



UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO



**COORDINACIÓN GENERAL DE POSTGRADO
INSTITUTO DE HORTICULTURA**

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**ACUMULACIÓN DE BIOMASA, CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN
NUTRIMENTAL EN PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annum* L.)**

TESIS

**Que como requisito parcial
para obtener el grado de**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



COORDINACIÓN GENERAL ACADEMICA
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA

VALLE MENDOZA JUAN CARLOS

Chapingo, México, Junio del 2010.



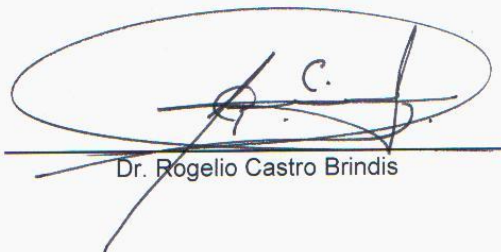
Instituto de Horticultura

**ACUMULACIÓN DE BIOMASA, CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN
NUTRIMENTAL EN PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.)**

Tesis realizada por Juan Carlos Valle Mendoza, bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



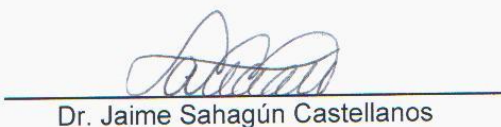
Dr. Rogelio Castro Brindis

ASESOR



Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez

ASESOR



Dr. Jaime Sahagún Castellanos

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la oportunidad de existir e iluminarme en el camino profesional conquistando nuevas metas en mi vida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico, haciendo posible mi grado de Maestro en Ciencias.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por darme el privilegio de formar parte de sus alumnos con espíritu de superación profesional, al Instituto de Horticultura que me brindo las facilidades para ser posible este sueño alcanzado.

Al Dr. Rogelio Castro Brindis, por su sencillez y calidez de persona, gracias infinitamente por su maravillosa dirección en la presente investigación al compartir su gran experiencia y conocimientos que han sido clave en mi desempeño profesional.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos por su puntual y acertada asesoría en el desarrollo del trabajo de investigación, por su atención y amistad gracias.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez, por su gran aportación al trabajo experimental por su atención y amistad gracias.

Al Sr. Francisco (Don Panchito) por su apoyo y por brindarme las facilidades que permitieron el desarrollo de la presente investigación.

DEDICATORIA

A DIOS, por ser mi principal guía, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr alcanzar esta meta.

A mis padres a quienes les debo lo que soy.

A mama por ayudarme a construir mis sueños, por ser una mujer excepcional.

A papa por estar siempre a mi lado, por apoyarme en cada momento de mi vida.

A mis Hermanos, porque siempre he contado con ustedes para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

A Jose Carlos que con sus ojitos y cariño me dan la fuerza necesaria para estar de pie y con la cabeza en alto para enfrentar cualquier situación por difícil que sea.

A ti , por haber coincidido, por habernos encontrado...

¡Gracias!

DATOS BIBLIOGRÁFICOS

El Ingeniero Juan Carlos Valle Mendoza, nació en la comunidad de Xacañi, Municipio de Santo Domingo Yanhuitlan, Oaxaca, el 24 de junio de 1984. Realizo la formación primaria en la Escuela Primaria Rural “Vicente Guerrero” ubicada en la comunidad de origen, la formación secundaria la adquirió en la Escuela Secundaria Federal “General Rafael E. Melgar” del municipio de Santo Domingo Yanhuitlan, la formación media superior la desempeño en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, a la cual ingreso en julio de 1999. En el año 2002, ingresa al departamento de Parasitología Agrícola del cual egresa con el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola en junio del 2006. A partir de agosto del 2006 a diciembre de 2007 se desempeño como Promotor de Acción Comunitaria en el IMSS, enfocado a la campañas preventivas de Dengue y Paludismo; a la par de este trabajo se desempeño como asesor técnico en Agricultura Protegida, atendiendo producción de jitomate y pimiento morrón en forma independiente. En el año 2008 ingreso a los estudios de Maestria en el Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos particulares.....	2
2.3 Hipótesis.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1 Origen.....	3
3.2 Descripción botánica.....	4
3.3 Valor nutritivo del pimiento.....	5
3.4 Importancia.....	6
3.5 Exigencias agroclimáticas.....	6
3.5.1 Temperatura.....	6
3.5.2 Humedad relativa.....	8
3.5.3 Luminosidad.....	8
3.6 Nutrición mineral.....	8
3.6.1 Programa de fertirrigación del pimiento.....	9

3.7 Elementos minerales esenciales y sus funciones	10
3.7.1 Carbono, hidrógeno y oxígeno	11
3.7.2 Nitrógeno	12
3.7.3 Fósforo	13
3.7.4 Potasio	13
3.7.5 Azufre	14
3.7.6 Calcio.....	15
3.7.7 Magnesio	16
3.8 Extracción de nutrientes por el cultivo del pimiento	17
3.9 Solución nutritiva de Steiner	18
3.10 Tasa de asimilación y crecimiento vegetativo en pimiento	20
3.10.1 Crecimiento vegetal	21
3.10.1.1 Comportamiento del crecimiento vegetal.....	21
3.10.1.2 Metodología para el estudio del crecimiento vegetal	22
3.10.2 Análisis de crecimiento y sus parámetros	24
3.10.2.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)	25
3.10.2.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC)	26
3.10.2.3 Taza de asimilación neta (TAN)	26
3.10.2.4 Razón de área foliar (RAF).....	27
3.10.3 Análisis de la parte aérea de la planta.....	27

3.10.3.1 Análisis secuencial.....	28
3.10.3.2 Análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo	28
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1 Localización del sitio experimental.....	29
4.2 Material vegetal empleado	29
4.3 Concentraciones de solución nutritiva.....	29
4.5 Caracteres en estudio	31
4.5.1 Morfológicos	31
4.5.2 Nutrimentales	32
4.6 Análisis estadístico	32
4.7 Análisis de crecimiento	32
4.8 Manejo experimental.....	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1 Análisis de crecimiento	35
5.1.1 Altura de la planta, número de bifurcación y diámetro de tallo principal	35
5.1.2 Número de hojas y área foliar	38
5.1.3 Rendimiento	40
5.1.3.1 Número, peso de frutos por planta e índice de cosecha	40
5.1.4 Distribución de materia seca aérea	42
5.1.4.1 Distribución de materia seca por órgano.....	45

5.1.5 Tasas de crecimiento de cultivo	48
5.1.5.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC).....	48
5.1.5.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	49
5.1.5.3 Tasa de asimilación neta (TAN).....	50
5.1.5.4 Razón de área foliar (RAF).....	51
5.2 Dinámica nutrimental.....	53
5.2.1 Nitrógeno	54
5.2.2 Fósforo	58
5.2.3 Potasio	61
5.2.4 Calcio.....	65
5.2.5 Magnesio	69
5.3 Discusión general	73
VI. CONCLUSIONES.....	76
VIII. LITERATURA CITADA	77
IX.- Anexo	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química y valor nutritivo de los pimientos dulces por 100 g de producto comestible.....	5
Cuadro 2. Extracción periódica acumulativa de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, Ca y Mg del pimiento en invernadero.....	10
Cuadro 3. Niveles de referencia en hoja para el cultivo de pimiento.....	17
Cuadro 4. Cantidades totales de macronutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco producido.....	17
Cuadro 5. Relación de cationes y aniones usados en la preparación de la solución nutritiva universal de Steiner.....	19
Cuadro 6. Cantidad de fertilizantes para preparar 20 L de solución concentrada de cada fuente.....	30
Cuadro 7. Cantidad de solución concentrada (mL) para preparar 1000L de solución nutritiva de Steiner, en las cuatro concentraciones evaluadas en el experimento.....	30
Cuadro 8. Comparación de medias de altura de la planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.....	36
Cuadro 9. Comparación de medias de número de hojas y área foliar, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.....	39
Cuadro 10. Comparación de medias de peso por planta (g), número de frutos, rendimiento total e índice de cosecha, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.....	40
Cuadro 11. Comparación de medias de acumulación de materia seca en hojas, tallos, frutos y total durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.....	43

Cuadro 12. Distribución relativa de la materia seca total por órgano a los 45 y 142 ddt, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.....	45
Cuadro 13. Requerimientos nutricionales por planta en cada tratamiento para producir una tonelada de fruto, en el cultivo de pimiento morrón cv, Lesley. Chapingo, México, 2009.....	53
Cuadro 14. Comparación de medias del contenido y extracción de N en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009	55
Cuadro 15. Comparación de medias del contenido y extracción de P en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.	59
Cuadro 16. Comparación de medias del contenido y extracción de K en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.	63
Cuadro 17. Comparación de medias del contenido y extracción de Ca en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.	67
Cuadro 18. Comparación de medias del contenido y extracción de Mg en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variables morfológicas: a) Diámetro de tallo, b) Altura de planta, c) Numero de bifurcaciones A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.....	37
Figura 2. Variables morfológicas: a) Número de hojas, b) Área foliar; A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.....	39
Figura 3. Rendimiento del primer estrato de producción del cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.	41
Figura 4. Materia seca en a) Tallo, b) Hojas, c) Frutos y d) Total, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento, D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.	44
Figura 5. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano a) y a)´ corresponden a la concentración al 25 %; b) y b)´ corresponden a la concentración al 75 %, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.....	46
Figura 6. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano c) y c)´ corresponden a la concentración al 125 %; d) y d)´ corresponden a la concentración al 175 %, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro	

concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.....	47
Figura 7. a) Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), b) Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), c) Tasa de Asimilación Neta (TAN) y d) Relación de Área Foliar (RAF), durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.	52
Figura 8. a) Tasa de absorción y b) Extracción de N, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.....	56
Figura 9. a) Tasa de absorción y b) Extracción de P, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.....	60
Figura 10. a) Tasa de absorción y b) Extracción de K, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.	64
Figura 11. a) Tasa de absorción y b) Extracción de Ca, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.	68

Figura 12. a) Tasa de absorción y b) Extracción de Mg, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner.

A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D:

Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009. 72

ACUMULACIÓN DE BIOMASA, CRECIMIENTO Y EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL EN PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum* L.)

J.C. Valle-Mendoza^{2¶}; R. Castro-Brindis²; J. Sahagún-Castellamos²; J. E. Rodríguez-Pérez².

²Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México, C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e:juancva24@hotmail.com (¶responsable).

RESUMEN

En la presente investigación se realizó análisis de crecimiento durante dos estratos de producción del cultivo pimiento morrón en cuatro soluciones nutritivas (25, 75, 125 y 175 %) bajo condiciones de invernadero. Se obtuvieron las tasas de crecimiento del cultivo, así como el contenido y tasa de absorción de N, P, K, Ca y Mg en las etapas: bifurcación del tallo principal, floración, amarre y crecimiento de fruto y madurez comercial. Las plantas en la solución nutritiva a 75 %, presentaron mejores características en: tasa absoluta de crecimiento ($2.6859 \text{ g dia}^{-1}$), tasa relativa de crecimiento ($0.0369 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), tasa de asimilación neta ($0.3729 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{dia}^{-1}$) y razón de área foliar ($92.1959 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$) e índice de cosecha (0.65). La extracción nutrimental en cada etapa fenológica fue: 0.0633, 0.1716, 0.4066 y 3.55 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de N; 0.0053, 0.0069, 0.0192 y 0.3152 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de P; 0.0121, 0.2954, 0.6030 y 3.848 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de K, 0.0053, 0.0372, 0.0797 y 0.7798 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de Ca y 0.0328, 0.0232, 0.0792 y 0.5879 $\text{g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de Mg. La demanda nutrimental de N, P, K, Ca y Mg; para producir una tonelada de frutos amarillos de pimiento morrón manejado a dos estratos de producción fue: 2.4, 0.2, 2.3, 0.5 y 0.4 Kg, respectivamente.

Palabras clave: Tasas de crecimiento, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio.

BIOMASS ACCUMULATION, GROWTH AND NUTRITIONAL EXTRACTION IN BELL PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

ABSTRACT

In the present investigation was carried out growth analysis of two layers of pepper crop production in four nutrient solutions Steiner (25, 75, 125 y 175 %) under greenhouse conditions. Growth rates of the crop and the content of N, P, K, Ca and Mg in the phenological stages: the main stem branching, flowering and fruit growth mooring and commercial maturity, were obtained. The nutrient solution 75%, presenting features to be considered the best in the crop production system because it allowed the best expression of the following parameters: absolute growth rate ($2.6859 \text{ g day}^{-1}$), relative growth rate ($0.0369 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \text{ day}^{-1}$), net assimilation rate ($0.3729 \text{ g} \cdot \text{m}^2 \text{ day}^{-1}$) and foliar area relation ($92.1959 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$) and harvest index (0.65). Nutrient extraction in each phenological stage was: 0.0633, 0.1716, 0.4066 and $3.55 \text{ g plant}^{-1}$ of N; 0.0053, 0.0069, 0.0192, and $0.3152 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ of P; 0.0121, 0.2954, 0.6030 and $3.848 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ of K, 0.0053, 0.0372, 0.0797 and $0.7798 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ of Ca and 0.0328, 0.0232, 0.0792 and $0.5879 \text{ g} \cdot \text{plant}^{-1}$ of Mg. The demand of nutrients N, P, K, Ca and Mg, to produce one ton of fruit yellow pepper handled two production groups were: 2.4, 0.2, 2.3, 0.5 and 0.4 kg, respectively.

Keywords: Growth rates, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium.

I. INTRODUCCIÓN

México es considerado como el principal proveedor de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L) a Estados Unidos. Durante enero-noviembre del 2002, exporto a Estados Unidos 286 mil toneladas con valor de 261 millones de dólares, de acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (SAGARPA, 2006).

En el país se cultiva la mayor superficie en los estados del Noroeste y estados del centro como Puebla. Este estado es un importante productor ya que abastece importantes centros de acopio, como los de Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Chiapas (SAGARPA, 2006).

La horticultura intensiva de México está en desarrollo y mejora su posición en los mercados internacionales. Los consumidores comienzan a demandar hortalizas de mayor calidad a precios razonables. En el concepto de calidad, se incluye la presentación del producto, la calidad gustativa, la forma, los colores, la ausencia de residuos de plaguicidas y el bajo impacto ambiental.

El consumo de fertilizantes en el proceso de producción en la horticultura intensiva es elevado e implica realizar aplicaciones importantes que pueden provocar, entre otros efectos negativos, la salinización del suelo, al desconocer la extracción nutrimental respecto a las etapas fenológicas del pimiento morrón, así como la etapa de mayor demanda nutrimental del cultivo. En este trabajo se hizo un estudio sobre el análisis del crecimiento y la extracción nutrimental que ocurren en las etapas fenológicas de desarrollo del pimiento morrón. Para ello se establecieron plantas en diferentes concentraciones de solución nutritiva, para

identificar el requerimiento nutrimental respecto a la acumulación de biomasa. Con base en estos requerimientos las recomendaciones para la nutrición de este cultivo se realizarán acorde a las necesidades nutrimentales del cultivo, lo que permitirá mejorar el rendimiento y calidad.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo general

- Analizar el comportamiento del crecimiento vegetal; distribución y acumulación de biomasa aérea, extracción y contenido nutrimental del pimiento morrón, durante sus diferentes etapas fenológicas de desarrollo, en respuesta a diferentes concentraciones de solución nutritiva.

2.2 Objetivos particulares

- Medir las tasas de crecimiento del cultivo de pimiento morrón respecto a la acumulación de biomasa durante el ciclo fenológico.
- Determinar los índices de extracción nutrimental en función del crecimiento y rendimiento.
- Determinar el contenido y extracción de N, P, K, Ca y Mg, en diferentes etapas fenológicas.
- Identificar las etapas de desarrollo en las que se presenta la mayor tasa de absorción de N, P, K, Ca y Mg.

2.3 Hipótesis

El establecimiento de plantas en diferentes condiciones de disponibilidad nutrimental, modificara los patrones de acumulación de biomasa y de extracción nutrimental, por lo que las oportunidades de abastecimiento de nutrientes serán también modificadas.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Origen

Todas las especies del género *Capsicum*, a excepción del *C. anomalum*, son originarias de América. La distribución del género se extendió probablemente desde el borde más meridional de los E.U.A. a la zona templada cálida del sur de Sud América (Heiser, 1976). El grupo de *C. Annuum* de flores blancas, asociado con hábitats más húmedos, parece haber sido distribuido originalmente a través de tierras bajas tropicales de América del sur y central.

McLeod *et al.* (1982) proponen que *C. chacoense* o un ancestro suyo dio lugar tanto al grupo de flores blancas como al grupo de flores púrpura. El grupo de flores blancas habría migrado fuera del área nuclear en Bolivia sud-central a través del río Mizque, que desemboca en el Amazonas. El ancestro que dio origen al grupo de flores blancas dio lugar a *C. baccatum* en el área relativamente seca del sur de Bolivia; la forma silvestre seguiría migrando por el sistema fluvial y en la húmeda cuenca amazónica daría lugar al progenitor silvestre del complejo

annuum. El complejo *annuum* fue domesticado al menos dos veces, un tipo *C. annuum* en México y un tipo *C. chinense* en la amazonia (Pickersgill, 1989).

En Mesoamérica, y concretamente en México, el inicio de la domesticación de plantas esta registrado arqueológicamente en las cuevas de Ocampo de la sierra de Tamaulipas (fase Infiernillo, 7000-5000 a.C.), yacimientos del valle de Tehuacán en Puebla (fase El Riego, 7000-5000 a.C.) y en la cueva de Güila Naquitz de Oaxaca (niveles inferiores fechados entre 8700-6000 a.C.). Se constata aquí el cultivo de calabaza, chile y amaranto. Los restos más antiguos del chile se han encontrado en Tehuacán, fechados entre 6500-5500 a.C.

Los chiles dulces también fueron conocidos precozmente. Fernández de Oviedo (1535), en el capítulo VII de su libro I dice “Algún género hay de Ají que se puede comer crudo, e no quema” (Núñez *et al.*, 1996).

3.2 Descripción botánica

La planta del pimiento es herbácea y se considera de ciclo anual, aunque puede rebrotar y volver a producir en su segundo año si se le hace una poda de rejuvenecimiento antes de que finalice su desarrollo vegetativo (Serrano, 1996).

Su aspecto es lampiño de tallos erguidos y de crecimiento limitado, con altura y forma de desarrollo muy variables en función del cultivar y de las condiciones de cultivo. Las hojas enteras o bien con un largo peciolo o bien casi sésiles, tienen una forma entre lanceolada y ovada, con el borde entero muy ligeramente sinuado en la base. Las flores suelen nacer solitarias en cada nudo, con el

pedúnculo torcido hacia abajo en la antesis. El fruto es una baya hueca, con la superficie lisa y brillante, de color y forma muy variables y característicos del cultivar. En el interior de la baya discurren 2 o 4 tabiques incompletos a lo largo de la pared del fruto, uniéndose solo en la base sobre la placenta. En esta región es donde se encuentran insertadas las semillas, aplastadas, normalmente de 4-5 mm de diámetro, de color blanco amarillento (Núez *et al.*, 1996).

3.3 Valor nutritivo del pimiento

El contenido nutricional del pimiento es alto en comparación con otras hortalizas de amplio consumo, como por ejemplo el tomate (Núez *et al.*, 1996).

Cuadro 1. Composición química y valor nutritivo de los pimientos dulces por 100 g de producto comestible.

COMPOSICIÓN	PIMIENTO DULCE
Materia seca (%)	8
Energía (Kcal)	26
Proteína (g)	1.3
Fibra (g)	1.4
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	0.9
Carotenos (mg)	1.8
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.08
Niacina (mg)	0.8
vitamina C (mg)	103
Valor Nutritivo Medio (ANV)	6.61
ANV por 100g de materia seca	82.6

Fuente: Núez *et al.*, (1996).

La Capsaicina se encuentra ausente en las variedades dulces.

