos.

18.3 Diseño experimental y de tratamientos

Se empleó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental y de muestreo fue una planta. Se estudiaron dos tratamientos, la concentración al 75 % y la del 100 % de Solución Nutritiva Universal de Steiner (SNUS). Los muestreos fueron diez con frecuencia de 15 días.

18.4 Análisis de crecimiento con variables morfológicas

Estas variables fueron medidas cada 15 días a partir del trasplante, por lo que fue necesaria la destrucción total de 3 plantas por tratamiento.

La altura de la planta se midió de la parte basal a la parte apical con ayuda de un flexómetro, el diámetro del tallo se midió en la parte basal del tallo con ayuda de un vernier, el número de hojas se contaron hojas completamente desarrolladas al momento del muestreo y el área foliar se midieron hojas sin peciolo en un integrador fotométrico de área foliar Delta-T MK2 en cm².

18.5 Análisis de crecimiento con materia seca

Cada una de las tres plantas muestreadas cada 15 días fueron disectadas en raíz, tallo, hojas y frutos. Se pesaron en fresco en una balanza digital marca Sartorius 1205 MP y se sometieron a una estufa de secado a 70° C durante 72 horas, se sacaron y se pesaron en la balanza digital y se obtuvo el peso seco (en g) por órgano y de la planta completa.

18.6 Tasas de eficiencia fisiológica

Se usó el modelo logístico (Rodríguez, 2006):

$$y=A/(1+B \cdot e^{C \cdot x})$$

Donde:

y: variable respuesta.

A: punto de asintoticidad; A/2 corresponde a la ordenada del punto de inflexión de la curva.

B: parámetro relacionado con la ordenada al origen

e: base de logaritmo natural (2.718281828)

C: parámetro relacionado con el punto de inflexión

x: días después de trasplante (ddt)

A partir de estos modelos se obtuvieron las tasas de análisis de crecimiento de plantas de chile boltet.

$$TAC = y' = (A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2$$

$$TRC = y'/y = [(A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2] / [A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})]$$

$$TAN = y'/y = [(A \cdot B \cdot C \cdot e^{-C \cdot x}) / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})^2] / [A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})]$$

$$RAF = AF/MS = [A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})] / [A / (1 + B \cdot e^{-C \cdot x})]$$

Donde:

y' = Primer derivada de la variable respuesta

TAC = Tasa absoluta de crecimiento

TRC = Tasa relativa de crecimiento

TAN = Tasa de asimilación neta

RAF = Razón de área foliar

18.7 Análisis de datos

A los datos obtenidos en el análisis de crecimiento con variables morfológicas y el análisis de crecimiento con materia seca, se les aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

Para analizar las tasas de eficiencia fisiológica se aplicó el programa de cómputo para la estimación de parámetros de modelos no lineales, basado en la regresión no lineal con el modelo logístico con la propuesta de Rodríguez *et al.* (2006).

18.8 Manejo del experimento

La siembra se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, se utilizó sustrato peat moss a base de turba previamente humedecido, se depositaron dos semillas por cavidad para obtener un buen porcentaje de germinación.

La germinación fluctuó entre los 8 y 12 días con un 90 % de germinación de las semillas, cada tres días se aplicaron riegos ligeros de agua (sin solución nutriente), al aparecer la primera hoja verdadera se hicieron aplicaciones de SNUS al 25 % de concentración durante 15 días y posteriormente se aumentó la concentración de SNUS al 50 %.

A los 55 días después de la emergencia se realizó el trasplante, se le hizo una aplicación de PHC T-22® (*Trichoderma harzianum*) sumergiendo la charola en solución del producto hasta cubrirla totalmente durante 5 a 10 segundos y se comenzó la aplicación de los tratamientos de SNUS 75 % y 100 % de concentración. El suministro de SNUS fue con un sistema de riego por goteo mediante piquetas con un gasto de $1 \text{ L} \cdot \text{hora}^{-1}$. El consumo de la planta al momento del trasplante fue de $250 \text{ mL} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$ y al final del cultivo consumió $1200 \text{ mL} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{planta}^{-1}$.

Se establecieron trampas adhesivas (amarillas y azules) distribuidas e intercaladas dentro del invernadero a una altura de 1 m de la base del suelo, para llevar a cabo un monitoreo cada 5 días y determinar los umbrales de daño económico.

Se detectó *Myzus persicae* (pulgón) y *Spodoptera exigua* (gusano soldado) a los 60 ddt, presentándose en las hojas medias y apicales de la planta. Se aplicó

Imidacloprid y Lambdacihalotrina para combatir estos insectos a razón de 0.6 - 1 mL L⁻¹ de agua.

19. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

19.1 Análisis de crecimiento con variables morfológicas

19.1.1 Altura de la planta

La prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para las dos concentraciones no detectó diferencias significativas entre las medias de los tratamientos en ninguno de los muestreos realizados. El crecimiento de las plantas a los 60 ddt fue en promedio de 60 cm para el tratamiento 1 y 66 cm en el tratamiento 2, mientras que de los 75 a los 90 ddt el crecimiento fue más lento en ambos tratamientos, debido a que se encontraban en etapa de fructificación. Después de los 90 ddt las plantas reanudaron su crecimiento vegetativo, alcanzando su máxima altura a los 135 ddt (76.5 cm) en el tratamiento 1 y a los 150 ddt (83.75 cm) en el tratamiento 2 (Figura 4).

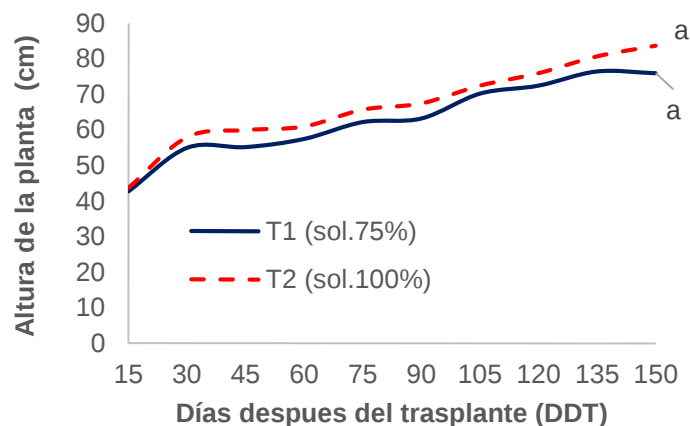


Figura 4. Cinética de la altura de la planta de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días) en dos concentraciones de la SNUS (75 % y 100 %), ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

19.1.2 Diámetro del tallo

Respecto al diámetro del tallo se observó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos a los 15 y 30 ddt con valores de 0.49 y 0.67 cm para el tratamiento 1 y 0.74 y 0.88 cm en el tratamiento 2, respectivamente. Al término del periodo de evaluación (150 ddt) no se encontraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre tratamientos, el diámetro del tallo fue de 1.64 cm para el tratamiento 1 y 2.09 cm para el tratamiento 2 (Figura 5). Lo anterior coincide con los resultados de Kirnak *et al.* (2003) quienes encontraron que, la aplicación de solución nutritiva al 75 y 100 % de concentración en chile dulce no hubo diferencias significativas y al aumentar la aplicación de solución nutritiva al 125 % el diámetro del tallo se incrementó. Y contrasta con los resultados obtenidos por Zúñiga (2003) para chile jalapeño, en los cuales el diámetro del tallo se modificó por efecto de los tratamientos, sobresaliendo las plantas que recibieron una concentración mayor de solución nutritiva.

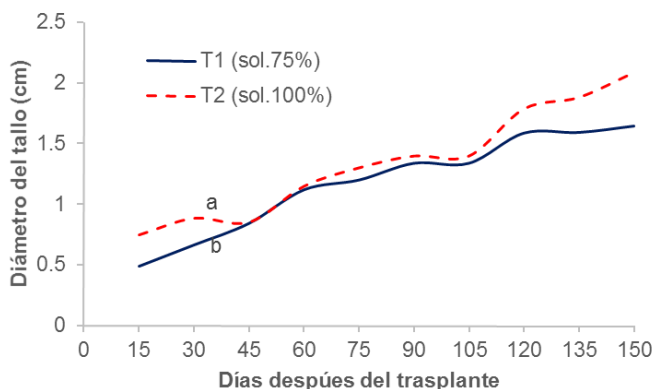


Figura 5. Dinámica del diámetro del tallo de plantas de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días) en dos concentraciones de SNUS (75 % y 100 %), ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

19.1.3 Número de hojas y área foliar

El número de hojas y el área foliar fueron similares de los 15 a los 75 ddt en los dos tratamientos, las plantas presentaron mayor cantidad de hojas entre los 90 y 105 ddt en ambos tratamientos, con valores de 905 y 966 hojas, respectivamente, para el tratamiento 1 y 1190 y 1306 hojas, respectivamente, para el tratamiento 2. Y de los 120 ddt hasta el final del ciclo de cultivo las plantas obtuvieron 2,003 hojas en tratamiento 1 y 2,520 hojas en el tratamiento 2, sin embargo, de acuerdo con la comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) son estadísticamente iguales.

El área foliar presentó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en los muestreos de los 75 a los 150 ddt, el mayor valor para el área foliar se observó en el tratamiento 2 con 10,222 cm² al término del ciclo de cultivo (Figura 6). Según Peil y Gálvez, (2005); Xu *et al.* (2001) mencionaron que el efecto de la nutrición sobre la producción de hojas, del trasplante a la fructificación es vital para la producción de frutos, dado que la producción de fotosintatos y su posterior envío hacia los frutos depende de la eficiencia fotosintética de la planta, la cual está sustentada en el mantenimiento del crecimiento vegetativo vigoroso.

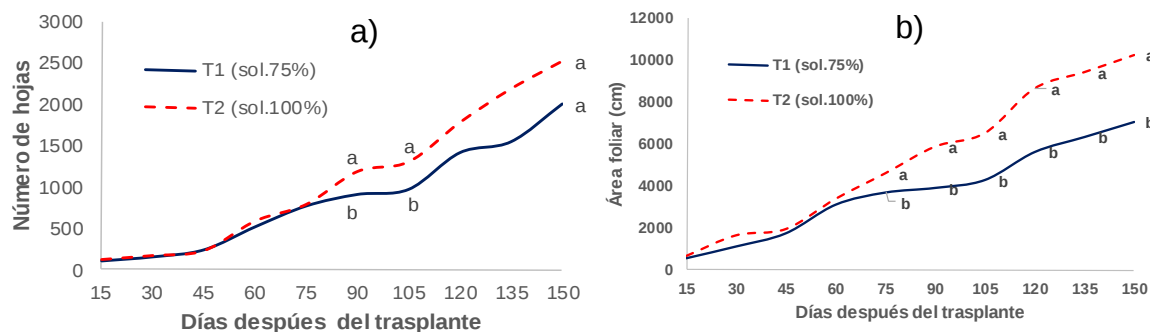


Figura 6. a) Dinámica del número de hojas, b) Acumulación de área foliar de plantas de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días) en dos concentraciones de la SNUS (75 y 100 %), ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

19.2 Análisis de crecimiento con materia seca

Las plantas de chile Boltet irrigadas con el tratamiento 2 acumularon 217.65 g de materia seca y las del tratamiento 1 acumularon 143.9 g de materia seca. La comparación de medias de Tukey entre las concentraciones son estadísticamente iguales al no presentar diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$), por lo que se recomienda aplicar SNUS al 75 % debido a que tiene el mismo efecto en las plantas de chile Boltet que con la aplicación de solución al 100 % de concentración; por otro lado, se reducirían los costos de producción. Al respecto, Shibbles (1987) mencionó que la distribución de la materia seca en las plantas está determinada principalmente por la ontogenia del cultivo, el genotipo, la presencia y calidad de demanda, y la distancia entre la demanda y la fuente.

En la acumulación de materia seca de hojas al final del cultivo se observaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las medias de los dos tratamientos en el muestro realizado a los 135 ddt. La máxima acumulación se obtuvo a los 150 ddt con valores de 41.83 y 58.4 g para el tratamiento 1 y 2, respectivamente. Las hojas fueron muy similares en cuanto a peso y forma. Y se representaron como el segundo órgano de la planta en la acumulación de materia seca con 25.7 % en el cultivo de chile Boltet (Figura 7).

