



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA

CARACTERIZACIÓN DE COLECTAS DE FRUTO, ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc.)

CUAUHTÉMOC JOSUÉ HERNÁNDEZ ROJAS

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

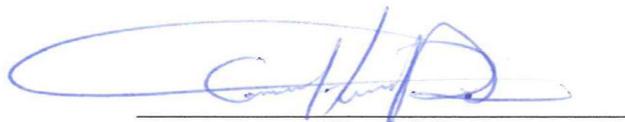
2017

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Cuauhtémoc Josué Hernández Rojas, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Engelberto Sandoval Castro, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis Caracterización de colectas de fruto, análisis de crecimiento y extracción nutrimental del cuatomate (Solanum glaucescens Zucc.)

y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 07 de Julio de 2017



Firma del
Alumno (a)



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Caracterización de colectas de fruto, análisis de crecimiento y extracción nutrimental del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.)** realizada por el alumno: **Cauhtémoc Josué Hernández Rojas** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. ENGELBERTO SANDOVAL CASTRO

ASESOR



DR. NICOLÁS GUTIÉRREZ RANGEL

ASESOR



DR. VICENTE ESPINOZA HERNÁNDEZ

ASESOR



DR. JOEL PINEDA PINEDA

ASESOR



DR. ALEJANDRO SÁNCHEZ VÉLEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio de 2017

CARACTERIZACIÓN DE COLECTAS DE FRUTO, ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc.)

Cuahtémoc Josué Hernández Rojas

Colegio de postgraduados, 2017

RESUMEN

El “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) es una especie silvestre y cultivada con gran potencial que se puede producir en diferentes sistemas durante todo el año; con un alto valor nutritivo proteínico del fruto que va de 10.53-13.17%, por lo que se pueden desarrollar cultivares para su producción comercial. En la presente investigación se realizó tres trabajos; el primero fue la caracterización de colectas de fruto maduro, realizadas en campo; el segundo fue el crecimiento y extracción nutrimental y finalmente el rendimiento. Estas últimas evaluaciones fueron hechas bajo condiciones de malla sombra e hidroponía en diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Para la caracterización de fruto maduro, la colecta “Izúcar de Matamoros” fue la que presentó mayor peso con 30.94 g, el diámetro polar y ecuatorial de fruto con 38.4 y 40.6 mm, así como también el número de semillas con 194, seguido de Chinantla, con un peso de 27.5 g, presentando un diámetro polar y ecuatorial de 33.5 y 36.6 mm, y 144 semillas por fruto. La cinética de crecimiento con solución nutritiva influyo escasamente en la fenología de la planta, en las variables de diámetro y longitud de tallo principal y el número de hojas. Este crecimiento mostró que en porcentajes altos de la solución nutritiva tuvieron mayor efecto en la acumulación de la materia seca en hoja, tallo y raíz, así como en biomasa total. En relación al rendimiento, las concentraciones de nutrimentos fueron claramente influenciadas, para el número de frutos cosechados y frutos acumulados, así como también el peso fresco acumulado. Las variables que no se vieron afectadas fueron número de racimos, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso seco acumulado de fruto, peso fresco y seco por fruto, por lo que no hubo efecto entre concentraciones. En la dinámica de extracción nutrimental las plantas que presentaron mayor acumulación de nitrógeno y potasio, fueron las que se les aplico solución nutritiva al 100%. Para el caso del fosforo y calcio mostraron similar extracción a 25, 50, 75 y 100% de concentración. El contenido de magnesio fue mayor en el tratamiento a 25%, seguida de la 100%, pero al 50 y 75% tuvieron una menor acumulación de este elemento, para un ciclo de 180 días.

Palabras clave: biomasa, fenología, nutrimento, traspatio.

CHARACTERIZATION OF FRUIT COLLECTIONS, ANALYSIS OF GROWTH AND NUTRIMENTAL EXTRACTION OF CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc.)

Cuahtémoc Josué Hernández Rojas

Colegio de postgraduados, 2017

ABSTRACT

The "Cuatomate" (*Solanum glaucescens* Zucc.) is a wild and cultivated species with great potential that can be produced in different systems throughout the year; with a high protein nutritional value of the fruit that goes from 10.53-13.17%, reason why it is possible to develop cultivars for its commercial production. In the present investigation, three works were carried out; the first one was the characterization of collections of mature fruit, performed in the field. The second was nutritional growth and extraction and finally yield. These last evaluations were made under conditions of shade mesh and hydroponics in different concentrations of the nutrient solution of Steiner. For the characterization of mature fruit, the "Izúcar de Matamoros" collection was the one with the highest weight with 30.94 g, the polar and equatorial fruit diameter with 38.4 and 40.6 mm, as well as the number of seeds with 194, followed by Chinantla, With a weight of 27.5 g, having a polar and equatorial diameter of 33.5 and 36.6 mm, and 144 seeds per fruit. The kinetics of growth with nutrient solution had little influence on plant phenology, on the variables of diameter and length of main stem and the number of leaves. This growth showed that in high percentages of the nutrient solution had greater effect in the accumulation of the dry matter in leaf, stem and root, as well as in total biomass. In relation to yield, nutrient concentrations were clearly influenced, for the number of fruits harvested and accumulated fruits, as well as the accumulated fresh weight. The variables that were not affected were number of clusters, polar and equatorial diameter of fruit, accumulated dry weight of fruit, fresh weight and dry weight per fruit, so that there was no effect between concentrations. In the dynamics of nutritional extraction, the plants that presented the greatest accumulation of nitrogen and potassium, were those that were applied nutrient solution to 100%. For the phosphorus and calcium case showed similar extraction at 25, 50, 75 and 100% concentration. The magnesium content was higher in the treatment at 25%, followed by 100%, but at 50 and 75% had a lower accumulation of this element, for a cycle of 180 days.

Key words: Biomass, phenology, nutriment, backyard.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por existir y darme la senda para seguir el camino de la verdad.

Al pueblo de México por sus impuestos hechos, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme la beca para la realización de mis estudios de doctorado.

Al Programa de Edafología y especialmente al área de Nutrición Vegetal del Campus Montecillos, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de doctorado.

A la Unidad Académica Atlixco, del Campus Puebla, por proporcionarme el espacio para la realización de la presente investigación.

Al personal de servicios Académicos del Campus Montecillos, por las facilidades otorgadas en el trámite de examen de grado.

Al personal del área de becas por estar al pendiente de la convocatoria 2012, para la obtención de la presente beca.

Al Dr. Engelberto Sandoval Castro, por permitir la creación de este proyecto.

Al Dr. Alejandro Sánchez Vélez por creer en este proyecto que hoy concluye.

Al Dr. Joel Pineda Pineda, por la aportación hechas en la presente tesis.

Al Dr. Vicente Espinosa Hernández por acceder a formar parte de este comité.

Al Dr. Nicolás Gutiérrez Rangel por los aportes hechos en esta investigación.

Al Dr. Juventino Acampo Mendoza, por permitirme colaborar en sus proyectos de investigación, a de más de alentarme para la culminación de este trabajo.

Al Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, por proporcionarme los instrumentos para el secado y la molienda de las muestras.

A Juan Carlos Peña Rosas recolector de cuatomate, por el apoyo en los recorridos de campo hechos en la región.

A los señores Ageda Merino Córdova y Serafín Jiménez Merino, por proporcionarme el material para la realización de la presente investigación.

A los productores y recolectores de Cuatomate de la Mixteca baja Poblana, que este trabajo sea útil para ellos.

Al MC. Arturo Curiel, agradezco la ayuda que me dio, en los inicios de mis estudios de doctorado.

†A la memoria del Doctor Juan Luis Tirado Torres, en donde quiera que se encuentre.

DEDICATORIA

A mis padres Vicente Hernández Castillo y †Rosa María Rojas Martínez, por los valores inculcados durante mi crianza y a seguir a delante a pesar de las obstáculos y adversidades.

A mi esposa Elizabeth López Sierra, por apoyarme y darme el aliento para la realización y culminación de este trabajo de investigación.

A mi hija Génesis Donaji Hernández López, es el motor que me mueve para seguir adelante.

A mis hermanos Benito, Erubiel, Wendolin, Mauricio, Alejandra, Omar, por las cosas buenas que nos ha dado la vida.

A mis sobrinos, Isaí, Erubiel, Neri, Nadia, Diego, Mauricio, Carina, Emiliano, Frida, Sofía, que este trabajo sea una muestra de superación.

A mis compañeros que coincidimos durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, Lucio Leos Escobedo, Hermelindo Pérez López, Leonel Hernández Bautista, Azarael Ángulo Castro.

Anécdota del presidente Fidel Castro a José Mujica presidente de Uruguay.

El expresidente recuerda que hace muchos años, el fallecido líder Cubano Fidel Castro le contó que en la década de los 70's viajó a Corea del Norte. En ese entonces estaba el presidente Kim Il-Sung. El viejo le dio un consejo a Fidel:

“Tú cultiva tu arrocito porque la comida hay que tenerla en casa, cerca de la cocina. No se puede depender de la importación de comida”.

CONTENIDO

Pág

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
LISTA DE CUADROS.....	xvi
CAPÍTULO I. EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE OCHO COLECTAS DE FRUTO MADURO DE “CUATOMATE” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) EN LA REGIÓN MIXTECA BAJA POBLANA	1
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
1.3 REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1.3.1 Situación de la región Mixteca Poblana.....	4
1.3.2 Importancia de los recursos genéticos.....	5
1.3.3 Especies potenciales.....	6
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
1.4.1 Características de la región.....	7
1.4.2 Descripción del sitio de las colectas.....	7
1.4.3 Caracteres evaluados.....	10
1.4.4 Diseño y unidad experimental.....	10
1.4.5 Análisis estadístico.....	10
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
1.5.1 Sistema de producción tradicional.....	10
1.5.2 Peso de fruto.....	12
1.5.3 Diámetro polar y ecuatorial de fruto.....	12
1.5.4 Longitud y ancho de pedúnculo.....	15
1.5.5 Número de semillas.....	17
1.6 CONCLUSIONES.....	18
1.7 LITERATURA CITADA.....	19
CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CUATOMATE (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.)	23
RESUMEN.....	23
ABSTRACT.....	23
2.1 INTRODUCCIÓN.....	24
2.2. OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	25
2.3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	25
2.3.1 Clasificación taxonómica.....	25

2.3.2	Importancia del cuatomate en la región	26
2.3.3	Generalidades del cuatomate	28
2.4	Algunas solanáceas importantes cultivadas en México	30
2.4.1	Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	30
2.4.2	Jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	30
2.4.3	Chile (<i>Capsicum annum</i>)	31
2.4.4	Tomate de cascara (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot.)	32
2.5	Generalidades de la selva baja caducifolia	33
2.6	Crecimiento de las plantas	35
2.6.1	Análisis de crecimiento	36
2.6.2	Comportamiento del crecimiento vegetal	37
2.6.3	Metodología para el estudio del crecimiento vegetal	38
2.7	MATERIALES Y MÉTODOS	38
2.7.1	Localización del experimento	38
2.7.2	Análisis estadístico	39
2.7.3	Establecimiento del experimento	39
2.7.4	Diseño de tratamientos y unidad experimental	39
2.7.5	Muestreos	41
2.8	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
2.8.1	Análisis de crecimiento	42
2.8.2	Longitud de tallo principal	42
2.8.3	Diámetro del tallo principal	44
2.8.4	Número de espinas en tallo principal	45
2.8.5	Número de ramas	46
2.8.6	Número de hojas	46
2.8.7	Número de flores	48
2.8.8	Longitud de raíz	49
2.8.9	Materia seca de tallo	51
2.8.10	Materia seca de hoja	52
2.8.11	Materia seca de raíz	53
2.8.12	Materia seca total	56
2.9	CONCLUSIONES	58
2.10	LITERATURA CITADA	58
CAPÍTULO III. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL RENDIMIENTO DE “CUATOMATE” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.)		64
RESUMEN		64
ABSTRACT		64
3.1	INTRODUCCIÓN	65
3.2	OBJETIVO E HIPÓTESIS	66
3.3	REVISIÓN DE LITERATURA	66
3.3.1	Producción de hortalizas	66
3.3.2	Características del bosque tropical caducifolio	67

3.3.3 Plantas utilizadas en la Mixteca Poblana.....	68
3.3.4 Valor nutricional de cuatomate contra del jitomate.....	69
3.3.5 Aspectos asociados con el rendimiento.....	71
3.3.5.1 Componentes morfológicos.....	71
3.3.5.2 Componentes fisiológicos.....	72
3.3.6 La nutrición mineral en el rendimiento de las plantas.....	72
3.3.6.1 El cultivo y la nutrición mineral.....	73
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	73
3.4.1 Localización del experimento.....	73
3.4.2 Conducción del cultivo.....	74
3.4.3 Diseño de tratamientos y unidad experimental.....	76
3.4.4 Análisis estadístico.....	76
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
3.5.1 Número de racimos.....	77
3.5.2 Número de frutos acumulados totales.....	78
3.5.3 Diámetro polar de fruto.....	79
3.5.4 Diámetro ecuatorial de fruto.....	81
3.5.5 Número total de frutos cosechados.....	83
3.5.6 Peso fresco acumulado.....	84
3.5.7 Peso seco acumulado de fruto.....	86
3.5.8 Peso seco por fruto.....	88
3.5.9 Peso fresco por fruto.....	89
3.6 CONCLUSIONES.....	91
3.7 LITERATURA CITADA.....	91
CAPÍTULO IV. EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE “CUATOMATE” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.).....	96
RESUMEN.....	96
ABSTRACT.....	97
4.1 INTRODUCCIÓN.....	98
4.2 OBJETIVO E HIPÓTESIS.....	98
4.3 REVISIÓN DE LITERATURA.....	99
4.3.1 Eficiencia de recuperación de los nutrimentos.....	99
4.3.2 Importación de los fertilizantes.....	100
4.3.3 Nutrición mineral.....	100
4.3.3.1 Los elementos minerales esenciales en las plantas.....	101
4.3.4 Condiciones de los sistemas de cultivo para el estudio de la nutrición mineral.....	105
4.3.5 Diagnósticos nutrimentales.....	107
4.3.5.1 Deficiencias nutrimentales.....	107
4.3.5.2 Diagnóstico visual.....	108
4.3.5.3 El análisis de suelo.....	108
4.3.5.4 Análisis vegetal.....	110
4.3.6 Curva de demanda de nutrientes.....	110

4.3.7 Curvas de respuesta	112
4.3.8 Curva de abastecimiento nutrimental	113
4.3.9 Interpretación de resultados del análisis de laboratorio	114
4.3.10 Establecimiento de la dosis de fertilización	114
4.3.10.1 Dosis de fertilización.....	114
4.3.10.2 Metodología DRIS.....	114
4.3.11 Recomendación de dosis y fuentes adecuadas para la fertilización	116
4.3.12 La aplicación de fertilizantes en la calidad de los productos agrícolas	116
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS	117
4.1 Localización del experimento.....	117
4.2 Diseño de tratamientos y unidad experimental.....	118
4.3 Contenido nutrimental.....	119
4.4 Análisis estadístico.....	119
4.5 Manejo del cultivo.....	120
4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	120
4.6.1 Extracción de nitrógeno.....	120
4.6.2 Extracción de fósforo.....	122
4.6.3 Extracción de potasio.....	124
4.6.4 Extracción de calcio.....	125
4.6.5 Extracción de magnesio.....	127
4.7 CONCLUSIONES	128
4.8 LITERATURA CITADA	128

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Vegetación predominante (Izquierda) donde crece el Cuatomate (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) y planta con frutos maduros, en la selva baja caducifolia (Derecha).....	9
Figura 2. Peso de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.	13
Figura 3. Diámetro polar de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.	13
Figura 4. Diámetro ecuatorial de fruto de ocho colectas de “Cuatomate”	14
Figura 5. Longitud de pedúnculo de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.....	16
Figura 6. Ancho de pedúnculo a la base del fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.....	16
Figura 7. Número de semillas del fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.....	18

CAPÍTULO 2

Figura 1. Vegetación predominante donde crece el Cuatomate (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) y planta con fruto en la selva baja caducifolia.....	26
Figura 2. Frutos de Cuatomate (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) a madures hortícola y chiltepin (<i>Capsicum annum</i>), comercializados en el mercado del municipio de Acatlán de Osorio, Puebla.	28
Figura 3. Aspectos morfológicos de la planta de Cuatomate (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) a) Hojas, b) Inflorescencia, c) Flor abierta d) Pistilo, e) Porción apical de un lóbulo de la corola, f) Semilla g) Porción del envés de la hoja, h) frutos (tomado y modificado de Castillo,1994).	29
Figura 4. Tipos de vegetación del Estado de Puebla (Fuente: INEGI, 2007).	34
Figura 5. Plantas sembradas en macetas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) bajo malla sombra al 50 %.	40
Figura 6. Comportamiento de Longitud de tallo principal “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	43
Figura 7. Comportamiento del diámetro de tallo principal “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	44
Figura 8. Comportamiento del número de espinas en tallo principal “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	45
Figura 9. Comportamiento del número de ramas “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	47
Figura 10. Comportamiento del número de hojas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	48
Figura 11. Comportamiento del número de flores de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	49

Figura 12. Comportamiento de longitud de raíz “Cuatomate” de (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	51
Figura 13. Comportamiento de la materia seca de tallo de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	52
Figura 14. Comportamiento de la materia seca de hoja de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	53
Figura 15. Comportamiento de la materia seca de la raíz de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	55
Figura 16. Comportamiento de la materia seca total de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en malla sombra en Atlixco, Puebla en 2014.	57

CAPÍTULO 3

Figura 1. A) frutos comerciales cosechados de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.), B) desarrollo de los fruto.	75
Figura 2. Plantas en producción, sembradas en macetas de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) bajo malla sombra al 50% y cuatro concentraciones de solución nutritiva.	76
Figura 3. Número de racimos de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	78
Figura 4. Número de frutos acumulados totales “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	79
Figura 5. Diámetro polar de fruto de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	81
Figura 6. Diámetro ecuatorial de fruto de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	82
Figura 7. Número total de frutos cosechados “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	84
Figura 8. Peso fresco acumulado de fruto “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	86
Figura 9. Peso seco acumulado de fruto de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	87
Figura 10. Peso seco por fruto de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	89
Figura 11. Peso fresco por fruto de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.	91

CAPÍTULO 4

Figura 1. Intervalos de abastecimiento nutrimental (modificado de Epstein, 1972).	113
Figura 2. Partes de la planta de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.). a) Raíz, b) Tallos.....	119
Figura 3. Extracción de nitrógeno de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.....	122
Figura 4. Extracción de fosforo de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.....	123
Figura 5. Extracción de potasio de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.....	125
Figura 6. Extracción de calcio de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.	126
Figura 7. Extracción de magnesio de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.....	128

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 1

Cuadro 1. Ubicación y fisiografía de los sitios de las colectas de <i>Solanum glaucescens</i> Zucc., realizadas en la Mixteca de Puebla, en 2014.....	8
Cuadro 2. Algunos aspectos clave sobre el cultivo agroforestal del “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) en huertos de la Mixteca de Puebla.....	11

CAPÍTULO 2

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Solanum glaucescens</i> Zucc.....	25
Cuadro 2. Tipos de vegetación en el estado de Puebla.....	34
Cuadro 3. Cantidad de fertilizantes para preparar 1000 litros de solución nutritiva a 100% de concentración.....	40
Cuadro 4. Comparación múltiple de medias de longitud de tallo principal, diámetro de tallo principal y número de espinas durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.....	43
Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de número de ramas, número de hojas y número de flores durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.....	47
Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de longitud de raíz, materia seca de tallo y de hoja durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.....	50
Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de materia seca de raíz, materia seca total, durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.....	53

CAPÍTULO 3

Cuadro 1. Producción de algunas hortalizas sembradas en México.....	67
Cuadro 2. Contenido nutricional del fruto de <i>Solanum glaucescens</i> Zucc. y <i>Solanum lycopersicum</i> , por cada 100 g.....	70

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias del número de racimos de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.....	77
Cuadro 4. Comparación múltiple de medias del número de frutos acumulados totales de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.	79
Cuadro 5. Comparación múltiple de medias del diámetro polar de fruto de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.....	80
Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de diámetro ecuatorial de fruto de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.....	82
Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de número total de frutos cosechados de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.	83
Cuadro 8. Comparación múltiple de medias del peso fresco acumulado de fruto de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.	85
Cuadro 9. Comparación múltiple de medias del peso seco acumulado de fruto de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.	87
Cuadro 10. Comparación múltiple de medias de peso seco por fruto de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.....	88
Cuadro 11. Comparación múltiple de medias peso fresco por fruto de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.....	90

CAPÍTULO 4

Cuadro 1. Elementos esenciales para las plantas y principales formas iónicas en que son absorbidos o asimilados.	101
Cuadro 2. Cuadro sinóptico de la sintomatología visual de las deficiencias.....	109
Cuadro 3. Cantidades de nutrimentos en kilogramos, necesarios para producir una tonelada de fruto de jitomate (<i>Solanum lycopersicum</i>).....	112
Cuadro 4. Índices del balance nutrimental en las plantas.....	115
Cuadro 5. Cantidad de fertilizantes para preparar 1000 litros de solución nutritiva.	118
Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de la extracción de nitrógeno de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.....	121
Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de la extracción de fósforo de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.....	123
Cuadro 8. Comparación múltiple de medias de la extracción de potasio de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.....	124
Cuadro 9. Comparación múltiple de medias de la extracción de calcio de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.....	126
Cuadro 10. Comparación múltiple de medias de la extracción de magnesio de “cuatomate” (<i>Solanum glaucescens</i> Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.....	127

CAPÍTULO I. EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE OCHO COLECTAS DE FRUTO MADURO DE “CUATOMATE” (*Solanum glaucescens* Zucc.) EN LA REGIÓN MIXTECA BAJA POBLANA

RESUMEN

El “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) es una especie silvestre y cultivada con gran potencial para producirse durante todo el año y con un alto valor nutritivo proteínico del fruto que va de 10.53-13.17%, por lo que se pueden desarrollar cultivares para su producción comercial en México. Con el propósito de caracterizar y ver algunas cualidades sobresalientes del fruto, se evaluaron ocho colectas procedentes de la región de la Mixteca baja. Las colectas se realizaron en los municipios de Izúcar de Matamoros, San Pedro, Guadalupe Santa Ana, Acatlán de Osorio, Tehuitzingo, Chiautla de Tapia, Chinantla, Tulcingo, todos estos ubicados en la parte sur del Estado de Puebla. Se usó un diseño completamente al azar, la unidad experimental fué de diez frutos por planta. Las variables evaluadas fueron peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial de fruto, longitud de pedúnculo, ancho de pedúnculo a la base del fruto y número de semillas por fruto. La colecta “Izúcar de Matamoros” fue la que presentó mayor peso con 30.94 g, el diámetro polar y ecuatorial de fruto con 38.4 y 40.6 mm, así como también el número de semillas con 194, seguido de la colecta denominada Chinantla, con un peso de 27.5 g, presentando un diámetro polar y ecuatorial de 33.5 y 36.6 mm, y 144 semillas por fruto.

Palabras clave: Solanaceae, traspatio, fruto silvestre.

ABSTRACT

The "Cuatomate" (*Solanum glaucescens* Zucc.) is a wild and cultivated species with great potential to be cultivated all year long and a high protein nutritional value of the fruit of 10.53-13.17%, reason why varieties can be developed for its commercial production in Mexico. In order to characterize and to see some outstanding qualities of the fruit, 8 collections from the region of the Mixteca baja were evaluated. The collections were carried out in the municipalities of Izúcar de Matamoros, San Pedro Yeloixtlahuaca, Guadalupe Santa Ana, Acatlán de Osorio, Tehuitzingo, Chiautla de Tapia, Chinantla, Tulcingo de Valle, all located in the southern part of the State of Puebla. A completely randomized design, the experimental unit consisted of diez fruits per plant per replicate. The evaluated variables were fruit weight, polar and equatorial fruit diameter, peduncle length,

peduncle width at the base of the fruit and number of seeds per fruit. The collection "Izúcar de Matamoros" was the one with the highest weight with 30.94 gr, the polar and equatorial fruit diameter with 38.422 and 40.645 mm, as well as the number of seeds with 194, followed by the collection called Chinantla, with a weight of 27.56 g, having a polar and equatorial diameter of 33.554 and 36.62 mm, and 144.2 seeds per fruit.

Key words: Solanaceae, backyard, wild fruit.

1.1 INTRODUCCIÓN

Para tener una alimentación integral la población humana debe de incluir en su dieta productos cárnicos y leguminosas que aportan proteínas, energía y fibra; cereales que son fuente de carbohidratos, lípidos y proteínas; además de frutas y verduras que son ricas en vitaminas y minerales esenciales (Tardio *et al.*, 2011). Lo anterior ha dado lugar al desarrollo de cultivos básicos de importancia mundial, como trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*), que cubren el 50% de los requerimientos diarios de proteínas y carbohidratos, además de otras 12 especies vegetales con las cuales se cubre el 80% de la ingesta diaria (Bharucha y Pretty, 2010). El uso de las plantas silvestres está ampliamente extendido en el mundo, mayormente en áreas no urbanas ubicadas dentro o en las cercanías de comunidades vegetales en las que la agricultura tradicional es una práctica común (Bharucha y Pretty, 2010). En México la diversidad vegetal utilizada incluye alrededor de 5000 especies de distintas familias botánicas (Casas *et al.*, 1994) y la mayoría son herbáceas y silvestres (Caballero *et al.*, 2001), estas pueden emplearse como alimento, vestido, vivienda, combustible y medicina, además el 50% de ellas tienen uso mixto (Caballero *et al.*, 2001). El aprovechamiento en poblaciones silvestres se realiza en forma *in situ*, pero también se recolectan o extraen y llegan a ser fomentadas en huertos de traspatio, dando lugar al incremento de las plantas de interés (Casas *et al.*, 1998; Lira *et al.*, 2009).

El Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) es una hortaliza, que puede ser consumida en estado fresco, cocida o en conserva, el cual va adquiriendo importancia en la región de la Mixteca baja del estado de Puebla. El órgano de interés de esta especie es el fruto, el cual es utilizado en la elaboración de salsas y guisos típicos de la región. Sin embargo, existe una baja producción que no satisface el mercado regional, debido a que también los migrantes lo demandan en el mercado de los Estados Unidos de Norteamérica. En el caso del *S. glaucescens* los trabajos sobre su caracterización a nivel planta y de frutos son muy pocos o nulos debido que solo se comercializa a nivel regional, es posible encontrar frutos todo el año, pero la cosecha del fruto se concentra de junio a septiembre (Gutiérrez *et al.*, 2011), que está relacionado con el periodo de lluvias. Su madurez fisiológica se presenta cuando el fruto va adquiriendo un color naranja, al palparlo tiene una consistencia blanda (Reyes, 2009). El Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) como se le conoce en México pertenece a la familia de las Solanáceas. Vargas (1998) menciona que esta especie se encuentra distribuida en los estados de Puebla, Oaxaca, Chiapas y Guerrero, por su parte Castillo (1994) describe esta misma especie en Sierra de Vallejo, del municipio de Bahía de Banderas Nayarit, como una nueva especie de Solanácea. Aunque no se han hecho estudios completos de su distribución en México, Según Vargas (1998) reporta esta especie cultivada al sur del estado de Puebla en la región denominada "Mixteca baja" en los municipios de Izúcar de Matamoros, Tehuizingo, Acatlán de Osorio, San Pablo Anicano, San Pedro Yeloixtlahuaca, Chiautla de Tapia, Chietla, Tecamatlán, Xayacatlan de Bravo, Axutla, Chinantla y Guadalupe Santa Ana. De acuerdo con la Secretaria de Desarrollo Rural (2007) indica otros tres municipios donde se cultiva son Piaxtla, Tulcingo del valle, Huehuetlán el Chico, todos estos también ubicados al sur del estado.

1.2 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo

Evaluar ocho colectas de fruto maduro de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) y sus características sobresaliente de importancia agronómica como peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial de fruto, longitud y ancho de pedúnculo, y número de semillas.

Hipótesis

Entre las diferentes colectas de fruto maduro de *Solanum glaucescens* Zucc, obtenidas en la región Mixteca existen marcadas diferencias, para las características peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, longitud de pedúnculo, ancho de pedúnculo y número de semillas.

1.3 REVISIÓN DE LITERATURA

1.3.1 Situación de la región Mixteca Poblana

La Mixteca baja de Puebla se destaca por ser una de las regiones más pobres del país, ya que esta se encuentra dentro de la franja de la sierra madre del sur, caracterizada mayormente por su acceso limitado por lo abrupto de su territorio.

En el ámbito de la agricultura los campesinos siembran principalmente maíz, frijol, y calabaza, ya que existen variedades locales que se han adaptado a las condiciones adafoclimáticas de la zona. Los habitantes básicamente se dedican a la agricultura de temporal y tradicional, por lo tanto solo es de subsistencia y considerada económicamente improductiva. Por lo general se cultiva maíz, teniendo un panorama actual de un mercado déficit en la producción. Debido a estas causas, se tienen bajos rendimientos, condicionando los habitantes a emigrar para buscar mejores condiciones de vida (Vargas, 1998). Esta región se

caracteriza por presentar lluvias en verano de corta duración generalmente de 4 a 5 meses, con aproximadamente 600 a 700 mm anuales y con temperaturas promedio de 27°C (Rzedowski, 1992). Las precipitaciones son las que determinan prolongados periodos de sequía y escasa disponibilidad de agua, tanto para el consumo humano como para el desarrollo de la agricultura. Actualmente no existe un manejo sustentable de los recursos naturales, ya que la mayoría de la gente se dedica a la tala incontrolada de madera para leña y carbón; además del sobrepastoreo y otras causas que han contribuido a la disminución de la cubierta vegetal, por lo que se aprecia alto grado de erosión y pérdida de fertilidad de los suelos.

1.3.2 Importancia de los recursos genéticos

Los recursos genéticos se definen como el material genético de valor real o potencial, entendiéndose por material genético todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia (Villarreal *et al.*, 2011). Por otra parte los recursos fitogenéticos son cualquier material genético de origen vegetal (plantas, genes o fragmentos de ADN) que tienen o pueden tener un valor antropocéntrico, producto de la evolución, el fitomejoramiento clásico o la ingeniería genética (Pineda *et al.*, 2007). Los recursos genéticos vegetales para la alimentación y la agricultura, constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria del mundo y de México. Estos recursos constituidos por la diversidad del material genético contenida en las variedades tradicionales y modernas, así como los parientes silvestres, son de particular interés para los cultivos alimenticios de uso actual. Dado que estos recursos naturales representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, pueden hacer posible amortiguar los cambios ambientales y económicos; la pérdida de este material representaría una seria amenaza a la seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro (FAO, 2010).

1.3.3 Especies potenciales

La FAO ha alertado sobre la necesidad de rescatar los recursos alimentarios, que poseen enorme potencial para la mejora de la nutrición en varias regiones de América Latina (FAO, 2009). México cuenta con una gran diversidad de especies vegetales como frutales y hortalizas, entre los que destacan la pitahaya (*Stenocereus stellatus*), y tejocote (*Crataegus pubescens*) y algunas hortalizas como el pápalo (*Porophyllum spp.*), cilantro (*Coriandrum sativum* L.), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), chile (*Capsicum annum* L.) y cuatomate (*Solanum glaucences* Zucc.) (Gil *et al.*, 2011).

Por definición, las especies de hortalizas subutilizadas son aquellas que anteriormente fueron difundidas, pero debido a razones agronómicas, económicas, genéticas, y socioculturales, el consumo de éstas se ha perdido, o no han prosperado y que todavía, sus potencialidades no han sido totalmente explotadas para contribuir a la seguridad alimentaria. Por lo tanto, su existencia está amenazada con ella la base genética para futuros mejoramientos.

Otros méritos de esas especies incluyen el valor nutricional, ecológico, agronómico y cultural, así como en la creación de empleos. Hay que considerar también su importancia en términos de variabilidad genética debido al proceso de mantenimiento por las propias comunidades de agricultura tradicional. México dispone de alta diversidad genética de especies silvestres y de variedades regionales, que precisan ser rescatadas y preservadas para las generaciones futuras. Este germoplasma está constituido por hortalizas de hojas, frutos, raíces, y tubérculos, cuya producción ocurre en pequeña escala, siendo de vital importancia en la alimentación de las comunidades rurales. La mayoría de esas hortalizas son actualmente desconocidas por el consumidor de las grandes ciudades del país. A su vez, muchas de esas especies pueden ser potenciales para las cadenas agroalimentarias a los niveles locales, regionales y nacionales (Tavares y Tavares, 2007).

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Características de la región

La región Mixteca Baja Poblana colinda al Noreste con los municipios de Tochtepec, Tlanepantla y Tecali de Herrera, al sureste con el estado de Oaxaca, al suroeste con el estado de Guerrero y al noroeste con el estado de Morelos. Por su vasta geografía cruzan importantes vías de comunicación como la carretera Panamericana 190, también conocida como México-Oaxaca que atraviesa la región de oeste con dirección sureste, esta une a las poblaciones de las montañas y costas de Guerrero y Oaxaca con el centro del país. Es la región más extensa del estado y concentra 4.48% de la población del estado, es decir 240 mil 934 habitantes; comprende un total de 45 municipios que abarcan una superficie total de 8 mil 349.6 km². Tiene 770 localidades, de las cuales 756 son rurales, en los que habita el 31.4% de la población, mientras que en 14 localidades urbanas se asienta el 68.5% (INEGI, 2005). Las actividades agrícolas son las que prevalecen con una marcada especialización en la producción de hortalizas y cactáceas que es la flora representativa, favorecida por los recursos hidrológicos y el clima imperante de esta región; cuenta además, con importantes recursos genéticos vegetales de importancia socioeconómica dentro del bosque tropical caducifolio (Guízar *et al.*, 2010) entre las que destacan el cuaguayote o bonete (*Jacaratia mexicana*), cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), pepino mixteco (*Cucumis anguria* L.), tlapanches o frailes (*Porophyllum nutans* B.L Rob y Greenm) y ciruela (*Spondias purpurea*) (SDR, 2007; Martínez *et al.*, 2011).

1.4.2 Descripción del sitio de las colectas

Las colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) fueron hechas en octubre de 2014 en la región de la Mixteca Baja del estado de Puebla. Los municipios (Cuadro 1), donde se hicieron las colectas fueron seleccionados de

Cuadro 1. Ubicación y fisiografía de los sitios de las colectas de *Solanum glaucescens* Zucc., realizadas en la Mixteca de Puebla, en 2014.