3.4 Importancia

Para el año 2007, México ocupó el segundo lugar en la producción de chiles y pimientos verdes a nivel mundial con 1 890 428 t al año. En éste año el pimiento morrón ocupó el sexto lugar en la lista de productos que exporta México con 530 896 t (FAO, 2009)

Para el año 2008 se sembraron en el país 4934.55 ha con una producción de 241 452.13 t. Los principales estados productores son en el orden de importancia Sinaloa, Sonora, Baja California Sur y Baja California Norte; con la siguiente superficie cosechada, 4 705.05 ha, 105 ha, 77.5 ha y 47 ha, respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2009)

3.5 Exigencias agroclimáticas

3.5.1 Temperatura

La temperatura óptima para germinación es de 20 a 25 °C, siendo la mínima de 12 °C y la máxima de 40°C. El crecimiento vegetativo es lento cuando la temperatura se encuentra en torno a 15°C y se detiene por debajo de los 10-12 °C provocando alteraciones que dan lugar a plantas compactas y entrenudos cortos formando rosetas. La temperatura óptima es de 22 a 25 °C durante el día y de 16 a 18 °C durante la noche, temperaturas inferiores ocasionan que el ápice de los frutos cuadrados sea agudo. El cultivo es dañado por heladas a 1 °C (Serrano, 1974).

Para un buen desarrollo se requiere temperatura media mensual entre 18 y 22 °C. Por debajo de estas, el desarrollo vegetativo de la planta evoluciona lento incluso se detiene. De lo contrario si la temperatura aumenta la planta puede manifestar crecimiento vegetativo excesivo lo que disminuye la producción, si no se equilibran las temperaturas con factores como la luminosidad y la humedad del suelo (Serrano, 1996). Puede soportar temperaturas altas mientras la humedad se comporte del mismo modo; sin embargo, decrece la producción aumentando la proporción de frutos pequeños, la coloración deficiente y la aparición de pudrición apical.

Cuando el pimiento fructifica con temperaturas muy altas o muy bajas o en circunstancias de baja fertilidad de polen, suele producir frutos partenocarpicos o esbozos de frutos, que en las variedades de fruto grueso dan lugar a pimientos de menor tamaño y de formas irregulares (Salas M.C. y Urrestarazu M. 2004).

Bajo estas condiciones de temperatura, la polinización manual puede incrementar considerablemente la producción y mejorar la forma del fruto, aunque en general existen diferencias varietales.

La baja temperatura (10-15 °C) durante el desarrollo del botón floral da lugar a formación de flores con pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del fruto principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo o bien fusión de anteras (Pressman *et al.*, 1988).

3.5.2 Humedad relativa

El desarrollo normal del pimiento se encuentra en el intervalo de humedad entre 60 a 70 %, por lo cual es necesario disponer de buena ventilación del invernadero. En periodo de floración y cuajado la humedad relativa optima está entre 50 y 70 %. Los valores elevados de humedad, acompañados de abundante follaje favorecen los ataques de *Botrytis spp*, *Sclerotinia spp*, y otras enfermedades criptogámicas, además dificulta la fecundación de las flores. La humedad baja provoca frutos deformes y pequeños, que junto a temperaturas elevadas originan la caída de flores e incluso frutos que inician su crecimiento (Serrano, 1996).

3.5.3 Luminosidad

Exige bastante luminosidad durante todo el ciclo y es muy sensible en el periodo de floración, produciendo la caída de las flores cuando esta es baja, como consecuencia de excesivo sombreado del cultivo o de la presencia de numerosos días nublados. En condiciones de baja luminosidad, los entrenudos de los tallos del pimiento se alargan demasiado quedando muy débiles como para soportar una producción optima, disminuye el número de flores y estas son débiles, afectando la cantidad y la calidad de la cosecha (Serrano, 1996).

3.6 Nutrición mineral

Se refiere al conjunto de fenómenos o procesos de alimentación que contribuyen al crecimiento y desarrollo de un ser viviente, un nutrimento es entonces un alimento para la conservación, crecimiento y desarrollo de un ser vivo. Los

avances científicos en nutrición vegetal y fertilización han revolucionado la producción de los cultivos. La ciencia de la nutrición comenzó aproximadamente hace 150 años con los experimentos clásicos de Liebig, Lawes y Gilbert, de Saussure entre otros y es una de las grandes esperanzas para solucionar la crisis mundial de alimentos (Gardner *et al.*, 1985). La nutrición mineral incluye el suministro, absorción y utilización de los nutrimentos esenciales para el crecimiento y producción de los cultivos (Fageria *et al.*, 1997).

La alimentación de una planta para su mantenimiento y crecimiento es a base de una serie de sustancias inorgánicas minerales simples (nitrógeno, fósforo, potasio, etc.), agua, CO₂ y O₂ y energía radiante (luz y temperatura).

Es importante tomar en consideración la etapa fenológica del cultivo para la fertilización; ya que la tasa de absorción de nutrientes por el cultivo, e incluso para cada órgano en particular varía en función del tiempo (Burgueño *et al* 1994).

3.6.1 Programa de fertirrigación del pimiento

Un programa eficaz de fertirrigación en pimiento debe basarse en el conocimiento de las curvas de absorción nutrimental del cultivo; es decir, la absorción de nutrientes en función del tiempo, tratando de ajustar las aportaciones nutrimentales al ritmo de extracción del cultivo. Además restituir al medio de cultivo los nutrientes extraídos por la planta.

En el siguiente cuadro se presentan las extracciones periódicas acumulativas de nutrientes necesarias para la obtención de 10 kg m⁻² (100 t ha⁻¹) de pimiento en invernadero.

Cuadro 2. Extracción periódica acumulativa de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg del pimiento en invernadero.

Tiempo medio(*)	Kg ha ⁻¹				
ddt	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
35	1.8	0.3	3	1.2	0.5
55	8.8	1.6	18.5	5.7	2.3
70	26.25	5.2	52	16	6.5
85	46	8.5	91	26	10
100	85.5	20	163	55	22.5
120	140	32	273	71	32.5
140	215	54	370	91	45
165	293	76	460	121	63

Fuente Rincón *et al.*(1993). ddt: días después de trasplante

Según el Cuadro 2 la extracción total de macro nutrientes por el cultivo en kg ha⁻¹ es de 293 de N, 76 de P₂O₅, 460 de K₂O, 121 de Ca y 63 de Mg.

3.7 Elementos minerales esenciales y sus funciones

Para ser considerado esencial en el crecimiento de las plantas, un elemento debe cumplir los tres criterios de esencialidad de Arnoun y Stout: 1) la planta no podrá completar su ciclo de vida normal en la ausencia del elemento, 2) la acción del elemento debe ser específica y ningún otro elemento puede sustituirlo completamente, 3) el elemento deberá estar directamente implicado en la nutrición de la planta, esto es, ser un constituyente de un metabolito o ser necesaria su presencia para la acción de una enzima esencial y no ser simplemente la causa de

que otros elementos sean más fácilmente asimilables (Resh, 2001). Solamente 17 elementos están considerados como esenciales para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Estos están divididos en macro nutrientes, que son aquellos requeridos en gran cantidad por las plantas; y micro nutrientes, aquellos que son requeridos en menor cantidad (Salisbury y Ross, 1994).

3.7.1 Carbono, hidrógeno y oxígeno

Los carbohidratos constituyen la estructura básica o esqueleto de las plantas y son la fuente de energía metabólica, dentro de ellos se incluyen a numerosos ácidos orgánicos, azúcares simples y complejos, polímeros de azúcares como almidón, celulosa y hemicelulosa. Del peso total de la planta, 45 % corresponde al carbono, 6 % al hidrógeno y 43 % al oxígeno. Por ello, más de 90 % del peso seco de un cultivo se deriva del aire y del agua (Resh, 1992).

El carbono es absorbido en la forma de CO_2 de la atmósfera y posiblemente en la forma de HCO_3^- de la solución del suelo. La incorporación de carbono está acompañada por la asimilación simultánea de oxígeno, por que no sólo carbono sino CO_2 y HCO_3^- son metabolizados (Mengel y Kirkby, 1982).

El oxígeno forma parte de la mayoría de los compuestos orgánicos, solamente unos pocos “como el caroteno” no lo contienen. También permite el intercambio de aniones entre las raíces y el medio exterior. Es receptor terminal del H^+ en la respiración aerobia (Resh, 1992).

El hidrogeno se absorbe en la forma de agua de la solución del suelo o en condiciones de humedad de la atmósfera. En el curso de la fotosíntesis el H_2O se

reduce y el hidrogeno es transferido a través de una serie de pasos hasta reducir a la nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP⁺) a NADPH.

El hidrógeno juega un papel central en el metabolismo de la planta, es muy importante en el intercambio de cationes en las relaciones planta-suelo y en los balances iónicos (Fageria *et al.*, 1997).

3.7.2 Nitrógeno

Es esencial en la división y expansión celular, por tanto en el crecimiento. La adenina es una base púrica con nitrógeno en el anillo y es parte de muchos nucleótidos y nucleoproteínas, como el ADN y ARN. El nitrógeno también es constituyente de una multitud de compuestos llamados alcaloides, que no son metabolitos esenciales y se cree sirven como compuestos que almacenan este elemento (Jones *et al.*, 1991).

Aunque el nitrógeno inorgánico puede acumularse en forma de nitrato, el nitrógeno orgánico predomina en las plantas como proteínas de alto peso molecular. Del nitrógeno total en el tejido verde, las proteínas representan aproximadamente de 80 a 85 %, los ácidos nucleicos 10 % y el amino soluble 5 % (Mengel y Kirkby, 1982). En los cloroplastos de las células foliares, 75 % del nitrógeno orgánico se encuentra como proteínas enzimáticas (Marshner, 1986).

El nitrógeno consiste de 1.5 a 6.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores de suficiencia de 2.5 a 3.5 % en tejido foliar. Los valores críticos varían considerablemente dependiendo de la especie de cultivo, etapa de crecimiento y parte de la planta. Las concentraciones más altas se encuentran en las hojas

nuevas, el nitrógeno total de la planta normalmente disminuye con la edad. El nitrógeno, como nitrato, se puede acumular en concentraciones considerables (más de 1000 mg kg⁻¹) en el tejido conductivo (pecíolos y tallos) durante el periodo vegetativo de crecimiento (Marshner, 1986).

3.7.3 Fósforo

El fósforo es un constituyente de los compuestos que transfieren energía “forma enlaces ricos en energía en metabolitos importantes como ATP, ADP, AMP y PPI”, del sistema de información genética (ADN y ARN), de las membranas celulares (fosfolípidos), fosfoproteínas, aminoácidos y ciertas coenzimas (Alpi y Tognoni, 1991). La principal función del fosfato en el metabolismo es la formación de enlace pirofosfato que permite la transferencia de energía. El compuesto más importante de este tipo es el ATP, en esta forma la energía puede ser transportada a varios procesos endergónicos como la absorción de iones y la síntesis de varios compuestos orgánicos (Mengel y Kirkby, 1982).

El fósforo consiste de 0.15 a 1.0 % del peso seco de muchos cultivos con valores de suficiencia de 0.2 a 0.4 % en hojas recientemente maduras (Jones *et al.*, 1991).

3.7.4 Potasio

El potasio tiene un efecto benéfico en la síntesis de ATP, como éste se requiere para numerosas reacciones de síntesis, el potasio puede indirectamente promover la síntesis de varios compuestos orgánicos como proteínas, azúcares y polisacáridos (Gardner *et al.*, 1985).

El potasio está involucrado en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, en la presión de turgencia de sus células e interviene en la apertura y cierre de estomas, por lo que las plantas bien abastecidas con potasio pierden poca agua, incrementan el potencial osmótico y se influye favorablemente el cierre estomático. La poca pérdida de agua se debe a la reducción de la tasa de transpiración, que depende del potencial osmótico de las células del mesófilo y de la apertura y cierre de estomas, mecanismos que dependen completamente del flujo de potasio. En los tejidos jóvenes el potasio es indispensable para obtener una turgencia celular óptima que se requiere para la expansión celular (Mengel y Kirkby, 1982).

El potasio consiste de 1.0 a 5.0 % del peso seco del tejido foliar recientemente maduro con valores de suficiencia de 1.5 a 3.0 %. En hortalizas los valores de suficiencia pueden llegar a ser de 6 a 8 % en el tejido de los tallos (Jones *et al.*, 1991).

3.7.5 Azufre

La mayor parte del azufre en las plantas se encuentra en las proteínas, específicamente en los aminoácidos cisteína y metionina (Gardner *et al.*, 1985).

El azufre está presente en todos los centros activos de las enzimas SH; forma parte de las vitaminas tiamina (B1) y biotina, la coenzima A, el péptido glutatión, la ferredoxina y en los glucósidos, como el aceite de mostaza que contribuyen al olor y sabor característico de plantas de las familias Cruciferae y Liliaceae (Gardner *et al.*, 1985 y Jones *et al.*, 1991).

El contenido de azufre en el tejido foliar varía de 0.15 a 0.5 % del peso seco. Los valores del contenido de azufre total varían en cada cultivo y etapa de crecimiento (Jones *et al.*, 1991).

3.7.6 Calcio

El calcio en la pared celular está asociado con los grupos carboxilo libres de las pectinas, satura la mayoría de estos sitios y forma pectatos de calcio, que unen a las paredes primarias de las células adyacentes. El calcio se necesita para mantener la integridad de las membranas y para su permeabilidad, enlaza a los fosfolípidos entre sí o a proteínas de membrana. También se cree que es esencial para la estructura de la matriz del núcleo de la célula. Activa las enzimas unidas a la membrana y algunas que participan en la mitosis, división y alargamiento celular. Las concentraciones bajas, casi micromolares de calcio en el citosol impiden la formación de sales de calcio insolubles a partir de ATP y otros fosfatos orgánicos.

La translocación dentro de la planta es en la savia del xilema en dirección acrópeta con la corriente de transpiración. En hojas el flujo de calcio disminuye después de su madurez, aun cuando se mantenga una transpiración constante. En plantas en crecimiento, el calcio es translocado preferentemente hacia los ápices de los brotes aunque la tasa de transpiración es mucho menor que en las hojas viejas. Es probable que este movimiento preferencial sea inducido por la auxina AIA, que se sintetiza en el ápice del brote. El transporte basipétalo del AIA hace que el Ca^{2+} se transporte de manera acrópeta. La tasa de translocación de calcio es muy baja debido a que es transportado en muy baja concentración en el

floema. Como resultado de lo anterior, todos los órganos vegetales que son proveídos con nutrimentos por la savia del floema, como frutos y órganos de almacenamiento, son también bajos en calcio (Mengel y Kirkby, 1982).

El análisis nutrimental refleja que el contenido de calcio en una hoja con deficiencia es menor a 1.0 %; mientras que, en una hoja normal es de 2.0 a 3.0 %.

3.7.7 Magnesio

El magnesio es el centro de la molécula de clorofila, específicamente en el centro del anillo tetra pirrol y es necesario para la formación de otros pigmentos. Forma quelatos con ADP, ATP y varios ácidos orgánicos, por lo que es esencial en cientos de reacciones enzimáticas, durante la formación de DNA y RNA funciona como un puente entre las estructuras piro fosfatadas del ATP o ADP y la molécula de la enzima, la activación de la ATPasa por el magnesio se produce por esta función de puente.

El magnesio activa las enzimas de la fosforilación de la fotosíntesis y de la fosforilación oxidativa, además de las fosfoquinasas y algunas deshidrogenasas y enolasas. Una reacción clave del magnesio es la activación de la RUBISCO, como consecuencia de esa activación, el magnesio tiene un efecto favorable en la asimilación de CO₂ y procesos relacionados como producción de azúcar y almidón.

El contenido de magnesio en una planta varía entre 0.15 a 1.0 % del peso seco del tejido foliar, con un valor de suficiencia de 0.25 % en la mayoría de los cultivos (Jones *et al.*, 1991).

3.8 Extracción de nutrientes por el cultivo del pimiento

Son diversos los factores que influyen en la absorción de nutrientes por el cultivo, entre los que cabe señalar: material vegetal, condiciones ambientales, calidad del agua de riego y técnicas de cultivo.

De todos los órganos vegetativos de la planta, las hojas han mostrado ser las que dan una información más precisa de la absorción de los nutrientes.

A continuación se muestran los valores medios de referencia de la concentración mineral de la hoja del pimiento.

Cuadro 3. Niveles de referencia en hoja para el cultivo de pimiento.

Elemento	Alto	Normal	Medio
Nitrógeno (%)	5.1-6.0	4-5	3-3.9
Fosforo (%)	0.7-0.8	0.3-0.7	0.2-0.3
Potasio (%)	5.6-6.0	4.5-5.5	3.5-4.5
Calcio (%)	4.1-5.0	2.0-4.0	0.5-1.9
Magnesio (%)	1.8-2.5	1.0-1.7	0.5-0.9
Manganeso (ppm)	201-500	90-200	41-89
Hierro (ppm)	201-500	80-200	61-80
Cobre (ppm)	21-50	10-20	5-10
Boro (ppm)	61-80	20-60	13-19
Cinc (ppm)	61-100	25-60	15-24

Fuente: Cadahia , (1988)

Cuadro 4. Cantidades totales de macronutrientes extraídos por tonelada de fruto fresco producido.

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
	Kg				
Anstett <i>et al.</i> (1965)	3.72	1.03	4.98	2.96	0.6
Rodríguez <i>et al.</i> (1989)	3.3	0.93	5.75		
Martínez <i>et al.</i> (1989)	2.33	0.77	3.56		
Graifenberg <i>et al.</i> (1985)	4.10	0.52	5.12	3.78	0.46

Rincón <i>et al.</i> (1993)	2.93	0.76	4.6	1.69	1.07
-----------------------------	------	------	-----	------	------

Fuente: Cadahia (1988)

Existen diferencias en las extracciones según variedades y formas de cultivo. Según Graifenberg *et al* (1985) las extracciones en invernadero son mayores en potasio y menores en fosforo que en campo abierto.

La extracción correspondiente al material Lamuyo F1 en invernadero fue bajo un rendimiento de 10 kg m⁻² (Rincón *et al.*, 1993).

Según Rincón *et al.* (1993) de las cantidades totales extraídas, los frutos exportan la mayor parte del nitrógeno (64 %) y fosforo (75 %), siendo el resto de órganos vegetativos (hojas, tallos y peciolo) los que acumulan la mayor cantidad de calcio (95 %) y magnesio (75 %). El potasio es acumulado prácticamente en partes iguales por frutos y resto de órganos vegetativos. Según estos mismos autores, las mayores cantidades de nutrientes extraídas por el cultivo, se consumen desde la primera recolección hasta el final del periodo de cultivo, siendo las proporciones medias extraídas en esta etapa (100-165 días después de trasplante) de 70 % de N, 79 % de P₂O₅, 62 % de K₂O, 54 % de Ca y 65 % de Mg.

3.9 Solución nutritiva de Steiner

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

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

Esta fórmula satisface las siguientes condiciones:

1. Las relaciones mutuas deseadas entre aniones.
2. Las relaciones mutuas deseadas entre cationes.
3. La concentración total de iones deseada.
4. El valor deseado de pH con una tolerancia de ± 0.1 .

Para propósitos de investigación puede ser deseable no considerar las relaciones entre iones conseguidas en la solución nutritiva, si no mezclas muy especiales; por ejemplo para que la planta consuma ciertas cantidades que le permitan soportar el ataque de algunos insectos o de hongos, o para formar paredes celulares o algunas otras estructuras (Cuadro 5).

Cuadro 5. Relación de cationes y aniones usados en la preparación de la solución nutritiva universal de Steiner.

	K⁺	Ca²⁺	Mg²⁺	NO₃⁻	H₂PO₄⁻	SO₄²⁻	Total
(mmol·litro ⁻¹)	7.080	4.552	2.023	11.888	0.991	3.467	30.001
(meq·litro ⁻¹)	7.080	9.103	4.046	11.888	0.991	6.934	40.044

Fuente: Steiner (1984)

En cuanto a la calidad del agua, todas las formulas que se deseen preparar dependerán solamente del uso del agua destilada o completamente desmineralizada (Steiner, 1984).

3.10 Tasa de asimilación y crecimiento vegetativo en pimiento

Existen dos fases distintas en el ritmo de crecimiento de la planta de pimiento. En la primera fase, considerada de lento crecimiento, sintetiza 50 % de la materia seca total producida y comprende, para cultivos bajo invernadero, desde el trasplante hasta la segunda recolección con una duración media de 110 a 120 días. La segunda fase, de crecimiento rápido, comprende el resto del periodo de cultivo, con una duración media de 40 a 50 días.