En la acumulación de materia seca de tallo se observaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) a los 105 y 135 ddt, con valores de 56.47 y 77.32 g para el tratamiento 2 y 42 y 57 g en el tratamiento 1, respectivamente. Sin embargo, al finalizar el ciclo de cultivo el comportamiento de las plantas fue estadísticamente igual ($\alpha \leq 0.05$) en ambos tratamientos. El tallo representa el primer órgano en la acumulación de peso

seco total de la planta con 46 % del total de materia seca en plantas de chile Boltet (Figura 7).

La acumulación de materia seca en el sistema radical fue muy similar en los dos tratamientos, con excepción a los 60, 90 y 105 ddt presentó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en el tratamiento 2 con valores superiores de 24 g y 18 g para el tratamiento 1, y de los 120 ddt hasta el final del ciclo de cultivo la acumulación de materia seca fue estadísticamente igual ($\alpha \leq 0.05$) en los dos tratamientos con 25.35 g en el tratamiento 1 y 36.92 g para el tratamiento 2 (Figura 7). La raíz es el tercer órgano en la acumulación de peso seco total de la planta, representa el 16.36 % de la materia seca total de la planta de chile Boltet.

En la acumulación de materia seca en frutos de los dos tratamientos no se presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) y se consideran estadísticamente iguales con valores de 17.85 g para el tratamiento 1 y 25.97 g en el tratamiento 2 (Figura 7). El fruto representó el cuarto órgano del total de la acumulación de materia seca total de la planta con un valor de 12.4 %. Muchos autores mencionan que, al final del cultivo de *Capsicum*, los frutos son los que obtienen mayor acumulación de materia seca, como lo menciona Hall (1977), donde concluyó que el crecimiento de los frutos es el principal factor modulador de la partición de materia seca en las plantas de chile y que la tasa de crecimiento absoluto de los frutos es inversamente proporcional al crecimiento de otros órganos. En esta investigación no se coincide con ningún autor por que la planta presenta frutos pequeños.

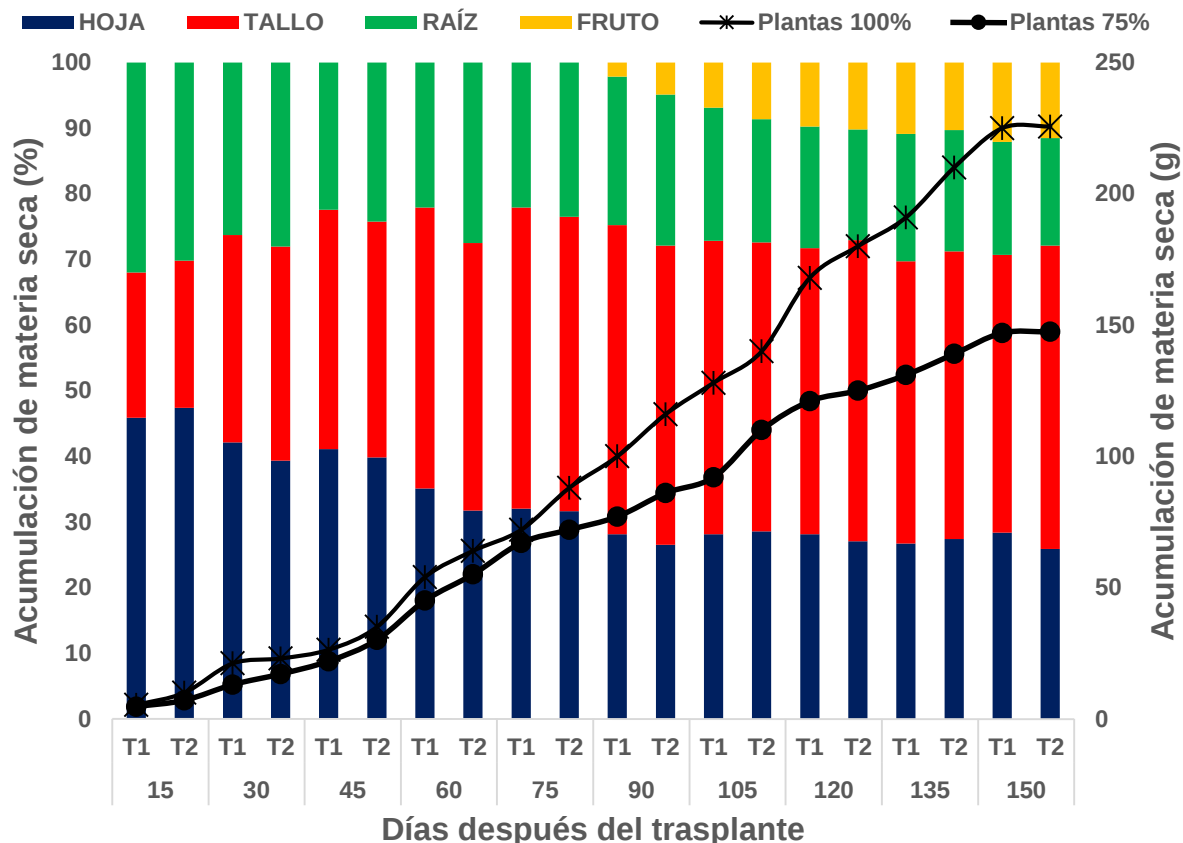


Figura 7. Porcentaje de acumulación de materia seca en hoja, tallo, raíz y fruto en plantas de chile boltet a 75 y 100 % de concentración de solución nutritiva universal de Steiner en un ciclo de cultivo (150 días).

19.3 Tasas de eficiencia fisiológica

19.3.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

El crecimiento en las plantas que recibieron el tratamiento 2 fue rápido desde los 15 ddt hasta los 90 ddt (Figura 8) y para el tratamiento 1 fue lento desde los 35 hasta los 75 ddt, en este periodo las plantas se adaptaron y formaron las estructuras de fijación e intercepción de luminosidad y alcanzaron su máximo crecimiento, a los 90 ddt las plantas del tratamiento 2 alcanzaron el punto máximo de crecimiento con un valor de 1.91 g día^{-1} , las plantas de este tratamiento acumularon mayor biomasa por

día. Las plantas irrigadas con el tratamiento 1, obtuvieron su máxima TAC a los 75 ddt, con un valor de $1.53 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$, el incremento de materia seca por unidad de tiempo fue inferior en el tratamiento 1, esta menor acumulación probablemente fue por la restricción de nutrientes en comparación del tratamiento 2.

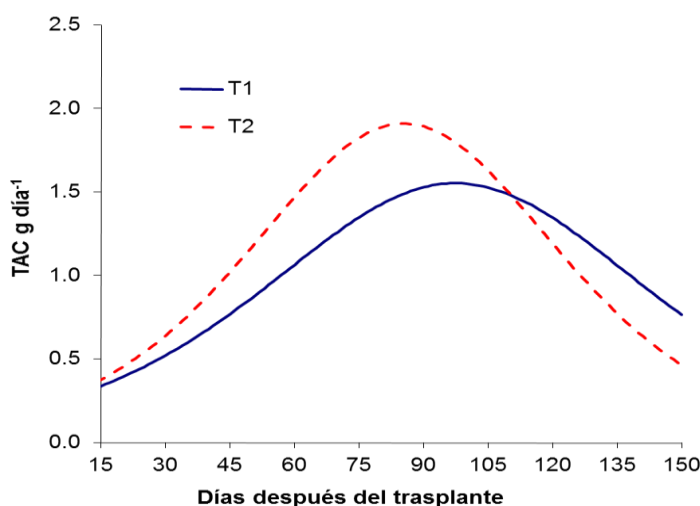


Figura 8 Cinética de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) de plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).

19.3.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Al inicio del cultivo en el tratamiento 1 la TRC fue de $0.032 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, a los 40 ddt empezó a decrecer. El comportamiento del tratamiento 2 fue mayor con $0.04 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, la tendencia fue decrecer progresivamente hasta alcanzar los menores valores a los 150 ddt (Figura 9). Las plantas de los dos tratamientos presentaron valores altos al comienzo del cultivo y fueron decreciendo hasta el final del ciclo de cultivo. Estos resultados coinciden con los de Clavijo (1989) quien menciona que al inicio del ciclo de cultivo en plantas de chile jalapeño sus valores son altos debido al crecimiento rápido y a la división celular que se presenta en el crecimiento y desarrollo, con

respecto a una cantidad pequeña de biomasa presente en ese momento y conforme el tiempo pasa la TRC disminuye al final del cultivo porque ya obtiene más biomasa. Esto significa que, en la etapa inicial de desarrollo del cultivo, las concentraciones de los dos tratamientos les fueron eficientes para la elaboración de nuevo material.

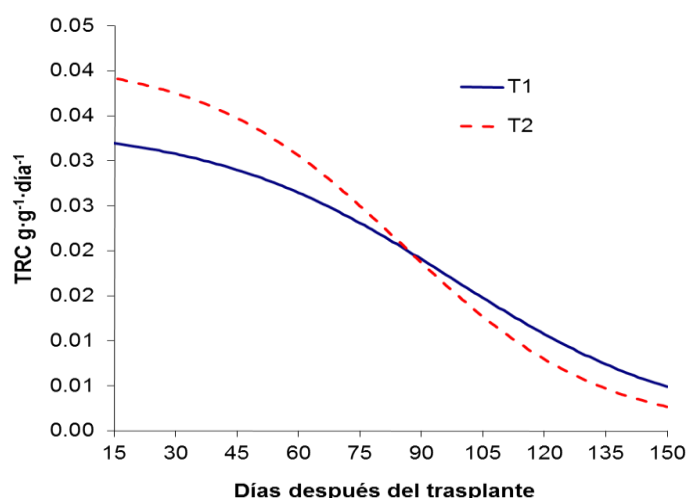


Figura 9. Cinética de la tasa relativa de crecimiento (TRC) de plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).

19.3.3 Tasa de asimilación neta (TAN)

La TAN como indicador de la eficiencia fotosintética promedio, presentó sus valores máximos al comienzo del cultivo, para el tratamiento 1 fue de $0.050 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$, y tratamiento 2 con $0.058 \text{ g} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ (Figura 10). El valor máximo de la TAN al inicio es normal en este cultivo ya que las hojas que están fotosintéticamente activas son sombreadas por las hojas nuevas e impiden su funcionamiento al 100 %. Estos valores coinciden con los observados en las especies de chile poblano (Martínez, 2006), chile manzano (Barraza, 2000) y minador (Antonio, 2000), con valores máximos en las primeras etapas de desarrollo y posteriormente el valor decrece,

aunque aparezcan hojas nuevas, las que están fotosintéticamente activas son sombreadas, lo que impide su funcionamiento total, del mismo modo las hojas interiores del dosel no reciben suficiente radiación lo que provoca que no fotosintetizen eficientemente. También concuerda con lo que encontraron Gardner *et al.* (1990), mencionaron que las ganancias de materia seca por unidad de área foliar decrece en la medida que brotan hojas nuevas, debido al sombreadamiento recíproco.

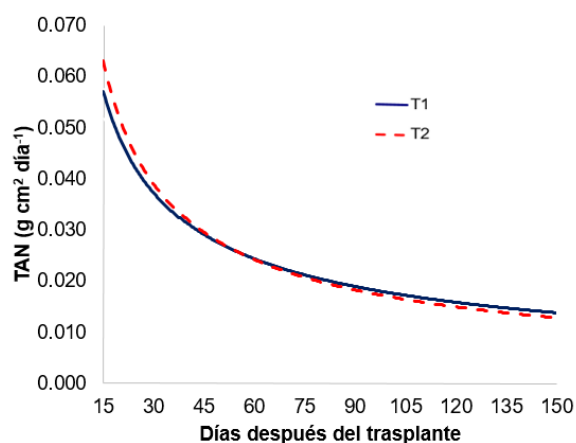


Figura 10. Cinética de la tasa de asimilación neta (TAN) en plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).

19.3.4 Razón de área foliar (RAF)

La RAF es uno de los principales parámetros morfológicos, utilizado para evaluar la relación entre el área foliar (sistema asimilatorio) y el peso seco total de la planta. De acuerdo con la Figura 15, los valores son muy similares durante el ciclo de cultivo, para el tratamiento 1 fue de $116.8 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, y para el tratamiento 2 fue de $118.7 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para el inicio del cultivo, luego tendió a decrecer en forma paulatina hasta el final del ciclo (Figura 11). Azofeifa *et al.* (1998), mencionan que los altos valores observados al inicio, se pueden asociar con una estrategia de sobrevivencia de las

plantas, para captar y procesar mejor la energía solar, lo cual es necesario para establecerse rápidamente en el campo, después del trasplante. La tendencia decreciente de la RAF se puede explicar, considerando el incremento en biomasa de la planta durante el ciclo de crecimiento, el cual proviene principalmente del incremento en peso de órganos como los frutos.