Número de colecta	Localidad	Coordenadas	Altitud (msnm)	Temperatura media*	Precipitación*	Municipio	Estado
Mix1	Los Amates	18°27'52.65"N 98°22'32.04"O	Altitud 1167	18-26°C	700-900 mm	Izúcar de Matamoros	Puebla
Mix2	Agua Zarca	18°07'01.69 N 98° 04'36.46"O	Altitud 1126	20-26°C	700-900 mm	San Pedro Yeloixtlahuaca	Puebla
Mix3	Llano Grande	18° 5'23.75"N 98° 7'13.06"O	Altitud 1100	20-26°C	700-900 mm	Guadalupe Santa Ana	Puebla
Mix4	Tres Cruces	18°12'6.59"N 98° 2'55.99"O	Altitud 1182	20-26°C	700-1000 mm	Acatlán de Osorio	Puebla
Mix5	Tehuiztingo	18°19'55.83"N 98°16'32.00"O	Altitud 1076	18-26°C	700-900 mm	Tehuiztingo	Puebla
Mix6	Chiautla de Tapia	18°17'54.29"N 98°36'12.71"O	Altitud 1023	22-26°C	600-800 mm	Chiautla de Tapia	Puebla
Mix7	Chinantla	18° 12' 09.45"N 98°15'47.34"O	Altitud 1107	18-26°C	700-900 mm	Chinantla	Puebla
Mix8	San Miguel	18° 2'49.17"N 98°26'32.28"O	Altitud 1115	21-25°C	700-900 mm	Tulcingo de Valle	Puebla

*INEGI, 2005.

acuerdo a lo reportado por Vargas (1998), donde señala que en la parte sur del estado, existe esta especie como cultivo y sus variantes silvestres. Las características de esta región según la descripción agroclimática de Köppen impera un clima Bs trópico seco con una precipitación 600 a 700 mm anuales con lluvias en verano de corta duración de alrededor de 4 a 5 meses aproximadamente, con prolongados periodos de sequía y escasa disponibilidad de agua, tanto para el consumo humano como para el desarrollo de la agricultura, con una temperatura media de 27°C. La vegetación que predomina según Rzedowski y Rzedowski 1979, es bosque caducifolia siendo en su mayoría poblada de árboles de leguminosas y cactáceas (Figura 1). La región de

procedencia de los frutos, pertenece a la región del alto Balsas. De acuerdo con Guízar (2010), menciona que la mayor parte de los suelos son formados originalmente por esquistos, calizas, areniscas y lutitas, se caracterizan por presentar poca profundidad, son suelos que se originan de sedimentos aluviales lo que hace que el uso para la agricultura sea muy limitada, además que su topografía es muy abrupta por lo inclinado de los terrenos con pendientes mayores al 60%, estos suelos presentan pH alcalinos mayores a 7.5, poco profundos de alrededor de 15 a 25 cm.



Figura 1. Vegetación predominante (Izquierda) donde crece el Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) y planta con frutos maduros, en la selva baja caducifolia (Derecha).

Se tomó como base solo colectar frutos a madurez fisiológica, ya que por la época de colecta solo existen mayormente frutos maduros, los cuales presentaban un color amarillo-naranja intenso (Gutiérrez *et al.*, 2011), con las características de firmeza de fruto y que no presentaran avanzada deshidratación, además que no mostraran daños por aves o mamíferos debido, a que pudieran alterar los datos a tomar. Las plantas a las cuales se cosechó fruto maduro tenían aproximadamente de 4 a 5 años de edad, con una altura promedio de 3 a 4 m. La mayoría de las plantas estaban conducidas bajo un tutor vivo como naranja (*Citrus sinensis*) o Limón (*Citrus limon* L.).

1.4.3 Caracteres evaluados

Los caracteres evaluados de las colectas obtenidas fueron: peso de fruto (PSFR; g), diámetro polar de fruto (DPOL; mm), diámetro ecuatorial de fruto (DECU; mm), longitud de pedúnculo (LOPE; mm), ancho de pedúnculo a la base del fruto (ANCPE; mm), y número de semillas por fruto (NUSEM), se procedió a la toma de datos, cuando los frutos obtenidos presentaban el color característico a madurez fisiológica.

1.4.4 Diseño y unidad experimental

Se usó un diseño completamente al azar con 2 repeticiones, la unidad experimental constó de 5 frutos por planta por repetición, contando con 10 frutos por colecta, dando un total de 80 frutos.

1.4.5 Análisis estadístico

En las variables evaluadas se realizó el análisis de varianza (ANAVA), y comparaciones múltiples de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el paquete del Sistema de Análisis Estadístico (SAS) versión 9.3 para Windows (SAS, 2006).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Sistema de producción tradicional

En los sistemas agroforestales tradicionales o huertos de traspatio la mayoría de las plantas de cuatomate tenían junto a ellas un tutor vivo como limón (*Citrus sinensis* L.), naranja (*Citrus limon* L.) y anona (*Annona Cherimola*), mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Acacia farnesiana*) que les proporcionan soporte y sombra a la vez (Cuadro 2). La diversificación productiva en el traspatio desempeña un rol trascendente, pues en un pequeño espacio de tierra se suelen cultivar hortalizas, plantas medicinales y frutales, es decir, se trata de auténticos sistemas agroforestales, aunque en pequeña escala, puesto que además son

acompañados por ganado menor (borregos, chivos, guajolotes, gallinas y cerdos), por lo que con estas prácticas se mantiene la diversidad genética que es un objetivo de los sistemas agroforestales (Álvarez, 2016). Los frutos objeto de estudio fueron cosechados de plantas que estaban sembradas en su mayoría en traspacios, corroborando lo dicho por Gutiérrez *et al.* (2008) que el cuatomate juega un papel relevante en la alimentación y eventual comercialización en mercados locales donde alcanzaba para el año 2014 precios de hasta \$100.00 kg. Por otra parte Salazar *et al.* (2015), menciona que el traspacio como un agroecosistema es uno de los más ricos y diversos que existen, tal cual ocurre en la Mixteca Poblana.

Cabe mencionar que en la parcela estudiada en el municipio de Tehuiztzingo, fue la que presentó mayor superficie (Cuadro 2), las plantas de cuatomate fueron sembradas mayormente junto a arboles de guaje (*Leucaena leucocephala*) para darle soporte a éstas, además con el propósito de cosechar la vaina de ese árbol, ya que las semillas de este, al igual que el fruto de cuatomate son combinados con *Capsicum annum*, en la elaboración de salsas y platillos típicos, considerados un delicia de la cocina tradicional Poblana.

Cuadro 2. Algunos aspectos clave sobre el cultivo agroforestal del “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) en huertos de la Mixteca de Puebla.

Colecta	Tipo de huerto	Superficie	Manejo de la planta	Tipo de fertilización	Tipo de tutor
Izúcar de Matamoros	Huerto de traspacio	300 m ²	Ninguno	Ninguno	Guaje, Mezquite
Tehuiztzingo	Parcela de riego	1105 m ²	Podas	Ninguno	Guaje, limón, naranja
Chinantla	Huerto de traspacio	256 m ²	Ninguno	Abono de chivo	Naranja y limón
Tulcingo	Parcela de Temporal	476 m ²	Ninguno	Abono de res	Limón y neem
Chiautla de Tapia	Parcela Temporal	200 m ²	Ninguno	Ninguno	Ciruela
Guadalupe Santa Ana	Huerto de traspacio	175 m ²	Ninguno	Abono de chivo	Limón, naranja, anona
Acatlán de Osorio	Huerto de traspacio	145 m ²	Raleos ocasionales	composta (hojarasca)	Mezquite, limón, guayaba
San Pedro	Huerto de traspacio	245 m ²	Ninguno	Ninguno	Mango, guayaba, limón

1.5.2 Peso de fruto

Las comparaciones múltiples de medias del peso de fruto de *Solanum glaucescens* realizadas en la Mixteca Poblana mostró que la colecta Izúcar de Matamoros fue superior 30.94 g, Chinantla presentó un peso de 27.56 g, mientras que en el caso de Acatlán de Osorio y San Pedro Yeloixtlahuaca, obtuvieron pesos de 21.34 y 20.32 g ambas colectas fueron estadísticamente similares, en el caso de Tehuitzingo, Tulcingo de Valle, Chiautla de Tapia, Guadalupe Santa Ana, con pesos promedios de 16.98, 19.54, 16.45 y 17.31 g fueron estadísticamente similares entre estas colectas, estos frutos (Figura 2) fueron los que se presentaron menor peso de todas las colectas evaluadas. Por su parte Chaves *et al.* (2011), evaluaron 16 cruces interpoblacionales (poblacionales x poblacionales) entre tres materiales de tomatillo (*S lycopersicum* var *cerasiforme*) en condiciones de invernadero, encontraron que el peso promedio de fruto de los progenitores oscilaron entre 18 y 39 g por fruto, estos pesos de fruto fueron mayores a los encontrados en *Solanum glaucescens*. Vargas (1998) encontró en una muestra de 42 frutos de todos tamaños, que el peso máximo fue de 30.1 g para el fruto más grande y 5.87 g para el más pequeño, con un peso promedio de 12.27 g; estos pesos, no coinciden con los pesos de frutos encontrados en las colectas evaluada en esta investigación. En la región se observa diversidad en las plantas de cuatomate en cuanto a fenología, características de frutos, hojas y tallos; pero los productores sólo identifican tres tipos con base en el color del fruto que son el verde, blanco y moteado (Gutiérrez *et al.*, 2011).

1.5.3 Diámetro polar y ecuatorial de fruto

El análisis estadístico en las comparaciones múltiples de medias hechas para diámetro polar de fruto de *S. glaucescens* arrojó que la colecta Tehuitzingo, Chinantla, Tulcingo de Valle y Chiautla de Tapia, fueron estadísticamente similares, las colectas que presentaron mayo diámetro polar de fruto fueron Izúcar de Matamoros, San Pedro Yeloixtlahuaca y Acatlán de Osorio, con un promedio de 38.4, 40.4 y 34.6 mm respectivamente (Figura 3). En relación al diámetro

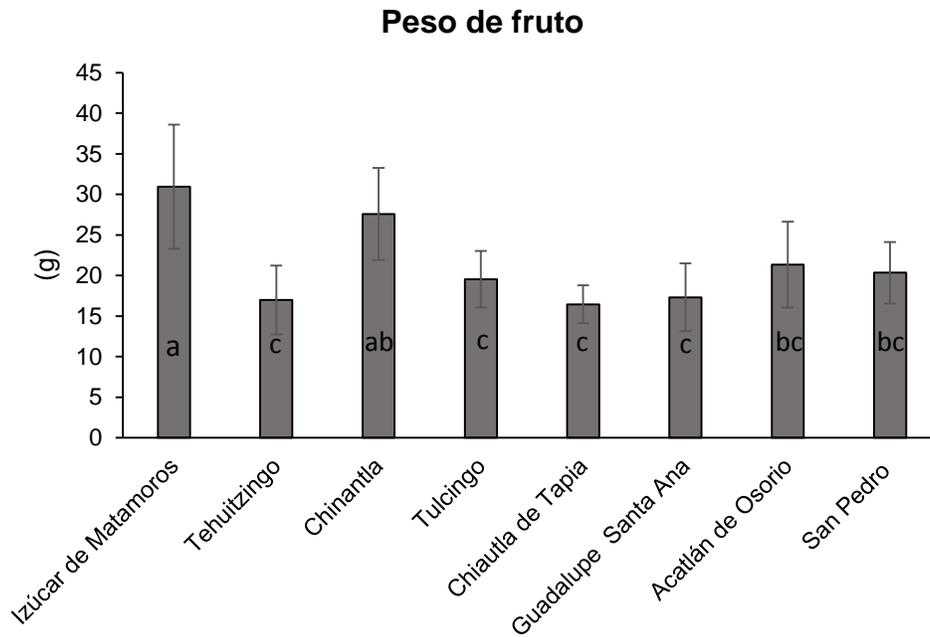


Figura 2. Peso de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.

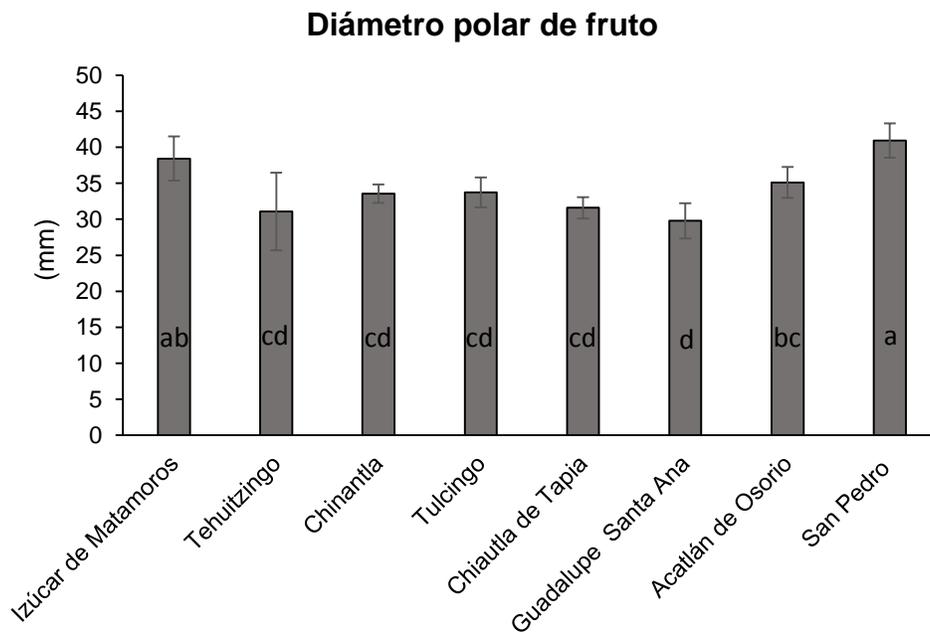


Figura 3. Diámetro polar de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.

ecuatorial de fruto de Tehuitzingo, Tulcingo de Valle, Chiautla de Tapia, Guadalupe Santa Ana, San Pedro Yeloixtlahuaca y Acatlán de Osorio, no mostraron diferencias estadísticas significativas, solo las colectas Izúcar de Matamoros y Chinantla, mostraron diferencias con 40.6 y 36.6 mm, respectivamente (Figura 4); cabe destacar que la colecta Izúcar de Matamoros, presentó mayor diámetro polar y ecuatorial, este tipo de fruto es reconocido por presentar características de mayor tamaño y color verde oscuro, denominándolo como tipo “Chimeco”, (sucio), por lo opaco de su color sobrenombre que le dan en algunas regiones de la Mixteca Poblana, por lo que esta variable de diámetro polar y ecuatorial de fruto podrían ser utilizadas de forma acertada para futuras caracterizaciones del fruto de *Solanum glaucescens* ya que pueden variar en los diferentes genotipos de cuatomate. Dottori y Cosa (2007) reportan para *Solanum palinacanthum* que su tamaño varía entre 34 a 40 mm de diámetro en la parte media, en estado más avanzado de madurez, cuando el fruto es inmaduro mide de 20 a 22 mm de diámetro, para el caso del diámetro ecuatorial de fruto maduro, son similares, a los reportados en esta especie para el caso de *S. glaucescens*.

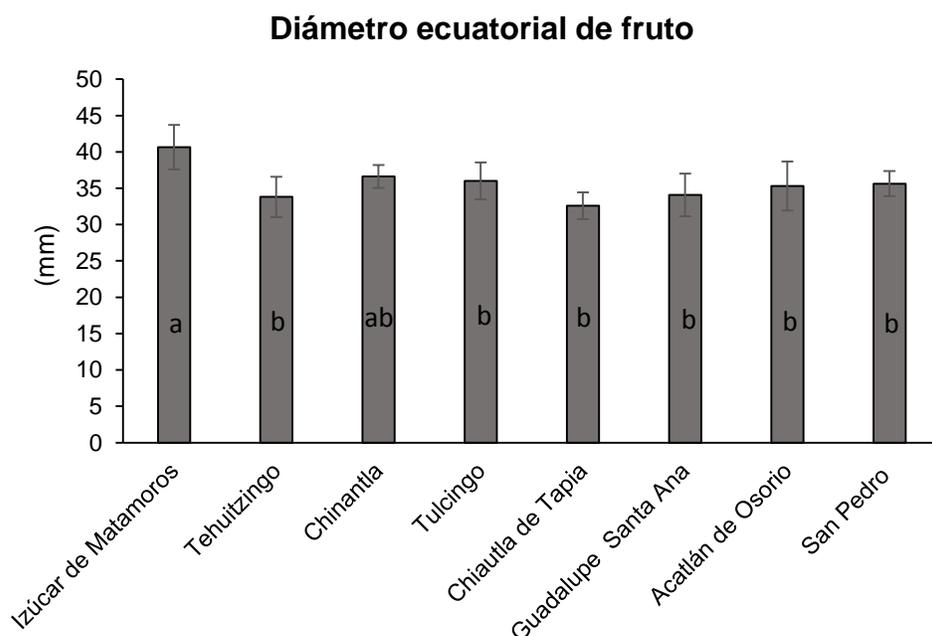


Figura 4. Diámetro ecuatorial de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.

1.5.4 Longitud y ancho de pedúnculo

En la comparación múltiple de medias para el carácter longitud de pedúnculo, la colecta denominada Chinantla fue la que presentó una mayor longitud para esta variable con 27.1 mm, le siguieron Guadalupe Santa Ana y Acatlán de Osorio con 23.1 y 23.0 mm, Tehuiztingo, Tulcingo de Valle, Chiautla de Tapia, San Pedro Yeloixtlahuaca, que fueron estadísticamente similares, Izúcar de Matamoros, fue la que presentó menor longitud de pedúnculo con 18.6 mm (Figura 5).

Para el carácter el ancho de pedúnculo del fruto, la comparación múltiple de medias arrojó, que la colecta de Chinantla fue la que mostró mayor ancho de pedúnculo con 13.2 mm, seguido de San Pedro San Pedro Yeloixtlahuaca con 12.2 mm, las que presentaron similar longitud de pedúnculo fueron Chiautla de Tapia, Acatlán de Osorio, con 11.9 y 11.6 mm y Guadalupe Santa Ana, Tulcingo de Valle con 11.1 y 10.4 mm; las colectas que mostraron menor anchura de pedúnculo fueron, Izúcar de Matamoros y Tehuiztingo con 10.3 y 9.6 mm (Figura 6). En la investigación realizada en campo por Vargas (1998), en la región de la Mixteca, encontró que la longitud del pedúnculo del fruto va de 1.57 a 2.81 cm y con un promedio de 1.95 cm con lo que lo consideró como largo; el diámetro del pedúnculo oscilo entre 1.2 y 2.5 mm en la parte media, ensanchándose hacia la base del fruto, donde llega a medir hasta 8 mm de longitud. Por otra parte, en otros trabajos realizados por Martínez (2006), en la que realizó caracterizaciones en ochuva (*Physalis peruviana* L), se encontró una longitud de pedúnculo de fruto de 1.4 a 2.8 cm, lo cual no coincide con lo obtenido en la presente investigación por lo que la longitud es mayor en *Solanum glaucescens*, ya que los frutos de cuatomate poseen un calibre mayor que al de la ochuva, pertenecientes a la familia de las solanáceas. Por otra parte, Benítez de Rojas *et al.* (2011) encontraron para *Solanum uncinellum* una la longitud de pedúnculo del fruto, de 1-17 mm, intervalo mayor al de colectas evaluadas para *Solanum glaucescens* Zucc.

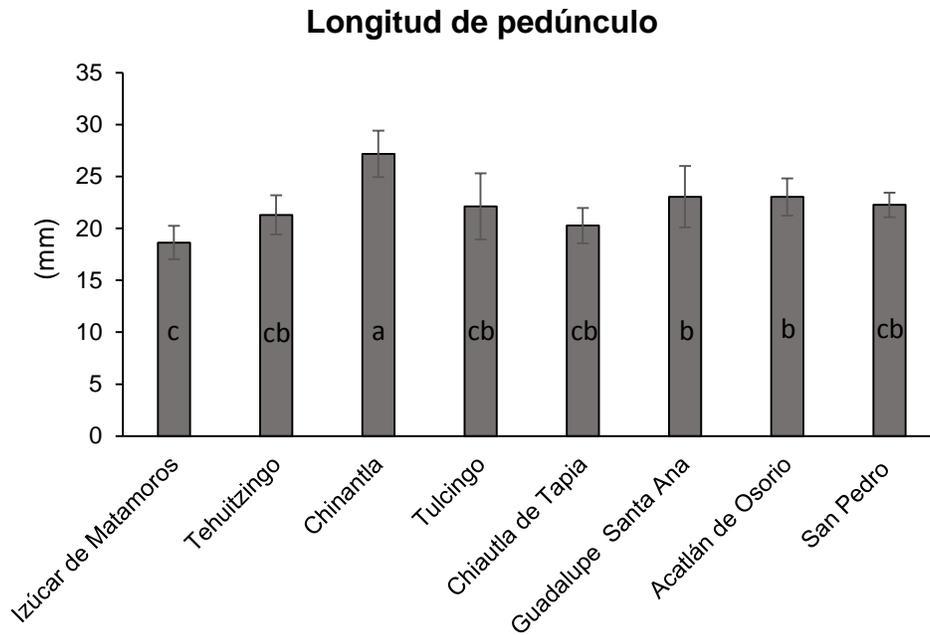


Figura 5. Longitud de pedúnculo de fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.

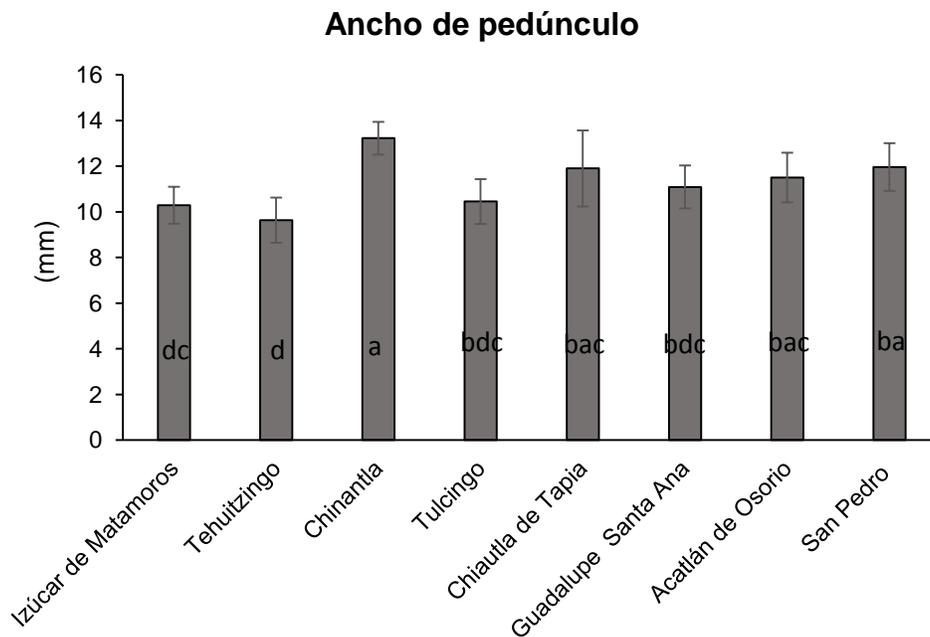


Figura 6. Ancho de pedúnculo a la base del fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.

1.5.5 Número de semillas

La comparación múltiple de medias indica, que el número de semillas de fruto de *Solanum glaucescens* Zucc fue mayor en la colecta Izúcar de Matamoros, con 194 semillas por fruto, seguida de las colectas Tulcingo de Valle, Chiautla de Tapia y Acatlán de Osorio, con 168, 160 y 159 respectivamente, la colecta que presentó menor número de semillas fue Guadalupe Santa Ana con 102 y San Pedro Yeloixtlahuaca; Tehuizingo y Chinantla fueron las que presentaron estadísticamente similar número de semillas con 145 y 144 (Figura 7). Por su parte Vargas (1998) realizó una muestra de 21 frutos fisiológicamente maduros, extrajo del interior para conocer la cantidad de semillas, con lo cual encontró un promedio de 108 semillas por frutos, los resultados obtenidos en las colectas evaluadas muestran que el número de semillas es mayor en estas coletas de frutos; solo la colecta de Guadalupe Santa Ana, fue similar con 102 semillas por fruto. Copeland (1976), menciona que la mayor calidad de semilla en cualquier especie se obtiene cuando ésta alcanza su madurez fisiológica, por lo cual es importante contar con indicadores que ayuden a la descripción de esta variable para facilitar su propagación. Por otro lado Gutiérrez *et al.* (2011) indican que el 82.3% de los campesinos que cultivan cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), es propagado por medio de semilla, por lo que las colectas de Izúcar de Matamoros y Tulcingo de Valle, son una buena opción para su reproducción por vía sexual.

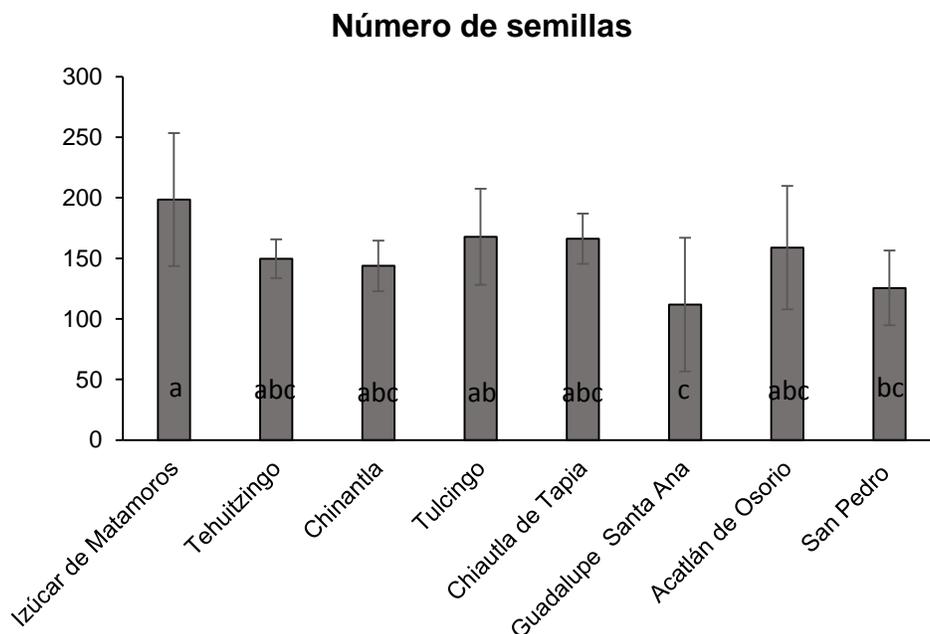


Figura 7. Número de semillas del fruto de ocho colectas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), realizadas en la Mixteca Poblana en 2014.

1.6 CONCLUSIONES

La colecta denominada “Izúcar de Matamoros” fue la que presentó mayor peso, número de semillas, diámetro polar y ecuatorial de fruto, seguida de la colecta denominada Chinantla, destacando en este estudio que hay variabilidad en algunas características del fruto. Estas colectas pueden ser propagadas para evaluar otras características agronómicas sobresalientes, se puede iniciar trabajos de mejoramiento para establecerlas como un nuevo cultivo de producción de cuatomate. No obstante este órgano es de suma importancia, ya que es utilizado por la mayoría de la gente que lo cultiva para consumo y propagación, pero para llegar a que se logre el éxito para su reproducción, será necesario seleccionar frutos de buena calidad según su peso, tamaño y número de semillas, además de otras características.

1.7 LITERATURA CITADA

- Álvarez, G.F.J. 2016. La unidad de producción familiar y el conocimiento campesino. En. Lecciones sobre agricultura familiar y su contribución a la seguridad alimentaria. Álvarez, G.F.J., Aguirre, A.L., Paredes, S.J.A., Salcido, R.B.A. (Coords.). Colegio de Postgraduados e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. México. pp. 47-63.
- Benítez de Rojas, C.E., Nee, M y Rodríguez, P. 2011. Estudio taxonómico de representantes de *Solanum* sección *Dulcamara* S.L. (Solanaceae) de Sudamérica. *Acta botánica Venezolana*. 34(2): 381-405.
- Bharucha Z. and J. Pretty. 2010. The roles and values of wild foods in agricultural systems. *Philosophical Transactions of The Royal Society Botanical Sciences* 365: 2913-2926.
- Caballero J., Rendón, B., Rebollar, S., Martínez, M.A. 2001. Percepción, uso y manejo tradicional de los recursos vegetales en México. En: Estudios sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI. UAM-Semarnat. México. p 79-100.
- Casas A., Viveros, J.L., Caballero, J. 1994. Entobotánica mixteca: sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero, México. Instituto Nacional Indigenista. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México. p 336.
- Casas A., Cortés, L., Mapes, C. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos de México. *Estudios Atacameños* 16: 1-15.
- Castillo C., G. 1994. *Solanum guamuchilense* sp. Nov. (Solanaceae, Solaneae) del estado de Nayarit, México. *Acta Botánica Mexicana* 27:33-37.
- Chaves S., J.L., J .C. Carrillo-Rodríguez, A.M. Vera-Guzmán, E. Rodríguez-Guzmán y .R. Lobato-Ortiz. 2011. Utilización actual y potencial del jitomate silvestre Mexicano. Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos, para la Alimentación y la agricultura (SINAREFI), Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y alimentación, CIIDIR –Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Oaxaca, México. 72 p.
- Copeland, L.O. 1976. Principles of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company. Minnesota, U.S.A. 343 p.

- Dottori, N. y Cosa, M.T. 2007. Anatomía y desarrollo de fruto y semilla de *Solanum palinacanthum* (Solanaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 359-367.
- FAO. 2009. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. 76 p.
- FAO. 2010. The second report on the state of the worlds plant genetic resources for food and agriculture. Roma, Italia. 350 p.
- Gil, M.A., Hernández, G.J.A., López, S.H., Lagunes, E.L.C., Lobato, O.R., Guerrero, R.J.D., Gutiérrez, R.N., Antonio, L.P.B., Herrera, C.E., Valadez, R.M., Días, R.R., García, S.G. 2011. Recursos fitogenéticos cultivados. En. *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Puebla, México. 198-207 pp.
- Guízar N. E; Granados, S.D; Castañeda, M.A. 2010. Flora y vegetación en la porción sur de la Mixteca Poblana. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2): 95-118.
- Gutiérrez, A.A., Ocampo, F.I., Parra, I.F., Ballinas, T.I., Hernández, H.R., Bello, T.F. Cortez, A.A. 2008. Los traspatios en el ambiente mixteco: espacio socio-productivo para la seguridad alimentaria. pp. 162-175. *In*. Seguridad alimentaria en Puebla: prioridad para el desarrollo. Reyes, A. E y Paredes, S.J.A. (Coords.). Colección “La agricultura en Puebla”, Serie “Seguridad alimentaria 2”. Colegio de Postgraduados y Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 451 p.
- Gutiérrez R. N; Medina, G, A; Ocampo, F.I; Antonio, L. P; Pedraza, S. M. E. 2011. Conocimiento tradicional del “cuatomate” (*Solanum glausencens* Zucc.) en la Mixteca baja poblana, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 8(3); 407-420.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005. Marco Geoestadístico Municipal. 564 p.
- Lira S.R., Casas, A., Rosas, R., Paredes, M., Pérez, E., Rangel S., Solís, L., Torres, I., Dávila, P. 2009. Traditional Knowledge and useful plant richness in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. *Economic Botany* 20(10):1-17.
- Martínez V.C.A. 2006. Caracterización morfoagronómica de la colección de uvilla (*Physalis peruviana* L.) del banco de germoplasma del INIAP, Ecuador.

Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. 336 p.

Martínez, P., A.; López, P. A.; Gil M, A y Cuevas, S. J, A. 2011. Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. Acta Botánica Mexicana 98: 73-98.

Pineda, B., R. Hidalgo, D. Debouck y M. Mejía. 2007. Multi-Institutional Distance Learning Course on the Ex Situ Conservation of Plant Genetic Resources. Publication No. 360. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia. 284 p.

Reyes G. R. 2009. Propagación de Cuatomate (*Solanum glausencens* Zucc.) mediante la técnica del estacado en dos tipos de sustrato, en el Instituto Tecnológico de Tecamatlán. Informe Técnico de residencia profesional, Instituto Tecnológico Número 32. Tecamatlán, Puebla, México. 37 p.

Rzedowski J. y Rzedowski, G.C. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto Politécnico Nacional, Instituto de Ecología, A.C., Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. Vol.1.17-25.

Rzedowski J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Revista Ciencias 6: 47-56.

Salazar, B. L. D. L., Magaña, M. M. A y Latournerie, M, L. 2015. Importancia económica y social de la agrobiodiversidad del traspatio en una comunidad rural de Yucatán, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 12(1): 1-15.

SAS Institute. 2006. SAS software release 6,12. Versión 9.3 SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.

Secretaria de Desarrollo Rural (SDR). 2007. Cadenas Productivas Agropecuarias y Acuícolas del Estado de Puebla. Cultivos del estado de Puebla. 306 p.

Tardio J., Molina, M., Aceituno, L., Pardo, M., Morales, R., Fernández, V., Morales, P., García, P., Cámara, M., Sánchez, M.C. 2011. *Montia fontana* L. (Portulacaceae), an interesting wild vegetable traditionally consumed in the Iberian Peninsula. Genetic Resources and Crop Evolution 58:1105-1118.

Tavares de M.P.C. y Tavares, de M.A.M. 2007. Hortalizas subutilizadas en Brasil. Revista Horticultura Internacional 60:70-71 p.

- Vargas M.O. 1998. Estudio etnobotánico y caracterización agronómica del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) en la región Mixteca Baja Poblana. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 111 p.
- Villarreal R.L., Gil, M.A., Hernández, G.J.A., Herrera, C.E., Ramírez, H.C., Taboada, G.O.R., Valadez, R.M., Vargas, L.S. 2011. Los recursos genéticos como componentes de la biodiversidad. En. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Puebla, México. 196-207 pp.

CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc.)

RESUMEN

Con el propósito de estudiar el crecimiento a través de la acumulación de materia seca de los diferentes órganos de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.). Se estableció el experimento en Atlixco, Puebla, bajo condiciones de hidroponía y malla sombra al 50%, se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, y la unidad experimental consistió de una planta por metro cuadro, fueron cultivadas en bolsas de polietileno de color negro calibre 600, como fuente de nutrimentos se utilizó la solución de Steiner en cuatro concentraciones a 25, 50, 75 y 100 %. La separación entre hileras fue de 1.25 m y de 1 m entre plantas. El sustrato el cual se utilizó fue tezontle rojo con un tamaño de partícula 5 mm. Se realizaron seis muestreos, tomando una planta. La solución nutritiva influyó escasamente en la fenología de la planta, en las variables de diámetro y longitud de tallo principal y el número de hojas. El análisis de crecimiento mostró en los porcentajes altos de la solución nutritiva tuvieron la mayor efecto en la acumulación de la materia seca en hoja, tallo y raíz, así como en biomasa total.

Palabras clave: solanaceae, fenología, nutrimentos, biomasa.

ABSTRACT

With the purpose of studying the growth through the accumulation of dry matter of the different organs of cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.). The experiment was set up in Atlixco, Puebla, under conditions of hydroponics and 50% shade mesh. A completely randomized design with four replicates was used, and the experimental unit consisted of one plant per square meter, were grown in polyethylene bags of 600 caliber black, as a source of nutrients the Steiner solution was used in four concentrations at 25, 50, 75 and 100%. The separation between rows was 1.25 m and 1 m between plants. The substrate which was used was red tezontle with a particle size of 5 mm. The nutrient solution had little influence on the phenology of the plant, on the variables of diameter and length of main stem and the number of leaves. The analysis of growth showed in the high percentages of the nutrient solution had the greatest effect on the accumulation of dry matter in leaf, stem and root, as well as in total biomass.

Key words: solanaceae, phenology, nutrition, biomass.

2.1 INTRODUCCIÓN

El cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) es una planta de la familia de las Solanáceas, a la cual pertenecen algunos cultivos importantes como el jitomate, chile y tomate de cascara, esta especie crece en los cerros de forma silvestre y se cultiva en traspatios, en la parte sur del Estado de Puebla, específicamente, en la región denominada Mixteca Baja Poblana. El fruto es el órgano de interés alimenticio y económico, pues su comercialización es en estado inmaduro. El fruto es recolectado de plantas silvestres, dentro de la selva baja caducifolia, en los meses de mayor precipitación, principalmente por recolectores de la región. Esta hortaliza se consume en salsas y platillos típicos de la región como el “chilate”, en el cual es molido y agregado *Solanum glaucescens* tiene importancia económica y sociocultural a nivel regional desde los antiguos pobladores de la región. Es importante que este tipo de hortaliza deba de ser promovida para su consumo en otros mercados del país, donde es poco conocida, además, el estímulo a su cultivo podrán contribuir para reforzar el desarrollo sustentable de la agricultura familiar y así con esto, promover la seguridad alimentaria y reducción de la pobreza de la región Mixteca.