El porcentaje de materia seca acumulada en los distintos órganos vegetativos de la planta, varía según el estado fenológico de la misma. Las hojas representan más de 50 %, desde prácticamente el trasplante hasta la primera recolección de frutos (100 días después del trasplante). Posteriormente son los frutos los que representan el mayor porcentaje hasta el final del periodo del cultivo, significando 65 % del total de materia seca acumulada. Durante el periodo de maduración de los frutos, la planta disminuye el ritmo de crecimiento, debido a que la mayor parte de los productos sintetizados son almacenados en los mismos. El índice de área foliar (superficie foliar de la planta respecto a la superficie que le corresponde en el suelo, según marco de plantación), alcanza al final del cultivo un valor medio de 4.5 ($45\ 000\ \text{m}^2\ \text{ha}^{-1}$) para una densidad de población de 2.5 plantas m^{-2} (Rincón *et al.*, 1993).

3.10.1 Crecimiento vegetal

El crecimiento es el aumento del tamaño de la planta, el cual puede ser en materia seca o en dimensiones como consecuencia de la formación de nuevas células, la expansión de las células constituyentes y el almacenamiento de asimilados. La velocidad de crecimiento se expresa por tanto, como aumento de peso, volumen, área o longitud por unidad de tiempo (Wild, 1992). El crecimiento de las células es un incremento irreversible en el tamaño y ocurre tanto en las zonas de división celular como en la elongación de las células. Generalmente la tasa de crecimiento de una planta disminuye conforme aumenta su tamaño hasta que se vuelve cero, cuando alcanza la madurez o tamaño final. Según Bidwell (1969), el desarrollo es un cambio ordenado o progresivo, a menudo (aunque no siempre) hacia un estado superior más ordenado o más complejo.

3.10.1.1 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 mas 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).

3.10.1.2 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)

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).

Actualmente las técnicas para medir la concentración de los elementos en las plantas, suelos y soluciones nutritivas han mejorado mucho, se utilizan espectrómetros de absorción atómica para determinar elementos minerales y algunos no minerales, aun más valiosos son los espectrómetros de emisión óptica, en los cuales los elementos se evaporizan a una temperatura de 500°K, temperaturas tan elevadas excitan de manera temporal los electrones desplazándolos de sus orbitas de estado basal o fundamental a orbitas de energía superior, cuando estos electrones regresan a su estado energético original, se emite energía con longitud de onda característica para cada elemento, el espectrómetro mide su longitud de onda, cuantifica la energía y permite medir con gran sensibilidad en menos de un minuto las concentraciones de más de 20 elementos en una sola solución (Salisbury y Ross, 1994).

Para estudiar de manera cuantitativa la relación entre el suministro de nutrimentos y el crecimiento, se recurre por lo general a las técnicas de cultivo hidropónico con soluciones nutritivas, el cual consiste en reemplazar el suelo por el agua, o cualquier material inerte, que no proporcione a la planta nutrimento alguno. El aporte de nutrimentos se lleva a cabo añadiendo al sustrato inerte la solución nutritiva que contenga cantidades conocidas de varias sales inorgánicas cuyos aniones y cationes llevaran los elementos necesarios (Pérez y Martínez, 1994).

Existen una serie de formulas estandarizadas de soluciones complejas, con todos los nutrimentos en cantidades adecuadas para el crecimiento normal de las plantas; pero también es posible modificar esa composición para estudiar qué

ocurre cuando un determinado nutrimento falta por completo o está en cantidades muy bajas o excesivas (Pérez y Martínez, 1994)

3.10.2 Análisis de crecimiento y sus parámetros

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

Para realizar un análisis de la eficiencia fisiológica de una planta en función de sus parámetros de crecimiento se requieren dos operaciones básicas:

- A. La cuantificación del material vegetal existente en una planta o cultivo,
- B. La medida del sistema asimilador de esa planta o ese cultivo en intervalos de tiempo sucesivos.

De esas operaciones se obtienen medidas directas, como masa seca (W), área foliar total (AF), tiempo (t) e índices derivados como la tasa relativa de crecimiento (TRC), índice de área foliar (IAF), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento del cultivo (TCC), área foliar específica (AFE) y relación de área foliar (RAF), que se deben obtener por cálculos del análisis funcional.

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

Puede efectuarse mediante dos métodos:

A. Método clásico: el cual evalúa el crecimiento con base en datos que provienen de muestras con un alto número de repeticiones pero a intervalos prolongados, en este método no se realiza el ajuste de datos mediante modelos matemáticos, aunque pueden analizarse estadísticamente (Hunt 1982).

B. Método funcional: donde el crecimiento es evaluado a datos con pocas repeticiones pero a intervalos cortos sobre todo cuando existe mucha variación en la información, los cuales pueden ser utilizados para ajuste de modelos (Hunt, 1982).

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

3.10.2.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

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

La TAC está en función de la cantidad de material de crecimiento presente y de la tasa de crecimiento *per se*, motivo por el cual, al inicio del desarrollo existe un

periodo en que esta función del crecimiento es cada vez mayor, posteriormente se mantienen casi constante y luego comienza a disminuir, de tal forma que al final del ciclo se vuelve negativa por que la muerte de las hojas es superior a la formación de hojas nuevas (Mithorphe y Moorby, 1982).

3.10.2.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Representa la eficiencia de la planta para producir nuevo material en un tiempo determinado dado en grados de materia seca ganados por gramo de materia seca existente por unidad de tiempo ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) (Hunt, 1982; Gardner *et al.*, 1990). La TRC provee una mejor comparación de la producción relativa de plantas, debido a que en su cálculo se corrige por pesos iniciales de los individuos a comparar, siendo considerada esta tasa como un índice de eficiencia en la producción de peso seco de las plantas, es constante durante su fase inicial y a medida que aumenta la edad de la planta esta va disminuyendo (Silvori y Montaldi, 1980).

3.10.2.3 Taza de asimilación neta (TAN)

Representa la ganancia neta en peso seco por unidad de área foliar, es una medida indirecta de la fotosíntesis (Hunt, 1982). Es conocida también como la tasa foliar unitaria, y definida como el incremento de material vegetal por unidad de tiempo y se expresa en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$ (Beadle, 1988). La TAN es una medida de la eficacia del follaje, el cual constituye la principal fuente de foto asimilados en la producción de materia seca; e indica también la velocidad de fotosíntesis neta en un lapso relativamente largo, entre dos muestreos (Escalante y Kohashi, 1993).

Este parámetro es aplicable a una planta o a un cultivo, no es constante con el tiempo y muestra una tendencia a disminuir con la edad de la planta. La disminución se acelera por un ambiente desfavorable y la ganancia de materia seca por unidad de área foliar decrece en la medida que salen nuevas hojas, debido al sombreado recíproco (Gardner *et al.*, 1990).

El subsecuente incremento en la TAN, después de alcanzar el área foliar máxima, es difícil de explicar, se esperaría que esto sucediera por un aumento en la fotosíntesis.

3.10.2.4 Razón de área foliar (RAF)

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

3.10.3 Análisis de la parte aérea de la planta

Los análisis de la parte aérea de la planta proporcionan información acerca de la concentración de los nutrientes de esta y cuando están debidamente relacionados con la producción de materia seca. Existen dos variantes, el análisis secuencial o en varias etapas del crecimiento y el análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo (Etchevers, 1999).

3.10.3.1 Análisis secuencial

El análisis secuencial se hace periódicamente desde el inicio del crecimiento hasta la madurez de la planta. Se emplea para establecer la dinámica de la absorción, esto es, cuales son las concentraciones nutrimentales que se observan en distintas fases del desarrollo de la planta y las demandas particulares de nutrimentos (cantidades de nutrimentos presentes en la parte aérea) en los diversos estados fisiológicos de la planta. Esta última información sirve para determinar los momentos más adecuados para el suministro de fertilizantes dentro del ciclo de desarrollo del cultivo (Etchevers, 1999).

3.10.3.2 Análisis al final del ciclo de crecimiento del cultivo

Los resultados de este análisis se emplean para obtener información sobre la cantidad total de elementos absorbidos por la planta y también para determinar el requerimiento interno, es decir, la concentración mínima de nutrimentos que se requiere para alcanzar el rendimiento máximo posible. En términos generales, la demanda nutrimental menos la cantidad de nutrimentos que puede proporcionar el suelo, considerando un apropiado factor de eficiencia de uso de fertilizante, daría la dosis de fertilización (Etchevers, 1999).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en un invernadero de cristal del Posgrado en Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Estado de México, localizado a 19° 29'LN y 98° 53'LO, con altitud de 2240 m, durante el periodo del 01 de junio al 30 de octubre de 2009. La medición de las variables morfológicas se hizo en el laboratorio de fisiología vegetal y de nutrición de frutales del Departamento de Fitotecnia. El análisis nutrimental involucro el proceso de muestras en el laboratorio de Nutrición Vegetal, del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Postgraduados, Montecillos, Estado de México.

4.2 Material vegetal empleado

Se empleo el híbrido comercial Lesley, pimiento tipo California, con color de fruto maduro amarillo-limón, conserva su color a pesar de alta luminosidad y calor, además presenta paredes gruesas del pericarpio y excelente calidad con larga vida de almacenamiento. Planta con entrenudos medios que se adapta bien a cultivo en casa sombra e invernadero. Resistencia a TM2 (Tomato Mosaic Virus, patotipo 2)

4.3 Concentraciones de solución nutritiva

Se evaluaron cuatro concentraciones de la solución nutritiva universal de Steiner (Steiner, 1984): 25, 75, 125 y 175 %.

Los tratamientos se prepararon a partir de soluciones concentradas, tomando en cuenta la solubilidad de las fuentes. Se emplearon fertilizantes comerciales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cantidad de fertilizantes para preparar 20 L de solución concentrada de cada fuente.

FUENTE	CONCENTRACIÓN	CANTIDAD (g)
Fosfato monopotásico	0.5 N	1360*
Sulfato de potasio	1 N	3480*
Sulfato de magnesio	1 N	2460*
Nitrato de potasio	1 N	2020*
Nitrato de calcio	2 N	4700*

*g/20 litros de agua purificada.

Cuadro 7. Cantidad de solución concentrada (mL) para preparar 1000L de solución nutritiva de Steiner, en las cuatro concentraciones evaluadas en el experimento.

Fuente	Concentración de solución nutritiva (%)			
	25	75	125	175
Fosfato de potasio	500	1500	2500	3500
Sulfato de potasio	1500	4500	7500	10500
Sulfato de magnesio	1000	3000	5000	7000
Nitrato de calcio	752	2300	3752	5252
Nitrato de potasio	1124	3376	5624	7876
Multi micro combi*	25	25	25	25
Bórax*	8	8	8	8

*g/1000L de Agua.

4.4 Unidad y diseño experimental

Consistió en una planta, desarrollada en una maceta de plástico de 35 x 35 cm. La distancia entre plantas fue 0.60 m y entre hileras de 1.2 m. Como sustrato se

utilizó espuma volcánica tezontle rojo con una granulometría entre 0.3 a 0.5 mm por partícula.

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones.

4.5 Caracteres en estudio

4.5.1 Morfológicos

Las plantas fueron evaluadas cada 21 días a partir del trasplante (ddt).

Diámetro de tallo (mm) medido 2.5 cm arriba del nudo cotiledonar.

Altura de la planta (cm), medida desde el nudo cotiledonar a la primera bifurcación y de este punto al meristemo apical más alto.

Número de bifurcaciones del tallo principal.

Número de hojas totalmente desplegadas por planta.

Área foliar (cm²) con integrador de área foliar Delta-TMK2.

Número de frutos por planta, cuando tenían un cm de diámetro, de éstos se registró peso fresco (g)

Peso seco de tallos, hojas y frutos (g) en la estufa a 70 °C durante 72 hrs.

Rendimiento, peso fresco de fruto comercial por planta (g).

El índice de cosecha se obtuvo al considerar el peso seco de los frutos respecto a la materia seca aérea total.

4.5.2 Nutrimientales

La determinación del contenido (%) de los nutrientes de interés se hizo cada 21 días, a partir de una mezcla de materia seca de todos los órganos, molidas a un tamaño de partículas menores a 2 mm, los elementos que fueron determinados fueron: Nitrógeno (%), con el método de Microkjeldahl y Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio (mg g^{-1}), por medio de espectrometría de ICP.

4.6 Análisis estadístico

A los datos obtenidos se aplicó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$).

Para analizar el comportamiento de variables morfológicas, la dinámica de crecimiento y de acumulación de nutrientes, se aplicó el modelo de regresión no lineal.

4.7 Análisis de crecimiento

Se usó el modelo logístico (Richard, 1959):

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

Donde:

y= Variable respuesta.

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

B= parámetro relacionado con la ordenada al origen

e= Base de logaritmo natural (2.718281828)

C=parámetro relacionado con el punto de inflexión

x= Días después de trasplante (ddt)

A partir de estos modelos se obtuvieron los índices de análisis de crecimiento de plantas.

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

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

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

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

Donde:

y' = Primer derivada de la variable respuesta

TAC= Tasa absoluta de crecimiento

TRC= Tasa relativa de crecimiento

TAN= Tasa de asimilación neta

RAF= Razón de area foliar

4.8 Manejo experimental

El trasplante se realizó el 01 de junio de 2009. Las plantas tenían cuatro hojas bien extendidas. Después del trasplante se aplicaron las soluciones correspondientes. En este tiempo se colocó Ground Cover para mejorar la reflexión lumínica. Durante los primeros 25 días se dieron cinco riegos (9:30, 11:30, 12:30, 14:30 y 16:30h); proporcionando 300 mL de solución nutritiva al día, hasta que apareció la primera bifurcación; posteriormente se incrementó el

volumen de riego a 500 ml por día, al llenado de fruto ascendió a un litro de solución por planta por día y durante la cosecha se aplicó 1.5 L de solución nutritiva por planta. En días con presencia de nubosidad disminuyó el número de riegos para evitar problemas de enfermedades.

Se tutoró en tipo espaldera. Los brotes debajo de la primera bifurcación fueron eliminados cuando tuvieron aproximadamente 2 cm de longitud, se cuantificó el peso seco. También se eliminó la flor de la primera bifurcación, al madurar los primeros frutos se eliminaron las hojas abajo de la bifurcación principal.

Antes de trasplante se realizó una aplicación con imidacloprid + bifentrin en las macetas, paredes, tinacos y los materiales que estaban dentro de los cubículos con el fin de eliminar ninfas y adultos de mosquita blanca, con dosis de 5 mL L⁻¹ de agua. Ocho días después de trasplante se realizó otra aplicación del mismo ingrediente activo a razón de 3 mL L⁻¹ de agua. A los 10 días se aplicó Fenpropatrin 1.5 mL L⁻¹, alternándolo con extracto de ajo 5 mL L⁻¹, tricarbóxilos orgánicos y sales potásicas 4 mL L⁻¹ para evitar presencia de trips. Cuando la humedad relativa fue superior a 75 % (días lluviosos), se realizaron aplicaciones preventivas de Cobre Pentahidratado (2 mL L⁻¹) en forma preventiva contra tizones y bacterias.

Para mejor representación, el experimento se dividió en nueve etapas; A: Bifurcación del tallo principal, B: Floración, C: Amarre y crecimiento de fruto, D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: cinco cortes a los 85, 101, 114, 127 y 142 ddt.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de crecimiento

5.1.1 Altura de la planta, número de bifurcación y diámetro de tallo principal

Con respecto a altura de planta, solo en 63 ddt se observó que 25 % tuvo menos expresión, donde fue superada por todas las concentraciones. En el resto de muestreos no se observaron diferencias en los tratamientos.

El diámetro de tallo solo presento diferencias significativas en tres muestreos donde 25 % fue superada por 125 % en los 42 y 63 ddt y por 75 % en 126 ddt.

En el caso de número de bifurcaciones las plantas que crecieron en la concentración a 25 % presentaron mayor numero de bifurcaciones que las desarrolladas en 125 % en 63 ddt y el numero de bifurcaciones en las plantas de la concentración a 75 % fue mayor que 125 % en 126 ddt, en el resto de los muestreos no se observaron diferencias significativas entre las medias de concentraciones para este carácter.

De acuerdo a lo anterior no se observo en estos caracteres morfológicos diferencias que pudieran predecir o declarar a alguna concentración con mayor efecto sobre plantas de pimiento morrón en comparación a las otras.

Cuadro 8. Comparación de medias de altura de la planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009

ddt	Concentración de la solución nutritiva (%)								DMS
	25		75		125		175		
Altura de planta (cm)									
21	14.90	a	16.63	a	18.00	a	17.76	a	8.83
42	35.83	a	40.76	a	46.10	a	41.16	a	17.94
63	38.73	b	55.90	a	59.73	a	51.90	a	10.9
84	51.73	a	54.23	a	59.86	a	51.86	a	15.19
105	50.83	a	53.96	a	61.00	a	54.50	a	19.59
126	66.16	a	66.50	a	65.93	a	59.90	a	19.12
147	79.66	a	76.50	a	77.16	a	65.83	a	21.05
Diámetro de tallo (cm)									
21	0.506	a	0.573	a	0.543	a	0.536	a	0.07
42	0.648	b	0.716	ab	0.800	a	0.760	ab	0.14
63	0.790	b	0.860	ab	1.056	a	0.983	ab	0.24
84	0.800	a	0.896	a	0.966	a	0.910	a	0.22
105	0.860	a	0.943	a	1.003	a	0.953	a	0.28
126	1.000	b	1.316	a	1.226	ab	1.233	ab	0.25
147	1.017	a	1.126	a	1.150	a	1.173	a	0.32
Numero de bifurcaciones									
21	0		0		0		0		0
42	2.333	a	3.333	a	3.666	a	3.666	a	1.69
63	5.666	b	6.666	ab	7.000	a	7.000	a	1.24
84	7.666	a	7.333	a	8.000	a	7.000	a	1.56
105	9.333	a	8.000	a	8.333	a	8.666	a	2.53
126	11.66	ab	12.00	a	10.00	b	10.33	ab	1.94
147	11.66	a	13.33	a	12.66	a	11.33	a	3.08

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

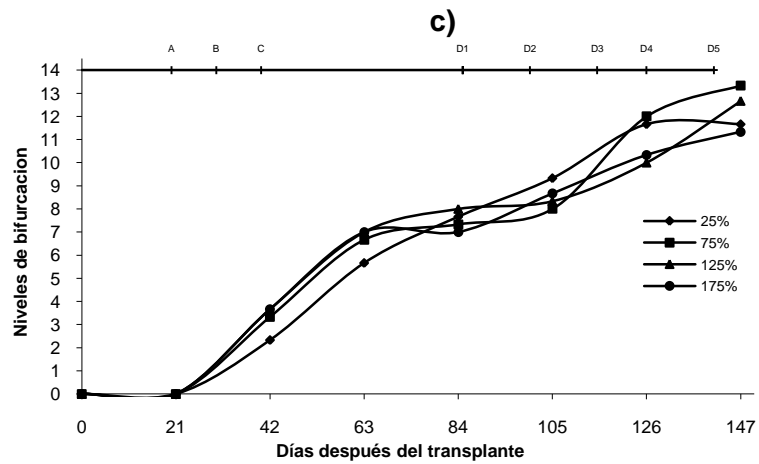
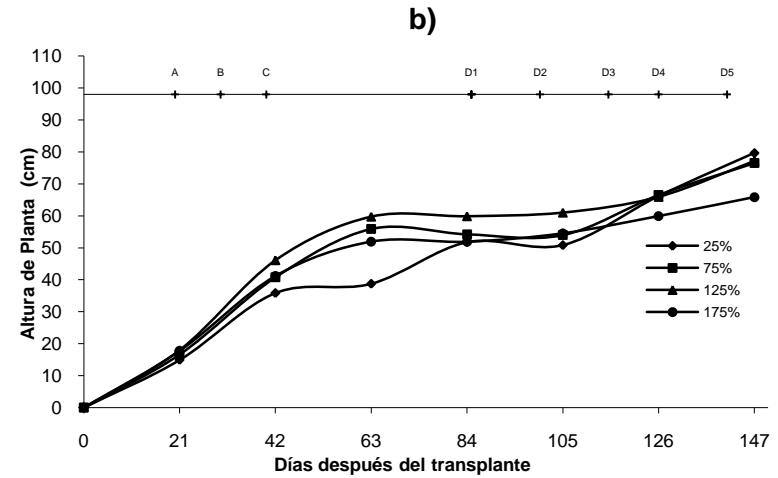
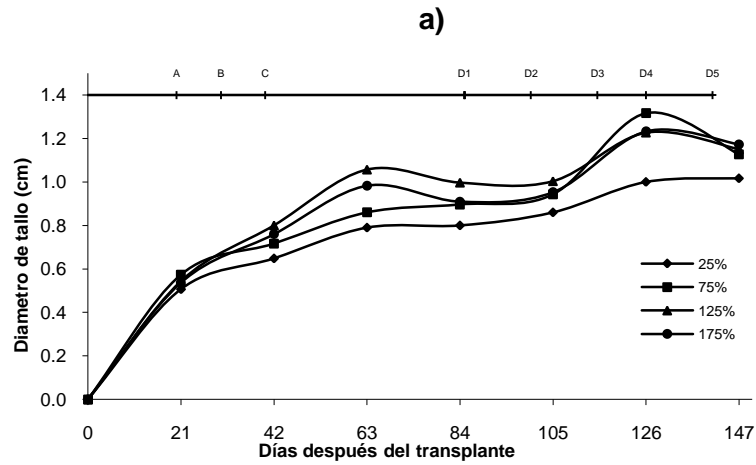


Figura 1. Variables morfológicas: a) Diámetro de tallo, b) Altura de planta, c) Numero de bifurcaciones A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009

Respecto a las variables; diámetro de tallo, niveles de bifurcación y altura de planta, las curvas muestran una tendencia doble sigmoideal en los cuatro tratamientos, con un crecimiento acelerado hasta el amarre y desarrollo del fruto (63 ddt), a partir de esta etapa hasta la aparición de nuevos brotes, el crecimiento se estabilizó debido al crecimiento del fruto en las primeras bifurcaciones, en esta etapa el desarrollo fue más reproductivo que vegetativo. El diámetro de tallo reanudó su crecimiento a los 126 ddt, cuando la planta inició la formación de estructuras foliares para el siguiente estrato de producción (Figura 1).