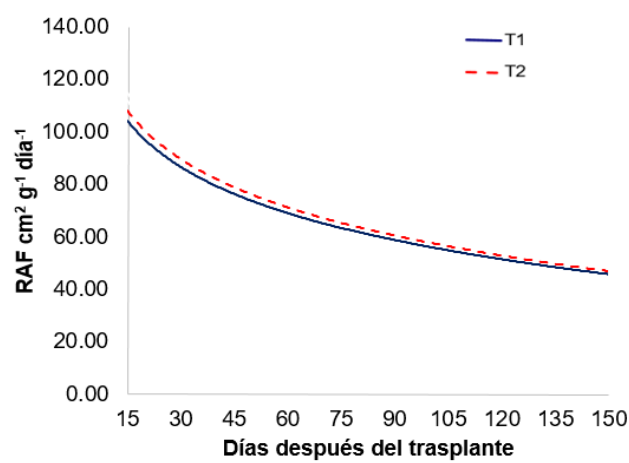


Figura 11. Cinética de la Razón de área foliar (RAF) en plantas de chile Boltet irrigadas con dos concentraciones de SNUS al 75 y 100 % en un ciclo de cultivo (150 días).

20. CONCLUSIÓN

En el análisis de crecimiento con las variables morfológicas, las plantas irrigadas con SNUS al 100 %, fueron las que obtuvieron valores mayores en las variables: altura de planta, diámetro del tallo, número de hojas y área foliar con 83.5 cm, 2.08 cm, 2520 y 10222cm² respectivamente, en las plantas irrigadas con SNUS al 75 % los valores fueron: 76 cm, 1.64 cm, 2003 y 7047 cm², no obstante, se concluye que no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones de SNUS.

La acumulación de materia seca con SNUS al 100 % y 75 % fue de 217.65 y 143.9 g planta⁻¹ respectivamente. El orden de acumulación de materia seca en los órganos fue: tallo > hoja > raíz > frutos, con porcentajes de 46.24, 25.7, 16.36 y 11.50 al final del cultivo, respectivamente. Sin embargo, no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones de SNUS.

Los índices de eficiencia fisiológica en las plantas de chile Boltet arrojaron unos valores superiores con SNUS al 100 vs SNUS al 75 %. Los valores para la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) fueron: 1.91 y 1.53 g·día⁻¹, respectivamente, en la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) fueron de 0.048 y 0.032 g·gramos⁻¹·día⁻¹, en la Tasa de Asimilación Neta (TAN) fueron de 0.058 y 0.050 mg·cm²·día⁻¹ y la Razón de Área Foliar (RAF) fueron de 118.7 y 116.8 cm²·g⁻¹·d⁻¹.

21. LITERATURA CITADA

- Azofeifa, A. 1998. Análisis del crecimiento del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589 en Alajuela, Costa Rica. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit M. 31(1): 1-12.
- Evans, C. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- Gardner, F., P. Brent, y R. Mitchell. 1990. Physiology of crop plants. Second Edition. Iowa State University. AMES. USA. P. 208.
- Hall, A. 1977. Assimilate source-sink relationship in *Capsicum annuum* L. I. The dynamics of growth in fruiting and deflorated plants. Aust. J. Plant Physiol. 4: 623:636.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis: studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Publisher). London. 67 p.
- Kirnak, D. 2003. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. Journal of plant Nutrition 26:263-277.
- Mithorphe, F., y J. Moorby. 1982. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. 202 p.
- Peil, R., y J. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. Revista Brasileira Agrociencia. 11:5-11.

- Shibles, R. 1987. Crop Physiology. Iowa, USA, Iowa State University. 214 p.
- Taiz, L., y E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Publicaciones de la Universidad Jaime I. de Castellón (dos volúmenes, traducción de la 3a edición en inglés de 2002).
- Xu, G., y U. Kafkafi. 2001. Effect of varying nitrogen form and concentration during growing season on sweet pepper flowering and fruit yield. Journal of plant Nutrition. 24:1099-1116.
- Zúñiga, E. 2003. Producción de chile jalapeño en suelo vertisol mediante la técnica de fertirrigación (riego por micro goteo). Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad de Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México. 171 p.

22. CAPÍTULO III. EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE CHILE BOLTET (*Capsicum annuum* L.)

23. RESUMEN

Se analizó el contenido y la extracción nutrimental de plantas de chile Boltet. Se empleó el diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y en dos tratamientos de solución nutritiva universal de Steiner (SNUS) al 75 y 100 % de concentración. Se realizaron diez muestreos destructivos con un intervalo de 15 días para generar las curvas de extracción nutrimental en partes completas y por órgano (hoja, tallo, raíz y fruto). Se calculó la extracción de los nutrimentos con una densidad de 20,000 plantas·ha⁻¹ y un rendimiento de 1225 g·planta⁻¹ de fruta fresca. Se realizó una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$) que no encontro diferencias significativas entre los tratamientos de SNUS 75 y 100 % de concentración. Para N, P, K, Ca y Mg se obtuvieron valores de 6.43, 1.74, 20.87, 6.18 y 0.61 g·planta⁻¹ y 6.7, 1.8, 21.59, 6.32 y 0.62 g planta⁻¹ para los tratamientos 1 y 2, respectivamente. Y para Fe, Cu, Mn, Zn y B se obtuvieron valores de 1.62, 97, 239, 415 y 83 mg·planta⁻¹ y 187, 171, 339, 460 y 95 mg·planta⁻¹ para los tratamientos 1 y 2, respectivamente. Al final del cultivo la planta acumuló el N, K, Ca, Mg, Fe y B en mayor cantidad en las hojas, P y Cu en los tallos y Zn y Mn en raíz. La mayor extracción de los nutrimentos ocurre entre los 75 a los 120 ddt, que corresponde a la etapa de fructificación.

Palabras clave: Boltet, extracción, absorción, concentración y curvas.

24.ABSTRACT

The content and nutritional extraction of chili Boltet plants were analyzed. The experimental design was used completely randomized with three replications and two treatments of universal Steiner nutrient solution (SNUS) 75 to 100 % concentration. ten destructive samplings were done with an interval of 15 days. Curves complete nutrient extraction and organ (leaf, stem, root and fruit) parts were generated. Extraction of nutrients at a density of 20,000 plants ha⁻¹ and a yield of 1225 g plant⁻¹ fresh fruit was calculated. Test means comparison Tukey ($\alpha \leq 0.05$) where there were no significant difference between treatments SNUS, 75 and 100 % concentration, for macronutrients N, P, K, Ca and Mg and values of 1.54, 0.39, 5.26, 2.80 and 0.15 g plant⁻¹ and 1.61, 0.42, 5.91, 2.98 and 0.17 g plant⁻¹, respectively. And for the micronutriments Fe, Cu, Mn, Zn and B the values 198.3, 29.27, 87.55, 20.59 and 213.7 mg plant⁻¹ and 233, 63.18, 53.4, 23.46 and 222.64 mg plant⁻¹ were obtained, respectively. At the end of the cycle. plant accumulated N, K, Ca, Mg, Fe and B in greater amounts in the leaves, P and Cu in stems and Zn and Mn in root. Most nutritional extraction is requiring from 75 to 120 DDT (on fruiting stages).

Keywords: Boltet, extraction curves, absorption and concentration.

25. INTRODUCCIÓN

En México existen condiciones agroclimáticas apropiadas para la producción comercial de chile Boltet, así como, para lograr altos rendimientos por área. Sin embargo, hay muy poca información sobre los requerimientos nutricionales durante el ciclo de la planta y sobre los períodos de máxima absorción de los diferentes nutrimentos (Barrientos 1988).

El estudio de la absorción de nutrimentos es la base fundamental de la fertilización en muchos cultivos. Los elementos con funciones específicas y esenciales en el metabolismo de las plantas se clasifican, según su concentración en la planta y conforme a sus requerimientos para el adecuado crecimiento y producción, en dos grupos: macronutrimentos y micronutrimentos (Marschner, 1995; Epstein y Bloom, 2004).

Una forma utilizada para establecer la cantidad de fertilizante a aplicar a un cultivo consiste en evaluar la composición mineral de la biomasa de la planta, esta información permite saber la demanda total de nutrimentos que son tomados del sustrato, así se puede calcular la cantidad de nutrimentos requeridos por la planta para expresar un rendimiento esperado.

La solución nutritiva generada por Steiner, se basó en una presión osmótica de 0.7 atmosferas y pH de 6.5, aunque estos valores no son universales. Solo las relaciones mutuas entre los aniones y los cationes se conciben como universales, permitiendo diferentes preparaciones a distintas presiones osmóticas deseadas y valores de pH, la solución nutritiva de Steiner expresa las relaciones mutuas entre los cationes

potasio, calcio y magnesio; y los aniones nitrato, fosfato y sulfato (Steiner, 1984). En la solución nutritiva Steiner, todo el nitrógeno está presente en forma de nitrato no como amonio. La razón es que los iones amonio en una solución nutritiva son tóxicos en mayor o menor grado para muchas plantas (Steiner, 1984).

La absorción de nutrimentos es un fenómeno que ocurre diariamente y cada proceso metabólico de la planta requiere nutrimentos cualitativa y cuantitativamente diferentes. La determinación de la duración y las variaciones en biomasa de cada una de las etapas fenológicas, y su relación con los cambios en la concentración de elementos, en diferentes tejidos de la planta, permitirá familiarizarse con los requisitos nutricionales del cultivo. De esta forma se podrán desarrollar curvas de absorción, que es la manera apropiada para afinar los programas de fertilización (Bertsch 1993).

El objetivo de esta investigación fue generar las curvas de extracción nutrimental en plantas de chile Boltet en dos diferentes concentraciones (75 y 100 %) de solución nutritiva universal de Steiner. Con la hipótesis de que en la mayoría de los *Capsicum annuum*, en la etapa de fructificación ocurre la mayor extracción nutrimental.

26. MATERIALES Y MÉTODOS

26.1 Sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo de abril a diciembre del 2014 en un invernadero del campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado geográficamente a 19° 29" de latitud Norte y 98° 53" longitud Oeste, a una altitud de 2240 msnm (García, 1988). Con una temperatura y humedad relativa promedio dentro del invernadero de 18 °C y 64 %, respectivamente.

La medición de las variables morfológicas se realizó en el laboratorio de Fisiología Vegetal del Departamento de Fitotecnia y la determinación de los nutrimentos de las muestras vegetales se llevó acabo en los laboratorios de Nutrición Vegetal y Análisis Químicos del Departamento de Suelos de la misma institución.

26.2 Material Vegetal

Se obtuvieron semillas de chile Boltet de una colecta que se realizó en el mes de marzo en los municipios de Berriozábal, Suchiapa y Villaflores en el Estado de Chiapas. Los frutos se colectaron de 7 plantas compactas, con entrenudos cortos, hojas pequeñas, flores blancas y frutos rojos.

26.3 Solución nutritiva

Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico, la solución nutritiva fue preparada con los fertilizantes y dosis que recomiendan Pérez y Castro (2010). Se simularon dos concentraciones de SNUS 75 y 100 % (Cuadro 8).

Cuadro 8. Cantidad de fertilizantes para preparar 450 L de solución nutritiva universal de Steiner en dos concentraciones (75 y 100 %) para irrigar plantas de chile Boltet en un ciclo de cultivo (150 días).

Fuente comercial	75 %	100 %
	(g)	
Ca(NO ₃) ₂	310	413.4
KNO ₃	106.2	141.6
H ₃ PO ₄	30.15	40.2
K ₂ SO ₄	270	360
MgSO ₄ ·7H ₂ O	184.5	246
MnSO ₄ ·4H ₂ O	3.75	5
FeSO ₄ ·7H ₂ O	9	12
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.75	1
H ₃ BO ₃	0.75	1
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.22	0.3

Fuente: Pérez y Castro, (2010).