En el estado de Puebla se cultiva una gran variedad de especies hortícolas, tanto de clima templado como tropical. Según SAGARPA (2013), en Puebla se siembran más de 56 mil ha, las cuales producen más de 717 mil t con un valor de producción de más de 2 mil 400 mdp. Predomina la siembra de semilla mejorada en las especies de mayor valor comercial, aunque también es común que se siembren variedades criollas o nativas, sobre todo en las hortalizas de consumo regional. Las principales regiones productoras de hortalizas son: la zona central del Valle de Puebla y la Mixteca (SAGARPA, 2013). Las hortalizas son un cultivo que ha sido parte importante para la agricultura en Puebla, ya que esta actividad genera una gran demanda de mano de obra y captación de divisas.

2.2. OBJETIVO E HIPÓTESIS

Objetivo

Determinar la eficiencia de acumulación de materia seca y el comportamiento fenológico de Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) en cuatro concentraciones de solución nutritiva.

Hipótesis

Existe respuesta diferenciada en el comportamiento fenológico entre caracteres morfológicos (longitud y diámetro de tallo principal, número de hojas, número de flores, número de ramas, número espinas en tallo principal) de *Solanum glaucescens* Zucc.

2.3. REVISIÓN DE LITERATURA

2.3.1 Clasificación taxonómica

Rzedowski (1981), citado por Vargas (1998) menciona que el “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) y *Solanum oaxacanum* Dunal son especies diferentes (Cuadro 1), la primera distribuida en México y la segunda en la región meridional.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Solanum glaucescens* Zucc.

Reino	Vegetal
Subreino	Embriophyta
Clase	Dicotiledóneae
Orden	Solanales
Familia	Solanáceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Solaneae
Genero	<i>Solanum</i>
Sección	Solanum
Subgénero	<i>Leptostemonum</i>
Grupo	<i>Wendlandii</i>
Especie	<i>Solanum glaucescens</i> Zucc. (<i>S. oaxacanum</i> Dunal)

2.3.2 Importancia del cuatomate en la región

El Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) es una planta arbustiva perenne caducifolia de hábito trepador, que crece en el dosel de la selva baja caducifolia. En la región de la Mixteca Poblana, es común encontrar los genotipos domesticados sembrados en traspatio junto a plantas de chile “chiltepin” (*Capsicum annum*), también se pueden encontrar en los cerros de forma silvestres en esta misma región (Figura 1), ambos son comercializados en los mercados locales, además de que tiene un gran potencial de exportación como hortaliza fresca o procesada, ya que en la región se comercializa en pequeñas cantidades para las comunidades de poblanos de la parte sur de Estados Unidos, lo que hace que se promueva su consumo en el vecino país a través de los migrantes, que conforma el llamado “mercado de la nostalgia”.



Figura 1. Vegetación predominante donde crece el Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) y planta con fruto en la selva baja caducifolia.

El Cuatomate ha sido y es una especie hortícola importante para “Mixteca baja Poblana” desde los antiguos pobladores mixtecos, el cual fue domesticado por este grupo étnico, que ha contribuido a la diversificación de especies comestibles tanto cultivadas como silvestres, a favor de la seguridad alimentaria de los actuales pobladores de la parte sur del estado de Puebla. Esta especie es una de varias solanáceas importantes cultivadas en la región, en huertos de traspatio, también los frutos son recolectados de plantas silvestres en la época de lluvias

para autoconsumo y para su comercialización en los mercados locales y regionales.

Sánchez y García (2000) indican que a pesar de la globalización de los mercados alimentarios, todavía se sigue la tradición de selección y recolección de especies silvestres para el consumo en las comunidades de la región Mixteca Poblana. En la mayoría de los casos, estas plantas son recolectadas en el bosque tropical caducifolio, que son conocidas a nivel local, como es *Solanum glaucescens* Zucc., y algunos árboles frutales como Guamuchil, Ciruela y Nanche.

El hábitat de las plantas silvestres de esta familia es la selva baja caducifolia asociada con otras especies forestales en su mayoría de leguminosas, que son extraídas para su aprovechamiento en este ecosistema (Sánchez y García 2000). Martínez *et al.* (2011) realizaron un inventario de plantas útiles y determinaron prioridades para su conservación en la región de Mixteca del estado de Puebla en las que destacan el Cuatomate como un recurso genético de importancia socioeconómica y como potencial alimenticio y ecológico ya, que esta especie se puede utilizar para la reforestación.

El fruto es el órgano de interés comercial más importante de esta especie, estos son recolectados de plantas cultivadas y no cultivadas, los cuales se utilizan en la preparación de platillos típicos de la región y también son objeto de comercialización, en la época de mayor demanda (Vargas,1998).

Los frutos se consumen inmaduros (Figura 2), cuando presentan un color característico verdes-moteado (Medina, 2011) y son usados para la preparación de salsas en sustitución del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) y jitomate (*Solanum lycopersicum*), así como el “chinanande”, nombre mixteco que le dan al jitomate silvestre (*Solanum pimpinellifolium*), este también tiene un gran potencial para ser procesado en conservas y purés, con lo cual se puede promover el

consumo de estas hortalizas en otras regiones de México, donde son poco conocidas.



Figura 2. Frutos de Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) a madures hortícola y chiltepín (*Capsicum annum*), comercializados en el mercado del municipio de Acatlán de Osorio, Puebla.

2.3.3 Generalidades del cuatomate

El Cuatomate se adapta mejor a los suelos ricos en materia orgánica de acuerdo con campesinos de la “región de la Mixteca” entrevistados por Medina (2011) donde la mayoría de estos agricultores que lo cultivan no usan una fórmula para fertilizar, ya que no existe investigación donde se haga referencia a los índices de extracción nutrimental para saber cuánto y cuando aplicar; en algunas ocasiones agregan a las plantas abonos de origen animal especialmente de chivo, el cual es abundante en la región, sin embargo, en suelos pobres con poca materia orgánica, se recomienda agregar composta y fertilizante mineral.

Esta especie ha sido poco estudiada para su explotación intensiva en invernadero u otros sistemas de cultivo, considerando la importancia del Cuatomate en el sur del estado de Puebla se han hecho estudios sobre esta solanácea (Figura 3), que se centran en la propagación de estacas y el cultivo de tejidos (Medina, 2011), ya que esta especie en particular presenta problemas de heterostilia, que es un polimorfismo floral en el cual las poblaciones de plantas presentan dos o tres morfos difieren entre sí, las flores de las plantas de morfo largo, tienen estilos

largos mientras que las anteras se disponen por debajo; por el contrario, las anteras se sitúan por encima de los estigmas en el morfo corto (Ferrero, 2009)., Vargas (1998) indica que el gineceo es considerablemente más corto que el androceo, lo que hace que sólo produzcan alrededor del 40% de plantas fértiles, las que dan fruto.

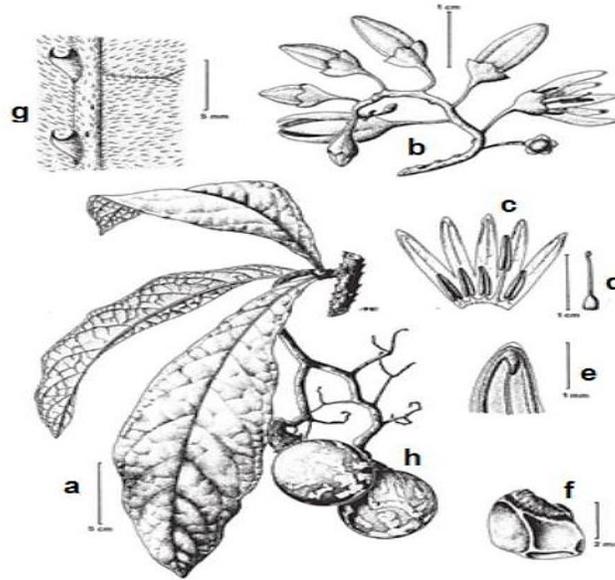


Figura 3. Aspectos morfológicos de la planta de Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) a) Hojas, b) Inflorescencia, c) Flor abierta d) Pistilo, e) Porción apical de un lóbulo de la corola, f) Semilla g) Porción del envés de la hoja, h) frutos (tomado y modificado de Castillo,1994).

Los recursos genéticos vegetales para la alimentación y la agricultura, constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria del mundo y de México. Estos recursos constituidos por la diversidad del material genético contenida en las variedades tradicionales y modernas, así como los parientes silvestres, son de particular interés para los cultivos alimenticios de uso actual. Dado que estos recursos naturales representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, pueden hacer posible amortiguar los cambios ambientales y económicos; la pérdida de este material representaría una seria amenaza a la seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro (FAO, 2010).

2.4 Algunas solanáceas importantes cultivadas en México

2.4.1 Papa (*Solanum tuberosum* L.)

México y la región andina de Perú, Bolivia y el norte de Argentina se consideran centros de diversificación de las papas silvestres (Hawkes, 1990). La mayoría de especies crecen en los Andes, 28 de ellas se desarrollan en México (Spooner *et al.*, 2004). Aquí, las papas silvestres se localizan en todos los estados, con excepción de Baja California, Campeche, Tabasco, Quintana Roo y Yucatán (Villa y Rodríguez, 2010).

De acuerdo con SAGARPA-SIAP la superficie nacional sembrada con papa en 2015 fue de 64031.52 hectáreas con un rendimiento nacional de 27.14 toneladas por hectárea. En México los principales estados productores de papa por superficie son: Sinaloa, México, Chihuahua, Puebla, Michoacán, Veracruz, Guanajuato, Sonora, Nuevo León, Tlaxcala y Coahuila. En México la producción de papa se destina para el consumo humano y como materia prima en la industria de las "papas fritas". Su alta demanda ha originado el aumento de la superficie cultivada. Esta solanácea ocupa el cuarto lugar a nivel mundial, después del arroz, trigo y maíz (Rubio *et al.*, 2000). La papa (*Solanum tuberosum* L.) es originaria de la cordillera de los andes, proviene de la frontera entre Bolivia y Perú. Las papas silvestres mexicanas son importantes ya que los tubérculos de *Solanum cardiophyllum* Lindl. y *S. ehrenbergii* (Bitter) Rydb. Se utilizan como alimento humano en el altiplano Potosino-Zacatecano (Rodríguez y Villa, 2010).

2.4.2 Jitomate (*Solanum lycopersicum*)

La palabra jitomate procede del náhuatl xictli, ombligo y tomātl, tomate, que significa tomate de ombligo. El tomate ya se cultivaba 700 años a.c. en México, y en el antiguo Perú antes de la formación del Imperio Inca. Como una curiosidad, debe notarse que aunque la palabra tomate viene del náhuatl tomatl, en el sur de México el tomate es conocido como jitomate, mientras que se le llama tomate al tomatillo o tomate verde (*Physalis ixocarpa*). El cultivo de jitomate se realiza en 26

estados de la república de los cuales concentran más del 60% de la superficie sembrada cosechada, el principal productor es Sinaloa que abastece el mercado nacional y el de exportación, posteriormente Baja California Norte, San Luis Potosí, Jalisco, Nayarit y Sonora (Pérez y Castro, 2011).

El jitomate se originó muy probablemente en las tierras altas de la costa occidental de Sudamérica, lugar donde aún existe gran cantidad de variedades silvestres. Los españoles distribuyeron el tomate a lo largo de sus colonias en el Caribe después de la conquista de Sudamérica. También lo llevaron a Filipinas y por allí entró al continente asiático. El jitomate se distribuye en América, desde los Andes sudamericanos a través de Perú y hasta el norte de Chile y en las Islas Galápagos, donde crecen las especies endémicas *Solanum cheesmaniae* y *Solanum galapagaense* (Pérez y Castro, 2011).

El ancestro silvestre (*Solanum lycopersicum*) inmediato del jitomate cultivado, se encuentra más ampliamente distribuido que las demás especies silvestres. Estos se distribuyen en una gran cantidad de hábitats, desde el nivel del mar hasta 3000 m de altitud; es decir, desde las costas áridas del Pacífico hasta las tierras altas húmedas de Los Andes. Esta diversidad de hábitats ha contribuido a la gran variabilidad que se puede encontrar entre los jitomates silvestres (Nuez, 1999).

2.4.3 Chile (*Capsicum annuum*)

El cultivo del chile (*Capsicum annuum*) es de gran importancia en México, debido a que nuestro país se considera como centro de origen de algunas especies, identificándose una gran diversidad de tipos que se encuentran ampliamente distribuidos en el territorio nacional. Durante las últimas décadas, las hortalizas han experimentado un progreso significativo en cuanto al aumento en la superficie sembrada y los rendimientos según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2009. Entre las especies más importantes se encuentra *C. annumm*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. baccatum*, las primeras cuatro se cultivan en nuestro país (Castro *et al.*, 2007). México es considerado

como el centro de origen, diversidad y domesticación de *C. annum*, que es la especie más importante en el mundo y que en Puebla incluye a la mayoría de las variedades: Poblano, Miahuateco, Jalapeño, Serrano, Chiltepin, Cera, Tampiqueño, Habanero, Loco, Güero y Miracielo. Las variedades que destacan con la mayor superficie cultivada y producción son el Serrano (2223 ha y 31122 t) y el Poblano con 600 ha y 4800 t (SAGARPA-SIAP, 2009).

2.4.4 Tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.)

Physalis spp es un género americano que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde, tomate de cascara y miltomate, entre otros nombres. Tiene alimenticio arraigado en la dieta diaria de muchas áreas geográficas de México, donde se cultivan las especies *P. angulata*, además de la recolección de frutos de al menos una docena de especies silvestres.

El aprovechamiento de un gran número de especies vegetales tiene un origen prehispánico, como ocurre con *Physalis* spp, un género de la familia Solanaceae., que produce frutos comestibles reconocidos comúnmente como tomate verde o tomate de cascara (Montes y Aguirre, 1994). Las plantas de tomate son principalmente herbáceas de hábito postrado, semi erectas o erectas de ciclo anual o perene, que producen frutos tipo baya, cubiertos completamente por el cáliz al que se le llama cáscara u hoja. Los frutos muestran gran variedad en colores que van del verde, púrpura, amarillo hasta el naranja. Su tamaño varía entre las especies silvestres y en las formas cultivadas *Physalis* spp., es de origen americano e incluye a 90 especies con distribución en Estados Unidos de América hasta Las Antillas y Argentina, teniendo en México su centro de origen y domesticación (Martínez y Díaz, 1998). En México existen 70 especies silvestres y solo *Physalis philadelphica* Lam. (Sinónimo de *P. ixocarpa* Brot.) y *P. angulata*, son cultivadas. *Physalis philadelphica* está extendido en casi todo el país y actualmente abarca 45,000 hectáreas (Magaña-Lira *et al.*, 2011), por lo que exhibe mucha variación morfológica.

2.5 Generalidades de la selva baja caducifolia

Una máxima expresión del trópico seco se encuentra en la cuenca del Balsas, depresión con dirección este-oeste en la parte centro sur de México; su clima predominante es cálido semiseco, acentuándose hacia el oriente la condición de aridez y por lo tanto donde se encuentra una mayor proporción de elementos de tipo xerófilo. En la porción denominada cuenca del alta del Balsas, se encuentra la Mixteca poblana, en la que predomina la presencia del bosque tropical caducifolio (Guízar *et al.*, 2010.).

En el alto Balsas Poblano en lo que a sus recursos forestales se refiere, se ha encontrado desde siempre marginado de los planes de manejo forestal y de la investigación básica y aplicada; su tipo de vegetación predominante es el bosque tropical caducifolio, cuya mayor área de distribución se localiza en toda la cuenca del río balsas, en contraparte a lo antes señalado desde tiempos inmemorables se ha constituido fuentes fundamental de biocombustibles, forrajes, alimentos, medicinas, etc, para las comunidades locales dada la amplia diversidad biológica de este ecosistema (Guízar y Sánchez, 1991).

En los diferentes tipos de vegetación presentes en el estado de Puebla, crecen una gran variedad de plantas silvestres y arvenses que son recolectadas y utilizadas por los habitantes de comunidades indígenas y mestizas. Estos recursos fitogenéticos se localizan en los bosques (que cubren el 9.3% de la superficie total), las selvas (4%), los matorrales (7%), los pastizales (6.9%), la vegetación secundaria (21.9%) y otros tipos de vegetación (0.6%) (INEGI, 2007).

El bosque caducifolio ocupa 15.68% de la superficie del estado de Puebla (Cuadro 2) y se localiza al sur del estado, sobre las laderas abruptas de la Sierra Madre del Sur; abarca casi por completo la zona semiárida y subhúmeda de la Mixteca Alta, en los límites con los estados de Morelos, Guerrero y Oaxaca (Figura 4).

Cuadro 2. Tipos de vegetación en el estado de Puebla.

Tipos de vegetación	Superficie (ha)	Porcentaje
Agrícola-pecuaria-forestal	1 676 634	48.97
Selva caducifolia	536 851	15.68
Bosque de coníferas	332 108	9.7
Matorral xerófilo	282 805	8.26
Vegetación inducida	233 160	6.81
Bosque de encino	167 423	4.89
Bosque mesófilo de montaña	99 290	2.9
Selva perennifolia	51 014	1.49
Zona urbana	27 048	0.79
Sin vegetación aparente	9 586	0.28
Cuerpo de agua	4 793	0.14
Especial (otros tipos)	1 711	0.05
Asentamientos humanos	1 027	0.03
Desprovisto de vegetación	342	0.01
Total	3 423 800	100

Fuente: CONABIO, 2011.

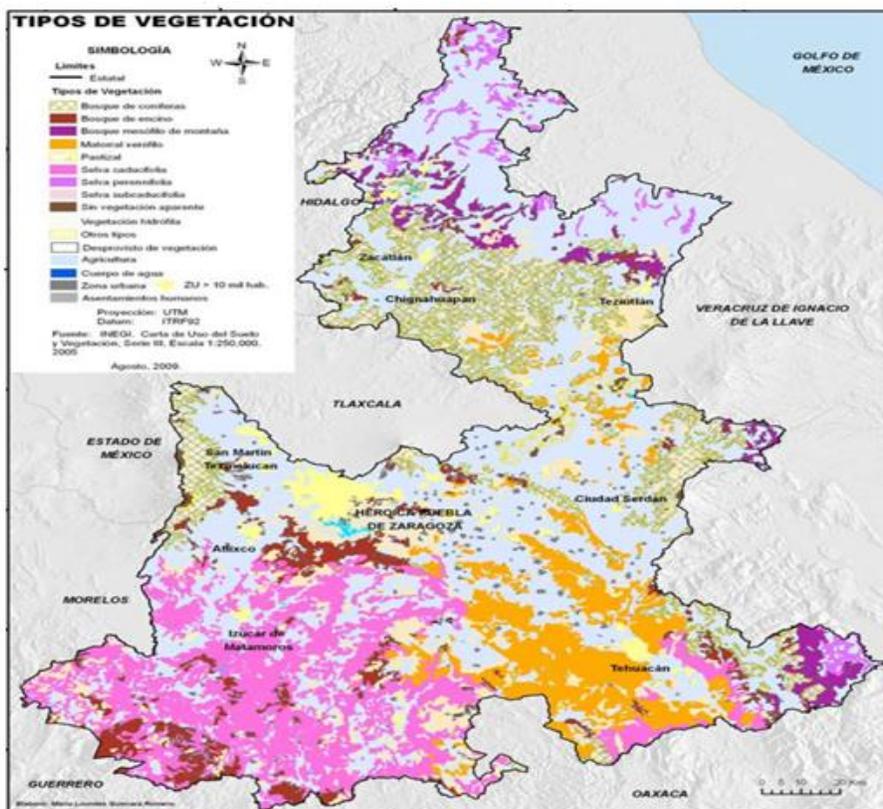


Figura 4. Tipos de vegetación del Estado de Puebla (Fuente: INEGI, 2007).

Los elementos que conforman este tipo de vegetación alcanzan hasta 10 metros de altura; la mayoría de las especies pierden su follaje durante la época seca del año, los troncos de los árboles con frecuencia son retorcidos y se ramifican a corta altura del suelo, mientras que otros presentan colores llamativos, superficies brillantes y desprenden su corteza en forma de láminas como en el caso de algunas especies de *Bursera*. La comunidad que domina en la parte oriental de la Mixteca, se extiende desde la barranca de Tepemexquila en el municipio de Jolalpan hasta la sierra Grande en los alrededores de Acatlán de Osorio, a más de 1600 msnm (CONABIO, 2011).

En el bosque tropical caducifolio abundan especies del género *Bursera* (Becerra y Lawrence, 1999), además de muchas otras especies con un alto valor ecológico y económico, entre las que destaca *Swietenia humilis*, por su madera de alta calidad para la construcción de muebles.

La Mixteca Poblana cuenta con una riqueza natural de plantas arbóreas y arbustivas, muchas de ellas pertenecientes a la familia de las leguminosas (Rzedowski, 1992; Hernández, 2006). Estos árboles leñosos son ramoneados por los caprinos bajo el sistema de pastoreo extensivo sedentario y trashumante. Este manejo pastoril tendrá que ser sustentado mediante los distintos modelos de agroforestería para favorecer las unidades de producción familiar caprinas (UPF) en la región (Hernández, 2006).

2.6 Crecimiento de las plantas

En las plantas de crecimiento determinado, tras un periodo inicial, tienen lugar la iniciación de los órganos destinados a la cosecha y subsecuentemente la distribución de asimilados a estos órganos aumenta hasta que todos ellos sean recolectados en una sola pasada (zanahoria, remolacha, rábano). En estos cultivos deben tener como finalidad que la máxima proporción de asimilados sea destinada a los órganos que se cosechan a través de prácticas culturales, selección de cultivares y el control climático. Sosa *et al.* (2015) indican que la

espinaca (*Spinacia oleracea* L.) es un cultivo anual, en el cual el órgano de interés económico son las hojas, por lo que requiere de altas cantidades de nutrientes para mantener su rápido crecimiento en un ciclo corto. Las hortalizas de fruto, cultivadas en invernadero tales como pepino, tomate, pimiento y berenjena se caracterizan por en su mayoría por un crecimiento indeterminado. En las primeras fases cortas de su desarrollo presentan un solo crecimiento vegetativo; a continuación los frutos inician su desarrollo pasando a ser recolectados continuamente durante un largo periodo en el cual los órganos restantes de la planta continúan su crecimiento (Peil y Gálvez, 2005).

2.6.1 Análisis de crecimiento

Para estudiar los procesos de acumulación y distribución de biomasa, se dispone del análisis de crecimiento vegetal. Su ventaja radica en la facilidad de obtención de los datos en los cuales se basan, como son el peso seco de plantas completas o de sus partes (hojas, tallos, vástagos) y las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área de hojas y tallos, contenido de clorofila, etc.) (Marín, 1986; Kvet *et al.*, 1971).

La importancia práctica de la fenología del cultivo radica en que el conocimiento de la tasa de absorción de nutrimentos y la dinámica de estos en el suelo, así como la producción de materia seca por planta, son de gran utilidad para la realización de los aportes de agua y nutrimentos de acuerdo a las exigencias nutrimentales del cultivo durante sus etapas fenológicas (Burgueño *et al.*, 1994). Son diversos los factores que influyen en los ritmos de absorción de nutrimentos por el cultivo, entre los que cabe señalar: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego y técnica de cultivo, de todos los órganos vegetales de la planta (Cadahia, 1988).

El análisis de crecimiento es el análisis cuantitativo del ciclo de vida de un organismo o de ciertas fases fenológicas y su correlación con factores ambientales; permite obtener 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 (Roberts *et al.*, 1985).

El crecimiento puede ser evaluado mediante el análisis de la variación de peso seco y el área foliar, en función del tiempo; pero también mediante curvas de crecimiento que según Hunt (1982), es la expresión gráfica de una función matemática que describe el comportamiento del crecimiento de un organismo o población. Con la materia seca y área foliar se calculan los índices cuya interpretación sirve para describir el crecimiento de las plantas y sus partes, así como las relaciones entre el aparato asimilatorio y la producción de biomasa (Evans, 1972).

El análisis de crecimiento mediante el método funcional, en donde los datos provienen de plantas con un bajo número de repeticiones pero con intervalos de tiempo cortos, consiste en seleccionar una función matemática adecuada que ajusta los valores registrados de área foliar y de biomasa acumulada total o de algunos órganos de manera que se aproxime a la curva real de crecimiento (Hunt, 1982).

2.6.2 Comportamiento del crecimiento vegetal

En general las plantas presentan tres fases de crecimiento relacionadas con el peso de materia seca por unidad de superficie por cultivo o planta individual en relación con el tiempo, generalmente este comportamiento corresponde a una curva tipo sigmoideal caracterizada por tres fases: a) Fase logarítmica, donde el tamaño aumenta en forma exponencial con el tiempo, la rapidez de crecimiento es proporcional al tamaño del organismo, cuanto mayor sea este más rápido crece, abarca desde la germinación hasta la etapa juvenil; b) la fase lineal, donde el crecimiento vegetativo continua a una velocidad casi constante y usualmente máxima por algún tiempo, por lo que se tiene la mayor demanda de agua y

nutrientes y; c) la fase del estado constante, donde se acumula la mayor cantidad de materia seca, se le conoce como madurez fisiológica, en esta fase las ganancias en materia seca están equilibradas con las pérdidas (Gardner *et al.*, 1990).

2.6.3 Metodología para el estudio del crecimiento vegetal

Desde el punto de vista agronómico, el crecimiento y la productividad de una planta o un cultivo, están determinados por cinco características fisiológicas del crecimiento: a) la cantidad de energía luminosa interceptada por el dosel; b) La eficacia con que la energía luminosa interceptada se usa en la producción de nueva materia seca; c) la proporción de la nueva materia seca asignada a las diferentes partes de la planta; d) La proporción de pérdida de materia seca de la planta, por cualquier causa; e) La duración del crecimiento en la planta de la parte de interés (Hunt, 1990).

Uno de los métodos que se emplea con más frecuencia para expresar el crecimiento vegetal, es la acumulación del peso seco, se tiene la gran ventaja de que al determinar el peso seco, se elimina totalmente al agua de los tejidos vegetales, factor que puede distorsionar los resultados finales; sin embargo, también tiene la gran desventaja de que para realizar las mediciones hay que destruir totalmente el órgano vegetal objeto de estudio, lo que lo hace inviable en ciertas ocasiones (Pérez y Martínez, 1994).

2.7 MATERIALES Y MÉTODOS

2.7.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en la Unidad Académica Atlixco, perteneciente al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, ubicado a 18° 53' Latitud Norte y 98° 26' Latitud Oeste, y una altitud de 1824 msnm. El

experimento fue desarrollo en casa sombra de monofilamento al 50% de sombreo, con una superficie 300 m². El componente del sistema de ventilación estuvo integrado por ventanas laterales protegidas con malla antiáfidos.

2.7.2 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el análisis de varianza (ANAVA), pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). La unidad experimental consistió en una planta de cuatomate sembrada en bolsas de polietileno negro, calibre 600 de 0.40 m x 0.45 m.

2.7.3 Establecimiento del experimento

El sustrato el cual se utilizó para las bolsas de polietileno fue tezontle rojo con un tamaño de partícula 5 mm. La separación entre hileras de plantas fue de 1.25 m y de 1 m entre plantas, lo que corresponde a una densidad de población de 1.0 planta por m².

2.7.4 Diseño de tratamientos y unidad experimental

Para el análisis de crecimiento se utilizó un diseño completamente al azar, la unidad experimental estuvo compuesta de una planta, con tres repeticiones cada una, teniendo 18 plantas por tratamiento, dando un total de 72 plantas por todos los tratamientos. Las plantas fueron cultivadas en bolsas de plástico de polietileno con capacidad para 10 litros cada una (Figura 5).

Se evaluaron cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner (1961) a 100% de concentración (Cuadro 3), de esta solución completa, se procedió a su dilución a 25, 50 y 75% de concentración, para el establecimiento de los demás tratamientos.



Figura 5. Plantas sembradas en macetas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra al 50% y diferentes concentraciones de la solución de Steiner.

Cuadro 3. Cantidad de fertilizantes para preparar 1000 litros de solución nutritiva a 100% de concentración.

Fertilizantes	Solución de Steiner (meq L⁻¹)	Cantidad (g)
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O (99.9%)	9	1062
KNO ₃ (100%)	3	303
K ₂ SO ₄ (100%)	3	270
MgSO ₄ .7H ₂ O	4	492
H ₃ PO ₄ (85%, $\rho=1.7 \text{ g.mL}^{-1}$)*	1	32.6

*Esta fuente esta expresada en mililitros.

El intervalo entre riegos fue de 1 hora y media, utilizando un controlador de riego ESP-RZX Rain Bird®. Durante 30 días después del trasplante, se aplicaron 540 mL diarios por planta de la solución en cada uno los tratamientos, estos se distribuyeron en seis riegos de 90 mL, posteriormente después de los 60 días se aplicaron 1320 mL diarios distribuidos en seis riegos de 220 ml por planta en todo los tratamiento.

Se utilizó un sistema hidropónico abierto con riego por goteo, con un pH en la solución nutritiva de 5.5. El cultivo se desarrolló a libre crecimiento, sin que se

hicieran podas. El tutorado se realizó con estacas 1.40 m de largo para el soporte de las ramas. Las estacas se colocaron a una distancia de 4 m, para permitir que tenga mayor disponibilidad de radiación y circulación de aire según lo propuesto por Pérez y Castro (2010), para el cultivo de chile manzano.

2.7.5 Muestreos

A partir del trasplante y hasta los 180 días, se realizaron seis muestreos destructivos cada 30 días, en los que se registraron longitud del tallo principal en cm, desde la base de la planta hasta el punto distal de crecimiento, diámetro de tallo principal (en mm, a 1 cm de la base de la planta), número de hojas y número de flores.

Se empleó el modelo logístico (Richard, 1959), en las variables morfológicas (longitud de tallo principal, diámetro de tallo principal, número de espinas en tallo principal, longitud de raíz) así como para materia seca de los órganos de la planta (tallos, hojas, raíz) y materia seca total, obtenidas, en el ciclo de cultivo de 180 días.

$$y=A/(1+Be^{-Cx})$$

Donde:

y= Variable respuesta.

A= Punto de asintoticidad; A 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).

2.8 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.8.1 Análisis de crecimiento

El crecimiento de las plantas a través del tiempo toma formas sigmoidales, pero conforme se acerca a la senescencia estas se van haciendo más estables (Hunt, 1982).

De acuerdo con lo anterior el comportamiento del crecimiento del “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) en longitud, número de hojas en tallo principal, así como longitud de ramas primarias, número de hojas en ramas primarias y longitud de raíz, presentaron formas sigmoides, y se hizo estable, en general, desde los 80 días después del trasplante, ya que en esta etapa, los frutos son el principal sitio de demanda de fotoasimilados, y las estructuras vegetativas disminuyen su crecimiento, para dar prioridad al desarrollo de estructuras reproductivas (Barraza, 2008; Marcelis, 1994).

2.8.2 Longitud de tallo principal

Respecto a la longitud de tallo principal, las comparaciones múltiples de medias, muestran que para las primeras etapas del cultivo, hubo diferencias significativas a los 60 y 150 días después del trasplante, para la mayoría de los tratamientos, 30, 90, 120 y 180 días fueron estadísticamente iguales (Cuadro 4), para todo los tratamientos. Los tratamientos del 50 y 75% fueron estadísticamente similares a los 60 días, para los muestreos a los 60 en los tratamientos 25 y 100% de la concentración de Steiner fueron estadísticamente diferentes con 85.0 y 31.0 cm respectivamente; para el muestreo a los 150 hubo diferencias estadísticamente para los tratamientos del 50 y 100% con 196.2 y 139.8 cm (Figura 6) de tallo principal evaluados de los 30 a los 60 días. La altura de planta es una característica importante en el aprovechamiento de variedades de crecimiento indeterminado, ya que a mayor altura se aumenta la frecuencia en la manipulación del cultivo, para el tutoreo y bajado de la planta, con el consiguiente riesgo de dañar los tallos y el incremento en la mano de obra (Pilatti y Bouzo, 2000).

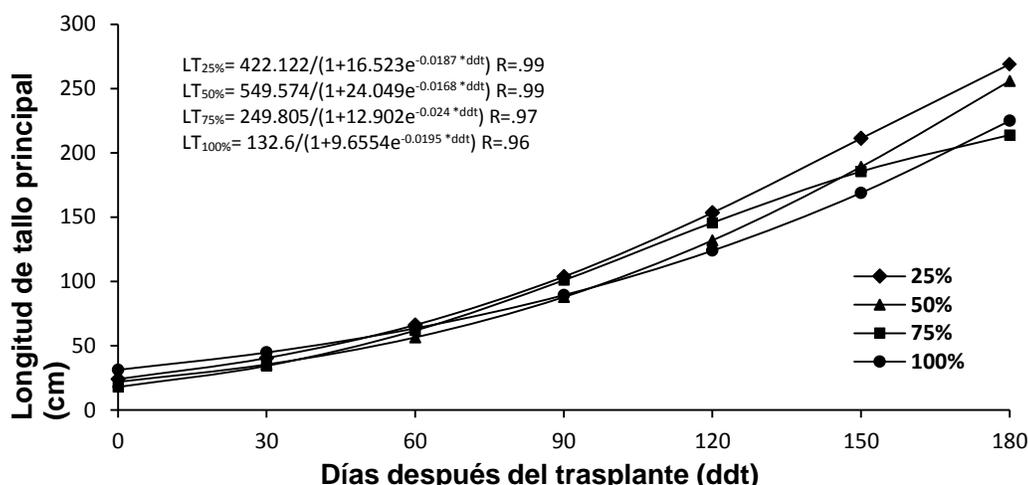


Figura 6. Comportamiento de longitud de tallo principal “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

Cuadro 4. Comparación múltiple de medias de longitud de tallo principal, diámetro de tallo principal y número de espinas durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.

	Días después del trasplante (ddt)					
	30	60	90	120	150	180
Longitud de tallo principal (cm)						
25%	28.33a ^z	85.0a	97.27a	149.53a	215.7a	268.3a
50%	25.0a	72.33ab	86.23a	120.40a	196.2ab	252.8a
75%	26.73a	72.66ab	105.0a	124.33a	207.6a	205.8a
100%	31.0a	69.0b	88.93a	150.10a	139.8b	232.6a
DMS	7.22	12.72	43.94	43.68	59.69	112.12
Diámetro de tallo principal (mm)						
25%	2.56b	7.77a	7.38a	9.91a	12.30a	13.86a
50%	3.20ab	7.62a	7.57a	10.94a	12.16a	13.25a
75%	2.93ab	9.09a	8.82a	12.84a	12.04a	13.21a
100%	3.43a	9.31a	8.39a	11.86a	11.61a	14.68a
DMS	0.78	2.38	2.11	3.310	2.95	3.01
Número de espinas en tallo principal						
25%	13.00ab	25.00a	46.00a	89.33ab	121.0a	76.3a
50%	5.66b	23.33a	40.33a	64.66bc	117.0a	65.3a
75%	12.00ab	24.33a	53.67a	53.33c	90.6a	63.0a
100%	16.00a	31.33a	65.33a	103.33a	91.6a	54.3a
DMS	8.994	31.15	35.25	25.7	38.24	34.31

DDT: días después del trasplante, **DMS:** Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

2.8.3 Diámetro del tallo principal

De acuerdo con la comparación de medias (Cuadro 4) se observó diferencias ($\alpha < 0.05$) entre tratamientos a 25 y 100% de la solución de Steiner con 2.56 y 3.43 mm, las plantas tratadas con solución nutritiva a 25 y 75% no mostraron diferencias estadísticas a los 30 días después del trasplante. Para el resto de los tratamientos de los 60 hasta los 180 días, no mostraron diferencias entre las concentraciones a 25, 50, 75 y 100% en el periodo evaluado (Figura 7). Al respecto, Marcelis (1994) indica que las plantas de *Cucumis sativus* L. con tallo grueso tienen mayor capacidad de sostener a las estructuras reproductivas sin que se doble o quiebre y se relaciona con mayor área transversal del floema que permite mayor flujo de asimilados hacia los frutos; por otra parte, Vargas (1998) menciona que los tallos de *S. glaucescens* no productivos son lignificados de color café claro con puntos (lenticelas) color cenizo o blanquecino, mientras que los brotes del año, son verdes con pequeños círculos blancos.