5.1.2 Número de hojas y área foliar

En número de hojas y área foliar, existió variación a los 63, 84 y 105 ddt en las plantas regadas con solución al 25 % donde fueron superadas por las demás concentraciones, a los 84 ddt, para las plantas regadas con solución al 75 %. Debido a que existe dependencia entre estas variables pues aun cuando el tratamiento uno tuvo menor número de hojas, éstas fueron de mayor tamaño lo que en etapas siguientes mantuvo el área foliar, sin ser significativamente menor. La concentración 125 % fue superior a los demás tratamientos en ambas variables a los 84 ddt, las plantas con más hojas y área foliar fueron las que crecieron bajo solución concentrada a 75 % (Cuadro 9), lo cual se vio reflejado en el tamaño de frutos y calidad debido a la mayor intercepción de luz y al metabolismo de estructuras fotosintéticas, debido a que la aparición de estas estructuras es afectada por las relaciones fuente demanda de la planta al haberse desarrollado a libre crecimiento, lo que es influenciado principalmente por la presencia de frutos y senescencia general como ocurre en otros cultivos (Gifford y Evans, 1981).

Cuadro 9. Comparación de medias de número de hojas y área foliar, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009

ddt	Concentración de solución nutritiva (%)								
	25		75		125		175		DMS
Numero de hojas									
21	12.33	a	15.33	a	12.67	a	12.00	a	6.61
42	32.33	a	37.67	a	44.33	a	47.00	a	24.55
63	49.67	b	85.33	a	102.67	a	86.33	a	26.87
84	64.67	c	78.00	bc	105.33	a	86.33	ab	21.51
105	77.33	a	117.67	a	113.33	a	106	a	59.01
126	164.67	a	174.67	a	184.67	a	171.67	a	45.72
147	201	a	226.00	a	213.67	a	201.33	a	81.87
Área foliar (cm²)									
21	290.15	a	493.89	a	451.68	a	400.71	a	210.21
42	921.5	a	1725	a	1754.9	a	2064.3	a	1181.4
63	1497.9	b	3749.9	a	4533.9	a	4320.2	a	1842.7
84	2321.9	c	3466.2	bc	5133.3	a	4252.8	ab	1495.7
105	2553.9	b	4627.4	ab	5406.8	a	4918.7	ab	2805.5
126	4180.1	a	6202.7	a	6361.6	a	6715.9	a	2706.1
147	5194	a	8272	a	7958	a	7870	a	3771.4

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

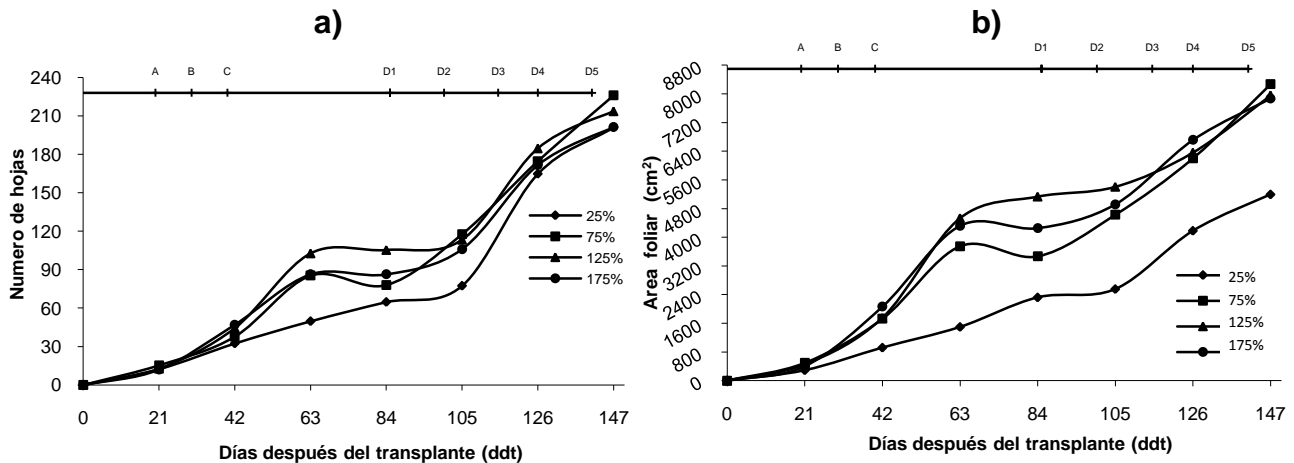


Figura 2. Variables morfológicas: a) Número de hojas, b) Área foliar; A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.

5.1.3 Rendimiento

5.1.3.1 Número, peso de frutos por planta e índice de cosecha

En peso de frutos por planta no existió variación entre las concentraciones usadas, se tuvo el mismo comportamiento en el rendimiento total; sin embargo el número de frutos en el tratamiento uno fue menor, aunque cabe mencionar que el tamaño de estos fue mayor. En el índice de cosecha no hubo variación entre los tratamientos (Cuadro 10).

Aunque estadísticamente no fue la más alta, la concentración al 75 % produjo en las plantas buen rendimiento, debido a que incremento el área foliar y la cantidad de estructuras fotosintéticas, permitiendo sintetizar más carbohidratos que fueron translocados al fruto, también es recomendable usarla por lo económico (Cuadro 10).

Cuadro 10. Comparación de medias de peso por planta (g), número de frutos, rendimiento total e índice de cosecha, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009

Concen tración	PESO POR PLANTA (g)					No. de Frutos	Total (g)	IC
	CORTES (D)							
	1°	2°	3°	4°	5°			
25 %	474.6 A	192.6 A	149.5 A	172.6 A	357.42 A	9.12 B	1346.9 A	0.63 A
75 %	499.21 A	392.5 A	358.1 A	183.33 A	534.08 A	14.75 A	1967.2 A	0.65 A
125 %	447.17 A	462.4 A	294.2 A	203.1 A	335.8 A	14.65 A	1742.6 A	0.58 A
175 %	376.88 A	394.4 A	400 A	240.17 A	417.2 A	14.62 A	1828.7 A	0.63 A
DMS	189.5	297.33	277.89	283.55	288.43	3.02	620.72	0.16

IC: Índice de cosecha; DMS: Diferencia mínima significativa, Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

El peso del fruto fue bajo debido a que se cosecharon en color amarillo y en este estado el pericarpio estaba delgado.

El número de frutos fue estadísticamente menor en las plantas regadas con la concentración a 25 % debido al bajo abastecimiento nutrimental.

Las plantas tratadas con las soluciones a 75, 125 y 175% presentaron el mismo número de frutos, por lo que el de 75 % resulta económicamente el mejor por el bajo consumo en fertilizantes para preparar solución nutritiva.

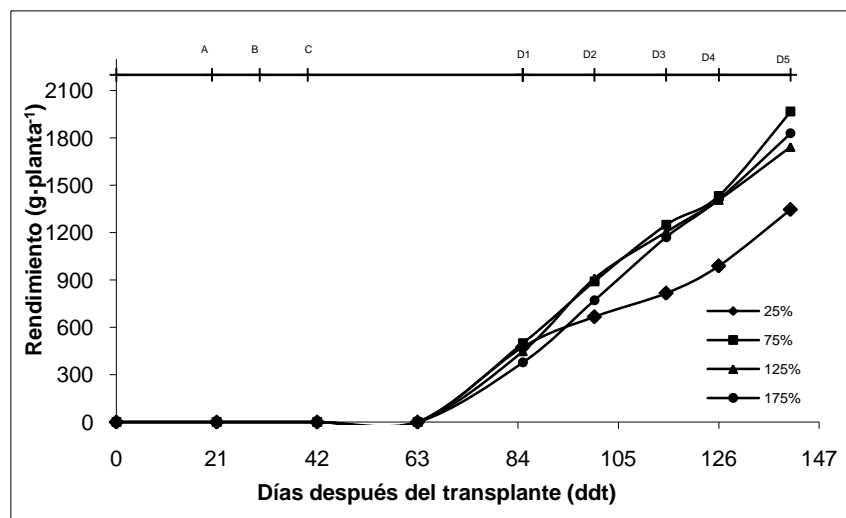


Figura 3. Rendimiento del primer estrato de producción del cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

5.1.4 Distribución de materia seca aérea

Las plantas sometidas al tratamiento uno fueron diferentes a los demás en materia seca de tallo, hojas y frutos, a 63 y 84 ddt cuando inició el crecimiento del fruto, pues la mayoría de los foto asimilados fueron dirigidos hacia éstos. Las plantas establecidas con el tratamiento tres presentaron mayor valor debido a que se desarrollaron en un medio con mayor disponibilidad nutrimental en comparación con el tratamiento uno.

En hojas la solución al 25 % siempre presentó la menor cantidad de hojas con respecto a las otras concentraciones.

Con respecto a frutos a los 63 y 105 ddt la solución al 25 % fue superada por los demás tratamientos, en los siguientes muestreos fueron estadísticamente iguales.

En general la solución al 25 % mostró menor acumulación de biomasa, aunque hasta los 42 ddt fue estadísticamente igual a las otras concentraciones, por lo que es posible regar con esta solución durante los primeros 42 días.

Cuadro 11. Comparación de medias de acumulación de materia seca en hojas, tallos, frutos y total durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley. Chapingo, México 2009.

ddt	Concentración (%)								DMS
	25		75		125		175		
TALLOS (g)									
21	0.48	a	0.82	a	0.7533	a	0.7033	a	0.5211
42	3.267	a	4.500	a	5.233	a	5.767	a	4.0957
63	4.167	b	11.933	a	14.533	a	11.967	a	7.2912
84	7.667	c	10.50	bc	14.467	a	11.567	ab	3.6553
105	10.767	a	13.733	a	17.900	a	16.967	a	12.37
126	10.692	a	21.58	a	18.207	a	22.127	a	21.549
147	18.013	a	17.100	a	16.047	a	18.277	a	8.4635
HOJAS (g)									
21	0.72	a	1.2333	a	1.1333	a	1.05	a	0.7767
42	3.600	b	6.967	ab	7.300	ab	9.433	a	4.853
63	5.967	b	15.4	a	21.467	a	18.800	a	8.1025
84	10.867	c	16.267	bc	25.067	a	20.367	ab	6.0489
105	12.543	b	22.540	ab	28.417	a	26.707	a	12.48
126	21.710	b	33.307	a	38.55	a	37.640	a	10.346
147	24.743	b	42.240	a	43.317	a	43.940	a	15.54
FRUTOS (g)									
21	0		0		0		0		0
42	0.8667	a	1.0333	a	1.1333	a	0.9333	a	0.996
63	17.200	b	33.500	ab	33.900	ab	38.700	a	19.016
84	47.987	a	57.533	a	57.467	a	53.067	a	20.939
105	15.62	b	55.77	a	70.13	a	63.96	a	37.037
126	34.43	a	58.59	a	55.03	a	70.13	a	41.321
147	57.34	a	81.61	a	78.05	a	75.35	a	37.85
TOTAL(g)									
21	1.20	a	2.0533	a	1.8867	a	1.7533	a	1.2977
42	7.733	a	12.500	a	13.667	a	16.133	a	9.436
63	27.33	b	60.833	a	69.900	a	69.467	a	29.061
84	66.521	b	84.300	ab	97.013	a	85.00	ab	26.474
105	38.93	b	92.04	ab	116.43	a	107.63	a	53.611
126	66.83	b	113.48	a	111.79	a	129.89	a	40.795
147	100.09	a	140.95	a	137.41	a	137.56	a	53.031

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

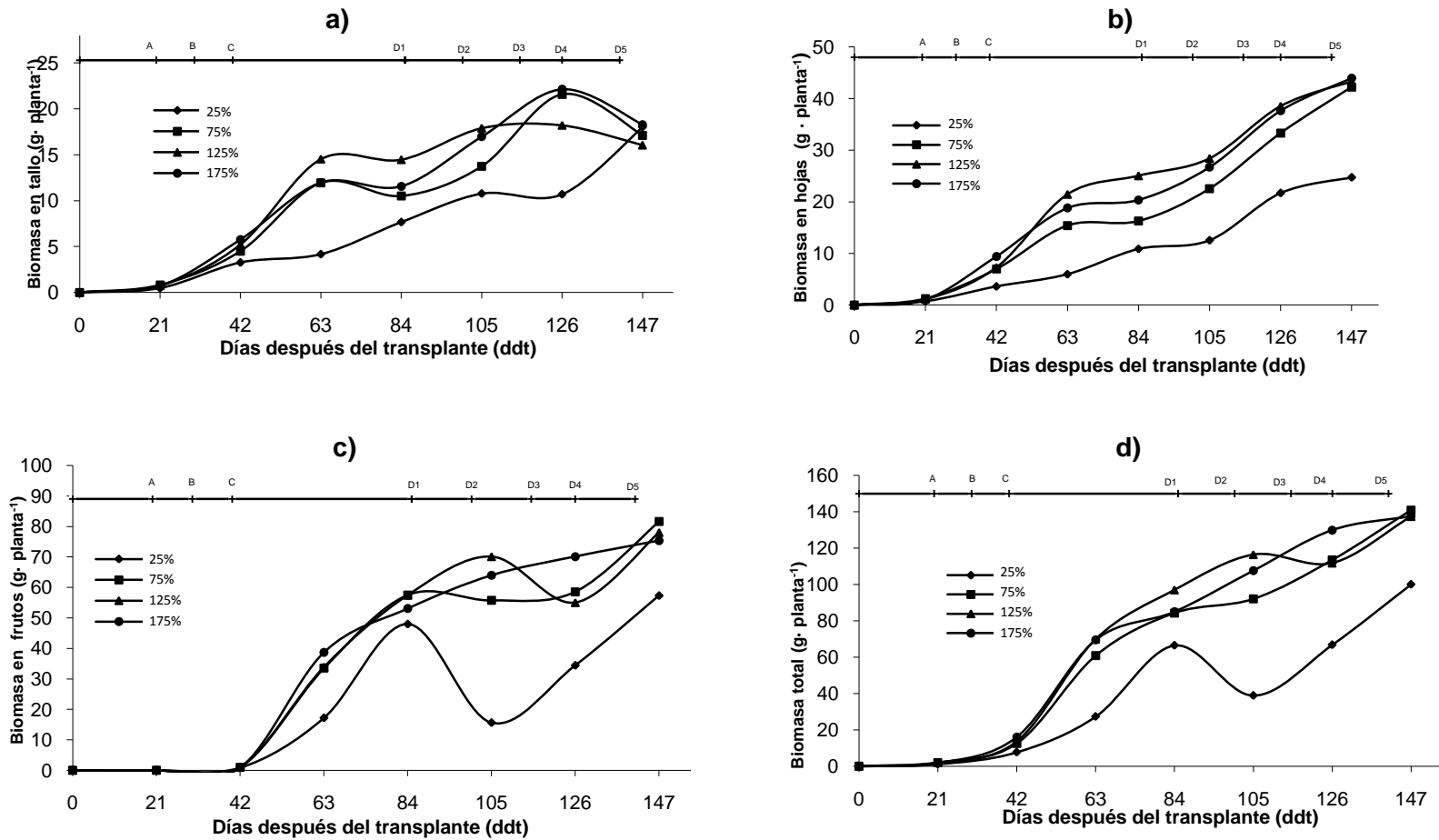


Figura 4. Materia seca en a) Tallo, b) Hojas, c) Frutos y d) Total, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento, D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

De acuerdo con el comportamiento fenológico la distribución de materia seca en hojas y tallo se desarrolló de forma similar en las cuatro concentraciones de solución nutritiva; sin embargo, en cuanto la acumulación de biomasa en frutos y total, el tratamiento dos acumuló más en el primer corte (84 ddt) y en el siguiente corte decreció significativamente (hasta 15 g.planta⁻¹). Esto se atribuye a que en el primer corte los frutos fueron de mayor tamaño por lo que para el segundo corte la materia seca se distribuyó en tallos y hojas, pero en los siguientes cortes la biomasa se canalizó nuevamente a los frutos.

5.1.4.1 Distribución de materia seca por órgano.

La distribución de materia seca por órgano en la etapa vegetativa inicial se concentra en tallos y hojas a excepción del tratamiento uno el cual resultó con madurez precoz, la formación de frutos inicio antes que los otros tratamientos por lo que a los 45 ddt ya representaban 12% del total de biomasa. Para la etapa productiva en los cuatro tratamientos la materia seca se concentro en frutos por arriba de 50% del total de la biomasa (Cuadro 12).