26.4 Diseño experimental y de tratamientos

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA) para los datos que produjo un experimento en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y dos tratamientos de SNUS (75 y 100 % de concentración). La unidad experimental consistió en una planta.

26.5 Análisis de muestras para la extracción nutrimental

Se realizaron 10 muestreos cada 15 días a partir del trasplante, se extrajeron tres plantas por tratamiento. Se separaron en hoja, tallo, raíz y fruto. Se pesaron en fresco en una báscula digital marca Sartorius 1205 MP y se sometieron a una estufa a 70 °C durante 72 horas, se sacaron y se pesaron en la balanza digital y se obtuvo el peso seco (g) por órgano y de la planta completa.

26.6 Contenido y extracción nutrimental

En cada muestreo se cuantificó el contenido nutrimental por órganos (hoja, tallo, raíz y frutos) y en planta completa y la extracción de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B, en la biomasa aérea total según el nutrimento.

Se realizó una digestión húmeda para cada muestra con una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico, relación 4:1 y peróxido de hidrógeno, después se llevó a una plancha de digestado marca Thermo Scientific Type 2200 a una temperatura de 300 °C hasta aclarar la muestra y después se aforó a 50 ml con agua destilada.

El nitrógeno se determinó con el método de arrastre de vapor Microkjeldahl, en fósforo se usó el método de fotolorimetría por reducción con molibdo-vanadato y se midió en un fotolorímetro marca Genesys 10uV Scanning calibrado a 420 nanómetros. Potasio se realizó en un flamómetro marca Flame Photometer 410, calibrado con 10, 20, 30, 40 y 50 ppm (Etchevers *et al.*, 1999). Calcio, magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc se determinaron en un Espectrofotómetro marca GBC Scientific Equipment, Modelo Savant AA Sigma y boro se llevó a cabo por medio de Fotolorimetría con AZOMETINA-H.

Con las lecturas obtenidas para cada elemento y con base en la cantidad de materia seca obtenida por muestra se determinó la extracción nutrimental por planta.

26.7 Análisis de datos

Para establecer las diferencias estadísticas entre las medias en la extracción nutrimental en la planta completa y de cada órgano (hoja, tallo, raíz y fruto), se aplicó

la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha < 0.05$), a través del paquete estadístico SAS 9.0.

26.8 Manejo del experimento

La siembra se realizó en charolas de unicel de 200 cavidades, se utilizó peat moss como sustrato previamente humedecido para el llenado de las charolas. Se depositaron dos semillas por cavidad para asegurar el 100 % de la germinación. Posteriormente, las charolas se apilaron y se cubrieron totalmente con plástico negro para generar la temperatura y humedad adecuadas para su germinación. A los tres días después de la emergencia se hicieron aplicaciones de agua cada tercer día y al aparecer la primera hoja verdadera se aplicó solución nutritiva al 25 % durante 15 días, posteriormente se incrementó la concentración de SNUS al 50 % hasta el momento del trasplante (55 dde). Se realizó una aplicación de PHC T-22® (*Trichoderma harzianum*), como preventivo, regulador y antagonista de hongos fitopatógenos, induciendo el control natural de enfermedades fungosas. La aplicación se hizo sumergiendo la charola en solución del producto hasta cubrirla durante 5 a 10 segundos. El trasplante se realizó en macetas de polietileno negro de 0.40 * 0.45 m, de calibre 700 con capacidad 16 L, como sustrato se utilizó tezontle fino con un diámetro de partícula de 0.5 mm. La aplicación de solución nutritiva fue mediante un sistema de riego por goteo con un gasto de 1 L/h. El consumo de solución de la planta al momento del trasplante fue de 250 mL·d⁻¹ y conforme la planta fue desarrollándose, el consumo fue incrementando hasta llegar al final del cultivo con una demanda de 1200 mL·p⁻¹·d⁻¹.

Se establecieron trampas adhesivas (amarillas y azules) distribuidas e intercaladas dentro del invernadero a una altura de 1 m de la base del suelo, para llevar a cabo un monitoreo cada cinco días y determinar los umbrales de daño económico.

Se detectó *Myzus persicae* (pulgón) y *Spodoptera exigua* (gusano soldado) a los 60 ddt, presentándose en las hojas medias y apicales de la planta. Se aplicó Imidacloprid y Lambdacihalotrina para combatir estos insectos a razón de 0.6 y 1 mL L⁻¹ de agua, respectivamente.

27. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los dos tratamientos empleados en esta investigación de (SNUS) no se observaron síntomas visibles de deficiencias mínimas de los nutrientes, excepto para magnesio al presentar deficiencia en las plantas de chile Boltet a los 90 días después del trasplante (etapa de fructificación), donde se obtuvo mayor extracción de los nutrientes, sin embargo, los niveles de suficiencia para cada nutriente de la extracción por el tejido vegetal de las plantas de chile boltet se encuentran dentro del rango establecido para *Capsicum annuum* L. (Cuadro 9) Jones *et al.* (1991).

Cuadro 9. Niveles de suficiencia de los nutrientes en *Capsicum annuum*.

CULTIVO	<i>Capsicum annuum</i>		
PARTE DE LA PLANTA	Hoja completa desarrollada		
TIEMPO	Segunda floración		
ELEMENTO	BAJO	SUFICIENTE	ALTO
		%	
N	3.50-3.99	4.0-6.00	> 6.0
P	0.23-0.34	0.35-1.0	> 1.1
K	3.60-3.99	4.00-6.0	> 6.0
Ca	0.80-0.99	1.00-2.5	> 2.5
Mg	0.26-0.29	0.30-1.0	> 1.0
		mg·kg ⁻¹	
B	23-24	25-75	> 75
Cu	4-5	6-25	> 25
Fe	50-59	60-300	> 300
Mn	40-49	50-250	> 250
Zn	18-19	20-200	> 200

Fuente: Jones *et al.* (1991).

27.1 Macronutrientes

27.1.1 Nitrógeno

El contenido de Nitrógeno (N) fue similar en los dos tratamientos (75 y 100 % de concentración). Las plantas del tratamiento uno arrojaron valores de 3.87 %,

inferiores a los del tratamiento 2 con 4.15 % de N, los valores más altos se presentaron en la etapa vegetativa (30 ddt) y en etapa de fructificación (105 ddt), puesto que se requiere de N para el desarrollo de hojas, tallos e inicio de formación de frutos (Figura 12a), sin embargo, los valores de los dos tratamientos estuvieron dentro de los niveles de suficiencia propuestos por Jones *et al.* (1991), quienes mencionan que los valores de concentración de N en tejido foliar varia de 1.5 a 6 %, con un intervalo de suficiencia de 3 a 5 %. Sin embargo, no presentó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los contenidos de las dos concentraciones.

La extracción nutrimental de N por el tratamiento 1 alcanzó valores de $6.43 \text{ g.planta}^{-1}$, donde el mayor porcentaje de la extracción de N en la planta se encuentra en las hojas y el tallo con 39.75 y 35.91 %, respectivamente, seguido por el fruto 12.55 % y raíz 11.52 %. Respecto al tratamiento 2 la planta extrajo $6.70 \text{ g.planta}^{-1}$, de los cuales, el mayor porcentaje se encontró en hojas y tallos con 30.76 % y 30.61 %, respectivamente, en fruto 27.88 % y raíz 10.82 % (Figura 12b).

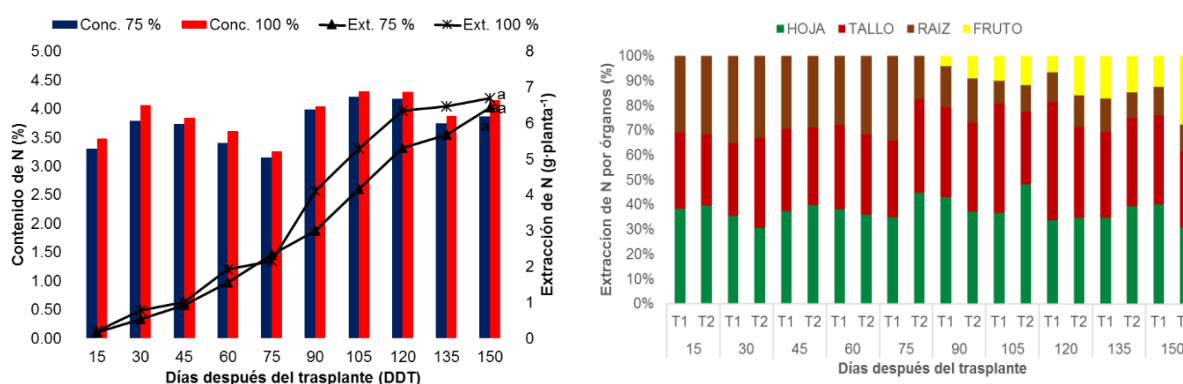


Figura 12. a) Contenido y extracción de nitrógeno y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

En las curvas de extracción de nitrógeno para ambos tratamientos mostraron una tendencia similar durante la etapa de floración con 14 % de extracción, en la etapa de floración obtuvo un valor de 17 % y en la etapa de fructificación alcanzó su máxima extracción con un 59 % y se mantuvo hasta finalizar el ciclo, lo que significa que, las plantas pueden abastecer su requerimiento de N con una SNUS al 75 % durante todo el ciclo del cultivo (150 días). Esto coincide con los datos obtenidos en el análisis de crecimiento con materia seca donde la aplicación de SNUS al 75 y 100 % no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones.

27.1.2 Fósforo

Jones *et al.* (1991), mencionan que el nivel de suficiencia de Fosforo (P) en plantas de chile varia de 0.23 a 1.1 %, con un intervalo de variación de 0.35 a 1.00 %. El contenido de P en las plantas no presentó diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos, con valores de contenido total para tratamiento 1 de 1.04 % y tratamiento 2 de 1.12 %, los máximos valores de P se encontraron al inicio de la etapa vegetativa (15 ddt) y en etapa de fructificación (120 a 135 ddt) debido a que el P se encuentra principalmente en la formación y translocación de sustancias como azúcares y almidón, interviene en los procesos de maduración y formación de semillas y está involucrado en la fijación simbiótica del nitrógeno (Ozanne, 1980) (Figura13a). Estos resultados indican que, están dentro de los niveles de suficiencia como lo marca Jones *et al.* (1991) en cultivos de chile.

De las cantidades totales extraídas de P, en la etapa vegetativa se obtuvo el 11 %, en etapa de floración 13 %, periodo de formación de frutos 61.6 % y en la

maduración de frutos y cosecha 14 %. Los tratamientos 1 y 2 fueron similares durante el ciclo de cultivo con la extracción final de 1.74 y 1.82 g.planta⁻¹, respectivamente, (Figura 13a), el mayor porcentaje de P en la planta se encuentra en el tallo con 35.29 %, hoja 26.41 %, raíz 22.68 % y fruto 15.56 % (Figura 13b). para los dos tratamientos. La comparación de medias no presento diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos. El comportamiento de fósforo es congruente con la forma de distribución que tienen las plantas, ya que los tallos y hojas jóvenes que se encuentran en activo crecimiento contienen altas cantidades de P orgánico en forma de ácidos nucleicos y fosfolípidos (Mengel y Kirkby, 1982). Nuez *et al.* (1996) reportan valores altos de fosforo en especies del género *Capsicum* de 0.52 a 1.03 kg de P₂O₅ para producir una tonelada de fruto. En este estudio los valores resultaron dentro de este intervalo, con una extracción de 0.78 kg de P₂O₅ para producir una tonelada de fruto.