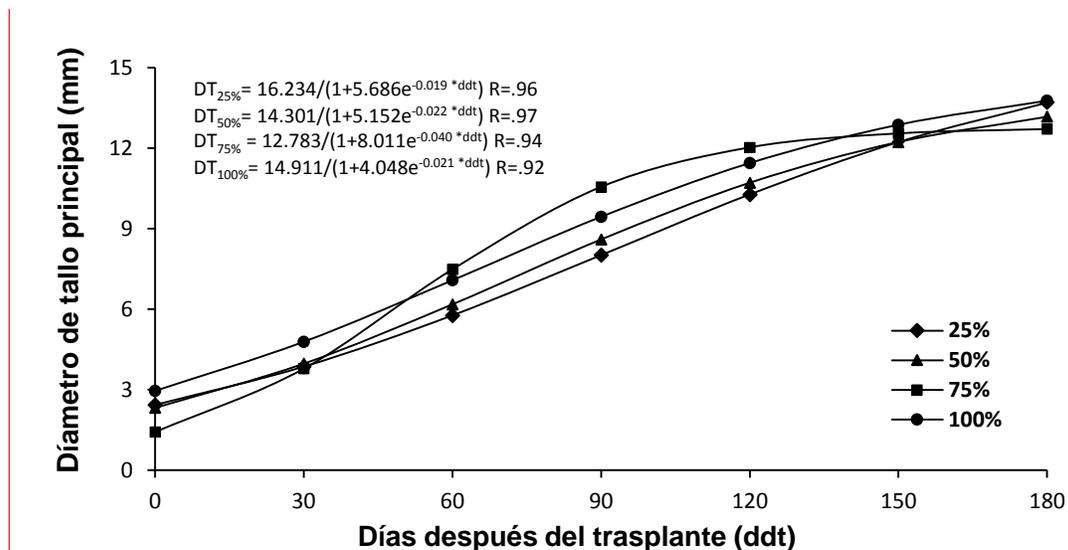


Figura 7. Comportamiento del diámetro de tallo principal “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

2.8.4 Número de espinas en tallo principal

Para el caso de la variable fenológica de número de espinas, en la comparación de medias hechas para esta variable (Cuadro 4), mostraron diferencias estadísticas significativas a los 30 y 120 días después del trasplante, a partir del primer muestreo las plantas con 50 y 100% de concentración hubo diferencias en el número de espinas con 6 y 16 respectivamente, el resto de los tratamientos al 25 y 75% fueron estadísticamente similares con 13 y 12 espinas en tallo principal; los tratamientos a los 120 días, mostraron diferencias entre las concentraciones a 25, 50, 75 y 100% con 89, 65, 53 y 103 número de espinas respectivamente. De los 60 a los 90 días y hasta el final del ciclo no se observaron que no hubo diferencias entre tratamientos (Figura 8). Una característica *S. glaucescens*, es que presenta espinas en tallos y hojas, por las cuales se puede dificultar su manejo de este cultivo, además de que estas estructuras con espinas pueden causar lesiones a las láminas foliares de la misma planta o plantas que las rodean, esto también fue observado por Vargas (1998). En otros cultivos como mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.), la cosecha es una de las partes más delicadas del cultivo, además de presencia de espinas en la planta, lo que exige gran cuidado al momento de cosechar el fruto (Franco *et al.*, 1996).

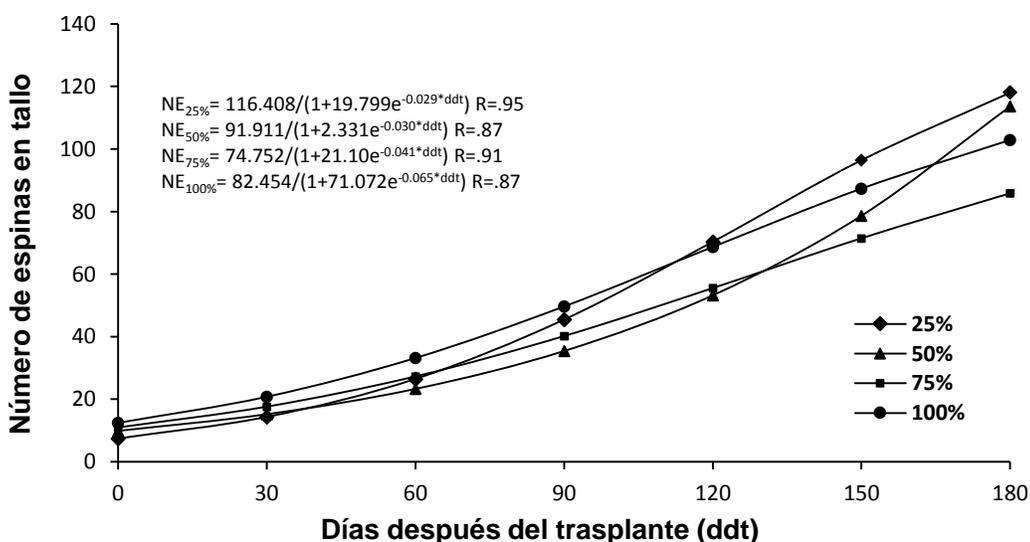


Figura 8. Comportamiento del número de espinas en tallo principal de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

Para las variables morfológicas de número de ramas, hojas y flores, los datos obtenidos no se ajustaron al modelo logístico, sin embargo para la descripción del comportamiento que tuvieron se presentan los datos y gráficas sin el ajuste del modelo.

2.8.5 Número de ramas

De acuerdo con la comparación de medias las plantas en todos los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas durante los 180 días de crecimiento. Esto puede ser debido a que, la concentración de nutrimentos en la solución nutritiva no influyó sobre número de ramas (Cuadro 5, Figura 9), la misma respuesta se obtuvo en otras solanáceas como chile manzano (Barraza, 2000), y pimiento (Valle, 2010); este parámetro no es modificado por un factor externo ya que está determinado genéticamente. Reporta Fischer y Angulo (1999) en otra solanácea como es la uchuva (*Physalis peruviana* L.), las deficiencias de nitrógeno afectan el rendimiento de ésta, manifestándose con menor número de ramas así como también una menor longitud de éstas. Las plantas evaluadas fueron muy flexibles al momento de conducir las sobre el tutor que le dio soporte, con lo cual no se dificultó su tutoreo. Se observó que la mayoría de las ramas productivas son muy flexibles y los brotes nuevos son muy quebradizos al momento del manejo de la planta.

2.8.6 Número de hojas

En lo que respecta al número de hojas los resultados muestran en la comparación múltiple de medias (Cuadro 5), que existieron diferencias significativas solo para los 30 días después del trasplante, en los tratamientos con solución nutritiva al 25 y 50%, con 31 y 17 hojas, para los tratamientos a 75 y 100% mostraron similar número de hojas que fueron alrededor de 26 y 25, para los primeros 30 días (Figura 10). Para el resto de 60 a los 180 días después del trasplante no influyeron los tratamientos a 25, 50, 75 y 100%, sobre la variable evaluada número de hojas.

Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de número de ramas, número de hojas y número de flores durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.

Días después del trasplante (ddt)						
	30	60	90	120	150	180
Número de ramas						
Conc.						
25%	2.00a ^z	6.33a	10.33a	7.00a	5.00a	5.33a
50%	2.66a	5.00a	6.00a	8.66a	5.33a	6.66a
75%	2.00a	6.33a	4.00a	9.33a	4.66a	7.33a
100%	3.33a	3.66a	5.33a	6.00a	6.33a	10.00a
DMS	1.68	6.40	6.99	6.36	4.33	5.69
Número de hojas						
25%	31.33a	87.00a	115.00a	139.00a	178.00a	119.6a
50%	16.66b	55.33a	154.00a	122.00a	126.00a	156.6a
75%	26.00ab	72.67a	107.67a	185.67a	118.00a	181.0a
100%	24.66ab	52.00a	148.0a	149.33a	150.67a	155.0a
DMS	13.95	50.15	83.32	81.81	114.49	82.87
Número de flores						
25%	0.000a	11.00a	20.09a	47.67a	11.3a	2.66a
50%	1.000a	4.00a	27.33a	37.00a	9.67a	3.00a
75%	0.000a	6.00a	17.67a	89.33a	25.0a	2.66a
100%	0.000a	0.00a	14.00a	85.67a	13.0a	6.00a
DMS	2.264	27.6	40.35	120.5	38.99	14.88

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

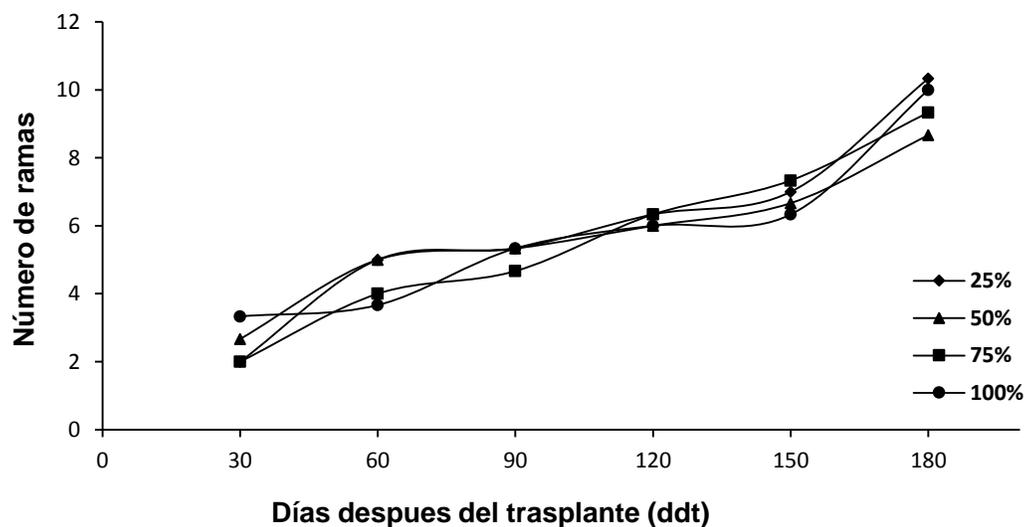


Figura 9. Comportamiento del número de ramas “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

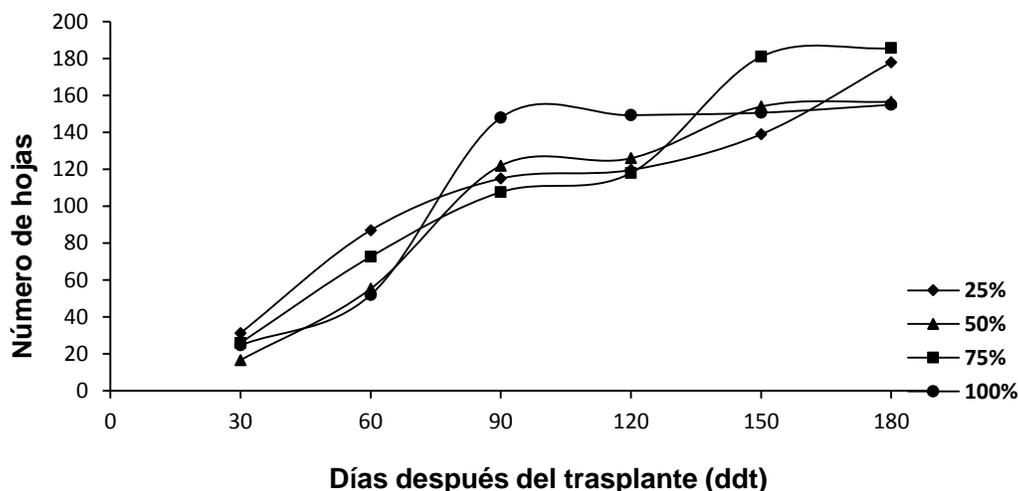


Figura 10. Comportamiento del número de hojas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

El número de hojas está directamente relacionada con la eficiencia de intercepción y absorción de radiación fotosintéticamente activa, también con la organización espacial de las hojas y ángulo de inserción foliar (Moreira, 2005), con lo que es una variable morfológica importante ya que es utilizada frecuentemente para los arreglos topológicos en los cultivos, para determinar la densidad de población ideal para interceptar la máxima radiación solar, y reducir la competencias por luz (Oliveira *et al.*, 2010).

2.8.7 Número de flores

La floración de *Solanum glaucescens* se presentó a los a los 60 días del trasplante para la mayoría de los tratamiento excepto para la concentración del 100% (Cuadro 5), para la variable evaluada de número de flores fue estadísticamente similar en todos los tratamientos, durante el periodo evaluado de 30 a 180 días después del trasplante (Figura 11), se ve una ligera tendencia para las concentraciones más altas, que presentan mayor número de flores; después de los 60 días hasta los 150 días después de este periodo se ve disminuido el

número de flores, esto debido a la disminución de temperatura ambiental. La temperatura influye en la tasa de crecimiento y desarrollo de muchos procesos metabólicos de las plantas. A temperaturas del aire de 23 a 24°C los carbohidratos se transportan con mayor eficacia hacia flores y fruto (Jones, 2005).

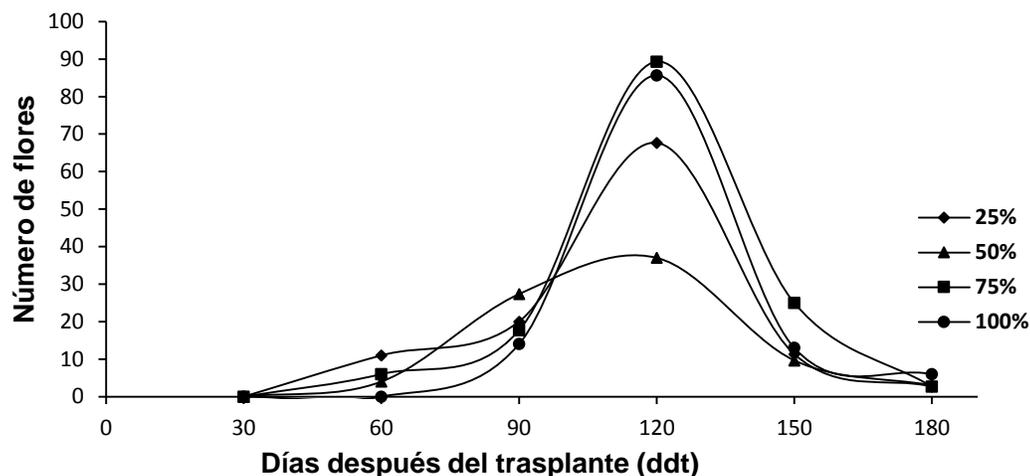


Figura 11. Comportamiento del número de flores de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

2.8.8 Longitud de raíz

De acuerdo con los resultados de la comparación de medias (Cuadro 6) para la variable longitud de raíz en los tratamientos aplicados en el cultivo de *S. glaucescens*, mostraron que fueron estadísticamente similar en todos los tratamientos de los 30 hasta los 150 días después del trasplante (Figura 12), solo presento diferencias entre las concentraciones, casi al terminar el ciclo del cultivo, 25, 50, 75 y 100%, presentando una longitud de raíz de 38.2, 42.8, 51.9 y 41.4 cm respectivamente. Al respecto Durán (2009), reporta para otra solanácea como la ochuva (*Physalis peruviana* L.) que la mayoría de las raíces de esta especie se encuentran en los primeros 10 a 15 cm; sin embargo, puede alcanzar hasta 80 cm de profundidad. De acuerdo con Nieto *et al.* (2002), mencionan que es importante la evaluación de esta variable morfológica puesto que la raíz es el principal órgano

de absorción de las plantas, en la cual la longitud es importante, ya que la raíz entre mayor tamaño presente, será capaz de explorar más volumen de suelo, así también captar con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. Andriolo *et al.* (1998) indican que la principal ventaja de cultivar en ambiente protegido, es el manejo adecuado del agua, en donde la raíz en la mayoría de los cultivos no tiene restricciones para absorber nutrientes, en contraparte en donde se cultiva en suelo, donde tiene problemas para absorber ciertos nutrientes; por su parte Osuna (2011), hace mención, que es importante la selección del contenedor, destaca que un reducido volumen en el que crecen las raíces en los sistemas hidropónicos provoca muchos tipos de estrés relacionados con el medio ambiente.

Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de longitud de raíz, materia seca de tallo y de hoja durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.

	Días después del trasplante (ddt)					
	30	60	90	120	150	180
	Longitud de raíz (cm)					
Conc.						
25%	14.56a ^z	42.16a	47.16a	35.86a	45.33a	38.20c
50%	17.00a	33.93a	52.50a	37.66a	50.33a	42.76b
75%	22.33a	43.06a	55.20a	36.33a	47.66a	51.86a
100%	16.33a	29.73a	58.06a	41.23a	47.53a	41.43bc
DMS	10.345	20.20	11.38	8.968	12.87	4.414
	Materia seca de tallo (g)					
25%	3.33a	9.33a	12.00a	25.33bc	51.00a	64.73ab
50%	3.00a	7.00a	9.33a	22.66c	41.33ab	66.36ab
75%	3.33a	9.66a	13.33a	32.66ab	36.00b	83.06a
100%	5.33a	8.33a	14.66a	38.33a	50.33ab	61.66b
DMS	3.20	5.846	6.666	7.880	14.71	20.14
	Materia seca de hoja (g)					
25%	2.400a	3.333a	8.00a	15.33a	19.00a	21.40a
50%	2.166a	3.000a	7.00a	16.33a	15.66a	25.86a
75%	2.066a	3.666a	8.66a	16.00a	15.33a	26.70a
100%	2.666a	4.000a	7.66a	13.66a	13.66a	27.63a
DMS	1.632	2.636	5.797	6.666	6.666	10.42

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

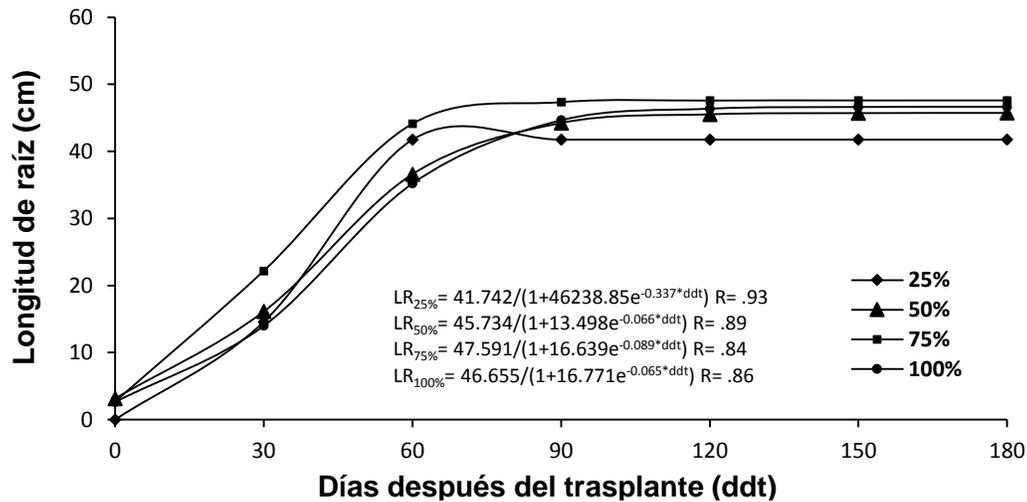


Figura 12. Comportamiento de longitud de raíz “Cuatomate” de (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

2.8.9 Materia seca de tallo

Para la materia seca de tallo solo presentó diferencias significativas en tres muestreos a 120, 150 y 180 días después del trasplante (Cuadro 6, Figura 13), para los 120 días donde 100% la solución supero a las de 75, 50 y 25% donde acumularon 38.33 g; para los 150 días, la comparación de medias arrojó que existieron diferencias significativas para la concentración a 25 y 75% con 51.00 y 36.00 g, respectivamente; para los muestreos a 50 y 100% de la solución fueron similares estadísticamente; para el ultimo muestreo que fue a los 180 días, mostraron que existieron diferencias significativas para los tratamientos a 75 y 100% con 83.06 y 61.66 g, para los dos tratamientos a 25 y 50% fueron similares estadísticamente con 64.73 y 66.36 g.

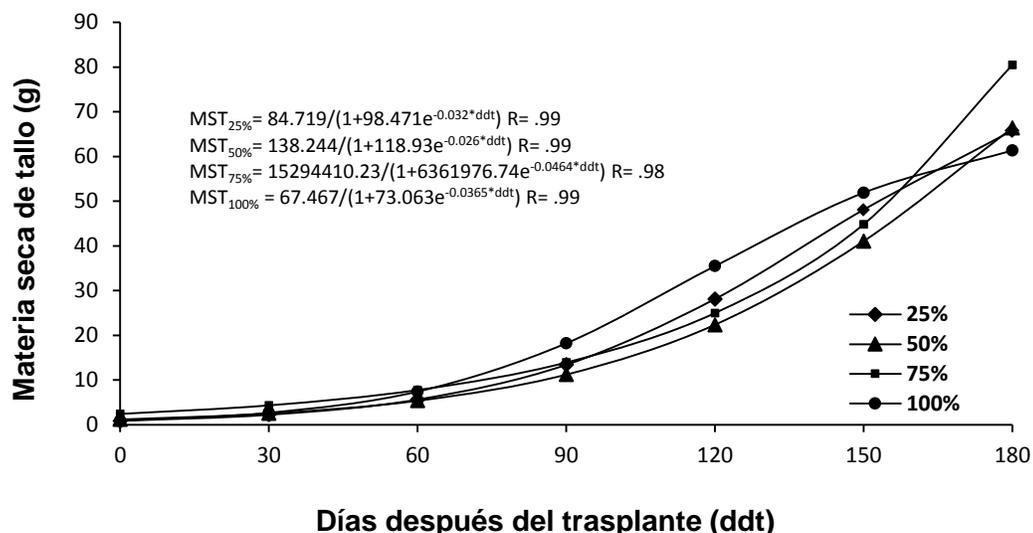


Figura 13. Comportamiento de la materia seca de tallo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

Acquaah *et al.* (1991) indican que una vía potencial para incrementar el rendimiento de un cultivo en ambientes poco restrictivos, está el tallo, el cual debe de ser grueso, esto implica mayor área del floema y en consecuencia un transporte más eficiente, y mayor capacidad de reserva de asimilados para su uso posterior en el llenado de frutos. Lo anterior se relaciona con la mayor cantidad de nutrimentos suministrados que favorece al crecimiento para la formación de tallos fuertes y con floema bien formado para transportar los carbohidratos y además productos elaborados hacia los sitios de demanda, lo que en la mayoría de las *Cucurbitaceas* tiene importancia en la cantidad y calidad de la producción de frutos (Marcelis, 1994).

2.8.10 Materia seca de hoja

Los resultados muestran en la comparación múltiple de medias que no existen diferencias significativas entre concentraciones para acumulación de materia seca en hojas (Cuadro 6), del “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) en el periodo evaluado desde el trasplante, hasta los 180 días (Figura 14).

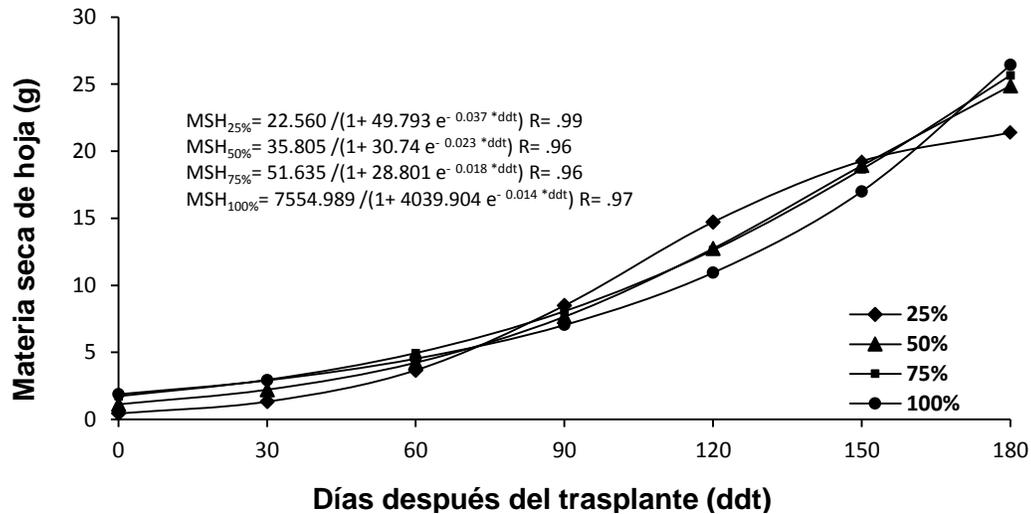


Figura 14. Comportamiento de la materia seca de hoja de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

Moreira (2005) indica que las plantas tienen la capacidad de captar la radiación solar, lo cual se ve reflejado en la acumulación de la materia seca en los diferentes órganos, presentando variaciones entre genotipos de la misma especie, ya que va a depender del arreglo y forma de las hojas. Almeida *et al.* (2004) describen que la adaptación de las plantas a diferentes luminosidades es una característica genética, con lo que las hojas presentan estructuras anatómicas y propiedades fisiológicas que tiene la capacidad del uso efectivo de la radiación solar disponible, ya que estas estructuras juegan un papel importante en la elaboración de fotoasimilados para los sitios de demanda en crecimiento. Por otra parte Las hojas son los órganos más ricos en materiales minerales (hasta 50% de la materia seca) en comparación con las raíces, probablemente porque las raíces son órganos de paso. Con el cambium, las yemas y los órganos florales son el centro más activo de la fisiología de la planta, sin embargo, aquí también es muy grande la variabilidad (5 a 25%) (Baeyens, 1970).

2.8.11 Materia seca de raíz

La acumulación de materia seca en raíz no presentó diferencias significativas entre concentraciones aplicadas al cultivo de “Cuatomate”, desde los 30 hasta los

90 ddt (Cuadro 7), periodo en que el número de órganos de demanda en la parte aérea de la planta era reducido, además que, el sistema de raíces poco desarrollado limita la superficie de contacto. A partir de los 120 ddt y hasta el final del ciclo de cultivo presentaron diferencias significativas los últimos tres muestreos que fueron a los 120, 150, 180 días después del trasplante, fue donde se hicieron más notable las diferencias entre concentraciones (Figura 15), con lo cual indica que fue el periodo en donde se concentró más materia seca en la parte radicular, debido a que los órganos de la parte aérea, son más demandantes ya que el medio subterráneo se encuentren condiciones favorables de disponibilidad de humedad, nutrimentos y oxígeno, ya que este órgano es responsable de la absorción, con respecto al sustrato y le permite acceder a los recursos mencionados. En la medida que el sistema de raíces explora mayor volumen de sustrato tiene mejor acceso a la humedad, nutrimentos y oxígeno lo cual permite incrementar la tasa de crecimiento.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de materia seca de raíz, materia seca total, durante el ciclo de cultivo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra y cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en Atlixco, Puebla, 2014.

	Días después del trasplante (ddt)					
	30	60	90	120	150	180
	Materia seca de raíz (g)					
Conc.						
25%	4.666a ^z	9.00a	12.00a	23.00b	24.333b	62.60a
50%	2.666a	4.66a	9.00a	14.33c	30.00 ab	44.36b
75%	4.333a	9.66a	12.66a	27.33b	31.333ab	47.80b
100%	4.166a	5.33a	12.33a	35.66a	44.333a	53.33ab
DMS	2.88	6.404	8.129	7.27	18.30	14.69
	Materia seca total (g)					
25%	10.66a	22.00a	32.00a	63.66bc	94.33a	148.7a
50%	7.83a	14.66a	25.33a	53.33c	87.00a	136.6a
75%	9.83a	22.33a	34.66a	76.00ab	82.66a	157.5a
100%	11.50a	16.33a	34.66a	87.66a	108.33a	142.6a
DMS	4.564	11.9	14.55	13.33	28.03	32.33

DDT: días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

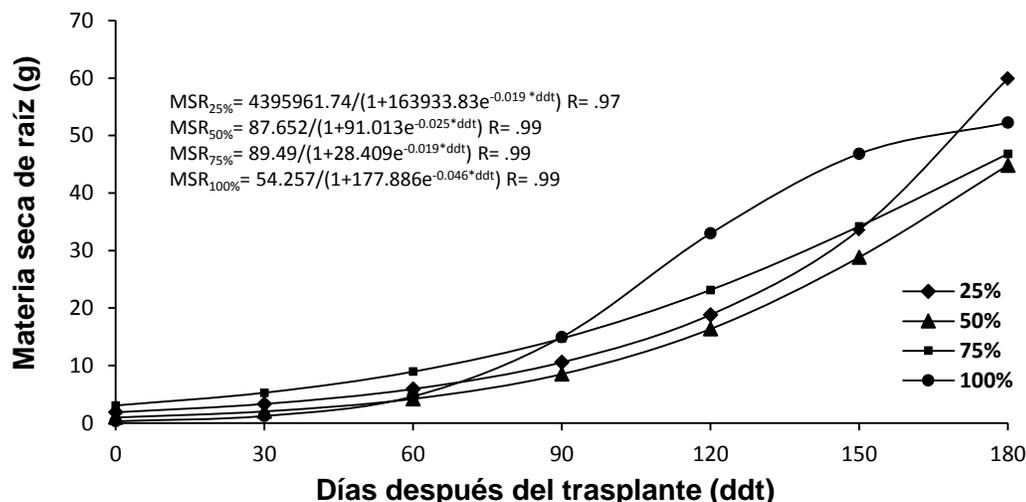


Figura 15. Comportamiento de la materia seca de la raíz de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

Resh (2006) indica que la raíz permite el intercambio de nutrientes del suelo hacia la planta, además de oxígeno, el cual permite el intercambio de iones entre las raíces y el medio exterior, en la medida que el sistema de raíces explora mayor volumen de sustrato tiene mejor acceso a la humedad, nutrientes y oxígeno lo cual permite incremento en la tasa de crecimiento.

El éxito de una explotación hortícola estará dado por una serie de factores climáticos, fitosanitarios, nutricionales y por el adecuado suministro de agua y oxígeno al sistema radical, pues en un medio tan dinámico como es el sustrato y con un cultivo trabajando a la máxima capacidad, las raíces requieren de un alto suministro de oxígeno, aun cuando sea temporal, puede reducir el crecimiento de las raíces, la absorción del agua y nutrientes y afectar el desempeño del cultivo, condiciones de falta de agua provocan de igual manera un pobre desempeño y condiciones de falta y exceso de agua en forma intermitente suelen provocar la muerte de algunas raíces (Bunt, 1998).

Para establecer los criterios de riego es necesario conocer la profundidad de raíces del cultivo. En cultivos anuales, dicha profundidad cambia rápidamente con el tiempo, a partir, de emergencia a madurez fisiológica. Por tanto, una adecuada programación del riego, requiere del conocimiento de la profundidad efectiva de raíces en cada período de tiempo analizado.

2.8.12 Materia seca total

Para esta variable evaluada, la comparación múltiple de medias, mostró que no existen diferencias significativas entre concentraciones para los muestreos a los 30, 90, 150 y 180 ddt, solo a los 120 días del después del trasplante (Cuadro 7), se observan diferencias entre tratamientos donde las concentraciones de la solución nutritiva de Steiner a 25, 50, 75 y 100%, acumularon 63.66, 53.33, 76.00 y 87.66 gramos respectivamente, se destaca la concentración más alta al 100%, para este muestreo, evaluados durante un periodo de 180 días.

En la Figura 16 se muestra, como fue el comportamiento de la acumulación de materia seca en *Solanum glaucescens*, indica que en el periodo los 30 a los 90 ddt la acumulación de materia seca fue muy poca, después de este periodo de 90 a los 180 días después del trasplante, se hicieron más notables las diferencias entre concentraciones con lo cual indica que fue el periodo donde se acumuló más materia seca total entre las concentraciones de solución nutritiva probadas.

Estos resultados permiten deducir que la planta tuvo diferentes periodos de crecimiento a lo largo de su desarrollo, menores al inicio y mayores al final del ciclo. Al respecto Mengel y Kirkby (2001), mencionan que la producción de fotoasimilados dirigidos hacia los órganos de demanda depende de la edad fisiológica de la planta. En plantas jóvenes, el crecimiento estructura domina, y por tanto más de la mitad de los fotoasimilados es usada en la síntesis de material almacenado (almacenamiento o acumulación).

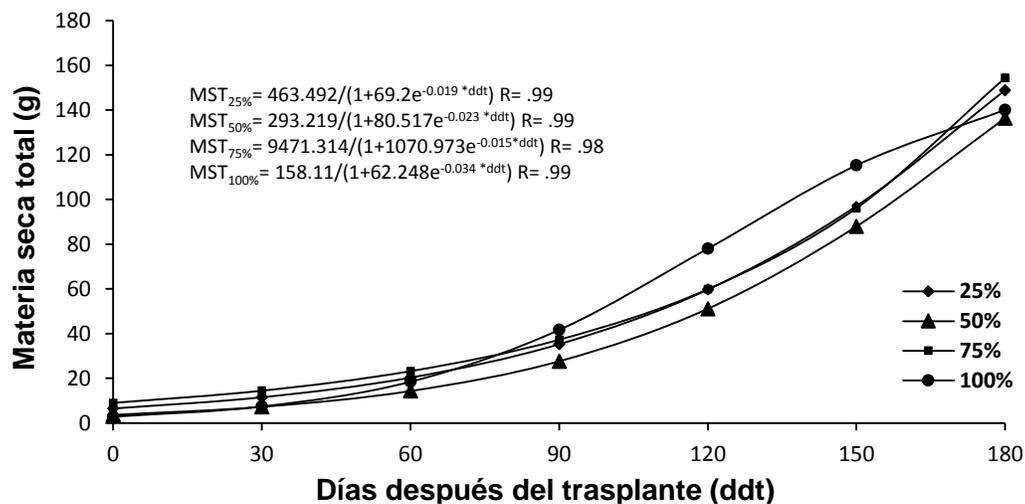


Figura 16. Comportamiento de la materia seca total de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo sombra y diferentes concentraciones de solución nutritiva en Atlixco, Puebla en 2014.

El balance apropiado entre fotoasimilados para las distintas partes de una planta tiene gran importancia para optimizar la producción, y se puede obtener a través de una adecuada relación fuente/demanda (Peil y Gálvez, 2005).

La producción de biomasa está ligada a la fenología de la planta, principalmente durante la floración y fructificación. En estas fases, la planta invierte cantidades similares de fotoasimilados para la producción de frutos y la parte vegetativa. Cuando se proporciona mayor cantidad de nutrimentos la planta tiene más posibilidades de acumular materia seca, lo cual no necesariamente significa que ésta se acumule en los frutos o en las estructuras de interés. En la planta de tomate de hábito de crecimiento indeterminado, el desarrollo de esta puede dividirse en 2 etapas bien definidas: una etapa de crecimiento juvenil de relativamente pocos días de duración (de 45 a 60 días después de la siembra) y una etapa de reproducción que puede durar a más de 200 días (Enriquez *et al.*, 2003).