Cuadro 12. Distribución relativa de la materia seca total por órgano a los 45 y 142 ddt, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

VARIABLE	Concentración (%)							
	25		75		125		175	
	45 ddt	142 ddt	45 ddt	142 ddt	45 ddt	142 ddt	45 ddt	142 ddt
	% DE MATERIA SECA							
Tallo	41	18	36	13	38	12	36	13
Hoja	47	25	56	30	54	31	58	32
Fruto	12	57	8	57	8	57	6	55
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

ddt: días después de trasplante

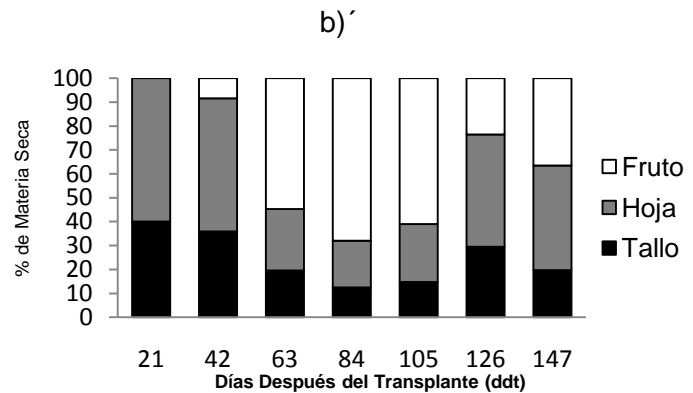
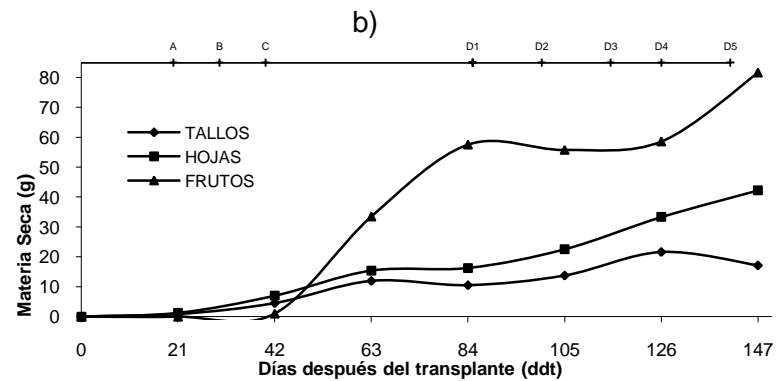
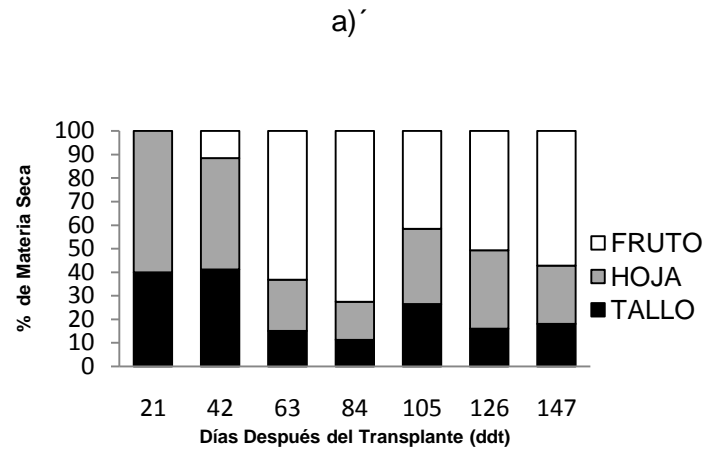
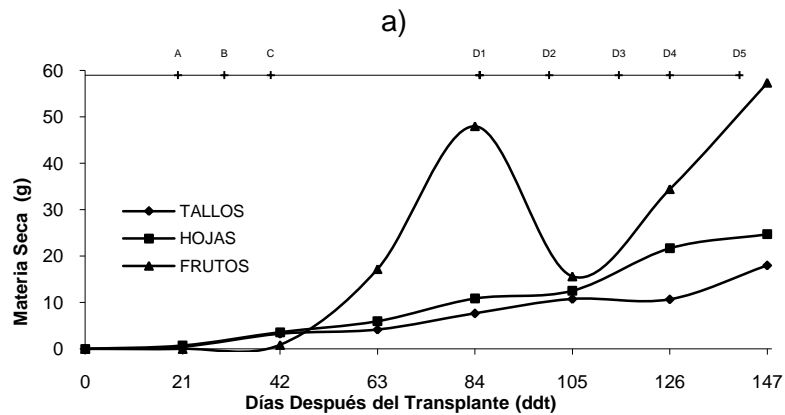


Figura 5. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano a) y a)´ corresponden a la solución al 25 %; b) y b)´ corresponden a la solución al 75 %, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

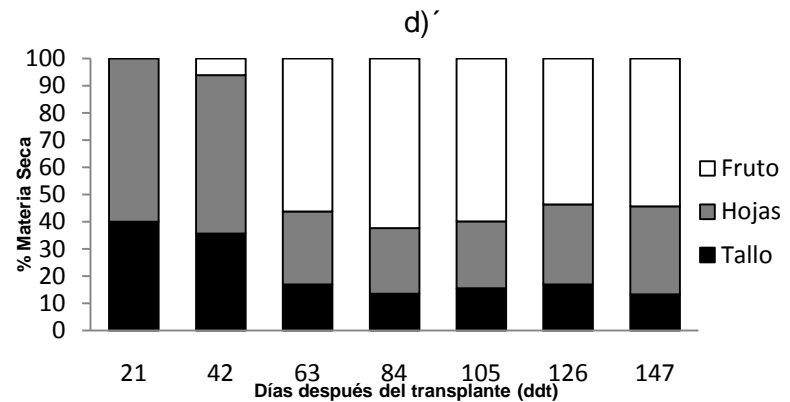
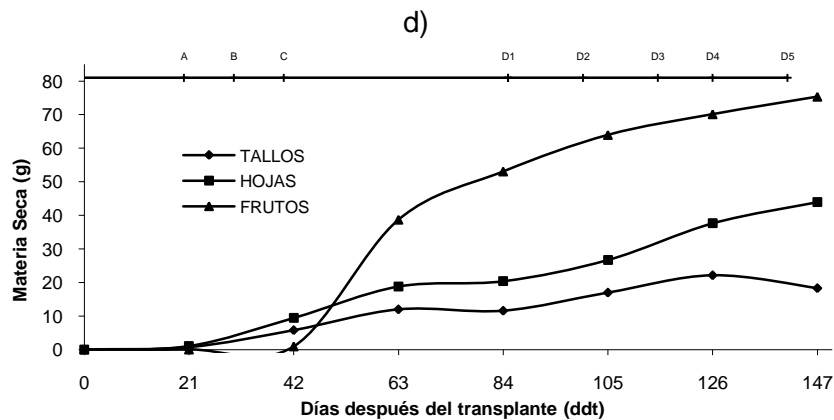
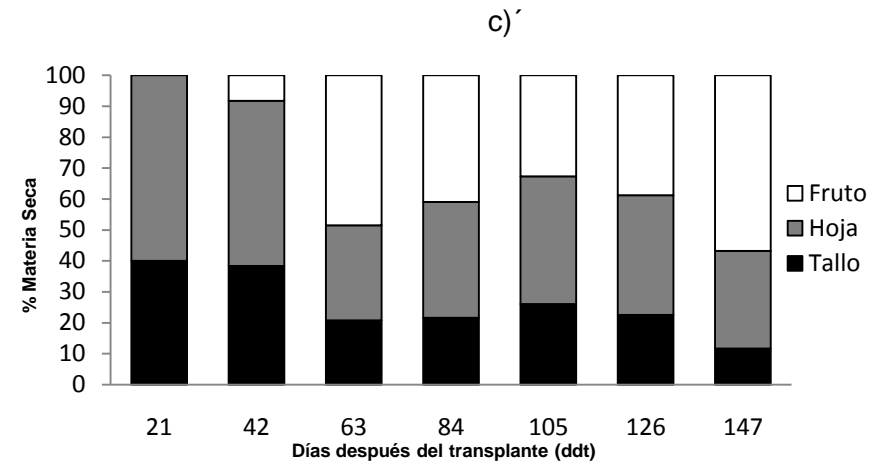
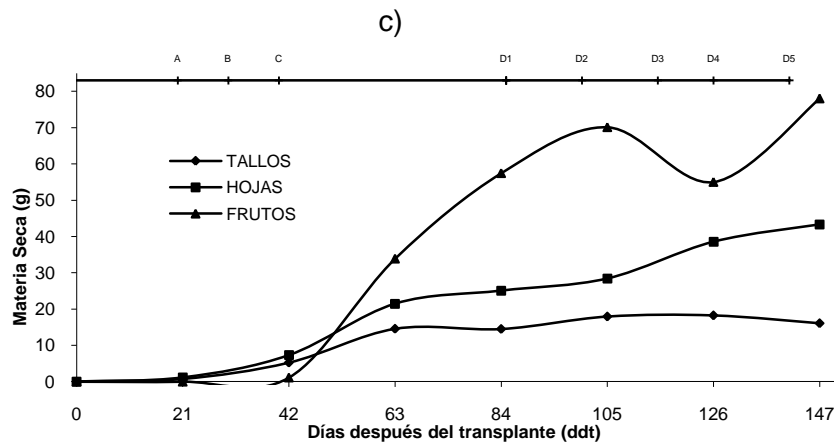


Figura 6. Acumulación y distribución relativa de la materia seca total por órgano c) y c') corresponden a la solución al 125 %; d) y d') corresponden a la solución al 175 %, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

5.1.5 Tasas de crecimiento de cultivo

5.1.5.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

La tasa de crecimiento fue lenta hasta los primeros 42 ddt en los cuatro tratamientos, periodo durante el cual las plantas se adaptaron y formaron las estructuras de fijación e interceptación de radiación. De 42 a 84 ddt la TAC fue progresiva hasta llegar al máximo. Las plantas sometidas a las concentraciones 125 y 175 % alcanzaron rápido el máximo punto de crecimiento a 78 y 79 ddt, aunque ninguno de éstos fue el que mayor biomasa acumuló por día. Las plantas sometidas a la concentración 25 y 75 % obtuvieron su máxima TAC a 83 y 85 ddt, probablemente lo tardío fue causa de la restricción que existió en la disponibilidad de nutrimentos; sin embargo, el valor más alto de crecimiento fue $2.6859 \text{ g}\cdot\text{dia}^{-1}$ correspondiendo a la solución nutritiva de 75 % seguido muy cerca del T4 con $2.6388 \text{ g}\cdot\text{dia}^{-1}$ (Figura 7a).

Las plantas regadas con la concentración 125 y 175 % tienen ventajas con respecto a las demás, pues al alcanzar más rápido sus máximas TAC, se hacen más eficientes en el consumo de agua, nutrimentos, radiación disponible ya que en un sistema de producción intensiva es importante el uso eficiente de espacio y tiempo para la producción de frutos.

5.1.5.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC)

Después de alcanzar los valores máximos de TRC (0 a 40 ddt), éstos tendieron a disminuir rápidamente, ningún tratamiento mantuvo una tasa promedio constante en la acumulación de materia seca total en función del peso seco acumulado hasta ese momento (Figura 7b). Este comportamiento de la TRC es típico ya que presenta valores altos al principio del ciclo de cultivo debido al crecimiento acelerado y a la gran división celular que se presenta en esta etapa, y a medida que pasa el tiempo decrece ésta hasta llegar a cero al final del cultivo.

La TRC a diferencia de la TAC, los valores se incrementaron en las primeras etapas de crecimiento, mientras que en la TAC los valores más altos fueron obtenidos en las etapas finales; esto se atribuye a que en las etapas iniciales se presentó una acelerada división celular con respecto a una cantidad pequeña de biomasa presente hasta ese momento y fue en la etapa de diferenciación floral.

Las plantas regadas con la concentración a 25 % en un inicio crecieron más rápido lo cual muestra que las plantas de pimiento crecen mejor en una Solución Nutritiva diluida al 25 %, aunque este tratamiento fue el que decreció más rápidamente su TRC en las siguientes etapas.

La concentración al 75 % presentó buen comportamiento pues al inicio su TRC se mantuvo cercana a la de los otros tratamientos pero en la etapa de decremento, el valor no llegó al nivel más bajo observado al seguir ganando materia seca con respecto a la que tenía acumulada en ese momento.

5.1.5.3 Tasa de asimilación neta (TAN)

El punto máximo de ganancia de peso por m^2 por día apareció a los 65 ddt, momento en el que la estructura fotosintética formada canalizó fotoasimilados al crecimiento y peso de frutos, ganó biomasa en forma significativa. Este comportamiento de la TAN de valores máximos en un principio es normal en las especies de chile poblano (Martinez, 2006), manzano (Barraza, 2000) y mirador (Antonio, 2000) con valores máximos en las primeras etapas de desarrollo y posteriormente el valor decrece aunque aparezcan hojas nuevas, las fotosintéticamente activas son sombreadas lo que impide su funcionamiento total; del mismo modo las hojas interiores del dosel no reciben suficiente radiación lo que provoca que no fotosintetizen eficientemente. Lo anterior concuerda con lo que encontraron Gardner *et al.* (1990), quienes mencionan que la ganancia de materia seca por unidad de área foliar decrece en la medida que salen nuevas hojas, debido al sombreadamiento recíproco (Figura 7c).

Durante los primeros 65 ddt las plantas manejadas con la concentración 25 %, fueron las que mostraron mayor ganancia neta de peso seco por unidad de área foliar; esto sugiere que para las primeras etapas del morrón no es tan necesario gran suministro de nutrimentos. Este tratamiento también produjo hojas con mayor área foliar.

Las plantas sometidas a las concentraciones 75, 125 y 175 %, presentaron su TAN de manera similar entre ellas (Figura 7c).

5.1.5.4 Razón de área foliar (RAF)

La concentración del 175 % fue la que produjo mayor RAF hasta $207.656 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$.

A medida que transcurrió el tiempo la RAF decreció hasta el inicio de la cosecha donde se mantuvo constante ($59.9515 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$). Este comportamiento fue similar en los otros tratamientos. La concentración del 25 % siempre se mantuvo por debajo de los demás (Figura 7d).

Este comportamiento se atribuye a que la formación de materia seca fue más rápida en los tratamientos regados con solución nutritiva más concentrada, lo cual permitió a la planta formar mayor área foliar en virtud de que la oferta de nutrimentos fue suficiente.

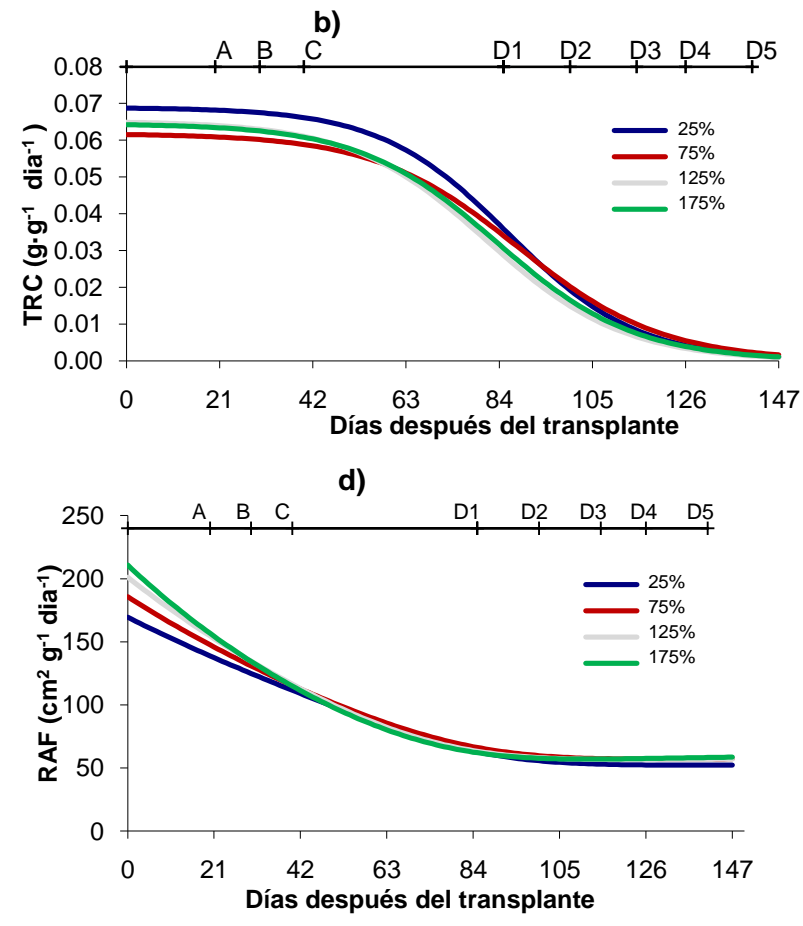
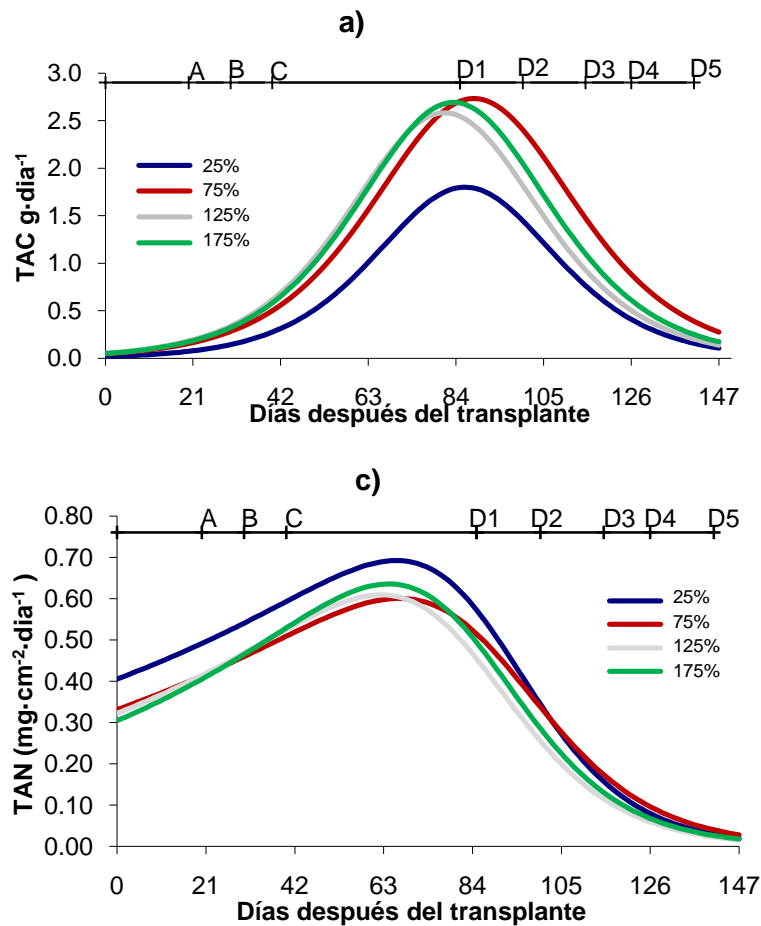


Figura 7. a) Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), b) Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), c) Tasa de Asimilación Neta (TAN) y d) Relación de Área Foliar (RAF), durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

5.2 Dinámica nutrimental

Si se considera que la demanda nutrimental de cada cultivo tiene como base la capacidad de absorber nutrimentos para obtener un rendimiento considerable y satisfactorio por medio de la producción y acumulación de materia seca (Tallos, Hojas, Flores y Frutos), las Solanáceas absorben gran cantidad de nutrimentos la cual depende de la capacidad para acumular materia seca producida, influenciada por variables genéticas y ambientales (Grageda, 1999; Hedge, 1997)

Cuadro 13. Requerimientos nutricionales por planta en cada tratamiento para producir una tonelada de fruto, en el cultivo de pimiento morrón cv, Lesley. Chapingo, México, 2009

Nutrimento	Concentración (%)			
	25	75	125	175
	Kg			
N	2.5	2.4	2.9	2.7
P	0.2	0.2	0.2	0.3
K	3.4	2.3	1.7	1.7
Ca	0.6	0.5	0.6	0.5
Mg	0.4	0.4	0.5	0.4
	Peso por planta (g)			
	1349.6 a	1967.2 a	1742.6 a	1828.7 a

Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

Estadísticamente las cuatro concentraciones provocaron igual comportamiento en rendimiento en las plantas, aunque con mayor valor fueron las que crecieron con la concentración a 75 %; sin embargo, no fueron las que extrajeron mayor cantidad de

nutrimentos, debido a que crecieron en condiciones de baja disponibilidad nutrimental. Por lo anterior la concentración a 75 % se puede usar para fines de producción comercial por lo económico que resulta su elaboración.

5.2.1 Nitrógeno

El contenido de N en la biomasa aérea total de las plantas presentó variación a los 84, 126 y 147 ddt (Cuadro 19).

Las plantas desarrolladas en las concentraciones de 25, 125 y 75 % a 84 ddt mostraron valores más bajos de nitrógeno que las plantas del tratamiento a 75 % de la concentración de la solución nutritiva, el cual presentó el valor más alto dentro de los niveles de suficiencia según Arcos *et al.* (1998) y Jones *et al.* (1991), quienes mencionan que los valores de concentración de N en el tejido foliar varía de 1.5 a 6 %, con un intervalo de suficiencia de 3 a 5 %.

Al presentarse la floración (35 ddt) el contenido de nitrógeno fue estadísticamente igual para los cuatro tratamientos, con valores que van de 2.5 a 3.2 %. Al iniciar la fructificación, etapa de cuajado y llenado de frutos (63 ddt), el contenido de nitrógeno fue estadísticamente igual en los cuatro tratamientos con valores que van de 2.3 a 3 %. En términos de la producción comercial a 105 ddt las concentraciones fueron estadísticamente iguales con valores que oscilan entre 2.5 y 3 % (Cuadro 19).

Después de 126 ddt inició el segundo estrato de producción y se reflejó en aumento del contenido de nitrógeno, ya que aparecieron nuevos brotes de crecimiento con nuevas bifurcaciones y nuevas flores (Cuadro 19). Lo anterior es similar a los

valores reportados por Piggott (1988), quien reporta 3 a 4.5 % en etapa vegetativa intermedia y 2.9 a 4.6 % al inicio de fructificación para especies de *Capsicum annuum*, 4.6 % al inicio de la etapa vegetativa, 3.09 % al inicio de la fructificación y 2.35 % al final del ciclo.