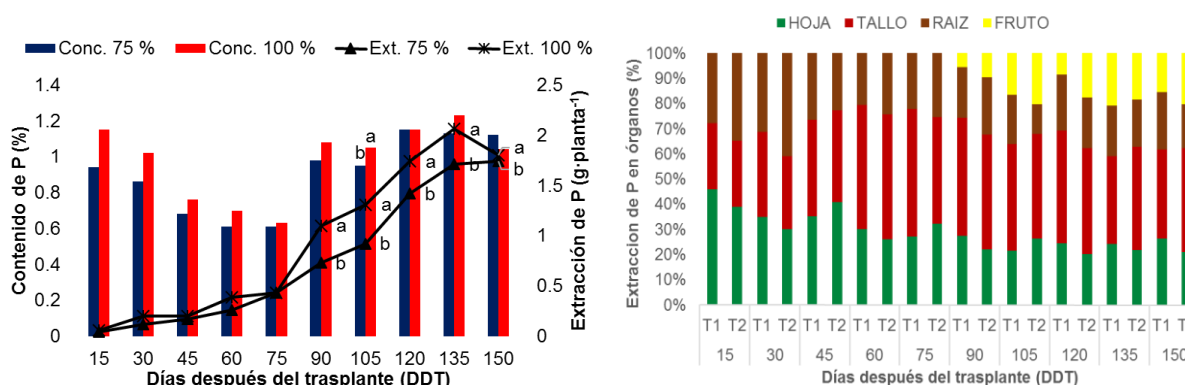


Figura 13. a) Contenido y extracción de fosforo y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

27.1.3 Potasio

El nivel de suficiencia propuesto por Jones *et al.* (1991) para el contenido de potasio (K) en plantas de chile varia de 3.60 a 6.0 %, con un intervalo de suficiencia de 4.0 a 6.0 %. En este estudio los valores fueron 7.58 y 8.88 % de los tratamientos 1 y 2, respectivamente, fueron superiores a los que propone Jones *et al.* (1991) (Figura 14a). Los resultados no mostraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos, lo que significa que ambas concentraciones son estadísticamente iguales.

Referente a la extracción nutrimental, estadísticamente no hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) de K, en el tratamiento 1 se obtuvieron valores de 20.87 g-planta⁻¹, la mayor extracción se obtuvo en el tallo con 47.26 %, hoja 36.06 %, fruto 10.10 % y raíz 6.85 %. En el tratamiento 2 fue de 21.59 g-planta⁻¹ y este obtuvo la mayor extracción en las hojas con 41.98 %, tallo 37.40 %, fruto 12.53 % y raíz 8.43 %. Los datos de extracción de K por los frutos en ambos tratamientos son estadísticamente diferentes por las diferencias en la acumulación en materia seca de estos, además son inferiores a los valores obtenidos para la parte vegetativa y fue en la etapa de fructificación donde ocurrió la mayor extracción con 62 % de potasio. Hedge (1997), Morales (1999), Núñez *et al.* (1996) y Rincón *et al.* (1995), mencionan que en los frutos de varios cultivares de *Capsicum annuum* los valores de extracción de K son similares en el fruto y en la parte vegetativa, Marschner (1986) por su parte señala que en los frutos carnosos la concentración de K es muy alta y a la madurez la mayor parte del K está en ellos; en esta investigación no sucedió ninguna de las dos cuestiones, por lo que los frutos no fueron el principal punto de demanda de este

elemento y los frutos son muy pequeños en comparación del peso de la parte vegetativa (Figura 14b).

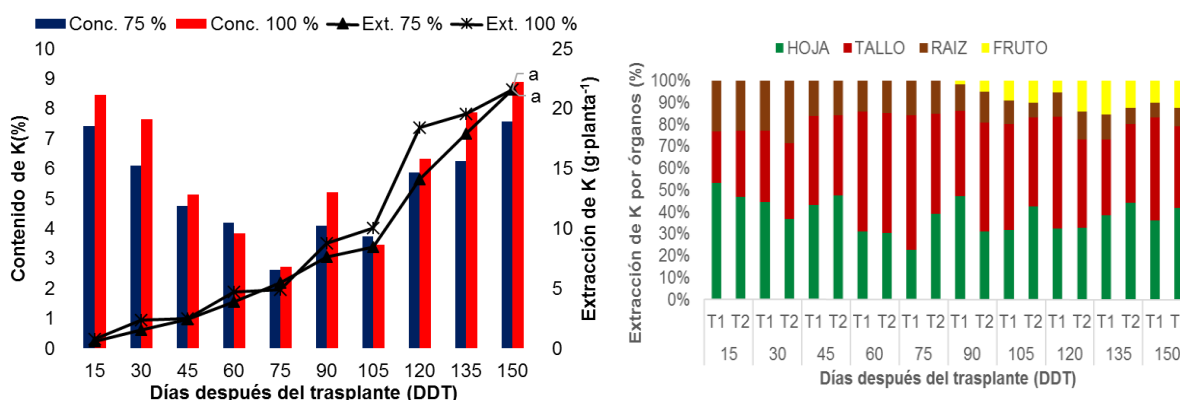


Figura 14. a) Contenido y extracción de potasio y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

Con el dato de K que extrajo la planta de chile Boltet de 5.91 g, se necesitan 4.82 kg para producir una tonelada de fruto, lo que concuerda con Morales (1999) indico que la planta de chile mirasol absorbe 5.3 g para de K para producir 1 tonelada de frutos. Por otra parte, Hedge (1997) el cultivo de chile necesita en total de 5 a 6 kg de K para producir una tonelada de fruto.

27.1.4 Calcio

El contenido de calcio (Ca) en una hoja con deficiencia es menor a 0.99 %, mientras que en una hoja normal es de 1 a 2.5 % (Jones *et al.*, 1991), pero en las plantas de chile Boltet los valores fueron superiores a esos niveles permisibles. En el tratamiento 1 los máximos valores de Ca se observaron al inicio de la etapa de fructificación con 3.93 % y en la etapa de maduración de frutos los valores

decrecieron a 3.64 %. Así mismo para el tratamiento 2 en la etapa de fructificación se obtuvo 4.2 % y al finalizar el ciclo el contenido fue 3.98 %. Sin embargo, no se observaron síntomas de toxicidad en puntos de crecimiento ni en tejidos de almacenamiento y frutos.

Los valores de las medias de Ca en la extracción nutrimental son estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$) al finalizar el ciclo del cultivo, es decir no hubo efecto entre las concentraciones de SNUS en las plantas de chile Boltet (Figura 15a). Para el caso del tratamiento 1 fue de 6.18 g·planta⁻¹, del cual, la hoja extrajo 36.44 %, tallo 28.81 %, raíz 27.65 % y fruto 7.35 %. Respecto al tratamiento 2, la extracción total de la planta fue de 6.32 g·planta⁻¹, la parte vegetativa fue la que extrajo mayor cantidad con 35.63 %, raíz 29.17 %, tallo 28.58 % y fruto 6.76 % (Figura 15b).

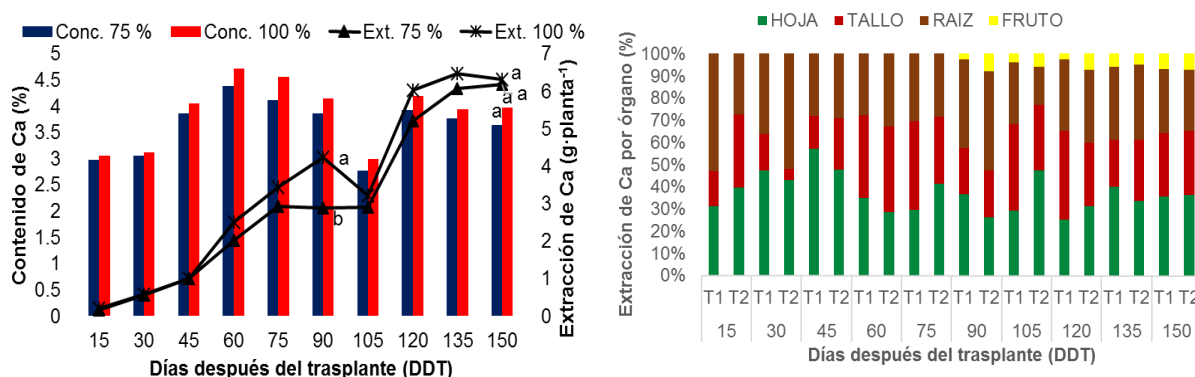


Figura 15. Contenido y extracción de calcio y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

Para *Capsicum annuum*, Nuez *et al.* (1996), mencionan que el 95 % del Ca lo extrae la parte vegetativa, en cambio Rincón *et al.* (1995) señalan que los frutos y la parte vegetativa acumulan cantidades similares, pero en las plantas de chile Boltet los valores obtenidos para la parte vegetativa solo representan el 28 % del total de Ca

extraído y 56 % en etapa de formación y maduración de frutos valor que indica que esta parte representó el punto de mayor demanda de la planta por este elemento.

La cantidad de Ca extraída por una planta de chile boltet del tratamiento 75 % de concentración es de 4.94 kg para producir 1 tonelada de fruto.

27.1.5 Magnesio

Jones *et al.* (1991), señalan que el contenido de magnesio de una planta es variable, con valores de suficiencia de 0.30 - 1 % en la mayoría de los cultivos. Arcos *et al.* (1998) señalan un valor de 0.31–1 % en follaje y Piggott (1998) menciona que de acuerdo a la fenología se tiene 1–1.7 % en etapa vegetativa intermedia y de 0.25 a 1.2 % al inicio de fructificación. Sin embargo, el contenido de Mg en las plantas de chile Boltet para los tratamientos 1 y 2 fue de 0.35 y 0.43 %, respectivamente (Figura 16a), lo que indica que están dentro de los niveles de suficiencia como lo indica Jones *et al.* (1991). El contenido de Mg mostró una tendencia similar durante el ciclo de cultivo, sin presentar diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones de la solución nutritiva.

El comportamiento de la extracción nutrimental de Mg en plantas de chile Boltet para los tratamientos 1 y 2 fue de 0.61 y 0.62 g-planta⁻¹, respectivamente, en la etapa de maduración de frutos fue donde demandó más la extracción con 62 %, y la distribución en los órganos fue: hoja 46 %, tallo 26 %, raíz 19 % y fruto 9 %. Las medias de los tratamientos no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones (Figura 16a), En *Capsicum annuum* Rincón *et al.* (1995) mencionan que en la parte vegetativa y los frutos extraen cantidades similares, pero

en las plantas de chile Boltet el 52 % de este elemento está en la parte vegetativa. Dichos valores pueden asociarse a que la mayor absorción de Mg se da en las hojas debido a que forma parte de la molécula de clorofila, siendo esencial en el proceso de fotosíntesis (Marschner, 2012).

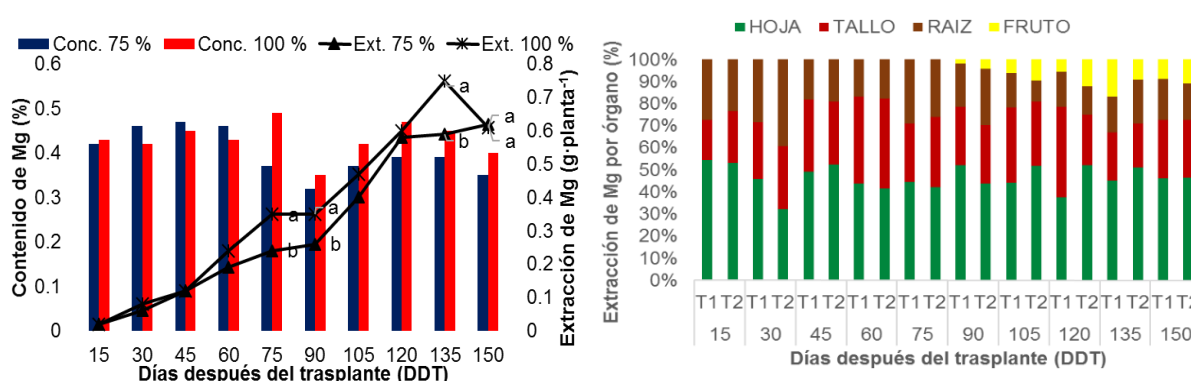


Figura 16. a) Contenido y extracción de magnesio y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

El incremento acelerado en la curva en la etapa de fructificación (120 ddt) puede atribuirse a que el número de hojas aumentó y es en este órgano donde se sintetiza gran cantidad de clorofila y otros pigmentos. Estos valores son presentados en etapa de crecimiento vegetativo y en el desarrollo de frutos e inicio de cosecha. Rodríguez (1996) indica que este nutrimento forma parte de los pectatos de calcio y magnesio de las semillas de la célula; es abundante en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos. Del 15 al 30 % de total de la extracción de Mg en la planta está asociado con la molécula de clorofila, el otro 70 o 80 % está asociado como cofactor en varios procesos enzimáticos, fotosíntesis y respiración, la asimilación de carbono y transformaciones de energía (Mendel *et al.*, 2001).