2.9 CONCLUSIONES

En la concentración de nutrimentos de la solución nutritiva, se vio influenciada muy poco en la fenología de la planta de Cuatomate. Las variables morfológicas como diámetro de tallo, longitud de tallo principal, número de hojas, se vieron afectadas por la concentración de nutrimentos en la solución nutritiva. Las plantas irrigadas con las concentraciones altas de la solución nutritiva tuvieron mayor efecto sobre la materia seca total, así como la de hoja, raíz y tallo. Los datos obtenidos del análisis de crecimiento para número de ramas, hojas y flores no se ajustaron al modelo usado. Por otro lado para el comportamiento de número de espinas, longitud y diámetro de tallo principal, así como la longitud de raíz, materia seca de tallo, hoja, raíz y la total, presentaron valores muy próximos a los ajustados por el modelo, por lo que se puede concluir, que estos parámetros se ajustaron en el comportamiento de la cinética del crecimiento del cuatomate.

2.10 LITERATURA CITADA

- Acquaah, G. M., Adams, W., Kelly, J. D .1991. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry Bean. *Crop Sci.* 31:261-265.
- Almeida, L. P., Alvarenga, A. A., Castro, E. M., Zanela, S. M., Vieira, C. V. 2004 Crecimiento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. *Ciência Rural* 34(1): 83-88.
- Andriolo, J.L., Streck, N.A., Buriol, G.A. 1998. Growth, development and dry matter distribution of a tomato crop as affected by environment. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 1(73): 125-130.
- Baeyens, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo (Fisiología Aplicada a las Plantas Agrícolas). Ed. Lemos. Madrid, España. 631 p.
- Burgueño H.; Uribe F.; Valenzuela M. 1994. La fertirrigación de cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.1 Bursag S.A de C.V. Sinaloa, México. 46 p.
- Bunt, A. B., 1998. Media and Mixes for Container-Grown Plants. 2nd ed. Unwin Hyman Ltd., London. 309 p.

- Barraza, A. F. V. 2000. Crecimiento del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 142 p.
- Cadahia, L. C. 1988. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 435 p.
- Castro, G., F.H., P. López L., S. Montes H. y F. Andrés J. 2007. Caracterización morfológica de la diversidad de los chiles nativos (*Capsicum* spp.) en el estado de Oaxaca. Memorias: Cuarta Convención Mundial del Chile. Querétaro, Qro, México. pp. 59-63.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 440 p.
- Durán, R.F. 2009. Manual de la chuva manejo- propagación- tutorado- fertilización. Colección granja Integral. Ed. Grupo Latino Editores. Bogotá, Colombia. 48 p.
- Enriquez, R.S.A., Alcántar, G.G., Castellanos, R. J. Z., Arjona, S .E., González, E. D., Lazcano, F. I. 2003. Nutrición mineral acoplada al crecimiento (NUMAC): Nutrición con N para tomate en invernadero. 1. Descripción del modelo y obtención de parámetros. *Terra* 21(2): 167-175.
- Evans, C. E. 1972. The quantitative analysis of plant growth. University of California Press. Berkeley. 253 p.
- Ferrero, V. 2009. La ecología y evolución del polimorfismo floral en *Lithodora* (Boraginaceae). *Revista Ecosistemas* 18(3): 30-34.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2010. The second report on the state of the worlds plant genetic resources for food and agriculture. Roma, Italia. 350 p.
- Fischer, G. y R. Angulo. 1999. Los frutales de clima frío en Colombia. La chuva. *Ventana al Campo Andino*. 2(1): 3-6.
- Franco, G.J.A., Bernal, J.L., Gallegos, J.E., Rodríguez, N. Guevara y M. Londoño. 1996. Agronomía del cultivo de la mora. pp. 1-18. *In: Memoria 1er*

- Seminario nacional de frutales de clima frio moderado. Corpoica, Manizales, Colombia. 235 p.
- Gardner, F., P.; Brent P., R.; Mitchell R., L. 1990. Physiology of crop plants. Second Edition. Iowa state University. AMES. USA. 208 p.
- Guízar, N.E. y Sánchez, V.A. 1991. Guia para el reconocimiento de los principales Árboles del alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 207 p.
- Guízar, N. E., Granados, S.D., Castañeda, M. A. 2010. Flora y vegetación en la porción sur de la Mixteca Poblana. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 16 (2): 95-118.
- Hawkes, J.G. 1990. The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources. Belhaven Press. London, UK. 259 p.
- Hernández, H.J.E. 2006. Valoración de la caprinocultura en la Mixteca poblana: socioeconomía y recursos arbóreo-arbustivos. Tesis doctoral. Universidad de Camagüey, Cuba.
- Hunt, R. 1982. Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis. Edward Arnold (Publisher). Ltd. London. 67 p.
- Hunt, R. 1990. Basic Growth Analysis For Beginners. Hyman L.T.D., London, UK. 112 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2007. Anuario estadístico del estado de Puebla. Tomos I y II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. 1284 p.
- Jones, J. B. 2005. Hydroponic cropping. *In*: Hydroponics: a practical guide for the soilless grower. Jones, J. B. (ed.). CRS PRESS. Boca Ratón Florida. USA. p. 167-274.
- Kvet, J.; J. Ondok; J. Necas Y.P. Jarvis. 1971. Methods of growth análisis. Plant photosynthetic production. Manual of methods. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands. pp. 343-391.
- Marín, D. 1986. Rendimiento en granos en *Canavalia ensiformis* (L.) DC. bajo diferentes arreglos espaciales, épocas y densidades de siembra. Rev. Fac. Agron. 14: 205-219.

- Medina, G. A. 2011. Conocimiento tradicional y cultivo In vitro del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.). Tesis de Maestría en Ciencias en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados. Cholula, Puebla. 86 p.
- Magaña-Lira. N., Santiaguillo, H. J.F., Grimaldo, J. O. 2011. El mejoramiento participativo de tomate de cascara como estrategia de conservación *in situ*. SNICS, SAGARPA, INIFAP, UACH. Texcoco, Estado de México. 25 p.
- Marcelis, L.F.M. 1994. Effect of fruit growth, temperature and irradiance on biomass allocation to the vegetative parts of cucumber. Netherlands Journal of Agricultural Science 42(2):115-123.
- Martínez y Díaz de Salas M. 1998. Revisión de *Physalis* sección Epeteiorhiza (Solanaceae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica 69: 71-117.
- Martínez, P., A., Antonio, L.P; Gil M, A; Cuevas, S. J, A. 2011. Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. Acta Botánica Mexicana 98: 73-98.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001. Principals of plant nutrition. 2ed Edition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern/ Switzerland. 593 p.
- Montes, S y Aguirre, A. 1994. Etnobotánica del tomate mexicano (*Physalis philadelphica* Lam.). Revista de Geografía Agrícola 20: 163-172.
- Moreira, M. A. 2005. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação, 3 ed. Viçosa. 320 p.
- Nieto, G. A., A. B. Murillo., D. E. Troyo., M. L. Larrinaga., J. A. García. 2002. El uso de compostas como vermicomposta como alternativa. Alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27(8): 417-421.
- Nuez, F. 1999. El cultivo de tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 703 p.
- Oliveira, A.P., Silva, J.A., Oliveira, A.N.P., Silva, D.F., Santos, R.R., Silva, N.V. 2010. Produção do maxixeiro em função de espaçamentos entre fileiras e entre plantas. Horticultura Brasileira 28: 344-347.

- Osuna, R. J. M. 2011. Comparación de sistemas con y sin recirculación de la solución nutritiva en un cultivo hidropónico de jitomate. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 94 p.
- Peil, R.M., Galvez, J.R. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia* 11(1): 5-11.
- Pérez G.; Martínez L., F. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 102 p.
- Pérez, G., M. y Castro B. R. 2010. El chile manzano. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 135 p.
- Pérez, G., M., Castro B. R. 2011. Jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 133 p.
- Pilatti, R., A y Bouzo, C. A. 2000. Efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales* 15(1-2): 143-150.
- Resh, H.M. 2006. Cultivos hidropónicos. 5ª edición. Ediciones Mundi-Prensa. 558 p.
- Richard, F. 1959. A Flexible growth function empirical use. *Experimental Botany* 10: 290-300.
- Rodríguez, A y Villa, V.J.I. 2010. Catálogo de las áreas en México donde se aprovechan los tubérculos de papa silvestre (*Solanum cardiophyllum* y *S. ehrenbergii*). Red de Papa. Folleto técnico 1. p. 1-27.
- Roberts, M. J.; Long, S. P.; Tieszen, L. L.; Beable, C. L. 1985. Measurement of plant biomass and net primary production. *In: Techniques and bioproductivity and photosynthesis*. Coombs, J. D. O.; Hall, S. P.; Long and J. M. O. Scurlock (eds.) Edit. Pergamon Press. pp 1-19.
- Rubio, C.O.A., Rangel, G.J.A., Flores, L.R., Magallanes, G.J.V., Días, H.C., Zavala, Q.T.E., Rivera, P.A., Cadena, H.M., Rocha, R.R., Ortiz, T.C., López, D.H., Días, V.M., Paredes, T.A. 2000. Manual para la producción de papa en las sierras y valles altos del centro de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Libro Técnico Núm.1. 73 p.

- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y Orígenes de la Flora Fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA-SIAP). 2009. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera México. Disponible en http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/ientidad/index.jsp. (Consultado el 20 de mayo de 2015).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2013. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2007. http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/ientidad/index.jsp. (Consultado el 21 de julio de 2016).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA-SIAP). 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera México.en:<http://www.siap.gob.mx/index.php?option=wrapper&view=wrapper&Itemid=350>. (Consultado el 10 de julio de 2016).
- Sánchez, V., A., y García, N. R. M. 2000. The dying Mexican tropical dry forest: Finding treasures among the ruins. *Biodiversity* 1(3): 16-26.
- Sosa, A., Muro, J., Gordillo, G., West, H., Liu, X., Ruíz, G., Etchevers, G., Padilla, J. 2015. Demanda de macro y micronutrientes por espinaca (*Spinacia oleracea* L.) cultivada en El Llano en Llamas de Jalisco, México. *IAH* 19:5-10 p.
- Spooner, D.M., van den Berg, R.G., Rodríguez, A., Bamberg, J., Hijmans, R.H, Lara-Cabrera, S.I. 2004. Wild potatoes (*Solanum* section *Petota*) of North and Central America. *Syst. Bot. Monographs* 68: 1-209.
- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired compositions. Horticultural Experiment Station, Naaldwijk, Netherlands. *Plant Soil*. XV (1961): 134-154.
- Vargas, M.O. 1998. Estudio etnobotánico y caracterización agronómica del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), en la región Mixteca Baja Poblana. Tesis de Licenciatura especialista en Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 111 p.
- Valle, M. J. C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental (*Capsicum annuum* L.) Tesis de Maestría. Instituto de horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 90 p.
- Villa, V.J.I y Rodríguez, A .2010. Hallazgo de papas silvestres [*Solanum cardiophyllum* Lindl., *S. ehrenbergii* (Bitter) Rydb. y *S. stoloniferum* Schltldl.] cultivadas en Jalisco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(1): 85-88.

CAPÍTULO III. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIMENTOS EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL RENDIMIENTO DE “CUATOMATE” (*Solanum glaucescens* Zucc.)

RESUMEN

El cuatomate es una planta que pertenece a la familia de las Solanaceas, también llamadas “solanaceas espinudas”, por presentar espinas en diferentes partes de los órganos de planta. Es una especie silvestre y que se cultiva, con un alto potencial para ser aprovechado en nuevos sistemas de reconversión productiva de la región Mixteca Baja Poblana. Con el propósito de valorar su capacidad productiva y caracterizarlo agrónomicamente, se estableció un experimento en Atlixco, Puebla, en condiciones controladas bajo malla sombra e hidroponía, con un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las plantas evaluadas tenían un año de edad; la densidad fue de una planta m², con un distanciamiento entre hileras de 1.25 m y un metro entre plantas. Se evaluaron cuatro concentraciones a 25, 50, 75 y 100% de la solución universal de Steiner. Las variables evaluadas fueron número de racimos, número total de frutos acumulados y los cosechados, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso de fruto fresco y seco acumulado, así como también el peso promedio de fruto fresco y seco. La concentración de nutrientes fue claramente influenciada, para el número de frutos cosechados y frutos acumulados, así como también el peso fresco acumulado. Las variables que no se vieron afectadas fueron número de racimos, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso seco acumulado de fruto, peso fresco y seco por fruto, por lo que no hubo efecto entre concentraciones para estas variables evaluadas.

Palabras Clave: Rendimiento, Materia seca, Concentración nutricional.

ABSTRACT

The cuatomate is a plant belonging to the Solanaceae family, also called "spiny solanaceas", because they present spines in different parts of the plant organs. It is a cultivated and wild species with a high potential to be used in new systems of productive reconversion of the region Mixteca baja Poblana. With the purpose of evaluating its productive capacity and characterizing it agronomically, an experiment was established in Atlixco, Puebla, under controlled conditions under shade mesh and hydroponics, in a completely randomized design with five replicates. The evaluated plants were one year old; density was of a plant m², with a spacing between rows of 1.25 m and one meter between plants. Four concentrations were evaluated at 25, 50, 75 and 100% of Steiner's universal solution. The variables evaluated were number of clusters, total number of

accumulated and harvested fruits, polar and equatorial fruit diameter, accumulated fresh and dry fruit weight, as well as the average fresh and dry fruit weight. The concentration of nutrients was clearly influenced, for the number of fruits harvested and accumulated fruits, as well as the accumulated fresh weight. The variables that were not affected were number of clusters, polar and equatorial diameter of fruit, accumulated dry weight of fruit, fresh weight and dry weight per fruit, so that there was no effect between concentrations for these evaluated variables.

Key words: yield, Dry matter, Nutritional concentration.

3.1 INTRODUCCIÓN

Solanum glaucescens Zucc., es una planta que es conocida como cuatomate. Su uso es para la alimentación en la población de la Mixteca baja Poblana, se registra desde los primeros pobladores de la región, hasta nuestros días. El cuatomate es un componente constante y frecuente en la dieta de los pobladores de la Mixteca baja, en forma de salsas con las que se acompañan diferentes platillos, para mejorar el sabor de la comida y estimular el apetito. Las salsas se preparan con los frutos asados o hervidos, junto con frutos de chile “chiltepin” (*Capsicum annuum*) y se conoce generalmente como “salsa de cuatomate”. Con los frutos también se elaboran purés que se utiliza como base en la preparación de diversos guisos típicos de la región como el “chilate”, en el cual son molidos y agregados. En los últimos años el cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) ha teniendo importancia económica debido al aumento de la demanda a nivel regional ya que se comercializa en fresco, en pequeñas cantidades para las comunidades de poblanos radicados en Estados Unidos, lo que hace que se promueva su consumo de esta hortaliza. A demás en diferentes municipios de la región el fruto es recolectado de plantas silvestres, el cual es un producto importante para el autoconsumo y venta.

De acuerdo con lo anterior, hasta el día de hoy no existe información alguna que haga referencia a la producción de cuatomate en nuevos sistemas de cultivo, por lo que el objetivo fue cultivarlo en condiciones protegidas de malla sombra, e hidroponía, usando diferentes concentraciones de solución nutritiva, y su efecto en la producción de fruto de *S. glaucescens* Zucc.

3.2 OBJETIVO E HIPÓTESIS

Objetivo

Determinar el comportamiento de los componentes de rendimiento de fruto bajo cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en el cultivo de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.).

Hipótesis

Existe respuesta diferenciada en el comportamiento entre caracteres de rendimiento (Número de racimos, número total de frutos acumulados y los cosechados, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso de fruto fresco y seco acumulado, así como también el peso promedio de fruto fresco y seco) en *Solanum glaucescens* Zucc en cuatro concentraciones de disponibilidad nutrimental con la solución nutritiva de Steiner.

3.3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.3.1 Producción de hortalizas

El sector hortícola es un rubro muy importante dentro del ámbito comercial agrícola, no solo para la recuperación de dicho sector, sí no que también para el desarrollo y crecimiento del país, por los múltiples beneficios que se obtienen en su actividad (Hernández, 2011). Este sector en México, es el más dinámico en términos de crecimiento en su producción y en la generación de divisas. En promedio en los años 2000 y 2009 se obtienen 9.74 millones de toneladas de hortalizas anuales en una superficie sembrada de 563.63 miles de hectáreas (SAGARPA–SIAP, 2016). Por otro lado, las principales características de las hortalizas revelan la presencia de su expansión en cuanto a su superficie, pero también en rendimiento. Por ejemplo para el tomate rojo y el pepino (Cuadro 1), la superficie sembrada disminuyó, pero el rendimiento aumentó, esto debido a los

avances tecnológicos, ya que estos y otras especies hortícolas actualmente se cultivan en nuevos sistemas de producción como invernaderos y casas sombra.

Cuadro 1. Producción de algunas hortalizas sembradas en México.

Cultivo	Superficie sembrada (ha) en 2004	Rendimiento (t/ha)	Superficie sembrada (ha) en 2015	Rendimiento (t/ha)
Brocoli	8533	18.411	11661	14.457
Calabaza	12395	14.762	11082	16.457
Cebolla	22368	29.74	18790	14.965
Coliflor	1113	24.5	1314	22.967
Chile verde	29309	12.094	29733	20.958
Melón	6029	23.906	8327	22.423
Papa	26132	23.727	27458	21.353
Pepino	9910	18.868	8522	36.651
Sandia	20469	26.32	17416	9.549
Tomate rojo	36769	21.516	18064	31.299
Tomate verde	26270	12.615	17981	12.854

Fuente: SAGARPA–SIAP (2016).

3.3.2 Características del bosque tropical caducifolio

El alto Balsas, una de las tres subregiones de esta Cuenca, abarca la Sierra Mixteca Poblana donde se localiza la selva baja caducifolia que ha constituido para las comunidades locales una fuente importante de productos vegetales, pero su intensa y desordenada extracción ha ocasionado la pronta disminución de los recursos forestales (Guízar y Sánchez, 1991).

En la Mixteca baja Poblana predomina la selva baja caducifolia, cuya característica principal consiste en que la mayoría de las especies arborescentes dominantes pierden sus hojas durante la época seca del año, tiempo que varía de 6 a 9 meses, dependiendo de la disponibilidad de humedad. Generalmente se compone de árboles y arbustos cuyos diámetros no sobrepasan los 50 cm y

alturas no mayores de 15 m, este tipo de vegetación se encuentra en suelo pedregosos someros y a menudo se localiza sobre laderas de fuertes pendientes (Ortiz *et al.*, 2010).

La mayoría de las especies que se desarrollan en la selva baja caducifolia son de la familia de las leguminosas como guamúchil (*Pithecellobium dulce*), mezquite (*Prosopis laevigata*), guaje verde (*Leucaena leucocephala*), guaje colorado (*Leucaena esculenta*), cubata negra (*Acacia cochliacantha*), huizache (*Acacia farnesiana*) (Huerta *et al.*, 2009).

El bosque tropical caducifolio ofrece un extenso germoplasma que es un reservorio de la diversidad biológica. Entre 35 y 50% de las plantas medicinales comerciales recolectas en México son originarias de este ecosistema, las cuales además de servir como alimento y medicamentos, son utilizadas de formas diversas como: leña, forrajes, madera para construcción, postes, elaboración de artesanías, colorantes, jícaras, fibras, cosecha de especias, elaboración de utensilios domésticos y de trabajo, etcétera (Ortiz *et al.*, 2010). Es imprescindible documentar en esta zona las plantas actualmente sujetas a aprovechamiento, e indicar cuáles de ellas son las más apreciadas por la población local, a fin de que sean atendidas mediante programas específicos para fortalecer la estabilidad forestal desde la perspectiva local (Martínez *et al.*, 2011).

3.3.3 Plantas utilizadas en la Mixteca Poblana

Las plantas con diverso grado de domesticación se han clasificado como: plantas silvestres (en proceso de domesticación), plantas arvenses (que prosperan espontáneamente en terrenos de cultivo), plantas cultivadas (se presentan en ambientes modificados por el hombre y expuestas a su cultivo sin modificaciones en su genoma) y plantas domesticadas (se ha controlado su reproducción y la heredabilidad de los caracteres e interés, y han respondido favorablemente a la selección practicada por el hombre en diferentes ecosistemas, generalmente no son capaces de sobrevivir por si mismas) (Hernández, 1985).

Por las forma de manejo el hombre en interacción con las plantas en la región Mixteca reconoce cuatro formas: plantas recolectadas: *Leucaena esculenta*, *Spondia purpurea* L., plantas toleradas *Pithecellobium dulce*, plantas protegidas (*Prosopis juliflora*), plantas fomentadas *Brahea dulcis* y *Agave* spp y plantas cultivadas por ejemplo *Annona cherimoli*, *Byrsonima crassifolia* y *Psidium guajava* (Casas *et al.*, 1994).

Recientemente hay estudios que indican que existen algunas especies silvestres útiles e importantes de la región de la Mixteca baja Poblana, de acuerdo con Ortiz *et al.* (2010), a través de un inventario florístico se identificaron 101 especies vegetales, 61 que corresponde a árboles y 40 arbustos de la selva baja caducifolia y que incluyen a plantas nativas en proceso de domesticación, en el huerto familiar y parcelas agrícolas, como el cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), chiltepín de cerro (*Capsicum annum*), guaje verde (*Leucaena leucocephala*), guaje colorado (*Leucaena esculenta*), y cuahuayote (*Jacaratia mexicana*), promovindose por las propias comunidades de campesinas este tipo de cultivos *in situ*, que contribuyen al rescate de los recursos fitogenéticos de la región. Por otra parte de las 101 especies identificadas que se ubicaron dentro de la selva baja caducifolia predominan cinco, las cuales se ubican en huertos familiares: guaje verde (*Leucaena leucocephala*), cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), chiltepín (*Capsicum annum*), ciruela (*Spondia purpurea* L.) y cuahuayote (*Jacaratia mexicana*) (Ortiz *et al.*, 2010).

3.3.4 Valor nutricional de cuatomate contra del jitomate

Uno de los primeros en investigar el contenido de los frutos del cuatomate fue Vargas (1998), en el cual reporta el contenido de proteína alrededor del 23%, por su parte, González (1999), menciona alrededor de 5.53 y 2.47% de proteína cruda para frutos de color verde y blanco. El cuatomate contiene ácidos orgánicos, que le confieren un ligero sabor ácido característico. De acuerdo con los análisis bromatológico del fruto, hechos por Medina *et al.* (2014) cosechado en otoño, es fuente importante de proteína y minerales, como potasio calcio y magnesio, y

vitamina C (Cuadro 2). Es un alimento rico en vitamina C, con antioxidantes con una función protectora de nuestro organismo. En el caso de jitomate, Nuez (1999), reporta menor contenido de proteína, vitamina C y minerales, lo que indica que cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), contiene mayores propiedades nutracéuticas, que el jitomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Cuadro 2. Contenido nutricional del fruto de *Solanum glaucescens* Zucc. y *Solanum lycopersicum*, por cada 100 g.

Constituyente	Cuatomate	Jitomate
Agua		94.5 g
Valor calórico		18 kcal
Proteína	13.17g	0.9 g
Glúcidos		2.8 g
Lípidos	2.79 g	0.2 g
vitamina A		0.38 mg
Vitamina C	42.89 mg	15 mg
Hierro	4.73mg	0.4 mg
Calcio	183mg	10 mg
Magnesio	189mg	10 mg
Fósforo		24 mg
Potasio	2914 mg	280 mg
Sodio		1.2 mg
Cenizas	6.53 mg	
Carbohidratos	77.51 g	
Fibra soluble	1.58 g	
Fibra insoluble	30.85 g	
Fibra total	32.44 g	
Fenoles totales	204.06 mg	

Fuente: Medina *et al.* (2014) y Nuez (1999).

3.3.5 Aspectos asociados con el rendimiento

El fenotipo de una planta es la resultante de la interacción entre el genotipo y el medio ambiente. Dicha interacción se realiza mediante los procesos fisiológicos, cuyo estudio corresponde a la fisiología vegetal. Entre las características del fenotipo están la morfología y el rendimiento, este último de naturaleza antropocéntrica. Los factores del clima (fotoperiodo, temperatura, humedad relativa, radiación solar); todos estos modifican las condiciones del ambiente, con lo cual pueden influir en el desarrollo de las plantas (Kohashi, 1996). En los ecosistemas naturales o de cultivos agrícolas el componente de interés primario es la producción o el rendimiento total. Para determinar el rendimiento de los cultivos se puede calcular con la siguiente fórmula, propuesta por Beadle (1985):

$$\text{Índice de cosecha} = (\text{Rendimiento económico} / \text{Rendimiento biológico}) \times 100$$

Donde el rendimiento económico es el órgano o la parte cosechada del cultivo y el rendimiento biológico es la materia seca o fresca total de toda la planta. Cabe destacar que el rendimiento agronómico se conoce en inglés como rendimiento económico.

Este es el resultado del comportamiento de una serie de estructuras de la planta, denominadas componentes del rendimiento, los cuales de acuerdo con su naturaleza se han clasificado en morfológicos y fisiológicos.

3.3.5.1 Componentes morfológicos

Los cambios en los componentes morfológicos ocasionan, de manera directa, cambios en el rendimiento, por ejemplo en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) el número de vainas y de semillas normales, son los componentes morfológicos más correlacionados con el rendimiento. Durante su crecimiento, dichos componentes importan y almacenan fotosintatos al igual que otros órganos como la raíz

meristemos (yemas vegetativas, entre otros) y hojas jóvenes. Estas últimas, alcanzan mayor desarrollo, se convierten en exportadoras de fotosintatos. Las regiones de importación y consumo de fotosintatos se conoce como demanda fisiológica o simplemente “demanda” y las de producción y/o exportación de fotosintatos como “fuente de fotosintatos” o simplemente fuente (Escalante y Kohashi, 2015). La teoría de la fuente y la demanda fisiológica es un instrumento útil al discutir la producción de materia seca, por ejemplo en la planta de maíz, durante el llenado del grano, las hojas pueden ser consideradas como fuente, y la mazorca como la demanda fisiológica (Tanaka y Yamaguchi, 2014).

3.3.5.2 Componentes fisiológicos

Los cambios en los componentes fisiológicos ocasionan cambios en los componentes morfológicos y por lo tanto, en el rendimiento; algunos de estos son el número de hojas y área foliar (Escalante y Kohashi, 2015).

3.3.6 La nutrición mineral en el rendimiento de las plantas

El potencial de rendimiento de los cultivos puede ser expresado a través del manejo mejorado de la nutrición de las plantas, junto con un mejor uso de los otros factores de producción, constituye un camino por el cual se puede aumentar la producción de alimentos en el mundo (FAO, 1999).

La mayoría de las plantas toman los nutrientes que necesitan del aire, agua y suelo, estos deben de estar en balance, además en suficiencia, esto impactará en el desarrollo de los vegetales; por lo contrario sin un elemento esencial falta en la nutrición de un cultivo, el crecimiento de las plantas será limitado y los rendimientos de estos se verán reducidos. De acuerdo con la FAO (2002) indica que los rendimientos pueden a menudo duplicarse o triplicarse con la aplicación de la nutrición mineral. De acuerdo con este organismo menciona que en el Programa de Fertilizantes desarrollado durante 25 años en 40 países, ha demostrado que con la aplicación de nutrientes en forma mineral se ha aumentado

la producción de algunos cultivos comerciales como maíz, soya y trigo, este último con incrementos en el rendimiento de hasta 60 por ciento.

3.3.6.1 El cultivo y la nutrición mineral

Las diferentes variedades de un solo cultivo también difieren en sus requerimientos de nutrientes y su respuesta a los fertilizantes. Las variedades locales o regionales de un cultivo no responderán también a la fertilización, como una variedad mejorada; por ejemplo en el cultivo de maíz híbrido dará a menudo una mejor respuesta a los fertilizantes y producirá rendimientos mucho más altos que las variedades regionales. De acuerdo con Tanaka y Yamaguchi (2014) mencionan para el cultivo de maíz la importancia del tipo de planta sobre la base fisiológica en relación con el rendimiento, esta asociación entre la orientación de las hojas para la intercepción de luz por éstas y la producción de materia seca (Tanaka y Yamaguchi, 2014). El aumento de la producción agrícola dependerá de un mejor manejo de la nutrición de las plantas, además de las características ecológicas, sociales y económicas de cada sistema de producción, junto con prácticas correctas de los demás factores de producción (FAO, 1999).

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en la Unidad Académica Atlixco, perteneciente al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, ubicado a 18° 53' Latitud Norte y 98° 26' Latitud Oeste, y una altitud de 1824 msnm. El experimento fue desarrollo en casa sombra de monofilamento al 50% de sombreo, con una superficie 300 m². El componente del sistema de ventilación estuvo integrado por ventanas laterales protegidas con malla antiáfidos.

3.4.2 Conducción del cultivo

Las plantas evaluadas tenían un año de edad, éstas fueron obtenidas a través de la siembra de semilla en charolas de unicel de 200 cavidades cada una, se llenaron cada charola con sustrato Peat-Moss®. 45 días de después de las siembras, se realizó el trasplante, cuando las plántulas presentaron las primeras cinco hojas verdaderas completamente desarrolladas o alcanzarán una altura de 25 a 30 cm de longitud, también, se separaron las plantas fértiles (hembras) de las infértiles (machos) de acuerdo con Medina (2011), las primeras son las que se utilizaron para el presente estudio.

La aplicación de las concentraciones de la solución nutritiva a las plantas, se realizó el 15 de julio de 2016. Se procedió a la cosecha de los frutos a los 20 días después de aplicados los tratamientos; cuando el tamaño de los frutos fueron fisiológicamente inmaduro presentaban características de carnosidad y firmeza, la pulpa presentaba color blanquecino, de acuerdo con lo dicho por Vargas (1998), este tipo de fruto es reconocido por presentar características de mayor tamaño y color oscuro (Figura 1), denominándolo como tipo “Chimeco”, (sucio), por lo opaco de su color sobrenombre que le dan en algunas regiones de la Mixteca poblana. Se obtuvieron 5 cortes, en los cuales se realizaron cada 8 días. Durante 30 días, se aplicaron 540 mL diarios por planta de la solución en cada uno los tratamientos, los riegos fueron aumentados, posteriormente, aplicando un promedio de 1320 mL diarios por planta, en todos los tratamientos.

Se utilizó un sistema hidropónico abierto, con un pH en la solución nutritiva de 5.5, para evitar la salinización del sustrato. El cultivo se desarrolló a libre crecimiento, sin que se hicieran podas. El tutorado de las plantas se realizó, cuando las plantas alcanzaron una altura de un metro, para un mejor manejo de éstas. Para el soporte se utilizaron estacas 1.40 m de largo y para conducción de las ramas, fue utilizada malla plástica blanca, con cuadrículas 10 x10 cm y de 1.5 m de ancho. Las estacas se colocaron a una distancia de 4 m, para permitir que tenga mayor disponibilidad de radiación y circulación de aire según lo propuesto por Pérez y Castro (2010), para el cultivo de chile manzano.



Figura 1. a) frutos comerciales cosechados de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), b) desarrollo de los fruto.

Las variables evaluadas fueron número de racimos, número total de frutos acumulados y los cosechados, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso de fruto fresco y seco acumulado (g), así como también el peso promedio de fruto fresco y seco. El peso fresco se determinó en todos los frutos cosechados, para ello se realizó el peso de cada uno de estos en gramos, empleando una balanza Ohaus® modelo “Adventurer”. Los frutos cosechados se cortaron en partes pequeñas y se colocaron en bolsas de papel del número 6 y se procedió para el secado en una estufa de aire forzado marca Felisa®, modelo, FE-243, a una temperatura de 60°C durante 48 h, hasta lograr peso constante; salidas las muestras de la estufa se tomó el peso seco del fruto con una balanza analítica digital marca Sartorius 1205 MP®, modelo AS-120. Para determinar el porcentaje de peso seco se utilizó la fórmula $PMs=(Ms/Mf)*100$, donde PMs: porcentaje de masa seca de los frutos, Ms: masa seca de los frutos y Mf: masa fresca de los frutos, de acuerdo con Utria *et al.* (2008). Para las mediciones de diámetro polar y ecuatorial se determinó con un vernier graduado marca Pretul®, para la toma del diámetro polar, se colocó en el fruto abarcando los polos. El diámetro ecuatorial se estableció colocando vernier en la región media (ecuador) del fruto, los valores fueron expresados en cm.

3.4.3 Diseño de tratamientos y unidad experimental

Para el análisis de crecimiento se utilizó un diseño completamente al azar, la unidad experimental estuvo compuesta de 1 planta, con 4 repeticiones cada una, teniendo 4 plantas por tratamiento, dando un total de 16 plantas por todos los tratamientos. La unidad experimental consistió en una planta de cuatomate sembrado en bolsas de polietileno negro (Figura 2), calibre 600 de 0.40 m x 0.45 m. El sustrato el cual se utilizó para las bolsas de polietileno fue tezontle rojo con un tamaño de partícula de 5 mm. La separación entre hileras de plantas fue de 1.25 m y 1 m entre plantas, por lo que tendremos una densidad de población de una planta por m². Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. Se evaluaron cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner (1961): 25, 50, 75 y 100%.

3.4.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el análisis de varianza (ANAVA), pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

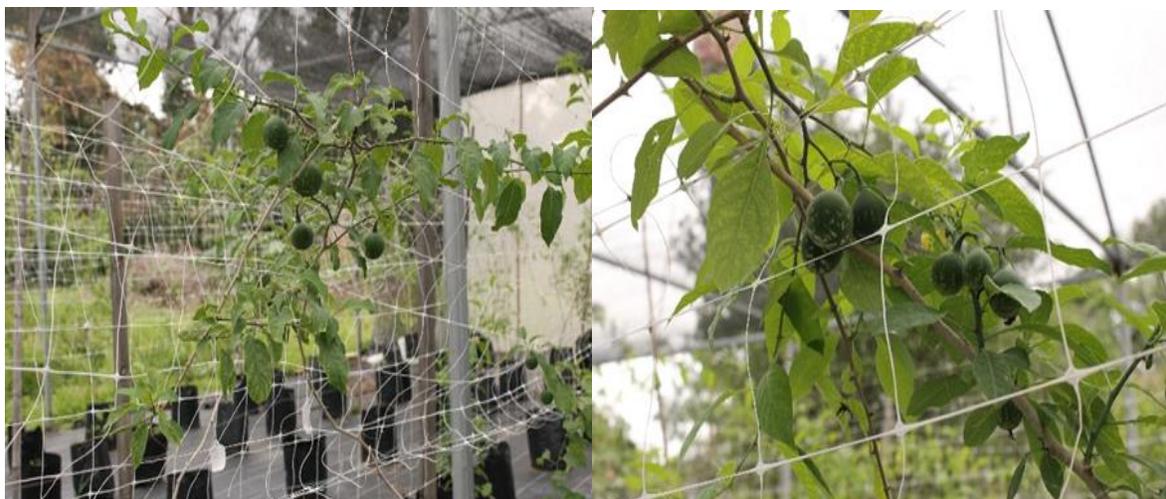


Figura 2. Plantas en producción, sembradas en macetas de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo malla sombra al 50% y cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner.