Cuadro 14. Comparación de medias del contenido y extracción de N en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009

ddt	Concentración de la solución nutritiva (%)								DMS
	25		75		125		175		
Contenido de N (%)									
21	3.04	a	3.00	a	2.9933	a	3.06677	a	0.8272
42	3.1933	a	3.2567	a	2.5733	a	2.890	a	1.1782
63	2.9167	a	3.0367	a	2.600	a	2.3867	a	0.7269
84	2.550	b	2.880	a	2.480	b	2.43333	b	0.2813
105	2.9533	a	3.0000	a	2.9400	a	2.5467	a	0.643
126	3.0267	b	3.1867	ab	3.4067	ab	3.6767	a	0.6091
147	3.4000	ab	3.29667	b	3.6200	a	3.6400	a	0.3164
Extracción de N (g-planta⁻¹)									
21	0.03333	a	0.06333	a	0.05667	a	0.05333	a	0.0408
42	0.250	a	0.4066	a	0.3500	a	0.4666	a	0.345
63	0.7967	a	1.8633	a	1.8100	a	1.6633	a	1.1195
84	1.6967	a	2.4400	a	2.4067	a	2.0567	a	0.8371
105	1.1433	b	2.7933	ab	3.4733	a	2.7433	ab	2.0588
126	2.0633	b	3.6133	a	3.8333	a	4.7533	a	1.1539
147	3.400	a	4.6633	a	4.9833	a	5.000	a	1.9336

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales con Tukey $\alpha \leq 0.05$.

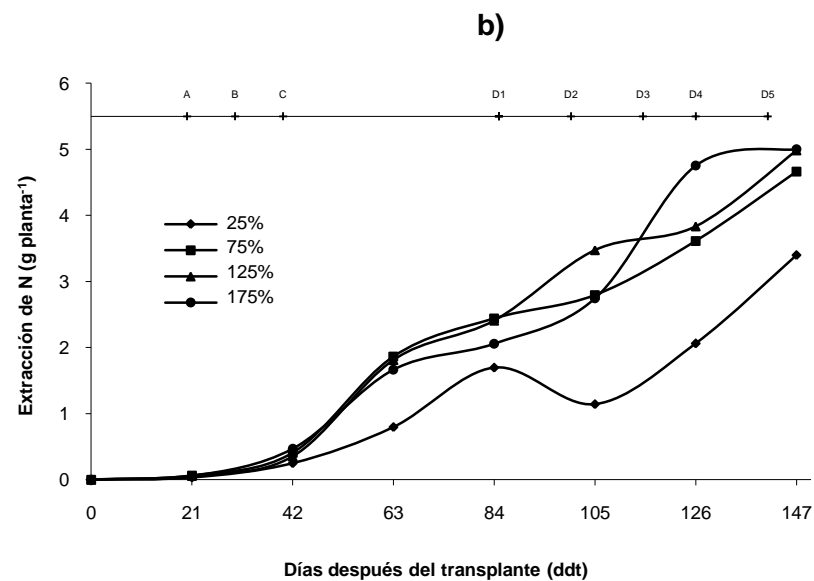
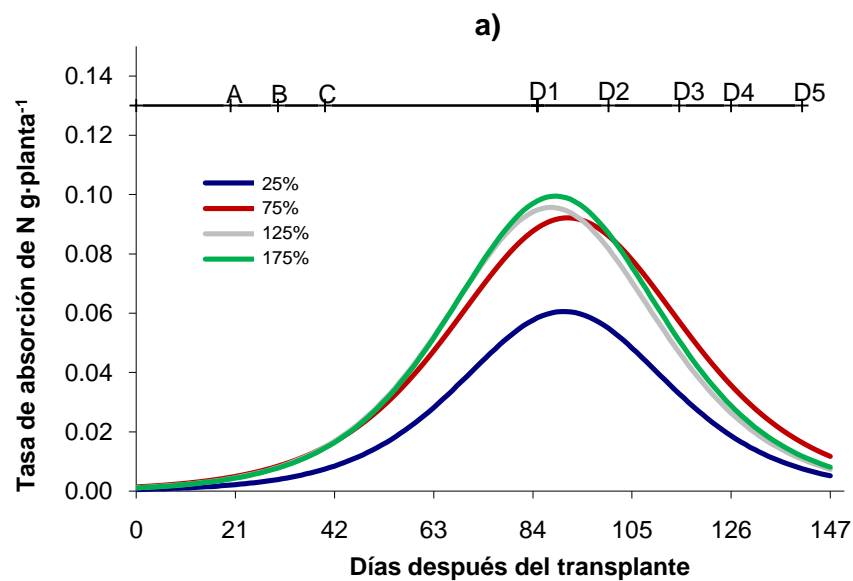


Figura 8. a) Tasa de absorción y b) Extracción de N, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

Los datos de extracción de nitrógeno mostraron variación en 105 y 126 ddt, donde las plantas desarrolladas en la concentración a 25% extrajeron menor cantidad de N. Esto sugiere la posibilidad de que hasta 84 ddt las plantas pueden abastecer su requerimiento de N con una solución nutritiva diluida a 25 %.

La tasa de absorción de nitrógeno representa la velocidad de absorción, esta representación gráfica puede mostrar el momento en que el cultivo demanda la mayor cantidad de este elemento, la cual se debe tomar en cuenta dentro de los programas de manejo nutrimental en los sistemas de producción de pimiento morrón (Figura 8a).

Las plantas tratadas con solución a 175 % absorbieron mayor cantidad de N hasta los 100 ddt, momento en que las plantas de la concentración al 75 %, absorbieron más que las del 175 %. Las plantas desarrolladas en las concentraciones 125 y 175 % alcanzaron el punto máximo de absorción de manera similar a 84 y 86 ddt, con valores de 0.0970 y 0.0986 g planta⁻¹ día⁻¹, respectivamente, por otro lado las plantas que crecieron en concentraciones de 25 y 75 % alcanzaron el punto máximo de absorción en tiempos similares (89 y 88 ddt) aunque con los siguientes valores: 0.0606 y 0.0911 g planta⁻¹ día⁻¹ respectivamente. Las plantas regadas con la solución concentrada a 75 % fueron las que tuvieron el máximo rendimiento. La concentración de 25 % produjo en las plantas la menor tasa de absorción durante todo el ciclo.

5.2.2 Fósforo

El fósforo representa 0.15 a 1.0 % del peso seco de muchos cultivos, con valores de suficiencia de 0.2 a 0.4 % en hojas recientemente maduras (Jones *et al.*, 1991).

La concentración a 25 % presentó los valores mínimos aceptables. Sin embargo, no se apreciaron deficiencias nutrimentales visibles en las plantas irrigadas con la solución de 25 %; del mismo modo las plantas desarrolladas con la concentración a 75% en la etapa de amarre y llenado de fruto presentaron valores alrededor de 0.1733 %, por debajo del rango permisible de contenido de fósforo.

Las plantas desarrolladas en las concentraciones de 125 % y 175 % en todas las etapas de desarrollo presentaron niveles de suficiencia con 0.34 y 0.33 %.

En la etapa de madurez comercial la concentración de fosforo en las plantas regadas con el tratamiento uno fue estadísticamente menor (Cuadro 20), aunque en esta etapa fue estadísticamente igual al tratamiento dos el cual presento mayor rendimiento.

En el inicio de la cosecha y hasta el tercer corte, las plantas desarrolladas en la concentración de 75 y 125 % extrajeron menos fósforo en comparación con las plantas regadas con la solución a 175 y 25 % (Cuadro 20). Esto se puede atribuir a que en esta etapa de desarrollo la planta inició el segundo estrato de producción. Las plantas de la concentración a 25 % fueron las primeras en llegar a madurez comercial posiblemente debido al bajo aporte nutrimental de fosforo.

Cuadro 15. Comparación de medias del contenido y extracción de P en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

ddt	Concentración de la solución nutritiva (%)				DMS
	25	75	125	175	
Contenido de P (%)					
21	0.28667 a	0.26 a	0.3300 a	0.3400 a	0.0828
42	0.16667 a	0.14667 a	0.19333 a	0.330 a	0.2316
63	0.15667 a	0.09667 a	0.18333 a	0.21333 a	0.139
84	0.10667 b	0.17333 b	0.17333 b	0.32333 a	0.1453
105	0.15667 a	0.15000 a	0.2000 a	0.30000 a	0.2023
126	0.25667 a	0.35333 a	0.3400 a	0.3300 a	0.1412
147	0.2533 a	0.3433 a	0.3200 a	0.3433 a	0.1358
Extracción de P (g-planta⁻¹)					
21	0.00343 a	0.00530 a	0.00623 a	0.00593 a	0.004
42	0.0126 a	0.0192 a	0.0260 a	0.05537 a	0.0497
63	0.04270 a	0.06297 a	0.12810 a	0.14377 a	0.1014
84	0.07280 b	0.1440 b	0.1679 ab	0.27367 a	0.1244
105	0.6403 b	0.1361 ab	0.2303 ab	0.32407 a	0.2218
126	0.17713 b	0.4023 a	0.3891 a	0.43037 a	0.2062
147	0.2542 a	0.4864 a	0.43377 a	0.46523 a	0.2817

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

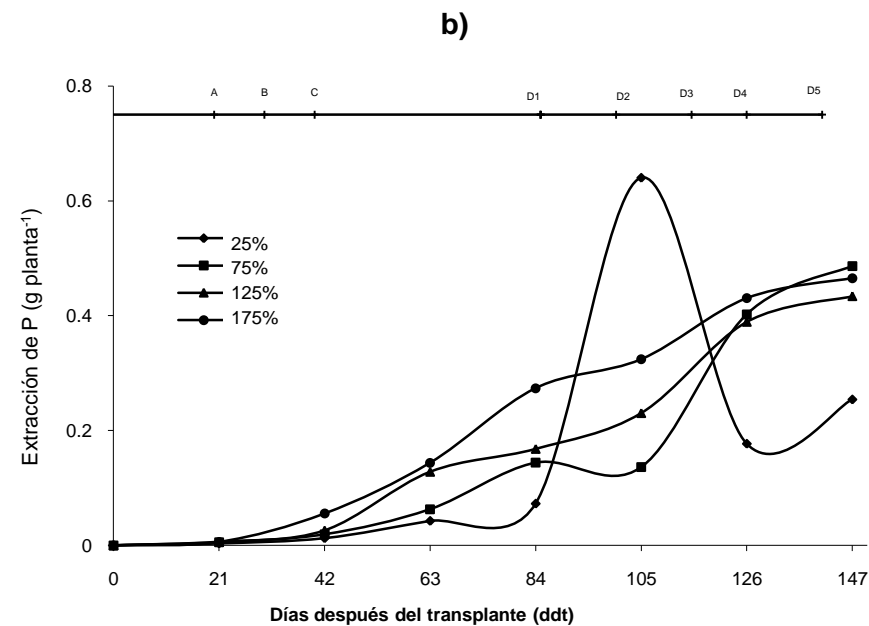
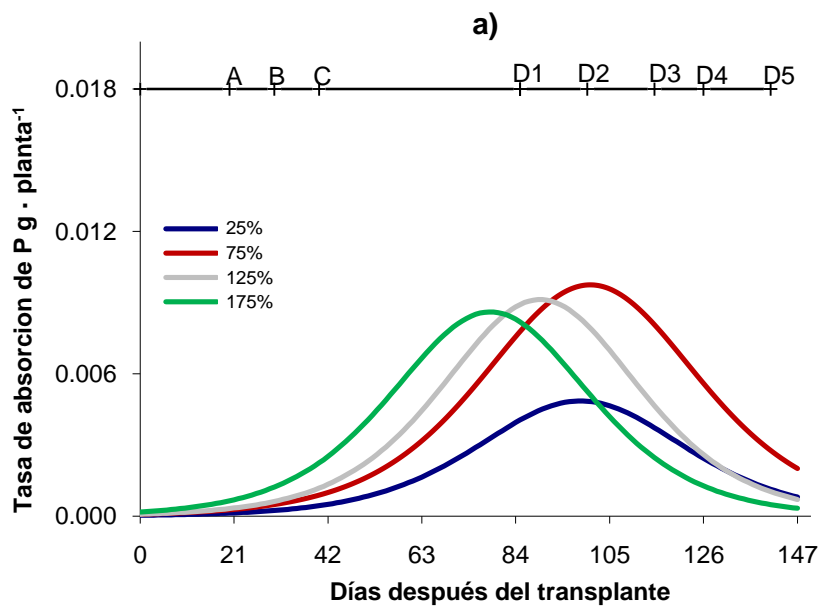


Figura 9. a) Tasa de absorción y b) Extracción de P, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

Con respecto a la tasa de absorción de fósforo, las plantas desarrolladas en la concentración de 75 % presentaron un máximo valor de $0.0097 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ a partir del inicio de cosecha (98 ddt) (Figura 9a). Este comportamiento probablemente obedece a que las condiciones de balance iónico y conductividad eléctrica de la solución nutritiva a 75 %, favorecieron el adecuado funcionamiento del sistema de absorción y transporte de la planta, lo que permitió mejor desarrollo (Thomson y Bolger, 1993).

5.2.3 Potasio

En la etapa de bifurcación del tallo principal, el contenido de potasio fue de 0.52 a 0.85 % para los cuatro tratamientos, al inicio de la floración la solución a 25 % provocó en las plantas menor valor en el contenido de potasio.

Al inicio del cuajado de frutos el contenido de potasio en la planta fue estadísticamente igual en las cuatro concentraciones con valores de 3.2 a 4.7 %, debido a que durante este proceso se lleva a cabo el crecimiento y llenado de frutos, la planta demandó mayor cantidad de potasio.

A 147 ddt las plantas que presentaron más contenido de potasio fueron las regadas con solución a 25 y 75 % (Cuadro 16), debido al potencial osmótico de las concentraciones anteriores la energía libre del agua permitió mejor absorción y conducción de los nutrimentos en la planta. Lo anterior se vio reflejado en frutos de mayor tamaño.

El contenido de potasio en la biomasa del pimiento morrón durante la etapa vegetativa fue de 0.51 a 4.74 % y en la etapa reproductiva de madurez comercial fue de 2.9 a 4.5 %. Esto coincide con lo reportado por Jones (1991) quien reporta en hojas de pimiento de 4 a 6 %. Aunque algunos valores se mantuvieron en límite inferior algunos también fueron superiores a lo óptimo.

Respecto a la extracción, Burgueño (1995) y Morales (1999) reportan valores altos de potasio en especies del género *Capsicum* hasta de 10 kg para producir una tonelada de fruto. En este trabajo los valores resultaron abajo del límite inferior, pues para producir una tonelada de producto fresco basta que la planta pueda extraer de 1.7 a 3.4 kg de nutrimento potasio por tonelada de fruto. Siendo la concentración a 25 y 75 %, las que provocaron en las plantas mayor extracción de potasio (Cuadro 16).

Cuadro 16. Comparación de medias del contenido y extracción de K en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

ddt	Concentración de la solución nutritiva (%)								DMS
	25		75		125		175		
Contenido de K (%)									
21	0.520	d	0.59	c	0.7400	b	0.8500	a	0.0356
42	0.513	b	4.740	a	3.220	ab	3.763	ab	4.2225
63	3.7267	a	3.0567	a	3.6333	a	3.5000	a	2.9818
84	3.920	a	3.543	a	4.323	a	4.600	a	3.5275
105	2.9800	a	3.6867	a	4.5367	a	2.8700	a	2.6376
126	2.9000	a	2.280	a	2.787	a	3.097	a	3.8054
147	4.5033	a	3.1267	ab	2.1967	b	2.2833	b	1.5524
Extracción de K (g-planta⁻¹)									
21	0.00623	b	0.01213	ab	0.01396	ab	0.01490	a	0.0083
42	0.0408	a	0.6030	a	0.4553	a	0.6044	a	0.7856
63	1.0283	a	1.8703	a	2.5778	a	2.4908	a	1.9524
84	2.6506	a	3.1109	a	4.1705	a	3.8101	a	3.2678
105	1.0973	b	3.4024	ab	5.2778	ab	3.0103	a	2.8562
126	1.763	a	2.638	a	3.205	a	4.242	a	5.0688
147	4.516	a	4.586	a	3.011	a	3.114	a	3.5464

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

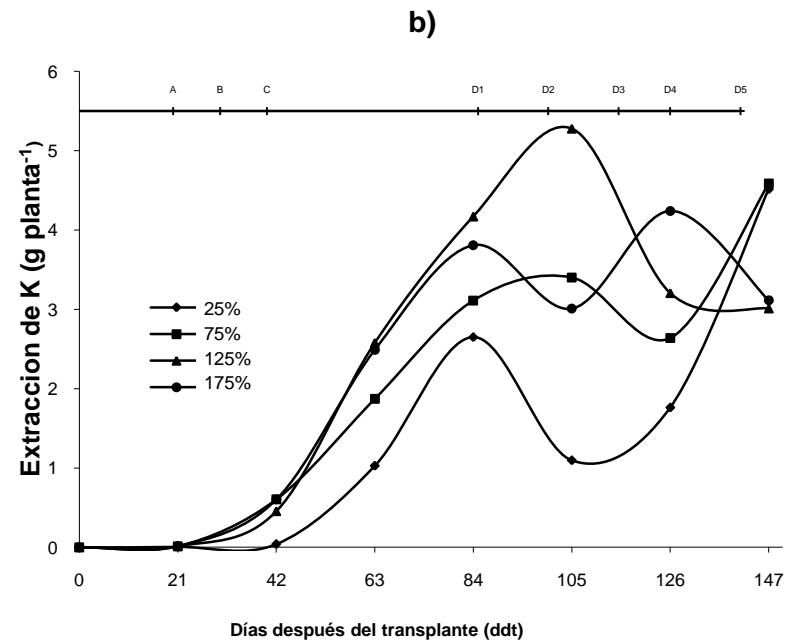
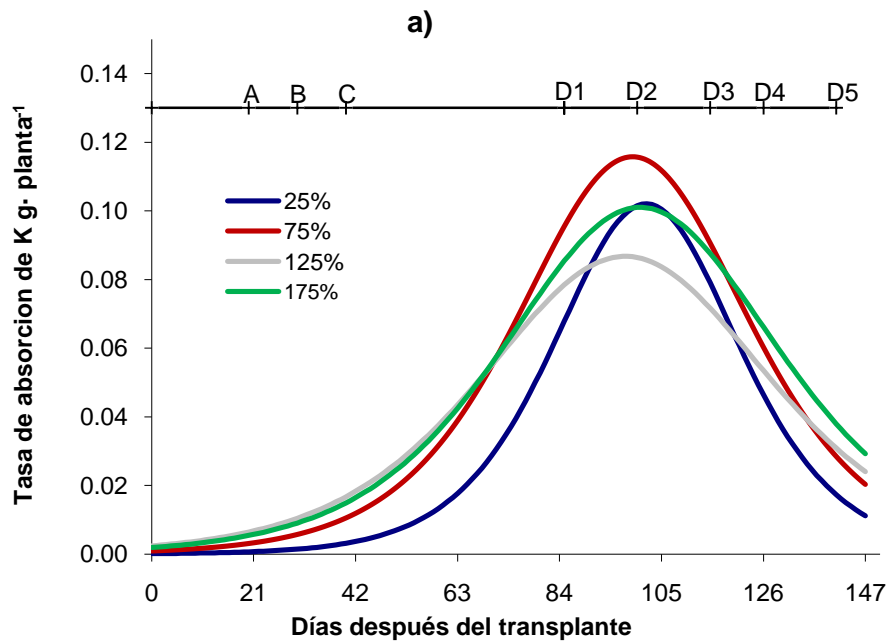


Figura 10. a) Tasa de absorción y b) Extracción de K, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

Con respecto a la tasa de absorción de potasio las cuatro concentraciones se comportaron en forma similar durante todo el ciclo de producción aunque las plantas desarrolladas en la solución a 75% obtuvieron el valor máximo de absorción a 96 ddt, con $0.1147 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, seguido de las concentraciones 25 y 175 % a 98 y 101 con 0.1005 y $0.1010 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente. Las plantas regadas con la concentración de 125 % tuvieron la tasa de absorción más baja de potasio, en el punto máximo a 94 ddt, con $0.0861 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, probablemente este comportamiento obedece a la baja energía libre del agua causada por el potencial osmótico de la concentración a 125 %, lo que afecto el flujo de nutrimentos hacia la planta (Figura 10a).

Las plantas de la concentración a 75 % fueron las que mayor tasa de absorción de potasio presentaron, esto concuerda con la cantidad de hojas y área foliar, ya que las concentraciones más altas de K en las plantas se encuentran en las hojas más jóvenes, peciolo y tallos para que posteriormente sea translocado a las flores y frutos (Jones *et al.*, 1991)

5.2.4 Calcio

El contenido de calcio en una hoja con deficiencia es menor a 1.0 %; mientras que, en una hoja normal es de 0.2 a 3.0 % (Jones *et al.*, 1991). Los datos estuvieron cercanos a los niveles inferiores permisibles, aunque no se observaron síntomas de deficiencia en puntos de crecimiento ni en tejidos de almacenamiento y frutos.