27.2 Micronutrientes

27.2.1 Hierro

Durante la etapa vegetativa e inicios de la floración se presentaron los máximos valores del contenido de hierro (Fe) con 118.49 y 126.97 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los tratamientos 1 y 2, respectivamente, durante el desarrollo en la etapa de fructificación y maduración de frutos los valores fueron similares con 103.82 y 108.58 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente, (Figura 17a). En *Capsicum annuum* el intervalo de suficiencia de la concentración de Fe varía de 60 a 300 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Jones *et al.* 1991), lo que indica que los niveles de Fe están dentro los rangos permisibles para el desarrollo de las plantas de chile Boltet.

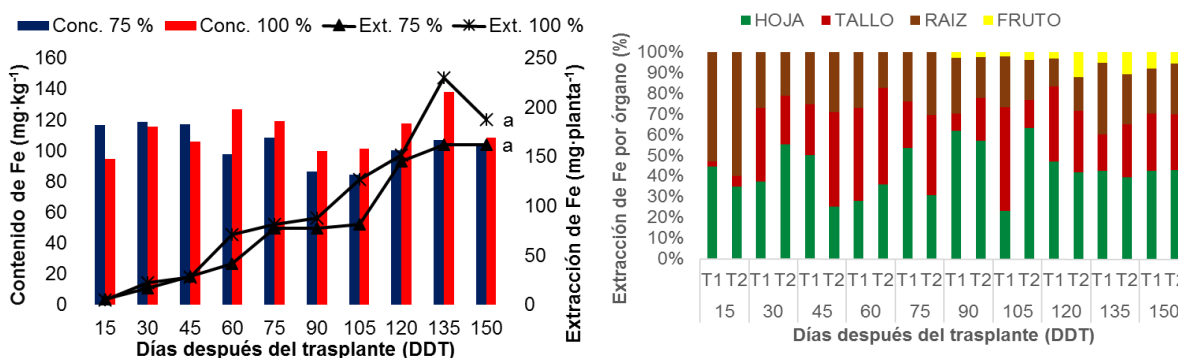


Figura 17. a) Contenido y extracción de hierro y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración ^a: Curva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

El comportamiento de la extracción de hierro en la etapa de floración para los tratamientos 1 y 2 fue 77.55 y 81.23 $\text{mg}\cdot\text{planta}^{-1}$, respectivamente, los máximos valores se encontraron en la etapa de fructificación con 162.2 y 229.81 $\text{mg}\cdot\text{planta}^{-1}$, respectivamente para los tratamientos 1 y 2 (Figura 17a), y al final del ciclo de cultivo las plantas extrajeron 160.3 y 187.58 $\text{mg}\cdot\text{planta}^{-1}$, respectivamente, y la distribución

de la extracción en los órganos fue: hoja 44.71 %, tallo 29 %, raíz 22.6 % y fruto 8.58 % (Figura 17 b).

27.2.2 Cobre

La tendencia del contenido de Cu es similar en los dos tratamientos 1 y 2 hasta la etapa de floración con 42.13 y 55.34 mg kg⁻¹, respectivamente, posteriormente al inicio de la fructificación los valores se incrementaron paulatinamente, con diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) a 165.32 mg·kg⁻¹ en el tratamiento 1 y 175.37 mg·kg⁻¹ para el tratamiento 2, al final del cultivo los valores disminuyeron a 62.83 y 99.23 mg·kg⁻¹ para el tratamiento 1 y 2, respectivamente (Figura 18a). Según Jones *et al.* (1991) los valores de suficiencia de Cu en las hojas de varios cultivos agrícolas varían de 6 a 25 mg·kg⁻¹ lo cual indica que los valores obtenidos en esta investigación son exageradamente altos en los dos tratamientos. Por otro lado, Piggott (1988) el intervalo adecuado es de 10 a 20 mg kg⁻¹ en la parte vegetativa intermedia y de 10 a 200 mg kg⁻¹ al inicio de la fructificación.

La dinámica de la extracción de Cu fue similar en los tratamientos 1 y 2 durante la etapa vegetativa y floración con 10.44 y 19.66 mg·planta⁻¹. En las etapas de fructificación y de cosecha el comportamiento de la dinámica fue estadísticamente diferente ($\alpha \leq 0,05$), la máxima extracción para el tratamiento 1 fue a los 90 ddt con 155.37 mg·planta⁻¹, en cambio en el tratamiento 2 los máximos valores fueron en los 105 ddt con 220.76 mg·planta⁻¹. Al finalizar el ciclo (150 ddt) en los tratamientos 1 y 2 los valores fueron de 97.83 y 171.56 mg·planta⁻¹, y la distribución en los órganos fue: tallo 47.42 %, hoja 36 %, raíz 14.38 % y fruto 1.20 % (Figura 18b).

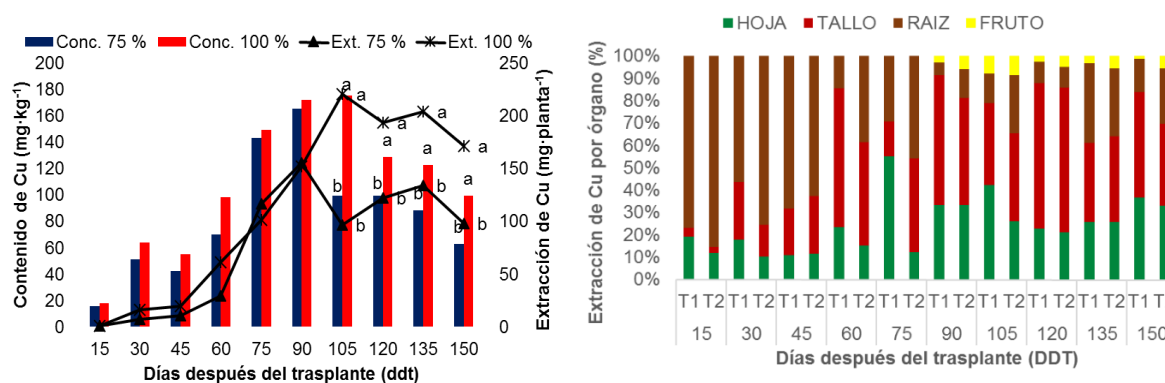


Figura 18. a) Contenido y extracción de cobre y b) porcentaje de extracción por órganos de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

27.2.3 Zinc

Para Zinc (Zn) el intervalo de suficiencia varía de 20 a 200 mg·kg⁻¹ en materia seca, aunque algunas plantas pueden acumular varios cientos de mg·kg⁻¹ (Jones *et al.*, 1991). Lo que coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, el contenido de Zn al final del ciclo de cultivo fue de 155.14 y 197.09 mg·kg⁻¹ para el tratamiento 1 y 2, respectivamente (Figura 19a).

La extracción máxima de Zn durante el desarrollo fenológico de las plantas de chile Boltet se llevó a cabo en la etapa de fructificación con 59 %. Al finalizar el ciclo de cultivo los valores no presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$), para los tratamientos 1 y 2 con 239.29 y 339.48 mg·planta⁻¹, respectivamente, (Figura 19a) y la distribución de extracción en los órganos fue: raíz 42.12 %, hoja 28.94 %, tallo 21.32 % y fruto 7.49 % (Figura 19b).

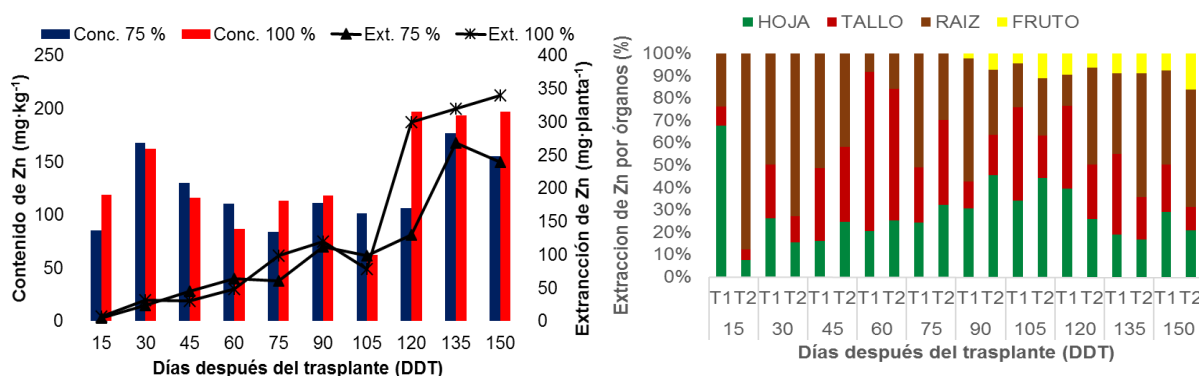


Figura 19. a) Contenido y extracción de zinc y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

27.2.4 Manganeso

Jones *et al.* (1991), mencionan que, en varios cultivos hortícolas los niveles de suficiencia de Mn varían de 50 a 250 mg·kg⁻¹, en la materia seca de hojas y en el tejido foliar puede alcanzar 200 mg·kg⁻¹. En cambio, Piggott (1998) menciona que en *Capsicum annuum* los valores de suficiencia oscilan de 26 a 300 mg·kg⁻¹. Referente a los contenidos de este elemento en la etapa de floración (60 ddt) en los tratamientos 1 y 2 obtuvieron 166.45 y 185.3 mg·kg⁻¹, los máximos valores se encontraron en etapa de fructificación (120 ddt) con 311.33 y 368.93 mg·kg⁻¹ y al finalizar el ciclo de cultivo (150 ddt) los valores fueron 238.47 y 296.1 mg·kg⁻¹, respectivamente.

La máxima extracción de Mn se presentó en etapa de fructificación (120 ddt) con 490.56 y 554.59 mg·planta⁻¹, respectivamente para los tratamientos 1 y 2, al finalizar el ciclo de cultivo, el tratamiento 1, la planta completa extrajo 415.04 mg·planta⁻¹ y el tratamiento 2 460.2 mg·planta⁻¹. En los órganos la distribución se obtuvo: raíz 46.11

%, hoja 27.99 %, tallo 23.04 % y fruto 2.84 %. El porcentaje obtenido en los frutos es bajo en comparación con resto de los demás órganos, debido a que es un elemento con poca movilidad hacia los frutos (Figura 20b).

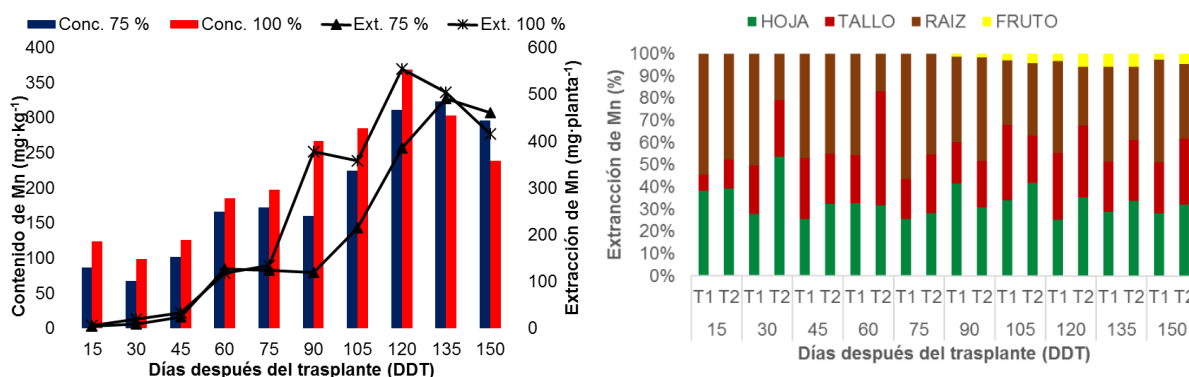


Figura 20. a) Contenido y extracción de manganeso y b) porcentaje de extracción por órganos de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

27.2.5 Boro

El contenido de Boro (B) en las plantas de chile Boltet en la etapa de fructificación (75 ddt) fue de 51.74 y 55.27 mg·kg⁻¹, para el tratamiento 1 y 2, respectivamente, y el máximo contenido para el tratamiento 1 fue en la etapa de fructificación con 56.69 mg·kg⁻¹, en cambio para el tratamiento 2 fue a los 90 ddt con 69.39 mg·kg⁻¹. Al final del ciclo de cultivo el contenido fue de 47.63 y 61.44 mg·kg⁻¹, respectivamente para los tratamientos 1 y 2, sin presentar diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) (Figura 21a). Estos valores coinciden con (Arcos *et al.*, 1998) al mencionar que el intervalo de suficiencia de B en *Capsicum annuum* es de 40 y 100 mg·kg⁻¹. Y con los de Jones *et al.* (1991) donde reporta valores de 25 a 75 mg·kg⁻¹.