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1 Número de racimos

En el cuadro de comparación de medias (Cuadro 3) muestra que en los cuatro tratamientos de la solución aplicados a *Solanum glaucescens*, no existieron diferencias estadísticas significativas entre estos tratamientos para el número de racimos acumulados durante los 5 cortes, Sin embargo, los resultados muestran mayor número de racimos en las concentraciones más altas de la solución nutritiva (Figura 3), que fueron a 75 y 100% con 6.7 y 6.5 racimos en promedio respectivamente, durante los días evaluados. Al respecto Moreno (2005), evaluó el efecto de las mezclas de vermicomposta con arena, contra un testigo, al cual se le aplicó solamente solución nutritiva madre en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*), presentó mayor número de racimos el que se le aplicó la solución madre y menor número de estos a las diferentes mezclas, las cuales no se les aplicó ningún nutriente. Por otro lado, Carrillo *et al.* (2005) encontraron en *Lycopersicon esculentum* Mill, bajo condiciones controladas en invernadero, que existe una correlación positiva para el número de racimos, con respecto al rendimiento, lo que indica que a mayor número de racimos aumenta el rendimiento, además menciona que la temperatura influye sobre el número de racimos cosechados cultivado bajo estas condiciones.

Cuadro 3. Comparación múltiple de medias del número de racimos de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Número de racimos
25%	3.000a ^z
50%	4.250a
75%	6.750a
100%	6.500a
DMS	5.0579

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

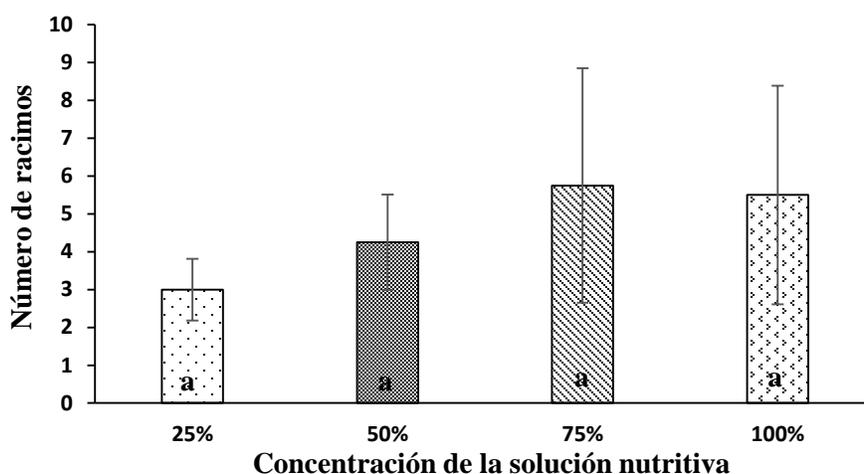


Figura 3. Número de racimos de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.2 Número de frutos acumulados totales

Para el número de frutos totales acumulados, en la comparación múltiple de medias (Cuadro 4), indican que las plantas a las que se les aplicó la solución nutritiva a 25 y 50%, fueron las que presentaron menor número de frutos acumulados durante los cortes realizados, para el caso de las plantas tratadas con soluciones altas a 75 y 100% fueron las que presentaron mayor número de frutos acumulados (Figura 4) con 75.25 y 58.75 frutos; estos resultados muestran que en concentraciones altas existe mayor disponibilidad de nutrientes. Al respecto Valentín, 2011, reporta para chile de agua (*Capsicum annum* L.), el mayor número de frutos se encontró con concentraciones altas (75, 100 y 125%) y menor número de estos para concentraciones a 25%. Para el caso de chile pimiento morrón híbrido variedad Lesley, se encontró el menor número de frutos totales por planta, a 25%, las plantas que se les aplicó soluciones a 75, 100 y 125%, fueron las que presentaron mayor número de frutos (Mendoza, 2010).

Cuadro 4. Comparación múltiple de medias del número de frutos acumulados totales de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Número de frutos
25%	30.25b ^z
50%	45.75ab
75%	75.25a
100%	58.75ab
DMS	44.731

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

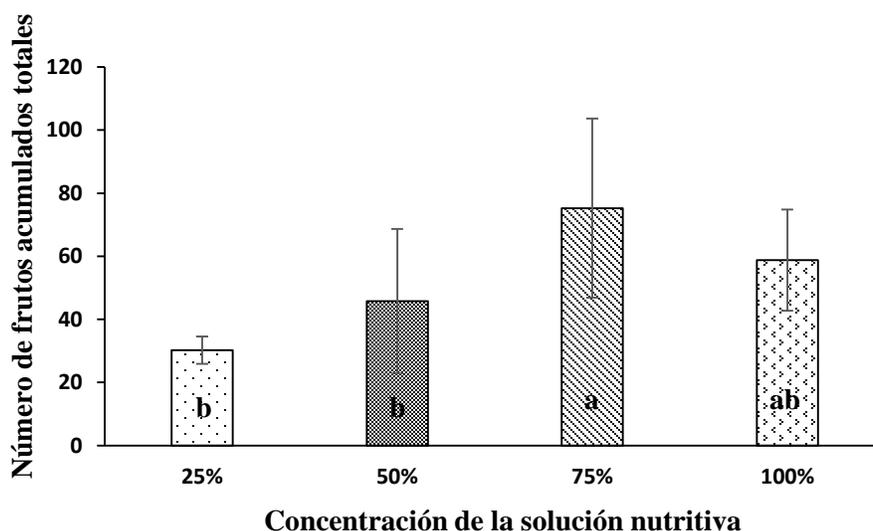


Figura 4. Número de frutos acumulados totales “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.3 Diámetro polar de fruto

Con respecto al diámetro polar de fruto, la comparación múltiple de medias (Cuadro 5) señala que no se encontró diferencias estadísticas para esta variable evaluada en *S. glaucescens*, todos los tratamientos presentaron diámetros similares en concentraciones a 25, 50 y 100%, con 3.86, 3.81 y 3.93 cm,

solamente la que presentó un ligero mayor diámetro polar fue a 75% con 4.06 cm (Figura 5). De acuerdo con Vargas (1998) evaluó una muestra de 211 frutos comerciales de cuatomate (*Solanum glaucescens*), y les midió la altura de fruto, encontró que la altura (diámetro polar) osciló de 3.65 a 3.69 cm, lo que indica que el diámetro polar fue menor, por lo que los frutos presentaron mayor diámetro polar en esta investigación. Los frutos de cuatomate cosechados en esta investigación tienen mayor diámetro polar, que lo reportados por Benítez *et al.* (2011) para *Solanum uncinellum* que van desde 1.2 a 2.7 cm de largo. Por otro lado García *et al.* (2015) reportan para otra solanácea *Physalis pruinosa*, el efecto de aplicación de algas marinas sobre características agromorfológicas y calidad de frutos, donde no existieron diferencias en aplicar o no aplicar Alga 600®, para el diámetro polar de fruto verde-amarillo que fue de 11.57 mm.

Cuadro 5. Comparación múltiple de medias del diámetro polar de fruto de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Diámetro polar (cm)
25%	3.86a ^z
50%	3.81a
75%	4.06a
100%	3.93a
DMS	0.26

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

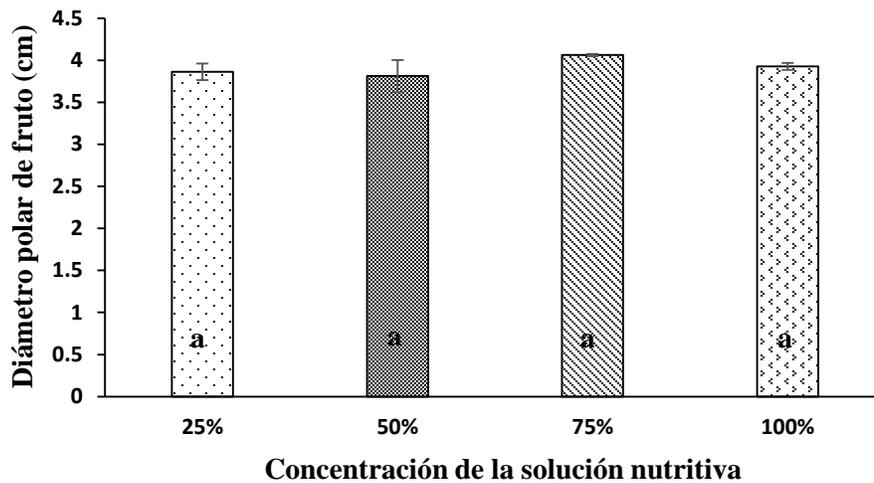


Figura 5. Diámetro polar de fruto de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.4 Diámetro ecuatorial de fruto

La variable diámetro ecuatorial de fruto en las diferentes concentraciones de las soluciones nutritivas no tuvo efecto sobre el diámetro ecuatorial de *S. glaucescens* (Cuadro 6), sin embargo en las concentraciones más baja, a 25, 50 y 100% con 3.92, 3.83 y 3.95 cm, la solución a 75%, un ligero incremento del diámetro ecuatorial con 4.06 cm, con lo cual no existieron diferencias significativas. Vargas (1998) recolectó frutos comerciales de *Solanum glaucescens* en la región Mixteca baja Poblana, en los cuales encontró diámetros ecuatoriales que variaron de 4.10 a 4.12 cm, estos diámetros indican que fueron ligeramente mayores, para los frutos cosechados en las soluciones a 25, 50 y 100% y fueron similares en la concentración a 75% (Figura 6). La longitud (diámetro polar) y el diámetro ecuatorial del fruto de cuatomate, ha sido evaluada por este mismo autor, el cual de una muestra de 211 frutos comerciales, emplearon la relación largo/ancho, encontrando que el 78% eran esférico, mientras el resto (22%) eran ligeramente ovalados, a su vez también reporta que no encontró canales a lo largo de estos, ni

curvaturas; por su parte Benítez *et al.* (2011), reportan para “Velo de novia” (*Solanum uncinellum*) ancho de fruto de 0.8 a 2.6 cm, con un ligero ensanchamiento en el ápice.

Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de diámetro ecuatorial de fruto de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Diámetro ecuatorial (cm)
25%	3.92a ^z
50%	3.83a
75%	4.06a
100%	3.95a
DMS	0.30

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

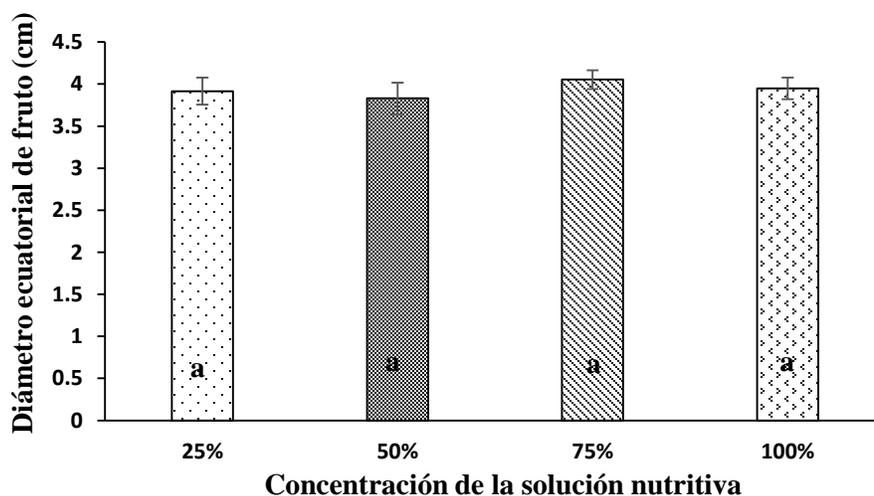


Figura 6. Diámetro ecuatorial de fruto de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.5 Número total de frutos cosechados

En relación con la variable número total de frutos cosechados, de acuerdo con la comparación de media (Cuadro 7), se encontraron diferencias estadísticas, para las concentraciones más altas que fueron a 75 y 100% alrededor de 24 y 32 frutos; las soluciones con concentraciones más bajas a 25 y 50% presentaron menor número de frutos, alrededor de 14.8 y 17.3, se puede decir que tuvo afecto las concentraciones de la solución nutritiva para esta variable (Figura 7), sin embargo, los frutos de *S. glaucescens*, presentaron tamaño y color comercialmente aceptable. Al respecto Gasga (2006), encontró para otra solanácea como chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) para un ciclo de 180 días, y a una concentración de 100% de solución nutritiva, acumuló un promedio de 120 frutos hasta el final del ciclo, por lo que cuatomate presentó menor número de frutos, comparados con chile manzano que pertenece a la misma familia. Martínez (2004) realizó adiciones de nitrógeno fósforo y potasio a “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), con niveles de 0.0, 2.5, 5 y 7.5 g/planta, el cual encontró, que el número de amarre de frutos con pistilos largos (hembras) fue un promedio de 15 frutos por inflorescencia, indica que de estos solamente se desarrollaron 3 a 4 frutos, los demás detienen su desarrollo.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de número total de frutos cosechados de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Número de frutos
25%	14.8b ^z
50%	17.3b
75%	24.0ab
100%	32.5a
DMS	10.9

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

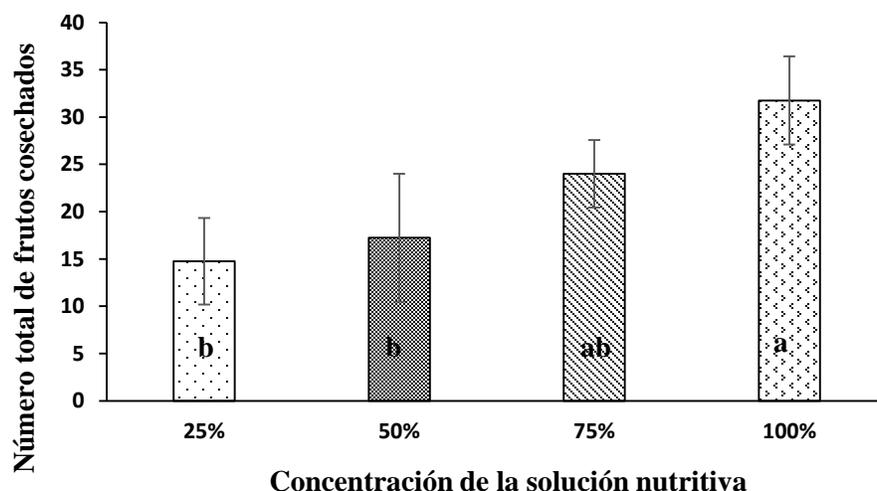


Figura 7. Número total de frutos cosechados “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.6 Peso fresco acumulado

Para “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en casa sombra e hidroponía, para peso fresco acumulado alrededor de 300.25 y 363.0 g, para las concentraciones a 25 y 50%, mostrando que fueron estadísticamente similares (Cuadro 8) y fueron las que presentaron menor peso fresco acumulado. Con respecto a las demás concentraciones, los tratamiento a 75 y 100% mostraron pesos promedios de 533.25 y 706.75 g planta⁻¹, por lo que este último presentó mayor peso fresco de fruto (Figura 8), y se reflejó por lo tanto en mayor rendimiento. Esto se ve reflejado en otros trabajos en solanáceas como “chile de agua” (*Capsicum annuum* L.) al cual se le aplicaron diferentes concentraciones de nutrientes, donde se encontró que las soluciones con concentraciones altas fueron las presentaron mayor rendimiento, que aquellas que tuvieron menor concentración (Valentín, 2011). Mendoza (2010) uso la solución de Steiner en el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum Annuum* L.) encontró que a concentración de 75, 125 y 175% fueron las que presentaron mayor rendimiento para esta especie. Por otra parte Castro *et al.* (2000), encontraron para otra solanácea

Physalis ixocarpa Brot., cultivada bajo diferentes concentraciones de nutrimentos, que la producción de fruto aumentó, conforme a la disponibilidad de nutrientes, donde las soluciones a 75 y 100% de concentración presentaron los mejores rendimientos. La aplicación de soluciones nutritivas a diferentes concentraciones se ha utilizado en otros cultivos con similares resultados, como *Cucumis sativus* L. (Barraza, 2008) y algunas aromáticas como tomillo (Guerrero *et al.*, 2011). Analizando desde el punto de vista económico el sistema de producción resulta más redituable, si se utilizan soluciones nutritivas con menor cantidad de fuentes de nutrimentos, ya que a mayor cantidad de estos, el costo monetario por metro cúbico de solución nutritiva se incrementa.

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias del peso fresco acumulado de fruto de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Peso fresco (g)
25%	300.25b ^z
50%	363.0b
75%	533.25ab
100%	706.75a
DMS	278.62

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

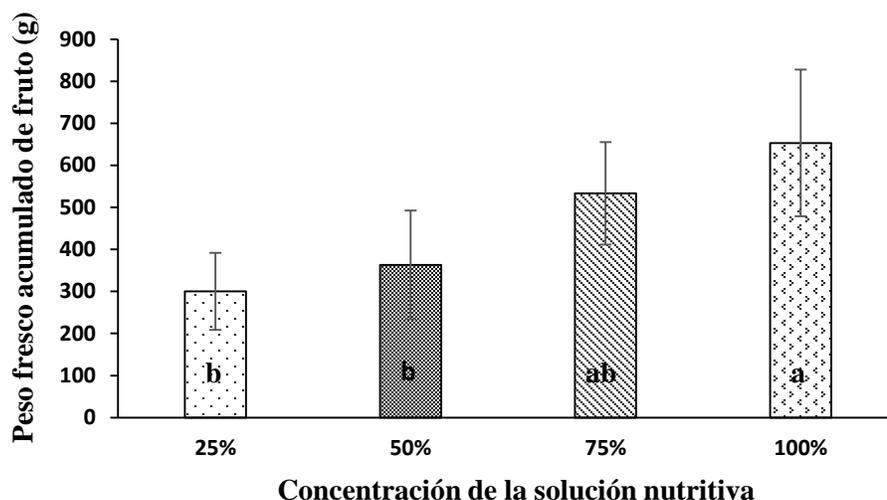


Figura 8. Peso fresco acumulado de fruto “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.7 Peso seco acumulado de fruto

Con respecto al peso seco acumulado de fruto, la comparación múltiple de medias (Cuadro 9) que se realizó para esta variable, no se encontró diferencias estadísticas entre estos pesos, las concentraciones a 25 y 50 presentaron valores de 11.269 y 10.539 g, por otra parte las soluciones a 75 y 100% fueron las presentaron valores ligeramente mayores con 13.114 y 12.128 g de peso seco (Figura 9), sin embargo fueron estadísticamente iguales, es decir que entre las concentraciones de la solución nutritiva, se mantiene el peso seco acumulado de fruto. Los resultados encontrados para esta variable tienen semejanza en el comportamiento reportado para “chile de aguas” (*Capsicum annuum* L.) reportados por Valentín (2011), donde indica que no observó diferencias en la acumulación de materia seca, utilizando concentraciones altas de la solución nutritiva, bajo condiciones protegidas e hidroponía. Cuando se aplica diferentes concentraciones de nutrimentos a un cultivo, puede existir la posibilidad, de que estos sean dirigidos, a diferentes órganos, mayormente los de demanda, no

necesariamente a sitios de la planta de interés comercial. Este comportamiento de la materia seca en diferentes concentraciones de solución nutritiva se ha reportado en cucurbitáceas (Barraza, 2008 y Hernández, 2011).

Cuadro 9. Comparación múltiple de medias del peso seco acumulado de fruto de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Peso seco (g)
25%	11.269a ^z
50%	10.539a
75%	13.114a
100%	12.128a
DMS	3.3469

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

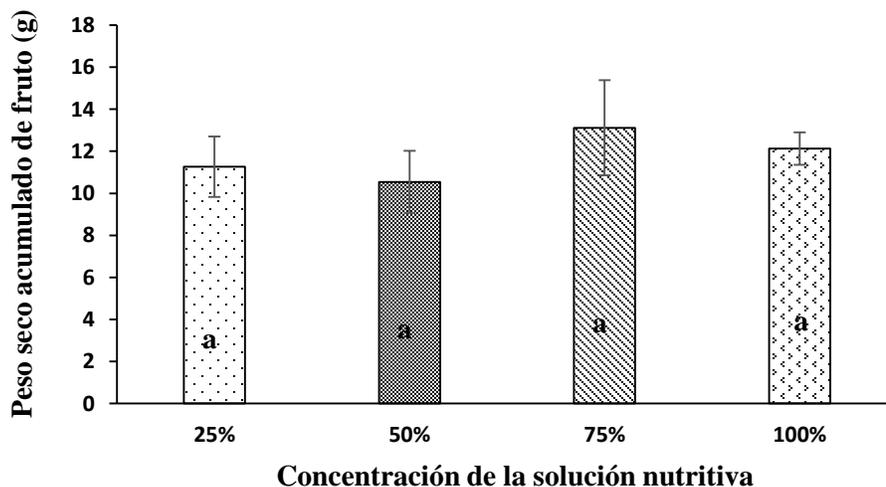


Figura 9. Peso seco acumulado de fruto de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.8 Peso seco por fruto

Los resultado de la comparación múltiple de medias (Cuadro 10) para peso seco por fruto, mostraron la no existencia de diferencias estadística para todas las concentraciones a 25, 50, 75 y 100%, con 2.25, 2.10, 2.62 y 2.42 g respectivamente (Figura 10), lo cual indica que a aplicar concentraciones altas de soluciones de nutrimentos, el peso seco por fruto no se incrementa en el cultivo de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.), evaluado bajo un sistema de sombreado e hidroponía con diferentes concentraciones utilizando la solución nutritiva de Steiner. Por otro lado el porcentaje de materia seca acumulada en fruto estuvo alrededor del 10%, para las soluciones a 25 y 50%, y para las concentraciones altas, estuvo alrededor del 11%, lo que indica que no hubo efecto de las soluciones sobre esta variable. Al respecto Peña *et al.* (2013), para *Solanum lycopersicum*, cultivado en invernadero e hidroponía, encontraron porcentajes de 4.5 y 5.4% de peso seco de fruto, lo que nos indica que los porcentajes fueron menores para los frutos de *S. glaucescens* Zucc. Por otra parte Utria *et al.* (2008) no encontraron respuesta a la aplicación de diferentes dosis de biosólidos de aguas residuales, para el peso seco de fruto de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

Cuadro 10. Comparación múltiple de medias de peso seco por fruto de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Peso seco (g)
25%	2.25a ^z
50%	2.10a
75%	2.62a
100%	2.42a
DMS	0.66

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

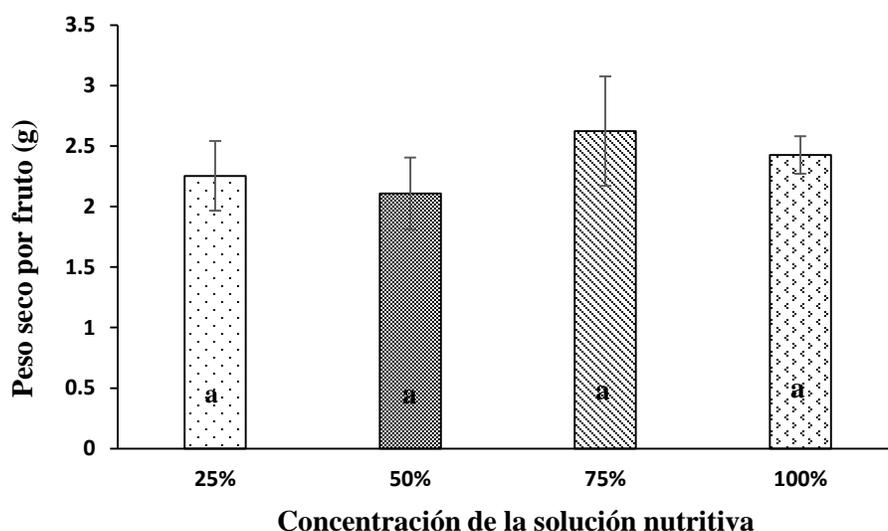


Figura 10. Peso seco por fruto de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.5.9 Peso fresco por fruto

Para el peso fresco de frutos de” *S. glaucescens* fueron estadísticamente iguales, en todas las concentraciones aplicadas a este cultivo, solamente se ve un ligero aumento en la concentración a 75% con un peso de 22.915 g por fruto, sin embargo no fue estadísticamente diferentes a los demás concentraciones (Cuadro 11), lo que indica que los resultados en esta investigación los frutos cosechados tuvieron peso fresco similar entre las concentraciones (Figura 11) cultivado bajo malla sombra e hidroponía regadas con solución nutritiva de Steiner.

De acuerdo con lo reportado por Martínez (2004) para *Solanum glaucescens* utilizando diferentes concentraciones de macronutrientes, en combinación con dos sustratos, encontró un amarre de 3 a 4 frutos por inflorescencia, los frutos cosechados presentaron un pesos promedio 15.5 g por fruto, indica que una vez cortados estos se desarrollan los demás frutos que quedan en el racimo. Por otra parte Vargas (1998), reporta para una muestra de 42 frutos de todos tamaños

obtenidos en los municipios de Tehuiztzingo e Izúcar de Matamoros, los pesos de los frutos grandes y chicos fueron de 30 y 5.87 g respectivamente, y el promedio de estos fue de 12.27 g, lo que indica que los frutos obtenidos bajo estas condiciones en el cultivo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) tienen pesos promedios mayores que los obtenidos por estos dos autores. Por otro lado Gastelum *et al.* (2013), reportan para ochuva (*Physalis peruviana* L.) que a medida que aumenta la concentración de la solución se ve disminuido el peso de fruto; Castellanos (2009) indica que el exceso de nitrógeno en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se torna muy vegetativo, además que aparecen en el ramillete floral hojas, característica de exceso de vigor en la planta, esta característica no se presentó en la etapa de floración, si no después del tercer corte, cuando los frutos fueron cosechados. Muñoz (2009) indica para tomate en invernadero, aplicaciones excesivas de nitrógeno incrementa la posibilidad de que aparezca un desorden de maduración en el fruto llamado “Hombro verde”.

Cuadro 11. Comparación múltiple de medias peso fresco por fruto de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2016.

Concentración de solución nutritiva	Peso promedio (g)
25%	20.866a ^z
50%	20.556a
75%	22.915a
100%	21.785a
DMS	3.770

DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

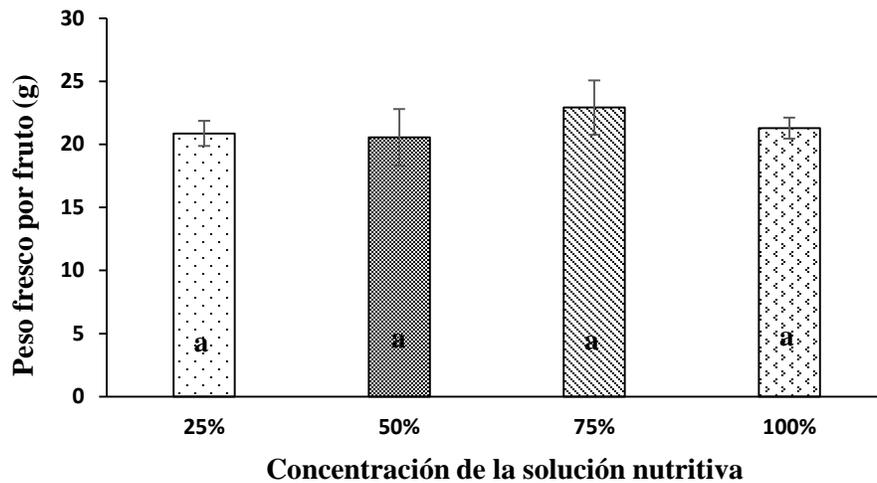


Figura 11. Peso fresco por fruto de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra en Atlixco, Puebla en 2016.

3.6 CONCLUSIONES

La concentración de nutrimentos en la solución nutritiva influyó, en el número de frutos cosechados y frutos acumulados, así como en el peso fresco acumulado. El peso fresco nos indica el rendimiento de fruto, por lo que es de gran importancia comercial para el cuatomate. Las variables que no se vieron afectadas por la concentración de las soluciones fueron número de racimos, diámetro polar y ecuatorial de fruto, peso seco acumulado de fruto, peso fresco y seco por fruto.

3.7 LITERATURA CITADA

Barraza, A. F. V. 2008. Análisis del crecimiento y extracción nutrimental en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 76 p.

- Beadle, C.L. 1985. Plant growth analysis. pp. 20-25. *In*: Coobs, J., Hall, D.O., Long, S.P., Scurlock, J.M.O. (eds.). Techniques in bioproductivity and photosynthesis. 2^a edition. Pergamon Press. U.K. 298 p.
- Benítez de R. C. E., Nee, M., Rodríguez, P. 2011. Estudio Taxonómico de representantes de *Solanum* sección Dulcamara s.l. (Solanaceae) de Sudamérica Tropical. Acta Botánica Venezolana 34 (2): 381-405.
- Carrillo R. J.C., Jiménez, F., Días, G., Sánchez, G.P., Catarino, P., Arellanes A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en Invernadero. Agronomía Mesoamericana 14(1): 85-88.
- Casas A., Viveros, J.L., Caballero, J. 1994. Etnobotánica mixteca. Instituto Nacional Indigenista. Colección Presencias. Núm. 67. México, D.F. 366 p.
- Castellanos R., J. Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos, R.J.Z (ed.). Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). Celaya, Guanajuato, México. 458 p.
- Castro B., R., Sánchez, G. P., Peña, L .A., Alcántar, G.G., Baca, C. G., López, R. R. M. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 6(1): 33-38.
- Escalante E. J. A y Kohashi, S. J. 2015. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- García S., M.L., Santiaguillo, H.J.F., De Luna, V.A., Rodríguez, D.E., Corona, S.J.P. 2015. Caracterización agromorfológica de *Physalis pruinosa*. Revista Agroproductividad 8(1): 62-68.
- Gasga, P. R. 2006. Análisis de crecimiento y dinámica nutrimental del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Tesis de Maestría en Ciencias en horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 62 p.
- Gastelum O.D.A., Sandoval, V.M., Trejo, L.C., Castro, B.R. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(2): 197-210.
- González E. B. 1999. Estudio preliminar sobre la producción y propagación del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) por medio de la técnica de cultivos "in vitro". Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico Número 32, Tecamatlán, Puebla, México. 63 p.

- Guerrero L., L.A., Ruiz, P.L. del M., Rodríguez, M.M de las N., Soto, H.M., Castillo M.A. 2011. Efecto del cultivo hidropónico de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en la calidad y rendimiento del aceite esencial. Revista Chapingo serie Horticultura 17 (2):141-149.
- Guízar N., E. y Sánchez, V. A. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del alto Balsas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 207 p.
- Hernández R., C.J. 2011. Caracteres de importancia agronómica, análisis de crecimiento y extracción nutrimental en colectas de “pepino mixteco” (*Cucumis anguria* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 152 p.
- Hernández X., E. 1985. Biología agrícola. Ed. CECSA, México.42 p.
- Huerta Z., S., Vidal, C.A., Rodríguez, R.J., Bonilla, V.M., Mora, P.M., Vázquez, M.S., Ortiz y R.G.A., Bravo, H.F. 2009. Principales árboles y arbustos en el bosque tropical caducifolio de la mixteca baja poblana. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32. Tecamatlán, Puebla, México. 118 p.
- Kohashi S., J. 1996. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 42 p.
- Martínez P. A., Antonio, L.P., Gil M, A., Cuevas, S. J, A. 2011. Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. Acta Botánica Mexicana 98: 73-98.
- Martínez M. L. 2004. Fenología y producción de plantas de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) con adición de nitrógeno, fosforo y potasio en diferentes dosis en la Mixteca Baja Poblana. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía, Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32. Tecamatlán, Puebla, México. 34 p.
- Medina D, K., Muñoz, R.D., Guzmán, G.R.I., Acereto, E.P.O. 2014. Valor nutrimental y funcional del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), fruto silvestre de la región mixteca. Ciencias de la Frontera Vol.XII.Núm.3. 93-100.
- Medina G. A. 2011. Conocimiento tradicional y cultivo In vitro del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.).Tesis de Maestría en Ciencias en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional. Colegio de Postgraduados. Cholula, Puebla, México. 86 p.

- Mendoza V., J.C. 2010. Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum Annuum* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 90 p.
- Moreno R., A., Valdés, P.G.M.T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65(1): 26-34.
- Muñoz R., J.J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *In*. Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos, R.J.Z (ed.). Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). Celaya, Guanajuato, México. 458 p.
- Nuez, F. 1999. El cultivo de tomate. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 703 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1999. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Roma, Italia. 20 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Los fertilizantes y su uso. Roma, Italia. 77 p.
- Ortiz y R., G. A., Corona, A.V., Rodríguez, R.J., Mora, P.M., Huerta, Z.S., Vázquez, M.S., Bravo, H. F.H., López, S.G., Ortiz, S.G.F. 2010. Criterios básicos para la definición del manejo sostenible de plantas nativas de la Mixteca Poblana, guía para el establecimiento de huertos agroforestales en la Mixteca Poblana. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32, Tecamatlán, Puebla, México. 111 p.
- Peña Y., M., Casierra, P.F., Monsalve, O.I. 2013. Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 7(2): 217-227.
- Pérez G., M. y Castro, B. R. 2010. El chile manzano. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 135 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA-SIAP). 2016. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera México.en://infosiap.gob.mx/agricola_siap_gb/ientidad/index.jsp.(Consulta do el 10 de enero de 2017).

- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired compositions. Horticultural Experiment Station, Naaldwijk, Netherlands. *Plant Soil* 15:134-154.
- Utria, E., Goffe, S.R., Inés, M., Morales, D., Cabrera, J.A. 2008. Los biosólidos de aguas residuales urbanas aplicados con diferentes frecuencias en las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill). *Revista Cultivos Tropicales* 29(4): 5-11.
- Valentín M., M.C. 2011. Crecimiento y extracción de micronutrientes del chile de agua (*Capsicum annuum* L.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 92 p.
- Vargas M., O. 1998. Estudio etnobotánico y caracterización agronómica del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) en la regio Mixteca Baja Poblana. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 111 p.

CAPÍTULO IV. EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DE “CUATOMATE” (*Solanum glaucescens* Zucc.)

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el propósito de generar información para ver la dinámica nutrimental de *Solanum glaucescens* Zucc., ya que puede ser una hortaliza con gran potencial de ser cultivado en nuevos sistemas de producción como son casas sombras e invernaderos. En el caso del Cuatomate no se han hecho trabajos sobre las extracciones de nutrientes, para establecer una dosis de fertilización. El órgano de interés de esta especie es el fruto, el cual es utilizado en la elaboración de salsas y guisos típicos de la región, además que existe una baja producción que no satisface el mercado regional, debido a que los migrantes lo demandan en el mercado de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta situación está acelerando su proceso de domesticación, pero también está propiciando su desaparición en los hábitats naturales y el deterioro de los mismos, por lo que se requieren alternativas para el desarrollo de su cultivo, para el aprovechamiento de la especie en un marco de sustentabilidad. Como fuente de nutrimentos, se utilizó para el presente estudio, la solución universal de Steiner. Se evaluaron cuatro concentraciones de la solución nutritiva Steiner a 25, 50, 75 y 100 %, la cual se caracteriza por tener una relación mutua de aniones y cationes. Se utilizó un diseño completamente al azar, la unidad experimental estuvo compuesta de una planta, con tres repeticiones cada concentración. Se realizaron seis muestreos durante el ciclo del cultivo, tomando una planta. La separación entre hileras fue de 1.25 m y de 1 m entre plantas. Se utilizó un sistema hidropónico abierto, el cultivo se desarrolló dentro de bolsas de polietileno negro calibre 600, con capacidad para diez litros, el sustrato que se utilizó fué tezontle rojo con un tamaño de partícula 5 mm. Las plantas que presentaron mayor acumulación de nitrógeno y potasio, fueron las que se les aplicó solución nutritiva al 100%. Para el caso del fósforo y calcio mostraron similar extracción a 25, 50, 75 y 100% de concentración. El contenido de magnesio fue mayor en el tratamiento a 25%, seguida de la 100%, pero al 50 y 75% tuvieron una menor acumulación de este elemento, para un ciclo de 180 días.