En la etapa de floración las plantas desarrolladas en la concentración a 25 % fueron estadísticamente diferentes debido a la baja disponibilidad de calcio, en esta etapa el nivel estuvo por debajo de los niveles de referencia, posiblemente por esta causa fue que las plantas de este tratamiento fueron las que llegaron más rápido a madurez comercial debido a la ausencia de nutrimentos para mantenerse en esas condiciones por tiempos prolongados.

Para producir una tonelada de frutos en las cuatro concentraciones los valores fueron muy similares de 0.4 a 0.6 kg de calcio, sin embargo no coincide con los valores reportados por Rincón *et al.*, (1993) de 2.5 kg de calcio para producir una tonelada de fruto. Lo anterior se atribuye a que en este experimento sólo se manejó la planta a dos estratos de producción por ser de crecimiento indeterminado específico para invernadero.

Cuadro 17. Comparación de medias del contenido y extracción de Ca en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

ddt	Concentración de la solución nutritiva (%)								
	25		75		125		175		DMS
Contenido de Ca (%)									
21	0.28667	a	0.26	a	0.3300	a	0.3400	a	0.0828
42	0.16667	b	0.6233	a	0.66667	a	0.67667	a	0.2951
63	0.4100	a	0.55333	a	0.61333	a	0.5200	a	0.2974
84	0.6567	a	0.6567	a	0.7467	a	0.7633	a	0.6637
105	0.72333	a	0.8833	a	0.89667	a	0.83000	a	0.2099
126	0.7233	a	0.6367	a	0.7567	a	0.6933	a	0.5691
147	0.7767	a	0.6933	a	0.7833	a	0.7500	a	0.364
Extracción de Ca (g-planta⁻¹)									
21	0.00346	a	0.00533	a	0.00623	a	0.00593	a	0.004
42	0.0126	b	0.0797	ab	0.0901	ab	0.10717	a	0.0775
63	0.1143	b	0.3494	ab	0.43120	a	0.38260	ab	0.2985
84	0.4558	a	0.5473	a	0.7254	a	0.6498	a	0.5284
105	0.2764	b	0.8161	a	1.0339	a	0.8885	a	0.3945
126	0.4646	a	0.6780	a	0.8728	a	0.9393	a	0.8003
147	0.7789	a	1.0123	a	1.0751	a	1.0046	a	0.6992

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

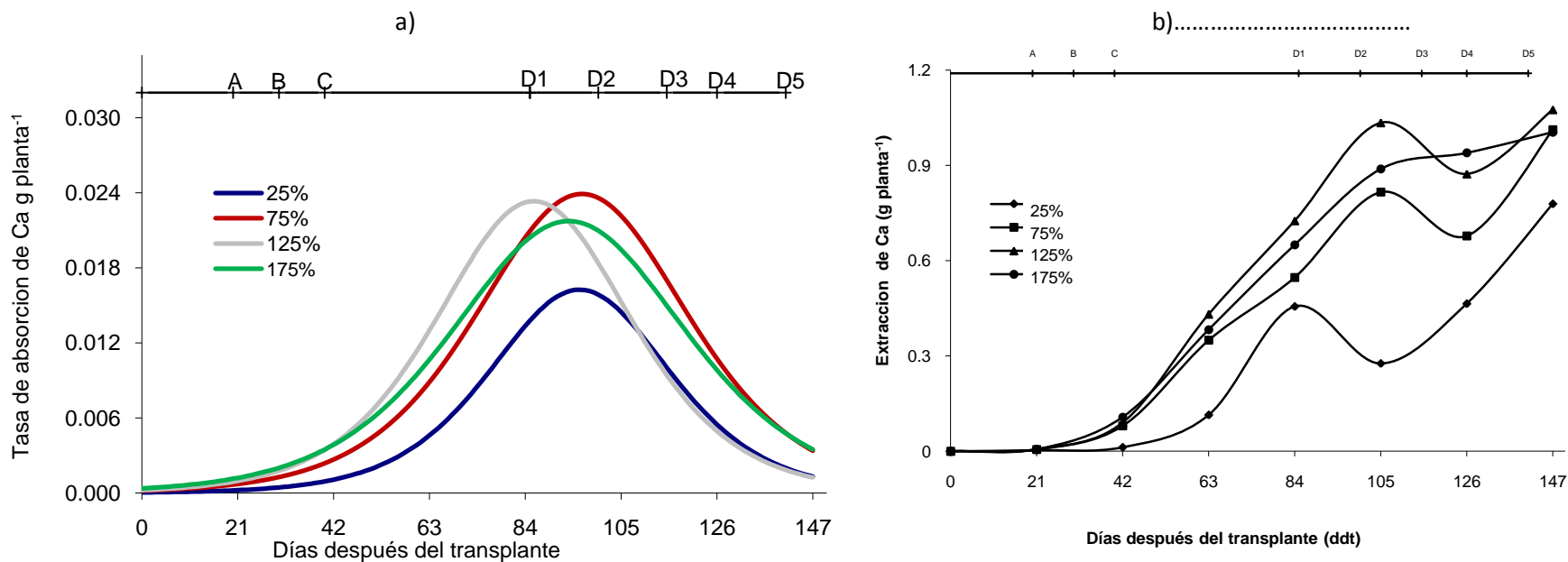


Figura 11. a) Tasa de absorción y b) Extracción de Ca, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

Respecto a la tasa de absorción de calcio, las plantas de la concentración a 75 % presentaron el valor más alto a 95 ddt, con $0.0238 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$, seguido de $0.0231 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$, valor máximo de absorción de las plantas tratadas con la concentración a 125 % a 83 ddt, las plantas regadas con la concentración a 25 % en días fue similar el punto máximo de absorción a las otras concentraciones, aunque el valor fue bajo con $0.0161 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ a 93 ddt, las concentraciones de 25, 175 y 75 % tuvieron un periodo de máxima absorción muy similar, el cual coincidió con la época de llenado, desarrollo de frutos y cosecha (Figura 11a).

Mengel y Kirkby (1982) mencionan que la translocación del Ca dentro de la planta es por savia del xilema, con la corriente de transpiración que va de las hojas, donde se almacena y después se transloca a flores y frutos; Jones (1991) menciona que la principal función del calcio es mantener la integridad celular y la permeabilidad de membranas, pero también participa en la germinación del polen y el crecimiento del tubo polínico, de esta manera podría explicarse la máxima tasa de absorción durante floración e inicio de cosecha.

5.2.5 Magnesio

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. Martínez-Cañadas *et al.* (1985) señalan 1.38 % en hojas del tercio medio de la planta de Chile; Arcos *et al.* (1998) señalan 0.31- 1 % en follaje y Piggott (1998).

Menciona que de acuerdo a la fenología se tiene 1- 1.7 % en etapa vegetativa intermedia y de 0.25 a 1.2 % al inicio de fructificación.

El contenido de magnesio en las plantas fue similar con valores de 1.4 a 1.6 % en la etapa vegetativa, en la etapa de primera bifurcación bajó a valores de 0.6 a 0.7 %, para inicio de floración las plantas de la concentración a 25 % presentaron diferencias significativas con respecto a las demás concentraciones con un valor de 0.333 %. En las siguientes etapas no se encontró variación entre efecto de concentraciones, manteniéndose la tendencia hacia la cosecha entre 0.5-0.6 % debido a que las hojas basales llegaron a la senescencia y se eliminaron, por lo que en los muestreos siguientes se obtuvieron concentraciones hasta de 0.75 % para la concentración a 25 %, sin ser estadísticamente diferente a las otras concentraciones, debido a que el magnesio fue translocado a las hojas mas recientemente maduras.

En los primeros días no fue significativa la extracción de magnesio debido a la reducida área foliar; sin embargo, conforme se acumuló materia seca la cantidad extraída de Mg aumento debido a que las hojas eran de mayor tamaño. En la etapa de cosecha la extracción de magnesio se elevó hasta intervalos de 0.5 a 0.9 mg·g⁻¹. Con esto los valores de extracción por planta para producir una tonelada de fruto fueron de 0.4 a 0.5 kg para los cuatro tratamientos, lo cual coincide con Graifenberg *et al.* (1985) quien reporta de 0.46 a 0.64 kg; pero no con Rincón *et al.* (1993) quienes reportan 1.07 kg de magnesio para producir una tonelada de fruto.

Cuadro 18. Comparación de medias del contenido y extracción de Mg en la planta durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

ddt	Concentración de la solución nutritiva (%)								DMS
	25		75		125		175		
Contenido de Mg (%)									
21	1.5	a	1.6	a	1.4667	a	1.500	a	0.8036
42	0.65667	a	0.63333	a	0.7200	a	0.70667	a	0.2568
63	0.3333	b	0.4800	ab	0.55667	a	0.4933	ab	0.2047
84	0.54333	a	0.53667	a	0.5800	a	0.6100	a	0.2752
105	0.7500	a	0.72667	a	0.7533	a	0.6333	a	0.3332
126	0.6100	a	0.640	a	0.6633	a	0.6500	a	0.3305
147	0.5266	a	0.5166	a	0.6700	a	0.5333	a	0.3156
Extracción de Mg (g-planta ⁻¹)									
21	0.0194	a	0.03276	a	0.0269	a	0.0265	a	0.0297
42	0.04713	b	0.0791	ab	0.09873	a	0.1131	a	0.0415
63	0.09263	b	0.29140	a	0.39090	a	0.34617	a	0.1741
84	0.3663	a	0.44813	a	0.56370	a	0.52107	a	0.2592
105	0.27770	b	0.66513	a	0.8630	a	0.68607	a	0.3071
126	0.39067	b	0.69140	a	0.7370	a	0.83787	a	0.275
147	0.5276	a	0.7277	a	0.9073	a	0.7188	a	0.5512

ddt: días después de trasplante; DMS: Diferencia mínima significativa; Valores que comparten la misma letra en la misma hilera son estadísticamente iguales (Tukey, $\alpha \leq 0.05$).

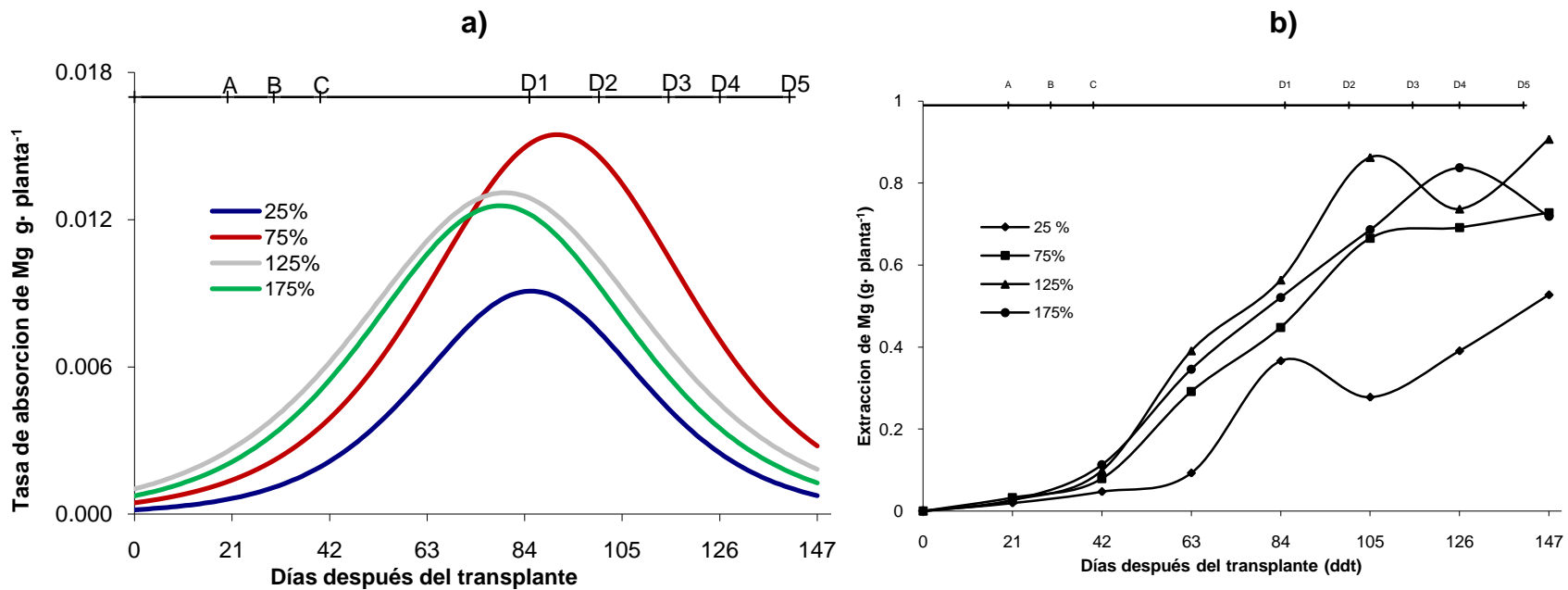


Figura 12. a) Tasa de absorción y b) Extracción de Mg, durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de la solución nutritiva de Steiner. A: Bifurcación de tallo Principal; B: Floración; C: Amarre y crecimiento de fruto; D: Madurez comercial y D1, D2, D3, D4, D5: Cortes. Chapingo, México 2009.

La tasa de absorción de magnesio más alta correspondió a las plantas que crecieron en solución a 75 % con $0.0157 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ a 90 ddt, las plantas que se desarrollaron en solución a 125 y 175 % tuvieron un comportamiento muy similar con 0.0130 y $0.0124 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$, aunque la tasa máxima la obtuvieron a 77 y 75 ddt respectivamente, las plantas de la concentración al 25 % presentaron el valor más bajo de tasa de absorción a 81 ddt con $0.0089 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$, sin presentar síntomas visibles de deficiencia. Los valores más altos de absorción se presentaron de 82 a 98 ddt lo cual coincide con la etapa de desarrollo de frutos e inicio de cosecha (Figura 12a).

El magnesio forma parte de la molécula de la clorofila, por lo tanto, es esencial en el proceso de fotosíntesis (Marschner, 1986); así mismo, Mengel y Kirkby (1982) mencionan que el magnesio funciona como activador de muchas enzimas que se requieren en los procesos de crecimiento de las plantas. Rodríguez (1996) indica que este nutrimento forma parte de los pectatos de calcio y magnesio de las laminillas medias de la célula; es abundante en las semillas, tejidos meristemáticos y frutos.

5.3 Discusión general

En lo que se refiere al análisis de crecimiento la TAC fue muy similar en los cuatro tratamientos, las plantas desarrolladas en la concentración a 75 % obtuvieron su mayor acumulación de biomasa a 85 ddt, esto coincidió con el inicio de cosecha al llegar a la madurez comercial, donde acumularon $2.6859 \text{ g} \cdot \text{día}^{-1}$. Lo anterior coincide con el rendimiento presentado por este tratamiento ya que fue el más alto

con 1 967g de pimientos amarillos por planta; además, de presentar el índice de cosecha más alto con un valor de 0.65. Este tratamiento resulto ser el mejor; su tasa relativa de crecimiento fue de $0.0369 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, tasa de asimilación neta $0.3729 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{dia}^{-1}$ y razón de área foliar $92.1959 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$

En altura de planta, las plantas regadas con la concentración a 25 % mostraron diferencias significativas con respecto a las otras concentraciones a 63 ddt, etapa de amarre y llenado de frutos. Estas plantas presentaron menos altura al inicio de los primeros cortes; sin embargo, a partir del tercer corte fueron las primeras en presentar los primeros brotes de crecimiento igualando en altura a los demás tratamientos para el segundo estrato de amarre de frutos; el mismo comportamiento presentaron los niveles de bifurcación; sin embargo, para la variable diámetro de tallo las plantas de la concentración a 25 % siempre presentaron el valor más bajo. Cabe mencionar que las plantas que crecieron en condiciones de concentración a 25 % llegaron más rápido a cosecha, posiblemente debido a las condiciones de baja disponibilidad nutrimental en la que se desarrollaron.

En cuanto al número de hojas y área foliar las plantas desarrolladas en la concentración de 25 % fueron diferentes a las demás concentraciones al inicio de floración, amarre y llenado de frutos; con valores bajos para las dos variables. Las plantas desarrolladas en la concentración de 75 % solo al inicio de cosecha fueron estadísticamente diferentes a las demás; y al final del ciclo presentaron mayor área foliar ($8\ 272 \text{ cm}^2$)

Las plantas que crecieron en las concentraciones a 75, 125 y 175 %, acumularon mayor contenido de materia seca por órgano y total, pero no se observó efecto significativo en el índice de cosecha, el cual fue igual para las cuatro concentraciones estudiadas (63, 65, 58 y 63 %, para las concentraciones de 25, 75, 125 y 175 %, respectivamente).

La extracción nutrimental del cultivo de pimiento morrón se comportó muy similar en respuesta a las cuatro concentraciones por lo que se puede mantener las plantas hasta 42 ddt con una solución nutritiva a 25% pues en el caso de los nutrientes N, P, Ca y Mg; las variables evaluadas fueron iguales estadísticamente entre tratamientos; sin embargo, esto no sucedió en el caso del potasio. Aunque también se tiene la opción de irrigar con la solución nutritiva a 75%, con la que se obtuvieron resultados estadísticamente iguales a los de los tratamientos con mayor concentración de sales nutritivas en todas las etapas fenológicas. Se debe tener especial cuidado en abastecer los macro nutrientes en los siguientes tiempos debido que en éstos se presentó la mayor tasa de absorción para cada elemento: N, entre 80 y 98 ddt; P, entre 81 y 115 ddt; K, entre 87 y 112 ddt; Ca, entre 81 y 106 ddt; y Mg, entre 72 y 103 días después de trasplante.

Por otro lado, aunque las soluciones de 125 y 175 % presentaron concentraciones altas en nutrientes, no fueron las que produjeron el mejor rendimiento. Por lo cual se pueden distinguir las siguientes cantidades de nutrientes para producir una tonelada de fruto de pimiento morrón indeterminado cv. Lesley manejado a dos estratos de producción. N: 2.4 kg, P: 0.2 kg, K: 2.3 kg, Ca: 0.5 kg, Mg: 0.4 kg,

basándose en el rendimiento presentado por las plantas desarrolladas en la concentración a 75 %.

VI. CONCLUSIONES

Las plantas desarrolladas con la solución nutritiva a 75 %, produjeron la mayor acumulación de biomasa a 85 ddt ($2.6859 \text{ g}\cdot\text{dia}^{-1}$), el rendimiento más alto (1 967g de pimientos amarillos por planta), el índice de cosecha más alto (0.65) y la mayor área foliar ($8\ 272 \text{ cm}^2$). Estas mismas plantas mostraron una tasa relativa de crecimiento de $0.0369 \text{ g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$, tasa de asimilación neta $0.3729 \text{ g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{dia}^{-1}$ y razón de área foliar $92.1959 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$

Con respecto a la extracción nutrimental de pimiento morrón se observó un comportamiento muy similar en las cuatro concentraciones por lo que se concluye que es posible mantener las plantas hasta 42 ddt con una solución nutritiva al 25%, posteriormente se recomienda regar las plantas con solución nutritiva a 75 % cuyo efecto fue estadísticamente igual a los demás tratamientos con mayor concentración de sales nutritivas en todas las etapas fenológicas. Se debe abastecer los macro nutrientes en los siguientes tiempos: N, entre 80 y 98 ddt; P, entre 81 y 115 ddt; K, entre 87 y 112 ddt; Ca, entre 81 y 106 ddt; y Mg, entre 72 y 103 días después de trasplante.

Para producir una tonelada de fruto de pimiento morrón indeterminado cv. Lesley manejado a dos estratos de producción se necesitan las siguientes cantidades de

macronutrientes: N: 2.4 kg, P: 0.2 kg, K: 2.3 kg, Ca:0.5 kg, Mg:0.4 kg, basándose en el rendimiento presentado por las plantas desarrolladas en la concentración a 75 %.

VIII. LITERATURA CITADA

ALPI, A.; F. TOGNONI. 1991. Cultivo en invernadero. 3^a edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.

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 24. Veracruz, México. 206 p.

BARRAZA, A. F. V. 2000. Crecimiento del chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en cuatro soluciones nutritivas bajo invernadero. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 142 p.