Al inicio de la etapa de fructificación el comportamiento de la extracción de B para los tratamientos 1 y 2 son similares al presentar valores de 36.96 y 37.69 mg·planta⁻¹, respectivamente, sin embargo, en la misma etapa a los 105 ddt las medias de los tratamientos mostraron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) con valores en el tratamiento 1 de 54.91 mg·planta⁻¹ y para el tratamiento 2 fue de 87.37 mg·planta⁻¹. Al finalizar el ciclo de cultivo, las plantas del tratamiento 1 y 2 extrajeron un total de 82.94 y 95.59 mg·planta⁻¹, el órgano que mayor porcentaje de extracción obtuvo para este elemento fue la hoja 54.10 %, tallo 25.78 %, raíz 13.11 % y fruto 6.94 %. (Figura 21b).

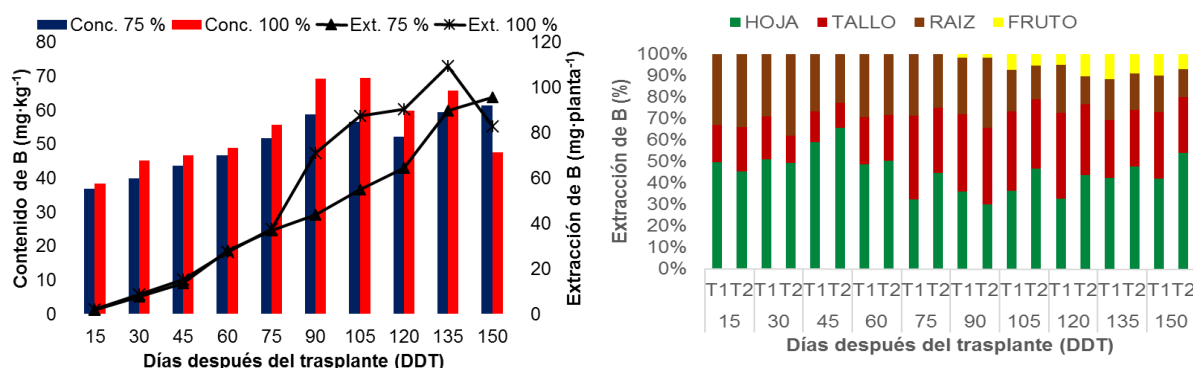


Figura 21. a) Contenido y extracción de boro y b) porcentaje de extracción por órgano de plantas de chile boltet durante el ciclo de cultivo (150 días) con SNUS al 75 y 100 % de concentración, ^aCurva con la misma letra en el mismo muestreo se consideran estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$). 15 a 30 ddt etapa vegetativa; 45 a 75 etapa de floración; 75 a 135 fructificación y 135 a 150 maduración de frutos.

27.3 Extracción por tonelada de fruto en plantas de chile Boltet

De acuerdo con las 20,000 plantas·ha⁻¹ y los valores obtenidos de la extracción nutrimental permitieron calcular de manera aproximada la cantidad requerida de cada nutrimento para obtener 1 tonelada de fruto por planta y el total por hectárea para producir un rendimiento potencial promedio de 1225 g·planta⁻¹ (Cuadro 10).

Cuadro 10. Cantidad de nutrimentos para obtener una tonelada de fruto y un potencial promedio por hectárea de chile Boltet al 75 y 100 % de SNUS en un ciclo de cultivo (150 días).

NUTRIMENTOS											
	Conc.	Kg					g				
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Planta	75 %	5.26	1.42	17.17	5.05	0.5	131.9	80.1	195.9	311	67.9
	100 %	5.49	1.47	17.69	5.18	0.5	153.1	140.6	278.2	340.1	78.5
Hectárea	75 %	128.58	34.8	419.19	123.46	12.2	3220	1954.4	4779.96	7588	1658.7
	100 %	133.95	35.8	431.63	126.39	12.2	373.32	343.11	6789.54	8300	1911.7

Conc: Concentración.

28.CONCLUSIÓN

El comportamiento de la extracción de los nutrimentos para el cultivo de chile Boltet, no se observaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos 1 y 2. Para el tratamiento uno al final del cultivo los valores obtenidos en los macronutrimentos (N, P, K Ca y Mg) fueron de: 6.43, 1.74, 20.87, 6.18 y 0.61 g·por·planta⁻¹ y para micronutrimentos (Fe, Cu, Zn, Mn y B) fueron de: 162, 97, 239, 415 y 83 mg·planta⁻¹, respectivamente y para el tratamiento 2 los valores fueron 6.7, 1.8, 21.59, 6.32 y 0.62 para N, P, K Ca y Mg, respectivamente y 187, 171, 339, 460 y 95 para, Fe, Cu, Zn, Mn y B, respectivamente. Se concluye que los efectos de las concentraciones son estadísticamente iguales, por lo tanto, la aplicación de solución nutritiva universal de Steiner a 75 % es ampliamente confiable para llevar a cabo la nutrición en plantas de chile Boltet.

De acuerdo con las 20,000 plantas·ha⁻¹ y los datos de la extracción nutrimental permitieron calcular de manera aproximada la cantidad requerida para obtener una tonelada de fruta fresca de chile Boltet en condiciones de invernadero. Estos requerimientos son: 5.26, 1.42, 17.17, 5.05 y 0.5 kg de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y 131.9, 80.1, 195.9 377 y 67.9 g de Fe, Cu, Zn, Mn y B respectivamente.

Durante el ciclo de cultivo la planta extrajo el N, K, Ca, Mg, Fe y B en mayor cantidad en las hojas durante la etapa vegetativa y en la etapa de fructificación. En P y Cu se encontró mayor extracción en tallos durante la etapa de fructificación y Zn y Mn la mayor extracción se encontró en raíz en etapa de fructificación. La mayor extracción de los nutrimentos se genera de los 75 a los 120 ddt, que corresponde a la etapa de

fructificación. Por ende, el mayor requerimiento de los nutrimentos en las plantas de chile Boltet se da en las etapas de floración y formación del fruto, debido a que ocurre la mayor velocidad de crecimiento, así como la máxima velocidad de absorción nutrimental.

29. LITERATURA CITADA

- Alcántar G., L. Trejo, P. Fernández, y M. Rodríguez. 2007. Elementos Esenciales. In: Nutrición de Cultivos. Alcantar GG, Trejo-Téllez L. (eds). México, D.F.: Editorial Mundi-Prensa. pp. 7-48.
- Arcos C., H. Hernández, A. Uriza, C. Pozo, y A. Olivera. 1998. Tecnología para producir Chile Jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico 24. Veracruz, México. 206 p.
- Azofeifa, A. y M. Moreyra. 2004. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot) en Alajuela, Costa Rica, *Agronomía Costarricense*. 32: 19-29.
- Bertsch, F. 1993. Curvas de absorción de nutrimentos en aráceas. In: Taller sobre aplicaciones de la biotecnología en raíces, tubérculos y pejíbaye. CIA. UCR. San José, Costa Rica pp 34-67.
- Burgueño, H., F. Uribe, y M. Valenzuela. 1994. La fertirrigación de cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.1 Bursag S.A de C.V. Sinaloa, México. 46 p.
- Castro, B., G. Sánchez, L. Peña, G. Alcántar, C. Baca, y R. López. 2000. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos de tomate de cáscara. *Terra Latinoamericana*. 18: 141-145.

- Galvis, S. 1998. Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Edafología. Montecillo, Estado de México, México. Colegio de Postgraduados.
- Hedge, D. 1997. Nutrient requirements of solanaceus vegetables crops. Extension bulletin ASPAC, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan. 441 p.
- Hunt, R. 1978. Plant Growth analysis. Studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Plubliser). London. 67 p.
- Jones, J., B. Wolf, y H. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Georgia, USA. 213 p.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, CA. 674 p.
- Mengel, K., y E. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3a edición. International Potash Institute. Switzerland. 635 p.
- Nuez, V., R. Gil, y J. Costa. 1996. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Tercera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- Piggott, J. 1988. Vegetable crops. p: 148-187. En: D. J. REUTER Y J. B. ROBINS (eds.). Plant analysis and interpretation manual. Inakata Press, Melbourne, Australia. 72 p.
- Pineda, J., E. Avitia, A. Castillo, T. Corona, L. Valdez, y J. Gómez. 2008. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. Terra Latinoamericana. 26: 333-340.

- Rincón, L., J. Sáez, E. Balsalobre, y M. Pellicer. 1995. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. Hortofruticultura 5: 37-41.
- Rodríguez, S. 1996. Fertilizantes-nutrición vegetal. AGT editor. S. A. México, D.F. 157.
- Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP). 2012. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 20 de Julio de 2012.
- Azofeifa, A. 1998. Análisis del crecimiento del chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivar UCR 589 en Alajuela, Costa Rica. Boletín Técnico Estación Experimental Fabio Baudrit M. 31(1): 1-12.
- Evans, C. 1972. The Quantitative Analysis of Plant Growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- Gardner, F., P. Brent, y R. Mitchell. 1990. Physiology of crop plants. Second Edition. Iowa State University. AMES. USA. p 208.
- Hall, A. 1977. Assimilate source-sink relationship in *Capsicum annuum* L. I. The dynamics of growth in fruiting and deflorated plants. Aust. J. Plant Physiol. 4: 623:636.
- Hunt, R. 1978. Plant growth analysis: studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Publisher). London. 67 p.
- Kirnak, D. 2003. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. Journal of plant Nutrition 26:263-277.

- Mithorphe, F. y J. Moorby. 1982. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. 202 p.
- Peil, R. y J. Gálvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira Agrociencia*. 11:5-11.
- Shibles, R. 1987. Crop Physiology. Iowa, USA, Iowa State University. 214 p.
- Taiz, L., y E. Zeiger. 2006. Fisiología Vegetal. Publicaciones de la Universidad Jaime I. de Castellón (dos volúmenes, traducción de la 3a edición en inglés de 2002).
- Xu, G., y U. Kafkafi. 2001. Effect of varying nitrogen form and concentration during growing season on sweet pepper flowering and fruit yield. *Journal of plant Nutrition*. 24:1099-1116.
- Zúñiga, E. 2003. Producción de chile jalapeño en suelo vertisol mediante la técnica de fertirrigación (riego por micro goteo). Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad de Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México. 171 p.

30. DISCUSIÓN GENERAL

Las plantas de chile Boltet mostraron estabilidad y homogeneidad durante la prueba que se realizó en los ciclos 2014 y 2015. Presentó variabilidad en los caracteres: altura de planta, longitud del fruto y diámetro del fruto, en los demás caracteres no presentó variabilidad.

Las plantas presentaron una raíz típica o pivotante y abundantes raíces secundarias, el tallo presentó una textura leñosa, una coloración antocianica en el hipocotilo en etapa de plántula y en etapa de cosecha en los nudos presentó coloración antocianica y obtiene un hábito erecto, las hojas son de tamaño medio con un color verde oscuro y de forma lanceolada, las flores son de color blancas y presentan una coloración antocianica en las anteras y los frutos son de tamaño pequeño, de un color amarillo estado en el que es consumido y una pequeña coloración antocianica en la parte basal, se torna de color rojo en la madurez.

En cuanto a la resistencia a virus, las plantas no presentaron síntomas visibles en hojas y tallos para el caso de los virus TMV, TEV y TSWV, solo presentaron un enanismo en comparación de las plantas testigo y daños locales en las hojas producidos por la inoculación. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Pazarlar *et al.*, (2013), quienes mencionaron que los síntomas de TMV en plantas de chile mostraron enanismo, necrosis de tallo, hojas y frutos, mosaico y deformación en hojas, defoliación y frutos pequeños. Wintermantel y Kafka (2006) mencionaron que las plantas de remolacha, inoculadas con virus de TEV cuando tenían dos hojas, expresaron enanismo severo, y coinciden con los obtenidos por Black *et al.* 1991;

Hobbs *et al.* (1994) quienes mencionan que el virus TSWV induce en plantas de *Capsicum chinense*, por la reacción sintomática que se presentó (lesiones necróticas sin movimiento sistémico del virus, enanismo, defoliación y color amarillo en las hojas).