Palabras clave: Dinámica nutrimental, hidroponía, Solanácea espinosa.

ABSTRACT

The present study was carried out with the purpose of generating information to see the nutritional dynamics of Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), Since it can be a vegetable with great potential to be cultivated in new production systems such as shade houses and greenhouses. In the case of *S. glaucescens*, no work has been done on nutrient extractions to establish a fertilization dose. The organ of interest of this species is the fruit, which is used in the production of sauces and stews typical of the region, in addition that there is a low production that does not satisfy the regional market, because the migrants demand it in the market of the United States of America. This situation is accelerating their domestication process, but it is also causing their disappearance in the natural habitats and the deterioration of them, so that alternatives are needed for the development of their crop, for the use of the species in a framework of sustainability. As a source of nutrients, the Steiner universal solution was used for the present study. Four concentrations of the Steiner nutrient solution were evaluated at 25, 50, 75 and 100%, which is characterized by having a mutual relation of anions and cations. A completely randomized design was used, the experimental unit was composed of one plant, with four replicates each. The separation between rows of plants was 1.25 m and 1 m between plants. An open hydroponic system was used. The culture was grown in 600-gauge black polyethylene bags, with a capacity of ten liters, and the substrate used was red tezontle with a particle size of 5 mm. The plants that presented the greatest accumulation of nitrogen and potassium, were those that were applied nutrient solution to 100%. For the phosphorus and calcium case showed similar extraction at 25, 50, 75 and 100%. The magnesium content was higher in the treatment at 25%, followed by 100%, but at 50 and 75% had a lower accumulation of this element, for a cycle of 180 days.

Key words: Nutritional dynamics, hydroponics, spiny solanácea.

4.1 INTRODUCCIÓN

A raíz de la actual crisis ambiental presente en el planeta se debe de comenzar a cambiar de rumbo; los recursos, deben de ser manejados de forma sustentable implementando nuevos sistemas de producción amigables con el ambiente. El cambio climático y la creciente inseguridad alimentaria son grandes retos para los sistemas agrícolas del mundo, desafíos que no pueden afrontarse sin el uso de prácticas enfocadas a que promuevan el incremento de la productividad y minimicen el impacto ambiental. El cultivo de las hortalizas ha mejorado las condiciones económicas y sociales de las personas que las cultivan en varias partes del mundo, ya que genera gran cantidad de empleos, además que es una actividad demandante de mano de obra en el sector agrícola. El cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) es una hortaliza que pertenece a las familia de las solanáceas que crece de forma silvestres y cultivada en traspatio en la región de la Mixteca Poblana, la cual se caracteriza por presentar clima seco, con una temporada de lluvias de corta duración de 4 a 5 meses en verano, una precipitación media anual de 600 a 700 milímetros y una temperatura promedio de 27 grados centígrado (Martínez *et al.*, 2011); esta planta crece sobre suelos sin horizontes desarrollados, escasa retención de humedad, muy pedregosos y de moderada fertilidad. El cuatomate, es un cultivo no tradicional que puede de ser manejado bajo condiciones favorables y diferentes prácticas agrícolas donde exprese su máximo potencial de rendimiento; la fertilización es una de estas prácticas por la cual pueda incrementarse la producción de fruto, cultivado bajo condiciones de malla sombra e hidroponía.

4.2 OBJETIVO E HIPÓTESIS

Objetivo

Determinar el contenido y estimar la extracción de N, P, K, Ca y Mg en el cultivo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.).

Hipótesis

El mayor requerimiento de N, P, K, Ca y Mg se da en la etapa de fructificación por lo que se plantea es en esta etapa cuando ocurre la máxima velocidad de extracción.

4.3 REVISIÓN DE LITERATURA

4.3.1 Eficiencia de recuperación de los nutrimentos

Los estudios sobre población y demanda de alimentos proyectan que para el año 2020 solo 28% de los requerimientos alimenticios de la población serán cubiertos a través del incremento de la superficie agrícola (Grageda, 1999). Sin embargo, el continuo uso excesivo de altas dosis de fertilizantes químicos tienen efectos adversos sobre las propiedades biológicas de los suelos y la salud humana (Kumar *et al.*, 2006).

Por otro lado, los estudios de la eficiencia de recuperación de los nutrimentos nitrógeno y fósforo provenientes de los fertilizantes para diferentes cultivos y condiciones edafoclimáticas indican que solamente menos de 50 y 25% para N y P respectivamente, son recuperados por los cultivos (Peña *et al.*, 2002; Covarrubias *et al.*, 2005).

Estos estudios indican claramente la necesidad de generar alternativas que aumenten la eficiencia en el manejo de estos insumos y disminuyan el impacto ambiental generado por el abuso en la aplicación de los fertilizantes químicos tradicionales (Smil, 1997).

Las solanáceas generalmente absorben grandes cantidades de nutrimentos, las cantidades dependen de la cantidad de frutos y esto a su vez está influenciado por variables genéticas y ambientales. Con base en la cantidad de materia seca

acumulada en las plantas y a su contenido relativo de elementos en el tejido, se determina la extracción nutrimental, en función de diferentes condiciones ambientales y rendimientos (Castellanos, 1999).

4.3.2 Importación de los fertilizantes

Debido a razones comerciales, la industria nacional de los fertilizantes empezó a reducir sus operaciones desde hace casi 10 años. Así, mientras que en 1995 se importaban 9000 toneladas de urea, seis años más tarde, durante 2001, se importaron cerca de 1.5 millones de toneladas. En la actualidad la planta nacional de fertilizantes funciona a muy baja capacidad y México importa casi 70% del nitrógeno, el 80% del fósforo y 100% del potasio. Esta situación hace muy vulnerable a la agricultura nacional, ya que depende del exterior para asegurar el suministro del insumo de mayor importancia en la agricultura (Castellanos, 2005).

El aumento en los precios de la urea ha sido mucho más elevado en el 2004 y parte del 2005, y tal vez parece que no se revertirá en el corto plazo. Por esta razón es importante buscar formas de aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes en general, y en especial el de los nitrogenados, para sostener la productividad agrícola y asegurar el abasto nacional de alimentos.

4.3.3 Nutrición mineral

El rendimiento de un cultivo depende de varios factores, los internos de la planta que están determinados, por su potencial genético; y otros que son de tipo externo como las condiciones climáticas las características del suelo, factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos (plagas y enfermedades).

El metabolismo de las plantas necesita elementos químicos esenciales, los cuales deben ser aportados en cantidad y proporción adecuadas y en forma de iones

asimilables (Cuadro 1). Por su parte (1990) hace hincapié en la necesidad de sincronizar el aporte de nutrientes con la demanda de los mismos.

Cuadro 1. Elementos esenciales para las plantas y principales formas iónicas en que son absorbidos o asimilados.

Elemento	Símbolo	Peso atómico	Forma de absorción	Peso iónico molecular	Concentraciones en tejido seco (ppm)
Nitrógeno	N	14.0	NO ₃ ⁻ ;NH ₄ ⁺	62.0;18.0	15000
Fosforo	P	31.0	H ₃ PO ₄ ⁻	98.0	2000
Potasio	K	39.1	K ⁺	39.1	10000
Calcio	Ca	40.1	Ca ⁺²	40.1	5000
Magnesio	Mg	24.3	Mg ⁺²	24.3	2000
Azufre	S	32.1	SO ₄ ⁻²	96.1	1000
Sodio	Na	23.0	Na ⁺²	23.0	100
Cloro	Cl	35.5	Cl ⁻	35.5	100
Hierro	Fe	55.9	Fe ⁺²	55.9	50
Manganeso	Mn	54.9	Mn ⁺²	54.9	6
Cobre	Cu	63.6	Cu ⁺²	63.6	20
Zinc	Zn	65.4	Zn ⁺²	65.4	20
Boro	B	10.8	H ₃ BO ₃	61.8	0.1
Molibdeno	Mo	95.9	MoO ₄ ⁻²	159.9	
Carbono	C	12.0	CO ₂ ;HCO ₃ ⁻ ;CO ³	44;61;60	
Oxígeno	O	16.0	H ₂ O y en otros iones	18.0	
Hidrogeno	H	1.0	H ₂ O y en otros iones	1.0	

Fuente: Castellanos, 2004.

4.3.3.1 Los elementos minerales esenciales en las plantas

Hay 16 elementos que han sido identificados como esenciales (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl) para el crecimiento y desarrollo normal de

todas las plantas. Estos 16 elementos se dividen en dos grupos: macronutrientes (C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl). Los criterios de esencialidad fueron establecidos por Arnon y Stout (1939), ya que es difícil justificar la calificación de los elementos minerales en macro y micronutrientes desde el punto de vista fisiológico, considerando solo la concentración presente en los tejidos de las plantas, también se recurre al papel bioquímico y función fisiológica que cada elemento mineral juega en la nutrición.

Los elementos minerales también se clasifican en cuatro grupos por sus correspondientes funciones, Mengel y Kirkby (2001).

Grupo uno. Nutrientes mayores que constituyen a la materia orgánica:

- **Nitrógeno.** Es un elemento mineral de mayor utilidad en el desarrollo de las plantas. Sus formas iónicas de absorción son como nitratos (NO_3^-) y como amonio (NH_4^+) (Sánchez, 2000). En la planta, el N participa en la formación de compuestos de elevado peso molecular como las proteínas y ácidos nucleicos; y de forma orgánica como los aminoácidos, amidas, aminas, y nucleótidos (Taiz y Zeiger, 2002). El contenido del nitrógeno en la materia seca de las plantas está alrededor de 15000 ppm (Castellanos, 2004).

- **Azufre.** Las formas asimilables del azufre por la planta son como un ión sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) (Papadopoulos, 1991). Se transporta por el xilema y, se pueden absorber como dióxido de azufre (SO_2) por los estomas. Forma parte de los sulfolípidos y heteropolisacáridos (como sulfato), del amino ácido como la cistina, la metionina, la cistina y las proteínas (en forma reducida); de diversas coenzimas como la tiamina, biotina, coenzima A, ácidos orgánicos, pirofosfatos, glutatión, adenosin-s-fosfosulfato 3-fosfoadenosina. Los niveles de concentración normal fluctúan entre 0.1 y 1% de materia seca (Bonilla, 2000).

Grupo dos. Nutrimientos importantes en la integridad estructural o almacenamiento de la energía:

- **Fosforo.** Las plantas absorben como ion fosfato (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}). Se encuentran en las plantas como fosfato, ya sea en forma libre o como compuesto orgánico de éster fosfórico con grupos hidroxilos que forma enlaces anhídridos ricos en energía como ATP o ADP. Juega un papel clave en la fotosíntesis, la respiración y todo el metabolismo energético, formando ácidos nucleicos, nucleótidos, coenzimas, fosfolípidos y varios tipos de azúcares fosfatados (Mengel y Kirkby, 2001; Sánchez, 2000).

- **Boro.** Se encuentra en pared celular puede estar disponible como ácido bórico (H_3BO_3) o como borato (BO_3^-). Se le asocia con la estabilidad de estas debido a sus enlaces éster que establece con los grupos cis-dioles polimanurónico. Se le involucra en alargamiento celular, germinación, regulación hormonal y en metabolismo de ácido nucleicos. También evita la acumulación excesiva de compuestos fenólicos, tanto en la raíz como en los tallos. La concentración de boro oscila entre 25-250 mg en la materia seca de la planta (Mengel y Kirkby, 2001).

Grupo tres. Nutrimientos que permanece en la forma de ion:

- **Potasio.** Su absorción se da como ion monovalente K^+ , juega un papel importante en la osmoregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierra de estomas. Participa como un cofactor en más de 50 sistemas enzimáticos, como los óxidos reductasas, deshidrogenadas, transferasas, sintetisas y quinasas. Su concentración va de 1 a 6% del peso de la materia seca (Sánchez, 2000).

- **Calcio.** Se absorbe como ion divalente Ca^{2+} , se localiza fuera de la célula en la pared celular de la lámina media y en las membranas. Participa como factor de

algunas enzimas involucradas en la hidrólisis de ATP y de fosfolípidos. Actúa como mensajero secundario en la regulación metabólica. Su concentración normal se encuentra 3 y 4% de la materia seca (Mengel y Kirkby, 2001).

- **Magnesio.** Se absorbe como ion divalente Mg^{+2} actúa como un activador de la enzima fosfoenol-piruvato carboxilasa y la glutamato sintasa; participa en el metabolismo de la planta, forma complejos con ATP y en la biosíntesis de proteínas y como un activador de la RNA polimerasa. Es el átomo central del núcleo tetrapirrólico de la molécula de clorofila, por lo tanto, es vital para el proceso de la fotosíntesis. El contenido total de Mg^{2+} en las plantas oscila entre 0.1 y 0.5% de peso seco (Sánchez, 2000).

- **Manganeso.** Se absorbe como un catión divalente Mn^{2+} , actúa como activador de numerosas enzimas, como por ejemplo el complejo manganeso-proteína que transporta los electrones del agua al fotosistema II, forma parte de la manganeso-superoxidodismutasa (Mn-SOD) y en enzimas respiratorias del ciclo de Krebs (carboxilasa, deshidrogenasa, cinasas, oxidasas y peroxidasas), su contenidos en planta son de 40 a 500 ppm (Mengel y Kirkby, 2001).

Grupo cuatro. Elementos minerales que se involucran en las reacciones redox:

- **Hierro.** Se absorbe como ión ferroso (Fe^{2+}) o férrico (Fe^{3+}). El 80% del hierro se acumula en los cloroplastos; forma parte de muchas enzimas redox del tipo hemoproteínas como los hierro-azufre o las sulfero proteínas que son clave en la fotosíntesis (ferredoxina, nitritoreductasa, sulfito, reductasa), en la fijación de N_2 y en la respiración (Taiz y Zeiger, 2002) sus niveles en la planta oscilan entre 40 a 300 ppm (Jones, 1999).

- **Zinc.** Es absorbido como un ion divalente (Zn^{2+}), aunque mayormente en formación de quelato. Juega un papel estabilizador en la molécula de clorofila y participa en la síntesis de ácido indolacético. Es necesario para actividades de la

alcohol deshidrogenasa, deshidrogenasa glutámica y anhidrasa carbónica que aceleran la hidratación del dióxido de carbono a bicarbonato en la fotosíntesis (Taiz y Zeiger, 2002). En la planta su concentración se encuentra entre 20 y 100 ppm (Jones, 1999).

- **Cobre.** Se absorbe como ion cuproso Cu^+ o como ion divalente (Cu^{2+}) en suelos con escasez de oxígeno. Participa con diversas proteínas y enzimas como la plastocianina, proteína que se involucra en la respiración y cataliza la transferencia de electrones hasta oxígeno. Se le relaciona con la biosíntesis de lignina y participa en reacciones de síntesis de ácido ascórbico oxidasa, tirosina, oxidasa monoamina, fenolasa y la plastocianina (Taiz y Zeiger, 2002). En la planta los niveles se encuentran de 5 a 20 ppm (Jones, 1999).

- **Molibdeno.** Forma parte de la enzima nitrato reductasa, responsable de la reducción de nitrato a nitritos; de la nitrogenasa, fundamental en la fijación biológica del nitrógeno. Esta última enzima se involucra en la degradación de adenina y guanina, y es parte estructural de la enzima que genera el ácido abscísico. Los niveles de concentración en planta oscilan de 0.9 a 10 ppm (Jones, 1999).

4.3.4 Condiciones de los sistemas de cultivo para el estudio de la nutrición mineral

Steiner (1961) y Asher y Edwards (1983), establecen una serie de consideraciones que deben de tomarse en cuenta cuando se pretende realizar estudios relacionados con la nutrición de las plantas, con el propósito de que la información que se obtenga tenga un valor aceptable.

Los trabajos de investigación que emplean métodos de cultivo con soluciones nutritivas para estudiar el efecto de la concentración de iones sobre el consumo de nutrimentos, el crecimiento y desarrollo de las plantas, así como para estudiar la concentración en sus tejidos y establecer el diagnóstico de deficiencias y

toxicidades, son establecidos frecuentemente en experimentos con sistemas hidropónicos en solución nutritiva o de cultivo en arena (en este caso el cultivo en arena proporciona un medio adecuado para el enraizamiento de la planta), y se realizan bajo el supuesto de que la concentración en el tejido es una característica de la planta que no es afectada por la variación temporal de las propiedades de la solución nutritiva. Sin embargo, algunos factores de la planta y del ambiente pueden alterar las características iniciales de la solución nutritiva, ocasionando con ello serios problemas en los resultados experimentales obtenidos. Una de las principales alteraciones es la disminución en la composición y concentración iónica de la solución nutritiva, entre otros factores. La importancia de este problema y su tolerancia está en función del propósito y objetivos del experimento, de la concentración a la cual el experimento debe de ser conducido, del volumen de solución nutritiva proporcionado a la planta y de la tasa media de consumo por unidad de peso de raíz.

Los niveles en la alteración de la concentración de la solución nutritiva pueden ser establecidos en términos de la relación del consumo diario con la aplicación total de nutrientes o en términos de la frecuencia con la que debe de renovarse ésta, lo cual es necesario para poner un límite de disminución a un porcentaje específico de la concentración inicial de los iones que se estén estudiando.

Para contrarrestar estos problemas existen dos alternativas que pueden emplearse; por un lado, incrementar el volumen de solución nutritiva que se aplica a cada planta, principalmente en sistemas cerrados, o bien, emplear sistemas hidropónicos abiertos con un constante de la solución nutritiva, este sistema permite controlar y mantener constantes de manera práctica algunos parámetros ambientales del medio donde crecen las raíces como el pH, conductividad eléctrica, la concentración y balance de la solución nutritiva y la temperatura; al respecto, Tindall *et al.* (1990) señalan que la mejor absorción de nutriente se lleva a cabo a 25°C.

Los sistemas hidropónicos con flujo de la solución nutritiva representan una herramienta valiosa para la investigación, ya que ofrecen una forma práctica de obtener datos cuantitativos del efecto que tiene sobre la planta la concentración iónica externa donde se desarrolla la raíz.

4.3.5 Diagnósticos nutrimentales

Con la finalidad de mantener rendimientos altos en los cultivos, es indispensable conocer el estado nutrimental de las plantas y evitar que algún nutriente este deficiente o en exceso para la planta y aplicarle al cultivo las fuentes y dosis de fertilizantes que realmente necesita. De ahí la importancia de realizar análisis para conocer de manera precisa el estado nutrimental de las plantas. El diagnóstico nutrimental es una herramienta de trabajo que nos permite en base a análisis de suelo/sustrato, agua de riego y material vegetal, proponer la dosificación de fertilizantes con el objetivo de optimizar los rendimientos y calidad de fruta (FAO, 2002).

4.3.5.1 Deficiencias nutrimentales

Hasta muy recientemente se ha malinterpretado una deficiencia fisiológica con una toxicidad nutricional. Para aclarar este aspecto se tiene que entender que en la deficiencia fisiológica el nutriente se encuentra mayormente inactivado con poca o nula participación en el metabolismo vegetal, y en el caso de la toxicidad nutricional puede decirse que el nutriente es “Hiperactivo” desplazando o bloqueando otros nutrientes de los sitios metabólicamente activos, o bien acelerando los procesos que a él le corresponden a tal grado que se colapsa el metabolismo vegetal. La confusión ha tenido su origen en el hecho que la sintomatología visual de la deficiencia nutricional y la deficiencia fisiológica presentan el mismo patrón de planta en el diagnóstico de campo, y cuando se lleva el material vegetal al laboratorio y se analiza, las altas concentraciones en el tejido enfermo tenían dos explicaciones: una, la más común y sencilla, era atribuir

este hecho a un “error” analítico y la otra consignarlo a una toxicidad nutricional sin mayor verificación (Castellanos y Guerra, 2000).

El diagnóstico de deficiencias nutrimentales en un cultivo se puede realizar mediante observación visual, ensayos con plantas vivas en invernaderos o en campo, análisis de suelo y análisis vegetal.

4.3.5.2 Diagnóstico visual

Consiste en detectar síntomas en las plantas, que puedan apreciarse como cambio de coloración en forma o respecto a una ideal; sin embargo, esta técnica requiere que la persona responsable del diagnóstico tenga conocimientos y experiencia con el propósito de no confundir los síntomas de deficiencias de algunos nutrimentos con otro tipo de síntomas producidos por factores no nutrimentales, como enfermedades, efecto de agroquímicos, daños ocasionados por el clima, etc. Es recomendable corroborar estas observaciones con el análisis de suelos y/o planta (Días de León, 2006).

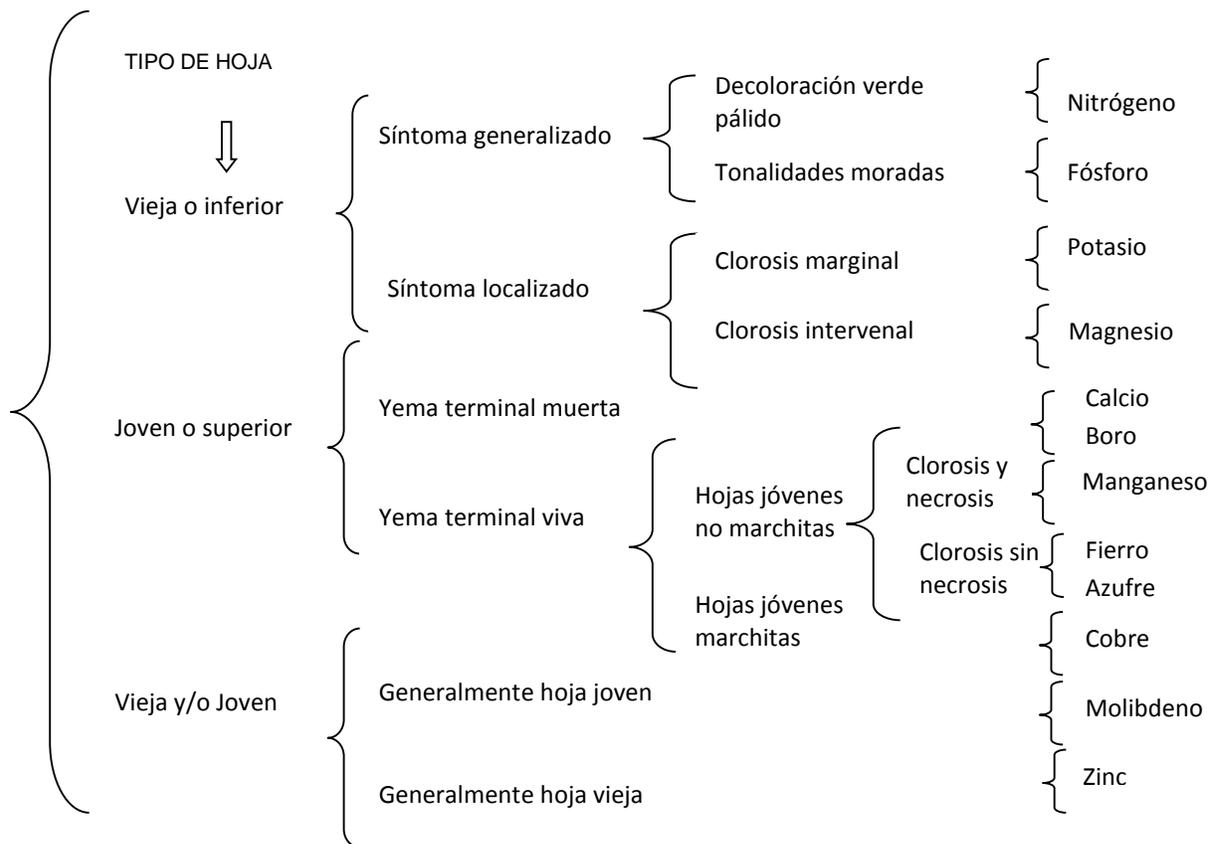
La localización de los síntomas en la planta puede ayudar a identificar de qué nutrimento se trata (Cuadro 2). Las deficiencias de los nutrimentos móviles dentro de la planta son evidentes en las hojas inferiores o más adultas, mientras que las deficiencias de los nutrimentos inmóviles se localizan en las partes jóvenes (Castellanos y Guerra, 2000).

4.3.5.3 El análisis de suelo

El análisis de suelo, es la técnica que se utiliza para identificar las características físicas (textura, capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente, porosidad etc.), y química (N, P, K, Mg, S, Zn, pH, CIC, cantidad de sodio intercambiable, etc.), que permite conocer la fertilidad del suelo antes de establecer un cultivo. El análisis de suelo es una herramienta de las más rentables en agricultura y se utiliza conjuntamente con toda la información disponible del

predio, para formular recomendaciones de fertilización que permitan elevar los rendimientos del cultivo y la productividad de los suelos. Los laboratorios de fertilidad de suelos que están en todo el país ofrecen a los productores y técnicos información sobre la manera de realizar el muestreo, dado que las muestras de suelo deben representar la condición para la cual se requiere del análisis. Estos laboratorios disponen de personal capacitado y equipo moderno para realizar análisis de suelos, plantas, agua de riego, abonos y fertilizantes (Días de León, 2006.)

Cuadro 2. Cuadro sinóptico de la sintomatología visual de las deficiencias.



Fuente: Tomado de Días de León, 2006.

4.3.5.4 Análisis vegetal

El análisis vegetal es una técnica que conjuntamente con las anteriores ayuda a definir con mayor precisión el estado nutrimental del cultivo y los requerimientos de fertilizantes para obtener los rendimientos óptimos. Comúnmente se utiliza para confirmar el diagnóstico de los síntomas visuales, para detectar deficiencias, excesos o desbalances nutrimentales, determinar si los fertilizantes aplicados han sido absorbidos por la planta, conocer las interacciones entre ellos y el balance nutrimental de cultivo (Castellanos y Guerra, 2000).

El análisis vegetal en la mayoría de los cultivos puede hacerse en toda la planta o bien colectando solamente las hojas; la elección será en función de los niveles de suficiencia con los que se cuente para hacer la comparación. La concentración nutrimental en una planta se ve afectada por la variedad, por la edad del cultivo que provoca el efecto de dilución nutrimental y por la posición de las hojas en la planta que se toman para el análisis; las hojas superiores tienen mayor concentración que las hojas inferiores (Castellanos y Guerra, 2000).

La muestra que se tome de hojas o de la planta completa para hacer el análisis debe de ser representativa de la situación que se quiera conocer del cultivo. Es común que los laboratorios que realizan análisis de plantas proporcionen información sobre el procedimiento para la toma de muestras de manera adecuada. Recomienda utilizar materiales limpios para manejar la muestra y evitar su contaminación, llevarla al laboratorio lo más pronto posible durante el día en que se tomó la muestra, o bien, mantenerla en refrigeración durante la noche para evitar su alteración, y entregarla al siguiente día (Castellanos *et al.*, 2000)

4.3.6 Curva de demanda de nutrientes

Una vez que se han solucionado los problemas de suelo es necesario trabajar con el cultivo. Los programas de fertigación se basan en el conocimiento de la

demanda nutrimental de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Esta variable se determina mediante muestreo secuencial de la biomasa total. Es decir, se toman muestras de toda la planta en una superficie determinada que puede ser de 2 o 3 m². Estos muestreos se realizan cada 2 o 3 semanas, teniendo especial precaución de que cada muestreo sea representativo de una etapa particular del desarrollo del cultivo. Las muestras se secan, pesan y muelen para su análisis en el laboratorio. Conociendo el peso de la materia seca total y la concentración de nutrientes en las muestras de las plantas se pueden calcular las curvas de acumulación de nutrientes. Es importante recordar que el cultivo debe crecer sin ninguna restricción, pues lo que se desea es que las plantas expresen todo su potencial de rendimiento para completar su ciclo de producción (Castellanos, 2007).

Estos estudios no constituyen una herramienta de diagnóstico como lo es el análisis foliar, sino más bien, contribuyen en forma cuantitativa a dar solidez a los programas de fertilización a recomendar, específicamente, permite conocer cuanta cantidad de nutrientes en kg ha⁻¹, es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado, en un tiempo definido (Bertsch, 2003).

Datos provenientes de estos estudios son importantes pues constituyen una medida real, quizá la más real posible de lo que consume un cultivo desde la siembra hasta la cosecha, y por lo tanto representan las cantidades mínimas a las que debe de tener acceso un cultivo para producir un determinado rendimiento. Estos estudios son muy puntuales, son los que se refieren a requisitos totales y de cosecha, en los cuales incluyen todo el ciclo de vida del cultivo, las cuales dan origen a las llamadas curvas de absorción (Bertsch, 2003).

Por otro lado, la capacidad de absorción de un cultivo bajo condiciones nutricionales limitantes, se verá obviamente disminuida. De allí radica la importancia que los estudios de absorción se lleven a cabo bajo condiciones nutricionales controladas (Juárez *et al.*, 2006).

En cada cultivo y en cada variedad de una misma especie presenta características particulares de comportamiento, producción y respuesta a la capacidad de absorber nutrientes, por lo que los resultados de un estudio de absorción resulten extrapolables a otras situaciones más allá de la circunstancia particular en la que se efectuaron, es necesario que se realicen bajo condiciones nutricionales y ambientales óptimas y con variedades definidas. En caso de cultivos anuales es común encontrarse la extracción por cada órgano de la planta o absorción total, mientras en cultivos perennes lo frecuente es contar con los datos de la extracción hecha particularmente por la parte comercial de interés (fruto, grano, etc.) A pesar de las consideraciones establecidas anteriormente, y con la certeza de contar con los datos sobre las cantidades consumidas por un cultivo o contar con aproximaciones nutrimentales de otros sitios para variedades ya establecidas, se procederá al establecimiento de un rendimiento esperado sobre el cultivo que se tiene interés transformado los datos tanto de consumo como de rendimiento a las mismas unidades por ejemplo en kg ha⁻¹ (Bertsch, 2003).

Finalmente con los datos de consumo total (Cuadro 3) efectuado, por el cultivo es posible generar una gráfica que se asocie el rendimiento con la cantidad absorbida de cada elemento, de modo que con ellas podrán estimarse las necesidades de N,P,K para cualquier rendimiento con un grado de confiabilidad alto (Bertsch, 2003).

Cuadro 3. Cantidades de nutrimentos en kilogramos, necesarios para producir una tonelada de fruto de jitomate (*Solanum lycopersicum*).

NUTRIMENTO	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Mo
	4.0	0.8	6.0	3.0	1.2	0.8	0.009	0.003	0.023	0.030	0.008	0.0005

Fuente: León, 2006.

4.3.7 Curvas de respuesta

Las curvas de respuesta muestran gráficamente la relación entre el crecimiento o rendimiento y el nivel de un nutrimento en la materia seca, y se deriva del modelo matemático de Mitscherlich, Prevot y Ollagnier (1956) plantean la curva de

respuesta para macronutrientes y posteriormente 1986 Loué la desarrolla para micronutrientes, pero parece ser más aceptada a la de Amberger propuesta en el mismo año, su mayor aceptación radica en que el umbral óptimo que separa la deficiencia de la toxicidad es mucho más estrecho que el propuesto por Loué y sobre todo por que concuerda más con la realidad, pero adolece de la comprensión del efecto de Piper-Steenberg.

4.3.8 Curva de abastecimiento nutrimental

Los intervalos de abastecimiento, también llamados niveles críticos, se refiere a los intervalos de concentración nutrimental, asociados con algunas zonas dentro de los distintos segmentos de una curva de respuesta, resultante de relacionar los rendimientos con la concentración (deficiencia aguda, deficiencia latente o hambre oculta, suficiencia exceso y toxicidad). Cuando se trabaja con un intervalo de abastecimiento (Figura 1), es fácil darse cuenta que la interpretación del análisis puede ser menos errática que con un nivel crítico, el cual es un valor específico y puntual, mientras que cuando se utiliza el primero se tiene índices inferiores y superiores dentro de los cuales se puede inferir en que intervalo de abastecimiento se encuentra la muestra analizada, lo que proporciona un mejor índice para la interpretación (Alcántar y Trejo, 2009).

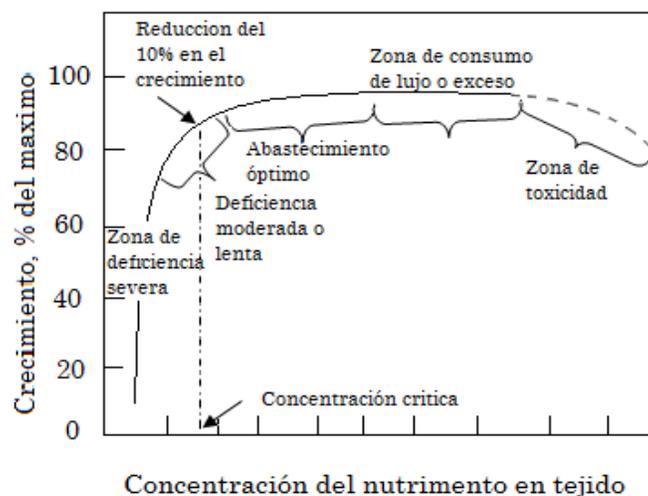


Figura 1. Intervalos de abastecimiento nutrimental (Alcántar y Trejo, 2009, modificado de Epstein, 1972).

4.3.9 Interpretación de resultados del análisis de laboratorio

Para estimar la dosis de fertilizantes, se pueden utilizar relaciones que consideren la demanda del cultivo menos el suministro del suelo, entre la eficiencia del fertilizante, en las condiciones específicas de manejo del cultivo. Estas relaciones establecen que cuando la cantidad de nutrimentos suministrada por el suelo es inferior a la demandada por el cultivo para alcanzar un rendimiento dado, se precisa aplicar fertilizantes para mejorar el rendimiento (Etchevers, 1999). Este autor establece que la cantidad de nutrimentos extraídos por las plantas para producir el fruto, follaje, tallos y raíces, son valores importantes para conocer la cantidad de nutrimentos retirados de las reservas del suelo y por lo tanto, la cantidad de fertilizante que debe suministrarse.

4.3.10 Establecimiento de la dosis de fertilización

4.3.10.1 Dosis de fertilización

Para elaborar un programa de fertilización en cualquier cultivo que permita obtener altos rendimientos, es indispensable conocer la demanda nutrimental del cultivo, la cual está determinada por el nivel de producción de biomasa (hojas, tallos, frutos, flores, raíz), y las curvas de extracción nutrimental en función del tiempo. También es importante conocer la fertilidad del suelo a través de un análisis físico y químico, lo cual, sumado a lo que aporta el agua, forma el suministro existente de nutrimentos. Por último, para formular la dosis se necesita conocer el nivel de eficiencia en la aplicación de fertilizantes, principalmente portadores de NPK. Con estos elementos se elabora la dosis que requiere un cultivo en determinado sitio (Días de León, 2006).

4.3.10.2 Metodología DRIS

La metodología DRIS (Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendaciones) es para determinar los fertilizantes requeridos por cierto cultivo en determinado sitio y

aumentar la posibilidad de obtener altos rendimientos. Es esencial entender que cualquier factor correspondiente a suelo, planta o clima puede ser limitante en un caso particular; entonces, para obtener buenos resultados en el diagnóstico y en la recomendación es necesario conocer todos los factores posibles que puedan afectar el rendimiento (Sumner, 1982).

El sistema DRIS caracteriza los nutrimentos en términos de índices, los cuales son derivados como funciones de rendimiento: estos índices no solo clasifican los factores de rendimiento en orden de importancia limitativa, sino que también dan una indicación de la intensidad con la cual la planta o el suelo requieren determinado nutrimento. Los índices simplemente indican la naturaleza y el grado de balance nutrimental en la planta y a partir de lo cual establece la demanda por la planta. Los índices de planta no dan una indicación automática de la naturaleza y cantidad de un elemento en particular que deba de ser adicionado al suelo (Sumner, 1982).