BAEYENS, J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo (Fisiología Aplicada a las Plantas Agrícolas). Ed. Lemos. Madrid, España. 631 p.

BEADLE, C. L. 1985. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp.16-22. *In*: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad. COOMBS, J.; MAY, D.O.; LONG, S. P.; SCHURLOCK, J. (eds.). Ed. Futura. Chapingo, México.

BEADLE, C. L. 1988. Análisis del Crecimiento Vegetal. pp.17-21. *In*: Técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad. Traducido al español de la 2da edición en inglés. Patrocinada por el programa ambiental de las naciones unidas (UNEP) y Colegio de Postgraduados. Ed. Futura. Chapingo, México.

BIDWELL, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. 2da Edición. Traducido al español por Cano y Cano, G.G; Rojas Garcidueñas, M.A.G.T. Editor. DF., México. 784 p.

BRAND G. D., WEETMAN, F.G. 1987. Growth Analysis of Perennial Plants: The Relative Production Rate and its Yield Components. *Annals of Botany* 59: 45-53.

BURGUEÑO H.; URIBE F.; VALENZUELA M. 1994. La fertirrigacion de cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol.1 Bursag S.A de C.V. Sinaloa, Mexico. 46 p.

CADAHIA, L. C. 1988. Fertirrigacion. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 435p.

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.

FAGERIA N.; BALIVAR V.; JONES Ch. 1997. *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*. Ed. Marcel Decker Inc. New York, USA. 476p.

FERNANDEZ DE OVIEDO, G. (1535, ed. 1992) *Historia general y natural de las Indias*. Biblioteca de autores españoles. Atlas. Madrid.

GARDNER F., P.; BRENT P., R.; MITCHELL R., L. 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State University. 327p.

GARDNER F., P.; BRENT P., R.; MITCHELL R., L. 1990. *Physiology of crop plants*. Second Edition. Iowa state University. AMES. USA. 208 p

GIFFORD, R. M.; EVANS, L. T. 1981. Photosynthesis, Carbon Partitioning, and yield. *Annual Review of Plant Physiology* 32: 487- 492.

GRAGEDA, G. J. 1999. *La Fertilización en hortalizas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Noroeste. Folleto Técnico No. 19. Sonora México. 62p.

- HEDGE, D. M. 1997. Nutrient requirements of solanaceous vegetables crops. Extension bulletin ASPAC, Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan. No. 441, 9.9 p.
- HEISER, C. B., JR. (1976). Peppers-*Capsicum* (Solanaceae). In evolution of crop plants. Longman. London, 265-268.
- HUNT, R. 1978. Plant Growth analysis. Studies in biology. No. 96. Edward Arnold (Plubliser). London. 67 p.
- HUNT, R. 1982. Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold (Plubliser).L.T.D. London. 248 p.
- HUNT, R. 1990. Basic Growth Analysis For Beginners. Hyman L.T.D., London, UK. 112 P.
- JONES, JR., J. B. , WOLF B., MILLS H. A. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. USA. 213 p.
- MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, CA. 674 p.
- MENGEL K.; KIRKBY E. 1982. Principles of Plant Nutrition. 3^a edición. International Potash Institute. Switzerland. 635 p.

MC LEOD, M. J.; GUTTMAN, S. I.; ESHBAUGH, W.H. (1982) Early Evolution Of chili peppers (*Capsicum*). *Economic Botany* 36 (4): 361-368.

MILLA, A. 1996. *Capsicum de capsas*, Capsula: En: el pimiento. Pimientos. Compendios de horticultura 9. Namesny A. Ediciones de horticultura, S. L. España, pp. 21-31.

MITHORPHE F., L.; MOORBY J. 1982. An introduction to crop physiology. Cambridge University Press. 202 p.

NAMESNY A. V. 1996. El pimiento en el mundo. En: Compendios de horticultura. Pimientos. Namesny A. V. (ed). Ed. Horticultura S. L. Reus, España. pp. 13-20.

NÚEZ V., F.; GIL R.; COSTA J. 1996. El Cultivo de Pimientos, Chiles y Ajíes. Tercera Edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 607 p.

PÉREZ G.; MARTÍNEZ L., F. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 102 p.

PICKERSGILL, B. (1989). Cytological and genetical evidence on the domestication and diffusion of crops within the Americas. In: "Harris, D.R.; Hillman, G. C. (Eds.) Foraging and farming: the evolution on plant exploitation. Unwin Hyman, London": 426-439.

PRESSMAN, E.; H. MOSHKOVITH.; K. ROSENFELD.; R. SHAKED.; B. GAMALIEL.

B. ALONI, 1998. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and de effect of repeted pollinations, whith viable pollen, on fruit setting. Journal of horticultural and Biotechnology. 73(1): 131-136.

RESH, H. 1992. Cultivos hidropónicos, Nuevas Técnicas de Producción. 3ª edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.

RESH, H. 2001. Cultivos Hidroponicos. Nuevas técnicas de producción. Tercera edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.

RICHARD, F. 1959. A Flexible growth function empirical use. J. Exp. Bot. 10:290-300.

RINCON, L.; SAEZ, J.; BALSALOBRE, E.; PELLICER, M.C. 1993. Nutrición del pimiento grueso de invernadero. Hortofruticultura 5: 37-41.

ROJAS, L. 1989. Análisis de Plantas *In* El análisis de plantas, suelos y aguas para riego. Manual de Asistencia Técnica Num. 47. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Programa Nacional de Suelos. Ed. Arte e Impresión ICA. Bogota, Colombia.

RODRIGUEZ, S. F. 1996. Fertilizantes-nutrición vegetal. AGT editor. S. A. México, D.F. 157p

SALAS M.C. y M. URRESTARAZU. 2004. El cultivo del pimiento. *En: Tratado del cultivo sin suelo 3ª Edición.* Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 749-792.

SALISBURY F., B.; ROSS C., W. 1994. Fisiología Vegetal. Ed. Iberoamericana S.A de C.V. D.F., México 759p.

SERRANO, C. Z. 1974. Cultivos hortícolas enarenados. Manuales Técnicos. Serie A. Nº 46. Extensión Agraria. Madrid, España.

SERRANO, C. Z. 1996. Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Manuales técnicos de Sevilla, España. pp. 433-487.

SIAP-SAGARPA, 2006. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2009. Mexico.

SIAP-SAGARPA, 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2009. Mexico.

SILVORI M. E.; MONTALDI R., E. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 106 p.

STEINER, A. 1984. The Universal Nutrient Solution. Pp. 633-649. *In*: proceedings of the 6th International Congress on soilles Culture. ISOSC, Wageningen, The Netherlands.

THOMSON, C. J.; BOLGER, T. 1993. Effects of seed phosphorus concentration on the emergence and growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum*), pp. 353 – 356. *In*: Plant Nutrition-from Genetic Engineering to Field Practice. Proceedings of the twelfth International Plant Nutrition Colloquium. Volumen 45. Barrow, N. J. Ed. Kluwer Academic Publishers. Australia

WILD, A. 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. 1045 p.

IX.- Anexo

Cuadro 1A Análisis de varianza para altura de planta, diámetro de tallo y número de bifurcaciones del tallo principal, en plantas de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

FV	GL	Días después de trasplante						
		21	42	63	84	105	126	147
Altura de planta (cm)								
Tratamientos	3	6.009 ^{ns}	52.782 ^{ns}	250.277*	43.438 ^{ns}	54.656 ^{ns}	29.929 ^{ns}	112.576 ^{ns}
Bloques	2	27.750 ^{ns}	41.135 ^{ns}	64.665 ^{ns}	131.67 ^{ns}	64.942 ^{ns}	79.622 ^{ns}	190.583 ^{ns}
Error	6	9.77	40.321	14.896	28.916	48.064	45.778	55.472
Total	11							
CV		18.579	15.500	7.484	9.880	12.588	10.469	9.95
Diámetro de tallo (mm)								
Tratamientos	3	0.002 ^{ns}	0.012*	0.043*	0.019 ^{ns}	0.0106 ^{ns}	0.055*	0.014 ^{ns}
Bloques	2	0.004*	0.005 ^{ns}	0.008 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.0133 ^{ns}	0.047*	0.024 ^{ns}
Error	6	0.0005	0.002	0.007	0.0063	0.0103	0.0081	0.0131
Total	11							
CV		4.48	6.66	9.30	8.812	10.796	7.558	10.284
Número de bifurcaciones								
Tratamientos	3	-	1.194 ^{ns}	1.194*	0.555 ^{ns}	0.972 ^{ns}	2.888*	2.527 ^{ns}
Bloques	2	-	0.250 ^{ns}	1.083*	1.750*	0.583 ^{ns}	2.25 ^{ns}	6.75*
Error	6	-	0.361	0.194	0.305	0.805	0.472	1.194
Total	11							
CV		-	18.49	6.698	7.370	10.456	6.24	8.92

cv:

coeficiente de variación, ns:no significativo, * significativo con $\alpha \leq 0.05$

Cuadro 2A Análisis de varianza para número de hojas y área foliar en plantas de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

FV	GL	Días después de trasplante						
		21	42	63	84	105	126	147
Numero de hojas								
Tratamientos	3	6.972 ^{ns}	131.55 ^{ns}	1498.44*	869.638*	988.305 ^{ns}	206.75 ^{ns}	424.55 ^{ns}
Bloques	2	7.583 ^{ns}	71.583 ^{ns}	762.25*	146.333 ^{ns}	405.583 ^{ns}	841.33*	3997.00 ^{ns}
Error	6	5.472	75.472	90.361	57.888	435.805	261.666	838.88
Total	11							
CV		17.879	21.539	11.735	9.102	20.153	9.30	13.75
Área Foliar (cm²)								
Tratamientos	3	23222.35 ^{ns}	714528.72 ^{ns}	5809819.4*	4278816.9*	4740440.82*	3923616.43 ^{ns}	6135625.17 ^{ns}
Bloques	2	29610.219*	192961.88 ^{ns}	2292030.5*	657522.6 ^{ns}	1951765.65 ^{ns}	4583408.24 ^{ns}	7514305.67 ^{ns}
Error	6	5531.255	174716.75	425053.36	280034.15	985183.36	916618.17	1780408.78
Total	11							
CV		18.179	25.859	18.492	13.949	22.678	16.323	18.219

cv: coeficiente de variación, ns:no significativo, * significativo con $\alpha \leq 0.05$

Cuadro 3A Análisis de varianza de peso seco de tallos, hojas, frutos y total en plantas de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

FV	GL	Días después de trasplante						
		21	42	63	84	105	126	147
		Tallos (g)						
Tratamientos	3	0.065 ^{ns}	3.516 ^{ns}	60.494*	23.69*	31.703 ^{ns}	83.208 ^{ns}	3.059 ^{ns}
Bloques	2	0.088 ^{ns}	2.770 ^{ns}	23.410 ^{ns}	17.852*	22.863 ^{ns}	25.610 ^{ns}	1.611 ^{ns}
Error	6	0.033	2.099	6.654	1.672	19.152	58.126	8.966
Total	11							
CV		26.75	30.689	24.221	11.703	29.486	42.003	17.249
		Hojas (g)						
Tratamientos	3	0.148 ^{ns}	17.449*	137.351*	109.347*	151.829*	179.732*	256.012*
Bloques	2	0.202 ^{ns}	5.042 ^{ns}	38.003 ^{ns}	12.093 ^{ns}	52.554 ^{ns}	95.039*	147.763 ^{ns}
Error	6	0.075	2.948	8.217	4.58	19.495	13.399	30.227
Total	11							
CV		26.56	25.157	18.604	11.796	19.579	11.159	14.258
		Frutos (g)						
Tratamientos	3	-	0.040 ^{ns}	264.267*	61.522 ^{ns}	1807.760*	664.203 ^{ns}	350.528 ^{ns}
Bloques	2	-	0.040 ^{ns}	109.817 ^{ns}	164.629 ^{ns}	148.711 ^{ns}	2166.323*	1002.929*
Error	6	-	0.124	45.264	54.880	171.701	213.726	179.324
Total	11	-						
CV		-	35.53	21.826	13.71	25.508	26.803	18.322
		Total (g)						
Tratamientos	3	0.410 ^{ns}	37.283 ^{ns}	1216.578*	473.429*	3615.160*	2193.819*	1122.456 ^{ns}
Bloques	2	0.558 ^{ns}	16.063 ^{ns}	423.750 ^{ns}	393.346 ^{ns}	340.009 ^{ns}	3055.141*	1942.456*
Error	6	0.210	11.145	105.713	87.727	359.763	208.314	352.023
Total	11							
CV		26.64	26.69	18.075	11.256	21.369	13.681	14.543

cv: coeficiente de variación, ns:no significativo, * significativo con $\alpha \leq 0.05$

Cuadro 4A Análisis de varianza del contenido y extracción de N y P en plantas de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

FV	GL	Días después de trasplante						
		21	42	63	84	105	126	147
Contenido de N (%)								
Tratamientos	3	0.003 ^{ns}	0.295 ^{ns}	0.263 ^{ns}	0.122*	0.132 ^{ns}	0.238*	0.084*
Bloques	2	0.122 ^{ns}	2.8 x10 ^{-3ns}	0.046 ^{ns}	0.029 ^{ns}	0.030 ^{ns}	0.045 ^{ns}	1.2 x10 ^{-3ns}
Error	6	0.0856	0.1737	0.066	9.9 x10 ⁻³	0.0517	0.046	0.012
Total	11							
CV		9.675	13.995	9.403	3.849	7.953	6.482	3.208
Extracción de N (g-planta⁻¹)								
Tratamientos	3	5 x10 ^{-4ns}	0.025 ^{ns}	0.745 ^{ns}	0.364 ^{ns}	2.927*	3.741*	1.719 ^{ns}
Bloques	2	4 x10 ^{-4ns}	0.018 ^{ns}	0.305 ^{ns}	0.262 ^{ns}	0.482 ^{ns}	3.778*	2.480*
Error	6	2 x10 ⁻⁴	0.014	0.156	0.0877	0.530	0.166	0.468
Total	11							
CV		27.936	33.143	25.83	13.77	28.696	11.449	15.163
Contenido de P (%)								
Tratamientos	3	4.2x10 ^{-3*}	0.020 ^{ns}	7.3 x10 ^{-3ns}	0.025 ^{ns}	0.014 ^{ns}	5.6 x10 ^{-3ns}	5.4 x10 ^{-3ns}
Bloques	2	5.8x10 ^{-5ns}	5.5 x10 ^{-4ns}	1.7 x10 ^{-4ns}	8 x10 ⁻⁴	3.5 x10 ^{-3ns}	0.018*	6.1 x10 ^{-3ns}
Error	6	8x10 ⁻⁴	6.7 x10 ⁻³	2.4 x10 ⁻³	2.6 x10 ⁻³	0.005	2.4 x10 ⁻³	2.3 x10 ⁻³
Total	11							
CV		9.631	39.173	30.269	26.47	35.498	15.616	15.25
Extracción de P (g-planta⁻¹)								
Tratamientos	3	4.7 x10 ^{-6ns}	1 x10 ^{-3ns}	7.2x10 ^{-3*}	0.020*	0.038*	0.040*	0.033 ^{ns}
Bloques	2	5.2 x10 ^{-6ns}	1.9 x10 ^{-4ns}	5.2x10 ^{-4ns}	1.2x10 ^{-3ns}	0.011 ^{ns}	0.075 ^{ns}	0.009 ^{ns}
Error	6	1.9 x10 ⁻⁶	3 x10 ⁻⁴	1.2x10 ⁻³	1.9x10 ⁻³	6.1x10 ⁻³	5.3x10 ⁻³	9.9x10 ⁻³
Total	11							
CV		26.868	62.165	37.99	26.73	41.596	20.857	24.317

cv: coeficiente de variación, ns:no significativo, * significativo con $\alpha \leq 0.05$

Cuadro 5A Análisis de varianza del contenido y extracción de K y Ca en plantas de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

FV	GL	Días después de trasplante						
		21	42	63	84	105	126	147
Contenido de K (%)								
Tratamientos	3	0.661*	9.828 ^{ns}	0.263 ^{ns}	0.642 ^{ns}	1.775 ^{ns}	0.363 ^{ns}	3.431*
Bloques	2	5.6 x10 ^{-3*}	7.094 ^{ns}	0.550 ^{ns}	0.289 ^{ns}	1.178 ^{ns}	0.092 ^{ns}	0.079 ^{ns}
Error	6	1.5 x10 ⁻⁴	2.231	1.112	1.557	0.870	1.812	0.301
Total	11							
CV		1.864	48.833	30.322	30.464	26.523	48.678	18.141
Extracción de K (g-planta⁻¹)								
Tratamientos	3	4.5 x10 ^{-5*}	0.211 ^{ns}	1.53 ^{ns}	1.402 ^{ns}	8.815*	3.240 ^{ns}	2.223 ^{ns}
Bloques	2	2.2 x10 ^{-5ns}	0.078 ^{ns}	1.89 ^{ns}	1.223 ^{ns}	1.748 ^{ns}	3.218 ^{ns}	2.162 ^{ns}
Error	6	8.6 x10 ⁻⁶	0.077	0.477	1.336	1.021	3.216	1.574
Total	11							
CV		24.949	66.437	34.68	33.652	31.608	60.544	32.961
Contenido de Ca (%)								
Tratamientos	3	4.2 x10 ^{-3*}	0.180*	0.021 ^{ns}	9.8 x10 ^{-3ns}	0.018 ^{ns}	7.7 x10 ^{-3ns}	5 x10 ^{-3ns}
Bloques	2	5.8 x10 ^{-5ns}	0.068*	0.0425 ^{ns}	8.1 x10 ^{-3ns}	0.002 ^{ns}	1.9 x10 ^{-3ns}	6.8 x10 ^{-3ns}
Error	6	8.5 x10 ⁻⁴	0.010	0.011	0.055	0.005	0.040	0.016
Total	11							
CV		9.631	19.575	20.072	33.268	8.910	28.662	17.149
Extracción de Ca (g-planta⁻¹)								
Tratamientos	3	4.6 x10 ^{-6ns}	5.1 x10 ^{-3*}	0.059*	0.041 ^{ns}	0.328*	0.137 ^{ns}	0.050 ^{ns}
Bloques	2	5.3 x10 ^{-6ns}	5.2 x10 ^{-4ns}	0.062*	0.038 ^{ns}	0.020 ^{ns}	0.163 ^{ns}	0.097 ^{ns}
Error	6	2 x10 ⁻⁶	7.5 x10 ⁻⁴	0.011	0.0349	0.0194	0.080	0.0611
Total	11							
CV		27.254	37.868	33.07	31.442	18.519	38.330	25.562

cv: coeficiente de variación, ns:no significativo, * significativo con $\alpha \leq 0.05$

Cuadro 6A Análisis de varianza del contenido y extracción de Mg en plantas de pimiento morrón cv. Lesley, en cuatro concentraciones de solución nutritiva de Steiner. Chapingo, México 2009.

FV	GL	Días después de trasplante						
		21	42	63	84	105	126	147
Contenido de Mg (%)								
Tratamientos	3	0.010 ^{ns}	5 x10 ^{-3ns}	0.026*	3.4 x10 ^{-3ns}	9.4 x10 ^{-3ns}	1.5 x10 ^{-3ns}	0.015 ^{ns}
Bloques	2	0.040 ^{ns}	0.027 ^{ns}	1.7 x10 ^{-3ns}	0.028 ^{ns}	2.9 x10 ^{-3ns}	0.031 ^{ns}	0.021 ^{ns}
Error	6	0.080	8.2 x10 ⁻³	5.2 x10 ⁻³	9.4 x10 ⁻³	0.0138	0.013	0.012
Total	11							
CV		18.754	13.378	15.55	17.157	16.468	18.248	19.87
Extracción de Mg (g-planta⁻¹)								
Tratamientos	3	8.9 x10 ^{-5ns}	2.4 x 10 ^{-3*}	0.051*	0.022 ^{ns}	0.182*	0.111*	0.0720 ^{ns}
Bloques	2	7 x10 ^{-5ns}	1.2 x10 ^{-3*}	0.018 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.028 ^{ns}	0.060*	0.0430 ^{ns}
Error	6	1.1 x10 ⁻⁴	2.1 x10 ⁻⁴	3.7x10 ⁻³	8.4x10 ⁻³	0.011	9.4x10 ⁻³	0.0380
Total	11							
CV		39.825	17.36	21.97	19.315	17.441	14.649	27.071

cv: coeficiente de variación, ns:no significativo, * significativo con $\alpha \leq 0.05$