Para el CMV y PVY el comportamiento de las plantas fue negativo al no presentar síntomas visibles en hojas y tallos, el crecimiento fue similar a las plantas testigo. Respecto a las pruebas de ELISA para los virus TMV, TEV y TSWV fue positivo al presentar un color amarillo en los anticuerpos y las plantas se consideraron susceptibles y para los virus CMV y PVY las pruebas fueron negativas y las plantas se consideraron tolerantes. Lo que coincide con Agrios *et al.* (1985) en plantas de *C. annuum* ("Lady Bell") donde, revelaron que las plantas inoculadas con el virus CMV al inicio fueron significativamente de menor tamaño, obtuvieron menos hojas y menos frutos totales y se redujo el número de frutos con calidad comercial; consecuentemente, el desarrollo de las plantas y el rendimiento mejoró a medida que se retrasó la inoculación en con el virus.

Las plantas de chile boltet se consideraron susceptibles a *Phytophthora capsici* al presentar marchites a los cuatro días de la inoculación. Estos resultados concuerdan con los mencionados por Vargas *et al.* (1996), donde encontró que en plantas de chile ancho 86-266 susceptibles al hongo de *P. capsici*, el síntoma de marchitamiento se presentó a los cuatro días después de la inoculación y la muerte de las mismas se presentó a los 5 días.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de crecimiento en las plantas de chile Boltet, las dos concentraciones de SNUS (75 % y 100 %) no presentan

diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) en respuesta de la planta al final del cultivo. Los valores obtenidos en cuanto a: altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas fueron: 76 cm, 1.64 cm y 2003 para la concentración de 75 % de SNUS respectivamente y 83.5 cm, 2.08 cm y 2520 para la concentración de 100 % de SNUS respectivamente, solo para la acumulación de área foliar hubo diferencias significativas con valores superiores en la concentración de SNUS 100 % con 10,222 cm² y en la concentración de SNUS 75 % fue de 7,047 cm².

Las Tasas de Eficiencia Fisiológica en las plantas de chile Boltet arrojaron valores superiores en el tratamiento 2. En la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) fue: 1,91 g día⁻¹, en la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) fue de: 0.048 g·gramos⁻¹·día⁻¹, en la Tasa de Asimilación Neta (TAN) fue de: 0.058 mg·cm²·día⁻¹ y la Razón de Área Foliar (RAF) fue de: 118.7 cm²·g⁻¹·d⁻¹.

En la acumulación de materia seca el tratamiento 2, estuvo superior al tratamiento 1 con valores de 217.65 y 143.9 g·planta⁻¹, respectivamente. El orden de acumulación de materia seca en los órganos fue: tallo > hoja > raíz > frutos, con un porcentaje de 46.24, 25.7, 16.36 y 11.50 % al final del cultivo sin presentar diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre los tratamientos. Las dos concentraciones de SNUS 75 % y 100 % son estadísticamente iguales.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de crecimiento coinciden con los de la extracción nutrimental, donde, no se observaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) entre las concentraciones. Al final del cultivo los valores obtenidos para la concentración de 75 % de SNUS en los macronutrientes (N, P, K Ca y Mg) fueron de: 6.43, 1.74, 20.87, 6.18 y 0.61 g·planta⁻¹ y para micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn

y B) fueron de: 162, 97, 239, 415 y 83 mg·planta⁻¹ respectivamente y para la concentración de 100 % de SNUS en los macronutrientes los valores fueron 6.7, 1.8, 21.59, 6.32 y 0.62 para N, P, K Ca y Mg, respectivamente y en micronutrientes 187, 171, 339, 460 y 95 para, Fe, Cu, Zn, Mn y B respectivamente.

De acuerdo con las 20,000 plantas·ha⁻¹ y los datos de la extracción nutrimental permitieron calcular de manera aproximada la concentración requerida para obtener una tonelada de fruta fresca de chile Boltet en condiciones de invernadero. Donde los requerimientos son: 1.3, 0.31, 4.29, 2.28 y 0.12 kg de N, P, K, Ca y Mg respectivamente, y 150, 2.3, 43, 14, 13 g de Fe, Cu, Zn, Mn y B, respectivamente.

El mayor requerimiento de los micronutrientes se da en las etapas de floración y formación del fruto, debido a que ocurre la mayor velocidad de crecimiento, así como la máxima velocidad de absorción nutrimental.

31. CONCLUSIÓN GENERAL

Conforme a la aplicación de la guía de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) y el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), la conclusión de estas pruebas fueron que en ambos ciclos (2014 y 2015), el comportamiento de homogeneidad de chile Boltet se observó en los caracteres cualitativos, ya que en los cuantitativos solo se observó en diámetro del fruto y número de lóculos para el ciclo 2014 y en el segundo ciclo se observó homogeneidad en el número de entrenudos, número de lóculos y espesor del pedúnculo.

En la estabilidad todos los caracteres cualitativos se mantuvieron estables, al igual que en los cuantitativos excepto la altura de planta, longitud del fruto y diámetro del fruto presentaron diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$).

En la aplicación de SNUS al 75 % y 100 % de concentración en plantas de chile Boltet son muy similares en cuanto al crecimiento y desarrollo de la planta. En el análisis de crecimiento y acumulación de materia seca los resultados fueron estadísticamente iguales ($\alpha \leq 0.05$) no presentaron diferencias significativas entre las concentraciones.

En los índices de eficiencia fisiológica en las plantas de chile Boltet fue similar en los dos tratamientos, sin embargo, las plantas desarrolladas en el tratamiento 2 obtuvieron mayor acumulación de biomasa a los 75 ddt, y se puede concluir que en con la concentración de SNUS al 100 % las plantas son más eficientes para crear

nuevo material vegetativo y reproductivo en menor tiempo y obtener mayor acumulación de materia seca.

La extracción nutrimental en las plantas de chile Boltet se comportó muy similar en respuesta a los dos tratamientos por lo que se puede concluir que los efectos de las concentraciones son estadísticamente iguales, por lo tanto, la aplicación de SNUS con una concentración al 75 % es ampliamente confiable para llevar a cabo la nutrición en plantas de chile Boltet hasta los 75 ddt y después continuar con SNUS al 100 % de concentración hasta finalizar el cultivo.

32.LITERATURA CITADA GENERAL

- Agrios, G., M. Walker, y D. Ferro. 1985. Effect of cucumber mosaic virus inoculation at successive weekly intervals on growth and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. *Plant Disease* 69:52-55.
- Alcántar, G., L. Trejo, P. Fernández, y M. Rodríguez. 2007. Elementos Esenciales. In: *Nutrición de Cultivos*. Alcantar GG, Trejo-Téllez L. (eds). México, D.F.: Editorial Mundi-Prensa. pp. 7-48.
- Arcos, C., H. Hernández, A. Uriza, C. Pozo, y A. Olivera. 1998. Tecnología para producir Chile Jalapeño en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico 24. Veracruz, México. 206 p.
- Azofeifa, A. y M. Moreyra. 2004. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. hot) en Alajuela, Costa Rica, *Agronomía Costarricense*. 32: 19-29.
- Bertsch, F. 1993. Curvas de absorción de nutrimentos en aráceas. In: *Taller sobre aplicaciones de la biotecnología en raíces, tubérculos y pejíbaye*. CIA. UCR. San José, Costa Rica pp 87-92.
- Black, L., M. Hobbs, y J. Gatti. 1991. Tomato spotted wilt virus resistance in *Capsicum chinense* PI 152225 and 159236. *Plant Disease* 75: 863.
- Bosland, P., Y E. Votava. 2012. *Peppers: vegetable and spice capsicums*. 2nd (Ed.). Cabi publishing. London UK. 230 p.

- Burgueño, H., F. Uribe, y M. Valenzuela. 1994. La fertirrigación de cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.1 Bursag S.A de C.V. Sinaloa, México. 46 p.
- Castro, B., G. Sánchez, L. Peña, G. Alcántar, C. Baca, y R. López. 2000. Niveles críticos, de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos de tomate de cáscara. Terra Latinoamericana. 18: 141-145.
- Conti, M., D. Gallitelli, V. Lisa, O. Lovisolo, G. Martelli, A. Ragozzino, G. Rana, y C. Vovlas. 2000. Principales virus de las plantas hortícolas. Bayer. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 93-103.
- Ellis, S., M. Boehm, and F. Qu. 2008. Viral diseases of plantas. Fact Sheet. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University Extension. PP 401- 405.
- Galvis, S. 1998. Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Edafología. Montecillo, Estado de México, México: Colegio de Postgraduados, 1998.
- Hedge, D. 1997. Nutrient requirements of solanaceus vegetables crops. Extension bulletin ASPAC, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan. 441 p.
- Hernández, S., R. Guevara, R. Rivera, C. Vázquez, y K. Oyama. 1998. Los parientes silvestres del chile (*Capsicum spp.*) como recursos genéticos. Boletín de la Sociedad Botánica de México 62:171-181.
- Hunt, R. 1978. Plant Growth analysis. Studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Plubliser). London. 67 p.

- Jones, J., B. Wolf, y H. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing, Georgia, USA. 213 p.
- Latournerie, M., S. Chavéz, P. Pérez, N. Castañón, A. Rodríguez, R. Arias, y V. Ramírez. 2002. Valoración in situ de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana 25:25-33.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, CA. 674 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press, Inc. 1995. 889. San Diego, CA, USA.
- Martínez D., M. Pérez, J. Rodríguez, y E. Moreno. 2010. Colecta y caracterización morfológica de 'chile de agua' (*Capsicum annuum* L.) en Oaxaca, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 16: 169-176. doi: 10.5154/r.rchsh.2010.16.021.
- Mengel, K., y E. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3a edición. International Potash Institute. Switzerland. 635 p.
- Miller, D., G. Howell, y J. Flores. 1996. Effect of shoot number on potted grapevines: I. Canopy development and morphology. American Journal of Enology and Viticulture, 47(3), 244-250.
- Moreno E., C. Avendaño, R. Mora, J. Cadena, V. Aguilar, y J. Aguirre. 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (*Capsicum annuum* L.) del centro-norte de México. Revista Chapingo Serie Horticultura 17: 23-30.

- Nuez, V., R. Gil, y J. Costa. 1996. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Tercera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.
- Ortiz, R., F. Delgado, G. Alvarado, y J. Crossa. 2010. Classifying vegetable genetic resource – A case study with domesticated *Capsicum* spp. *Scientia Horticulturae* 126:186-191.
- Pazarlar, S., M. Gumus, y B. Otzekín. 2013. The effects of Tobacco mosaic virus infection on growth and physiological parameters in some pepper varieties (*Capsicum annuum* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici* 41:427-433
- Piggott, J. 1988. Vegetable crops. p: 148-187. En: D. J. REUTER Y J. B. ROBINS (eds.). *Plant analysis and interpretation manual*. Inakata Press, Melbourne, Australia. 72 p.
- Pineda, J., E. Avitia, A. Castillo, T. Corona, L. Valdez, y J. Gómez. 2008. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana*. 26: 333-340.
- Rincón, L., J. Sáez, E. Balsalobre, y M. Pellicer. 1995. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. *Hortofruticultura* 5: 37-41.
- Rodríguez, J., O. Peña, M. Gil, C. Martínez, F. Manzo, y L. Salazar. 2007. Rescate in situ de chile "Poblano" en Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 25-32.
- Rodríguez, S. 1996. Fertilizantes-nutrición vegetal. AGT editor. S. A. México, D.F. 157.

- Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP). 2012. Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 20 de Julio de 2012.
- Smithyman, P., L. Wample, y S. Lang. 2001. Water deficit and crop level influences on photosynthetic strain and blackleaf symptom development in Concord grapevines. *American journal of enology and viticulture*. 52(4), 364-375.
- UPOV. 2002. Introducción general al examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad y la elaboración de descripciones armonizadas de las obtenciones vegetales.
- Vargas, M., E. Zavaleta, and A. Hernández. 1996. Rompimiento de resistencia a *phytophthora capsici* leo. en chile (*Capsicum annuum* L.) Serrano cm 34 por *Nacobbus berrans* thorne y allen. *Nematropica*, 26:2159, 166.
- Wintermantel, W. y Kaffka, S. 1996. Sugar beet performance with curly top is related to virus accumulation and age at infection. *Plant Disease* 90:657-662.