En general los índices de las plantas (Cuadro 4), se interpretan dentro de los siguientes intervalos.

Cuadro 4. Índices del balance nutrimental en las plantas.

Limitante	Adecuado		Consumo de lujo	
-30	-15	0	+15	+30

Ventajas del DRIS

- Orden de los nutrimentos por su importancia limitativa (P>N>K>S).
- La etapa de muestreo en el cultivo es menos importante, porque las relaciones nutrimentales son más estables que los porcentajes durante la estación.

Desventajas del DRIS

- Los índices DRIS no han sido establecidos para muchos cultivos

4.3.11 Recomendación de dosis y fuentes adecuadas para la fertilización

Para llevar a cabo un programa de fertilización de cultivos es necesario considerar lo siguiente:

- 1) Requerimientos nutrimentales del cultivo
- 2) Estado nutrimental del suelo (análisis químico)
- 3) Tipo de suelo y otras características (análisis físico)
- 4) Eficiencia de los fertilizantes

La fórmula para calcular y dar una recomendación dosis de fertilización para los macronutrientes propuestas por (Castellanos, 2005), es necesario contar con los requerimientos nutrimentales del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, así como la eficiencia de los fertilizantes.

Para sustituir la disponibilidad de nutrimentos, se utilizan los resultados obtenidos del análisis del suelo de la huerta. Se transforma la cantidad de nutrimento por kilogramo de suelo, en kilogramos de nutrimento por hectárea. Para calcular el requerimiento nutrimental del cultivo, se considera la extracción por cada tonelada de fruta que se cosecha, con la producción esperada en $t \cdot ha^{-1}$, la inversión que hace la planta para la generación y mantenimiento de órganos y la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados.

4.3.12 La aplicación de fertilizantes en la calidad de los productos agrícolas

La finalidad de la aplicación de fertilizantes no consiste sólo en obtener elevadas producciones, sino también alta calidad de los productos. La necesidad de obtener

alimentos de alta calidad debe ser algo común tanto en las regiones con escasez de alimentos, como en las regiones que los producen en abundancia (FAO, 2002). Tanto los productores como los consumidores deben estar interesados en que los productos agrícolas sean de la máxima calidad. El productor desea vender sus productos a un buen precio y por eso intenta obtener los parámetros de calidad que lo elevan. El consumidor desea una alimentación de buen aspecto, agradable, nutritiva y carente de sustancias nocivas.

El nivel nutrimental de las plantas, así como su regulación por las prácticas de fertilización, tiene gran influencia sobre la calidad. El empleo de abonos orgánicos o minerales puede mejorar considerablemente la calidad de las cosechas, pero puede tener también efectos negativos (Fink, 1988).

El problema central de la discusión sobre la calidad de los alimentos se encuentra en la cuestión de si los nuevos sistemas de fertilización con productos orgánicos (sobre todo abonos orgánicos de granja) o productos minerales, que han permitido aumentar la producción agrícola y mejorar incluso el aspecto externo de las cosechas, afectan o no la calidad de los alimentos. Cuando se efectúan de manera correcta, el abonado (orgánico o mineral) es un medio adecuado para mejorar la producción y la calidad; pero si se efectúan incorrectamente, puede reducir la calidad de los productos (FAO, 2002).

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en la Unidad Académica Atlixco, perteneciente al Colegio de Postgraduados Campus Puebla, ubicado a 18° 53' Latitud Norte y 98° 26' Latitud Oeste, y una altitud de 1824. El experimento fue desarrollado en invernadero con una superficie 360 m², que se habilitó como casa en sombra, para dar sombreo, se utilizó malla de monofilamento al 50% de sombreo,

simulando el sombreado donde se desarrolla *Solanum glaucescens* Zucc., bajo condiciones naturales. El componente del sistema de ventilación estuvo integrado por ventanas laterales protegidas con malla antiáfidos.

4.2 Diseño de tratamientos y unidad experimental

Para la dinámica nutrimental se utilizó un diseño completamente al azar, la unidad experimental estuvo compuesta de 1 planta, con tres repeticiones por cada tratamiento, teniendo 18 plantas por tratamiento, dando un total de 72 plantas por todos los tratamientos. Se realizaron muestreos destructivos a partir de los 30 días después del trasplante y hasta 180 días, dando un total de seis muestreos.

Como fuente de nutrimentos en el sistema hidropónico, se empleó la solución nutritiva de Steiner (1984), a 100% de concentración (Cuadro 5). La cual se caracteriza por tener una relación mutua de aniones y cationes y una concentración total de solutos (macronutrimentos) de 30 mole ion·m³ que corresponde a un potencial osmótico de -0.072 Mpa, y un pH de 5.0-5.5. De esta solución se diluyó con agua para obtener los tratamientos a una concentración de 25, 50 y 75%.

Cuadro 5. Cantidad de fertilizantes para preparar 1000 litros de solución nutritiva.

Fertilizantes	Solución de Steiner (meq L ⁻¹)	Cantidad (g)
Ca(NO₃)₂·4H₂O (99.9%)	9	1062
KNO₃(100%)	3	303
K₂SO₄(100%)	3	270
MgSO₄·7H₂O	4	492
H₃PO₄(85%,ρ=1.7 g.mL⁻¹)*	1	32.6

*esta fuente es líquida por lo que se expresa en mililitros.

4.3 Contenido nutrimental

Después de deshidratar las muestras obtenidas de todas las parte de la planta (hojas, tallos, flores, y raíz) se cortaron en partes pequeñas (Figura 2) y se procedió a la molienda, esto fue hecha con un molino eléctrico marca Wiley Mill Thomas®, una vez molidas éstas, se procedió al análisis de N por medio del método de digestión Kjeldahl. Para el P, K, Ca y Mg por medio de espectrofotometría de inducción de plasma acoplado (ICP), en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Programa de Edafología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México.



Figura 2. Partes de la planta de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.). a) Raíz, b) Tallos.

4.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo con el análisis de varianza (ANOVA), y pruebas de comparación de medias de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). A las variables obtenidas de las muestras de extracción nutrimental se les aplicó regresión no lineal con el modelo logístico, $y=A/(1+Be^{-Cx})$ donde: y es la variable respuesta; A máximo valor observado; B no tiene significado biológico, y solo toma lugar en el tiempo inicial, cuando $x=0$; x =días después del trasplante; C : parámetro relacionado con el valor de x para el punto de inflexión; e : constante matemática, base del logaritmo natural igual a 2.718281828.

4.5 Manejo del cultivo

Las plantas evaluadas tenían un año de edad, estas fueron obtenidas a través de la siembra de semilla en charolas de unicel de 200 cavidades cada una, se llenaron cada charola con sustrato Peat-Moss®. 45 días de después de las siembras, se realizará el trasplante, cuando las plántulas presentaron las primeras 5 hojas verdaderas completamente desarrolladas o alcancen una altura de 25 a 30 cm de longitud. El intervalo entre riegos fue de 1 hora y media, utilizando un controlador de riego ESP-RZX Rain Bird®. Durante 30 días después del trasplante, se aplicaron 540 mL diarios por planta de la solución en cada uno los tratamientos, estos se distribuyeron en 6 riegos de 90 mL, posteriormente después de los 60 días se aplicaron 1320 mL diarios distribuidos en 6 riegos de 220 ml por planta en todo los tratamiento. Se utilizó un sistema hidropónico abierto con riego por goteo, con un pH en la solución nutritiva de 5.5. El cultivo se desarrolló a libre crecimiento, sin realizar podas a las plantas.

4.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El manejo de la solución nutritiva radica uno de los factores fundamentales de la hidroponía, puesto que de una adecuada preparación y manejo de la solución nutritiva, dependerá en buena medida el éxito o el fracaso de quien la practique (Gil *et al.*, 2003) Las solanáceas generalmente absorben grandes cantidades de nutrimentos, las cantidades dependen de la cantidad de frutos y esto a su vez está influenciado por variables genéticas y ambientales (Castellanos, 1999).

4.6.1 Extracción de nitrógeno

De acuerdo con las comparaciones múltiple de medias hechas para las concentraciones de nutrientes aplicadas al cultivo de cuatomate, evidencio diferencias estadísticas entre concentraciones al inicio del trasplante, las plantas tratadas con solución a 25, 75 y 100% fueron las que presentaron mayores

acumulaciones, con 90.153, 61.880 y 80.417 mg planta⁻¹ (Cuadro 6), después de este periodo no hubo diferencias estadísticas; a los 150 días las soluciones a 50 y 100% de concentración mostraron mayor contenido de nitrógeno con 1587.03 y 1749.95 mg planta⁻¹, que las concentraciones a 25 y 50%, para el final del cultivo las plantas tratadas con solución nutritiva a 25, 75 y 100%, fueron las que presentaron mayor acumulación de nitrógeno con 2990.98, 2907.10 y 2890.89 mg planta⁻¹ respectivamente (Figura 3). De acuerdo con (Pérez y Castro, 2011) mencionan como referencia, nitrógeno como nitratos en el extracto celular de peciolo (ECP) de jitomate cultivado bajo invernadero va de 400 a 800 ppm; Castro *et al.* (2000), indican que el rango de N-NO₃, óptimo en el extracto celular de peciolo y tallo en tomate de cáscara está entre 1000 -1500 mg·L⁻¹ para un buen rendimiento en este cultivo. Por otro lado Enriquez *et al.* (2003) mencionan que es importante la validación de un modelo que asemeje la absorción de nitrógeno por *Solanum lycopersicon* ya que existen variaciones en el crecimiento y demanda de nitrógeno, lo que puede darse una baja o alta (sobrefertilización), lo que traerá como consecuencia la contaminación del ambiente además de un costo innecesario.

Cuadro 6. Comparación múltiple de medias de la extracción de nitrógeno de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.

Extracción de nitrógeno (mg planta ⁻¹)					
DDT	25%	50%	75%	100%	DMS
30	90.153a ^z	54.957b	61.880ab	80.417ab	32.911
60	282.80a	190.40a	292.83a	227.41a	108.96
90	781.90a	634.90a	759.23a	818.07a	292.89
120	1175.53a	1019.08a	1312.27a	1242.85a	336.35
150	1109.97b	1587.03a	1244.50b	1749.95a	244.47
180	2907.10ab	2772.39b	2890.89ab	2990.98a	196.17

DDT: Días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en diferentes hileras son estadísticamente iguales (Tukey, α ≤ 0.05).

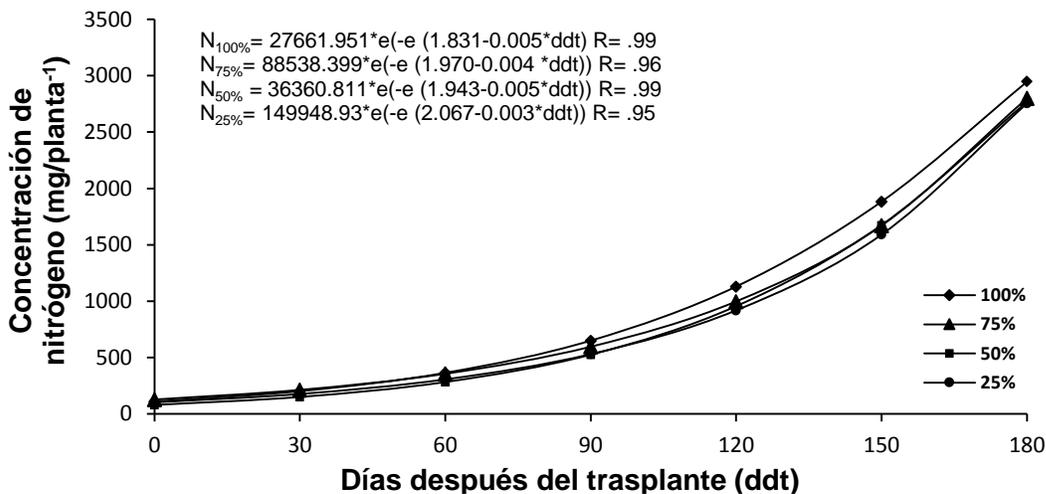


Figura 3. Extracción de nitrógeno de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.

4.6.2 Extracción de fósforo

En los primeros periodos del crecimiento que fue de los 30 a los 60 días no mostraron diferencias estadísticas durante esta etapa del cultivo (Figura 4); para los 90 días después del trasplante las concentraciones a 75 y 100% fueron las que presentaron mayor acumulación de fósforo; estas dos también presentaron mayor extracción con 175.62 y 184.07 mg planta⁻¹ y las menor extracción fueron a 25 y 50% para los 120 días (Cuadro 7). Para los 150 días las plantas tratadas con solución a 25 y 100% extrajeron mayor fosforo con 202 y 190 mg planta⁻¹, lo que nos indicó que fueron estadísticamente diferentes, sin embargo esta última fue estadísticamente similar con la del 50%; las plantas tratadas a 75% presentaron menor extracción. Al final del cultivo las extracciones fueron estadísticamente similares entre concentraciones aplicadas a este cultivo. Este comportamiento probablemente obedece a que las condiciones de balance iónico y conductividad eléctrica de la solución nutritiva a 75% (Barraza, 2008), favorecieron el adecuado funcionamiento del sistema de absorción y transporte de la planta, lo que permitió mejor desarrollo (Thomson y Bolger, 1993); Pérez y Castro, (2011) mencionan que

la concentración en hojas normales está en el rango de 0.5 a 0.8% y en el extracto celular de peciolo en diferentes fases de desarrollo esta 200 a 400 ppm para el cultivo de jitomate; Gastelum *et al.* (2013) encontró para fósforo en *Physalis peruviana* L. concentraciones mayores de fosforo en las hojas en etapa vegetativa que en la reproductiva, para esta última fue mayor con la solución al 100%.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de la extracción de fósforo de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.

Extracción de fósforo (mg planta ⁻¹)					
DDT	25%	50%	75%	100%	DMS
30	8.1074a ^z	7.5770a	7.1136a	8.2113a	2.3444
60	26.791a	22.892a	31.598a	23.677a	15.571
90	69.314b	66.669b	99.311a	97.183a	23.251
120	139.07bc	118.56c	175.62ab	184.07a	40.31
150	201.601a	177.959ab	164.486b	190.906ab	32.318
180	359.74a	312.18a	350.29a	338.96a	54.438

DDT: Días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en diferentes hileras son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

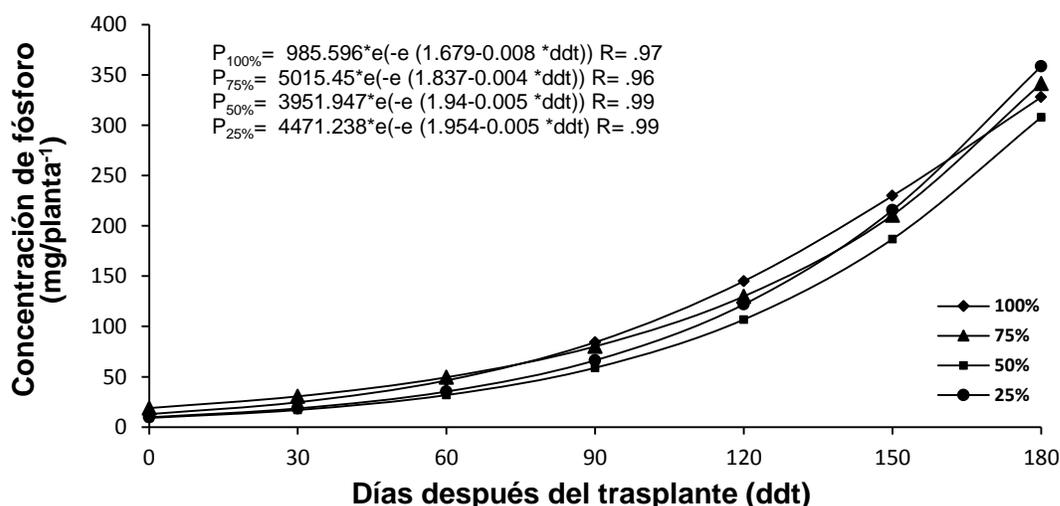


Figura 4. Extracción de fósforo de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.

4.6.3 Extracción de potasio

Con respecto a las extracciones usando la solución nutritiva de Steiner a los 30 ddt a 50 y 75% mostraron que fueron estadísticamente similares con 14.902, 15.701 mg planta⁻¹ respectivamente (Cuadro 8); la solución a 25% presento mayor acumulación con 26.101 mg planta⁻¹ seguida de 100% con 18.043 mg planta⁻¹, para los 60 y 90 días fueron similares las extracciones, para los 120 y hasta el final del cultivo mostraron diferencias en favor de las concentraciones 75 y 100% y para las soluciones a 25 y 50% (Figura 5) fueron las que presentaron menor contenido de potasio en los 120 y hasta los 180 días después del trasplante. En ambas etapas del cultivo los tratamientos con la solución completa tuvieron mayor acumulación de K durante el desarrollo de *S. glaucescens* Zucc. Esto coincide con Castro *et al.* (2000) y, Alcántar y Trejo (2009), quienes mencionan que conforme existe una mayor disponibilidad de nutrientes hay una mayor asimilación por la planta; Castellanos y Ojodeagua (2009), mencionan que el potasio es descrito como el elemento de la calidad, debido a que las frutas y vegetales que se producen con adecuados niveles de potasio presentan mejor calidad poscosecha y mayores niveles de azúcares. Durán (2009), recomienda las aplicaciones de potasio en forma de nitrato de potasio, o sulfato de potasio favoreciendo una mejor floración y cuajado de frutos de *Physalis peruviana* L., Castellanos y Ojodeagua (2009), indican que los frutos de *Solanum lycopersicon* deficientes en K⁺ no desarrollan bien los lóculos y maduran de manera desuniforme, lo que produce el síntoma conocido comúnmente como “Blotchy ripernig”.

Cuadro 8. Comparación múltiple de medias de la extracción de potasio de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.

Extracción de potasio (mg planta ⁻¹)					
DDT	25%	50%	75%	100%	DMS
30	26.101a ^z	14.902b	15.701b	18.043ab	8.0938
60	82.07a	56.37a	78.26a	52.49a	45.724
90	174.86a	157.73a	213.23a	207.85a	62.617
120	337.33b	332.76b	486.42a	536.85a	85.787
150	450.26b	396.70b	432.53b	506.67a	54.459
180	714.08c	760.60bc	825.19ab	875.15a	81.696

DDT: Días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma en diferentes hileras son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

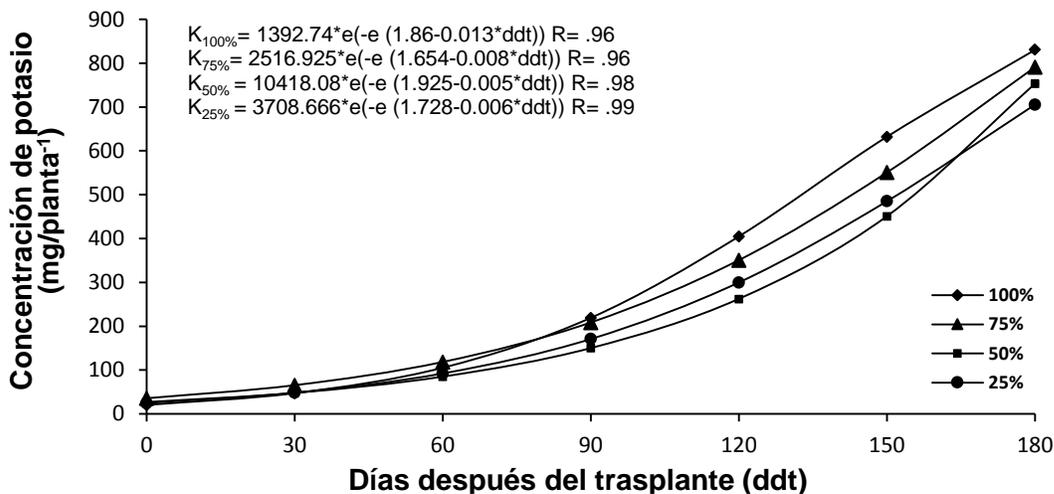


Figura 5. Extracción de potasio de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.

4.6.4 Extracción de calcio

En la Figura 6 se muestra que para las primeras etapas del cultivo de *S. glaucescens* Zucc., de los 30 a los 120 días fueron estadísticamente similares las extracciones de calcio por la planta entre las concentraciones aplicadas. Para los 150 días después del trasplante, la concentración a 100% fue estadísticamente superior con 792.31 mg planta⁻¹ (Cuadro 9), que las soluciones a 50 y 75% con 705.72 y 645.28 mg planta⁻¹, pero fue similar en el contenido de calcio con 843.86 mg planta⁻¹ a 25% de concentración. Para el final del cultivo las soluciones a 50 y 75% de concentración fueron las que presentaron mayor contenido de este elemento, sin embargo fueron estadísticamente iguales para las demás concentraciones a 25 y 100%. Valentín *et al.* (2013), reportan para *Capsicum annum* L., cultivado bajo condiciones controladas que a medida que se incrementó el potencial osmótico en la solución nutritiva la absorción del calcio también se incrementó, sin embargo menciona que la mayor disponibilidad de calcio en solución nutritiva estuvo con 0.072 y 0.90 MPa. Osuna (2011) indica que de los nutrientes de mayor demanda fueron potasio seguido de calcio, magnesio y

fosforo, en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicon*) evaluado bajo un sistema hidropónico cerrado e invernadero.

Cuadro 9. Comparación múltiple de medias de la extracción de calcio de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.

Extracción de calcio (mg planta ⁻¹)					
DDT	25%	50%	75%	100%	DMS
30	44.742a ^z	45.073a	42.192a	52.724a	31.774
60	164.35a	135.70a	173.00a	150.63a	74.228
90	340.37a	311.45a	369.62a	396.28a	96.719
120	630.33a	551.57a	596.85a	717.87a	173.79
150	843.86a	705.72b	645.28b	792.31a	85.135
180	1061.58a	1150.44a	1091.93a	1084.79a	137.59

DDT: Días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en diferentes hileras son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

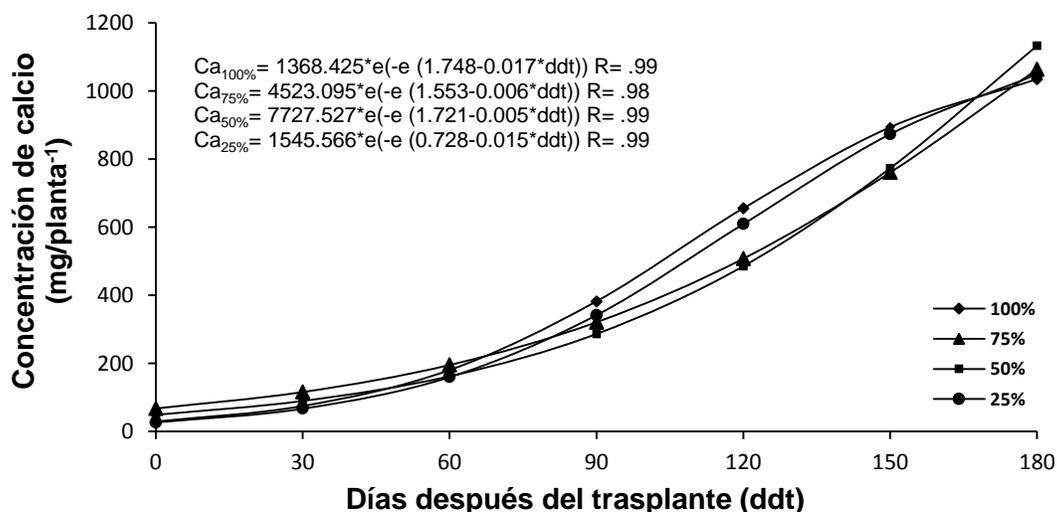


Figura 6. Extracción de calcio de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.

4.6.5 Extracción de magnesio

Para el caso de magnesio, en el Cuadro 10 se puede apreciar que las diluciones de las soluciones nutritivas a 50, 75, 100% fueron estadísticamente similares con 27.391, 28.405 y 30.966 mg planta⁻¹, y diferente entre estas para 25% de concentración con 48.130 mg planta⁻¹, por lo que fue la que presentó mayor contenido de magnesio por planta al inicio del crecimiento del cultivo. Después de los 60 y hasta los 120 días después del trasplante fueron similares las extracciones de magnesio por la planta en este periodo; posteriormente a los 150 días aumenta la absorción de magnesio en la concentración a 25% con 628 mg planta⁻¹ y fue estadísticamente mayor que las demás concentraciones. Para el final del periodo evaluado que comprendió hasta 180 después del trasplante la concentración a 25% fue la acumulo mayor magnesio con 740.32 mg planta⁻¹, seguida la de 100% con 722.95 mg planta⁻¹; las plantas tratadas con soluciones a 50 y 75% fueron las presentaron menor concentración de este elemento (Figura 7), con 661.71 y 614.87 mg planta⁻¹, todas estas concentraciones con la solución de Steiner, fueron aplicadas al cultivo de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) bajo condiciones de malla sombra e hidroponía. Jones *et al.* (1991) señalan que el contenido de magnesio de una planta es variable, con valores de suficiencia de 0.25% en la mayoría de los cultivos. Arcos *et al.* (1998) señalan 0.31-1% en follaje y Piggott (1986) 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.

Cuadro 10. Comparación múltiple de medias de la extracción de magnesio de “cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado en Atlixco, Puebla, 2014.

Extracción de magnesio (mg planta ⁻¹)					
DDT	25%	50%	75%	100%	DMS
30	48.130a ^z	27.391b	28.405b	30.966b	12.13
60	109.59a	86.26a	106.69a	93.72a	51.95
90	182.44a	165.03a	193.39a	183.67a	59.007
120	398.30a	327.49a	353.76a	410.72a	93.457
150	628.40a	480.50b	393.59c	493.73b	67.162
180	740.32a	661.71ab	614.87b	722.95a	81.431

DDT: Días después del trasplante, DMS: Diferencia mínima significativa, ^z valores que comparten la misma letra en diferentes hileras son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

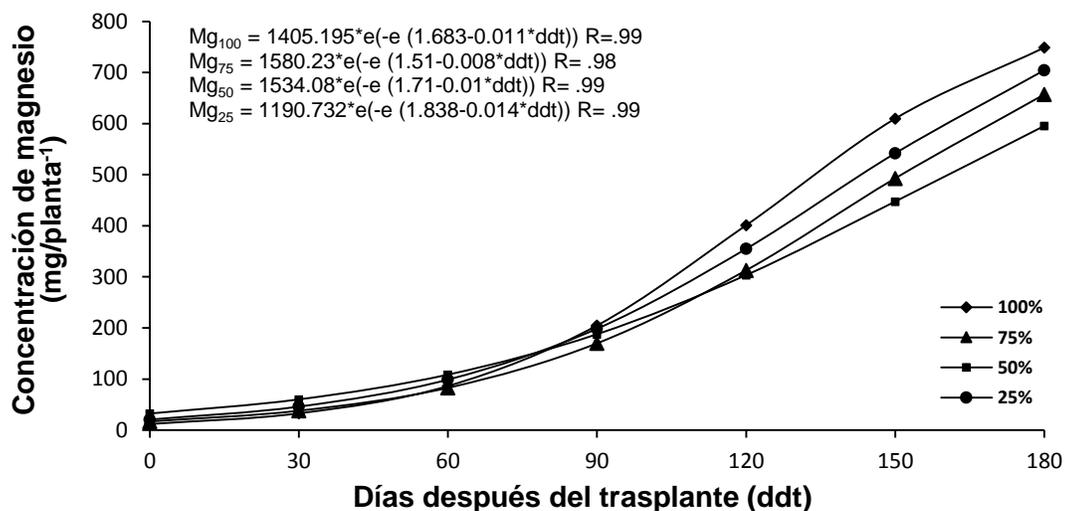


Figura 7. Extracción de magnesio de “Cuatomate” (*Solanum glaucescens* Zucc.) cultivado bajo malla sombra e hidroponía, en Atlixco, Puebla en 2014.

4.7 CONCLUSIONES

Después de un ciclo 180 días, las plantas con solución a 100% fueron las que presentaron mayor contenido de nitrógeno y potasio, para el caso del fósforo y calcio, el contenido fueron similares entre todas las concentraciones aplicadas. Las plantas tratadas a 25% fueron la presentaron mayor contenido de magnesio, seguidas a las de 100% y las de menor acumulación fueron las de 50 y 75% de concentración.

4.8 LITERATURA CITADA

- Arcos C., G., Hernández, H. J., Uriza, A. D., Pozo, C., Olivera, A. 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. Núm. 24. Veracruz, México. 206 p.
- Alcántar G., G. y Trejo-Téllez, L.L. 2009. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi-Prensa México. México, D.F. 451 p.

- Arnon D. I. and Stout, P. R. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant Physiology* 14:371-375.
- Asher C.J; Edwards, D.G. 1983. Modern solution culture technique. In. A. Pirson, Göttingen and Zimermann, M.H. Harvard. *Encyclopedia of Plant Physiology*. 15 A. Springer-Verlang, Germany. 150 p.
- Barraza A., F. V. 2008. Análisis del crecimiento y extracción nutrimental en el cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) Tesis de Doctorado en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 76 p.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrimentos por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). San José, Costa Rica. 307 p.
- Bonilla, D. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. *In: Fundamentos de fisiología vegetal*. Azcon-Bieto. J. y Talón, M. (eds). Ed. McGraw-Hill. Madrid, España. p. 83-97.
- Castellanos, J. Z. 1999. Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertigación. Instituto de la Potasa y el Fosforo (INPOFOS). *Informaciones Agronómicas* 35: 5-11.
- Castellanos, J. Z.; Uvalle, B.J.X y Aguilar, S. A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelo y agua. 2a edición. 201 p.
- Castellanos J. Z. y Guerra, O. H. 2000. Prácticas de mejoramiento del suelo para incrementar la productividad del mismo y preservar su fertilidad. Simposium Internacional de la Fresa. Zamora, Michoacán, México.
- Castellanos, J. Z. 2004. Manual de producción hortícola en invernadero. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). 469 p.
- Castellanos, J. Z. 2005. La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México, estudios de nutrición vegetal de los principales cultivos básicos de México. INIFAP, Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México, Folleto Técnico Núm.1. 44 p.
- Castellanos, J. Z. 2007. Nutrición de cultivos bajo sistemas de fertigación. *Revista Informaciones Agronómicas*. Núm. 35: 5-11.

- Castellanos R., J. Z. y Ojodeagua, J. L. 2009. Formulación de la solución nutritiva. *In*. Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos, R.J.Z (ed.). Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). Celaya, Guanajuato, México. pp. 131-156.
- Castro B., R., Sánchez, G. P., Peña, L. A., Alcántar, G.G., Baca, C. G., López, R. R. M. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento. Revista Chapingo Serie Horticultura 6(1): 33-38.
- Días de León T., G.J. 2006. La nutrición mineral y fertilización del trigo. *In*: Memoria Científica del 1er Foro de producción y Comercialización de trigo en Guanajuato. Ríos, R.S.A; Solís, M. E; y Hernández, M.M. (eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, México. 202 p.
- Durán R., F. 2009. Manual de la ochuva manejo- propagación- tutorado- fertilización. Colección granja Integral. Ed. Grupo Latino Editores. Bogotá, Colombia. 48 p.
- Enriquez R., S.A., Alcántar, G.G., Castellanos, R.J. Z., Arjona, S.E., González, E.D., Lazcano, F.I. 2003. Nutrición Mineral acoplada al crecimiento (NUMAC): Nutrición con N para tomate en invernadero 3. Evaluación del modelo. Terra 21(2): 185-193.
- Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. John Wiley and Sons. New York.
- Etchevers, J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles en la medición de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de los cultivos. Terra 17: 209-219.
- Fink, A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de cultivos. Reverté. Barcelona, España. 86 p.
- Gastelum O., D.A., Sandoval, V.M., Trejo, L.C., Castro, B.R. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(2): 197-210.
- Gil V., I., Sánchez, Del C., F. Miranda, V.I. 2003. Producción de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Serie de publicaciones AGRIBOT. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 90 p.

- Grageda C., O.A. 1999. La fertilización nitrogenada en el Bajío Guanajuatense como fuente potencial de contaminantes ambientales. Tesis de Doctorado en Biotecnología y Bioingeniería. CINVESTAV-IPN. México, D. F. 145 p.
- Jones, J. B. Jr. 1999. Plant nutrition. *In*: Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. Ed. CRC Press, New York. USA. pp. 51-72.
- Jones, J. B.; Wolf, B.; Mills, H. A. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Pub. Athens, Ga. USA. 213 p.
- Juárez H., M de J., Baca, C.G.A., Aceves, N.L.A., Sánchez, G.P., Tirado, T.J.L., Sahagún, C.J., y Colinas, de L.M.T. 2006. Propuesta para la formulación de soluciones nutritivas en estudios de nutrición vegetal. *Interciencia* 31(4): 246-253 p.
- Kumar, B.R., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T. and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi arid tropics. *Tropics* 15(1): 121-133.
- León G., H.M. 2006. Guía para el cultivo de tomate en invernadero. 2a edición Gobierno del Estado de Chihuahua, México. 263 p.
- Martínez P., A., López, P.A.; Gil M., A.; Cuevas, S. J, A. 2011. Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. *Acta Botánica Mexicana* 98: 73-98.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001. Principals of plant nutrition. 2ed Edition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern/ Switzerland. 593 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. Los fertilizantes y su uso. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. Roma, Italia. 77 p.
- Osuna R., J. M. 2011. Comparación de sistemas con y sin recirculación de la solución nutritiva en un cultivo hidropónico de jitomate. Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 94 p.
- Papadopoulos, A. P. 1991. Growing green house tomatoes in soil and in soiless media. Research Program Service. Harrow, Ontario. 80 p.

- Peña C., J.J., Grageda, C.J.A., Vera, N.J.A. 2002. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: Uso de las técnicas isotópicas (^{15}N). *Terra* 20(1): 51-56.
- Pérez G., M, y Castro B. R. 2011. Jitomate en invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 133 p.
- Piggott, T. J. 1986. Vegetable crops. *In*: Plant Analysis: An Interpretation Manual. Reuter, D. J., Robinson, J. B. (eds.). Inkata Press. Melbourne, Australia. pp. 147-187.
- Prevot, P. y Ollagnier, M. 1956. Methode d'utilisation du diagnostie foliaire. *In*: Plant Analysis and Fertilizer Problems. Institut Recherches Huiles Oleagineux, Paris, Francia. p. 177-190.
- Sánchez P., A. 2000. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo. *In*: Manual de cultivo sin suelo. Urrestarazo, G. M. (Ed.) Mundi-Prensa. España. pp. 105-136.
- Sumner, M.E. 1982. The Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Soil/Plant Analysts Seminar. Council on Soil Testing and plant Analysis. Anaheim, California. U. S. A.
- Smil, V. 1997. Global population and the nitrogen cycle. *Scientific American* 277(1): 76-81.
- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired compositions. Horticultural Experiment Station, Naaldwijk, Netherlands. Reprint from *Plant and Soil*. XV (1961): 134-154.
- Taiz, L. E. and Zeiger. 2002. Plant physiology. Third Edition. Sinauer associates Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 690 p.
- Tindall, J.A., Mills, H.A; Radcliffe. 1990. The effect of root zone temperature on nutrient uptake of tomato. *Journal of Plant Nutrition* 13: 939-956.
- Valentín M., M.C., Castro, B. R., Rodríguez, P.J.E., Pérez, G., M. 2013. Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum Annuum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19 (4): 71-78.
- Vanoordwijk, M. 1990. Synchronization of supply and demand is necessary to increase efficiency of nutrient use in soilless horticulture. *In*: M.L Van Beusichem (Ed.) *Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers. pp. 525-531.