Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Especialidad en Ingeniería en Invernaderos

Evaluación del rendimiento y calidad de tomate uva variedad Sweet Hearts bajo dos sistemas de poda en condiciones de invernadero

Opción de titulación
Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de Especialidad en Ingeniería en Invernaderos

Presenta:
I.B.Q. Tania Rodríguez Calzada

Dirigido por:
Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez

Dra. Rosalía Virginia Ocampo Velázquez _____ Firma
Presidente

Dra. Ana Angélica Feregrino Pérez _____ Firma
Secretario

Dr. Enrique Rico García _____ Firma
Vocal

M.C. Adán Mercado Luna _____ Firma
Suplente

Dr. Andrés Cruz Hernández _____ Firma
Suplente

Dr. Aurelio Domínguez González
Director de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Fecha: Febrero, 2015. México

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DGBSDI-UAQ

La presente obra está bajo la licencia:
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es

CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada , brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios . Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales .

SinDerivadas — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una excepción o limitación aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como publicidad, privacidad, o derechos morales pueden limitar la forma en que utilice el material.

RESUMEN

En el mercado de tomate para consumo en fresco, el tomate uva es uno de los preferidos por el consumidor, el cual lo percibe con mejor sabor que el tomate estándar (bola y saladette). Las ventas de tomate uva han sido dirigidas principalmente al mercado estadounidense para consumo en fresco, iniciando con 16,895 toneladas en 2002 e incrementando gradualmente las exportaciones hasta llegar a 34,940 toneladas en 2006 (U.S. ITD, 2007); este aumento en las exportaciones refleja un mercado activo y con demanda constante, por lo que resulta necesario conocer las mejores técnicas para aumentar la productividad en el cultivo de este tomate y satisfacer la demanda existente. La información sobre el efecto que tiene la poda de formación sobre el rendimiento en tomate uva es limitada. En el presente trabajo, se evaluó el rendimiento expresado en kg m^{-2} y kg $planta^{-1}$ de tomates uva variedad Sweet Hearts con poda de formación a un tallo o a dos tallos. La fecha de siembra fue el 23 de marzo de 2014 y el trasplante tuvo lugar 28 días después de la siembra (dds), con una densidad de 2.9 plantas m^{-2}. La poda de formación a uno y a dos tallos se realizó 16 días después del trasplante (ddt). La floración inició a los 14 ddt y la primera cosecha se obtuvo a los 65 ddt. La evaluación de rendimiento por planta se llevó a cabo hasta el 4to racimo y el rendimiento por superficie hasta el racimo 13; la cosecha finalizó a los 195 ddt. Los resultados de rendimiento por planta se analizaron estadísticamente por una prueba ANOVA con un $p \leq 0.05$ sin encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, al final de 20 semanas de cosecha se encontraron mayores rendimientos en las plantas podadas a un tallo (9.057 kg m^{-2}) comparado con las plantas podadas a dos tallos (7.745 kg m^{-2}).

Palabras Clave: producción, hortaliza, consumo en fresco.

SUMMARY

In fresh-market tomato, grape tomato is one of the favorite of consumers; they perceive it with better flavor than standard tomato (round and saladette). The sales of grape tomato have been mainly targeted to American fresh-market, beginning with 16,895 tons in 2002 and continuously increasing exportations to 34,940 ton in 2006. These numbers reflect an active market, which results in an imperative need towards the development of better agronomical techniques to increase the crop productivity in order to satisfy the existent demand. Information on the effect of stem pruning on the yield of grape tomato is limited. In this study, it was evaluated the yield, both in kg m^{-2} and kg $plant^{-1}$ of grape tomato cultivar Sweet Hearts under two stem pruning treatments, either one or two stems. Planting was performed in March 23th, 2014 and transplanting took place 28 days after planting, with a density of 2.9 plants m^{-2}. One or two stem pruning was made 16 days after transplanting. The flowering begun 14 days after transplanting and the first harvest was obtained 65 days after transplanting and the final harvested occurred 195 days after transplanting. Yield per plant was evaluated until 4th truss and yield per area until 13th truss. Results of yield per plant were statistically analyzed by ANOVA test with $p \leq 0.05$ without finding statistical differences, however, at the end of 20 weeks of harvesting (1st to 13th truss) it was found a higher yield in one stem pruned plants (9.057 kg m^{-2}) than in two stem pruned plants (7.745 kg m^{-2}).

Key words: production, vegetables, fresh-market.

A Diego: gracias por obsequiarme tu tiempo, paciencia y apoyo incondicional.

A todos los que se asolearon a mi lado,

cuidando las plantas y cosechando tomatitos:

Charly, Sr. Juan, Consuelo, Juana, Pedro.

Y a mis compañeros de especialidad:

Raúl, Santiago, Daniel y Christopher, nunca voy a olvidarlos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Faculta de Ingeniería Campus Amazcala y a todo el personal, compañeros de la especialidad y licenciatura, así como a los directivos por estar siempre en la mejor disposición para cumplir las metas y objetivos del proyecto, de igual forma, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por su apoyo económico.

Así mismo, agradezco a los profesores, por su interés en formarnos, en despertar nuestro espíritu crítico y analítico.

Gracias, infinitas gracias a mis padres, por enseñarme a ir siempre en búsqueda de mis sueños.

Y sobre todo, a Diego, por estar a mi lado en el intricado camino que sigo para lograrlos.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN. 1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 2
2.1. Cultivos en invernadero 2
2.2. El cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en México 4
2.3. Clasificación comercial del tomate 4
2.4. Clasificación botánica del tomate (*Solanum lycopersicum*) 5
2.4.1. Semilla para producción en invernadero 6
2.4.2. Flor 6
2.4.3. Fruto 7
2.4.4. Crecimiento determinado e indeterminado 7
2.4.5. Ciclo de vida de la planta 7
2.5. Condiciones agroecológicas para el cultivo de tomate 8
2.6. Tomate uva (*Solanum lycopersicum*) 9
2.7. Manejo agronómico del tomate uva en invernadero 9
2.7.1. Densidad de plantación y distancia entre surcos 9
2.7.2. Tutorado 10
2.7.3. Polinización 10
2.7.4. Tipos de poda 11
2.7.4.1. Poda de formación 11
2.7.4.2. Poda de brotes axilares o chupones 12
2.7.4.3. Aclareo de flor y/o fruto 12
2.7.4.4. Poda fitosanitaria 13
2.8. Efecto de la poda en la calidad del tomate 14
2.9. Calidad de frutos de tomate 14
2.9.1. Solidos Solubles Totales 16
2.9.2. Peso y tamaño del fruto 16
3. HIPÓTESIS 17
3.1. Objetivo General 17
3.2. Objetivos Específicos 17
4. METODOLOGÍA. 18

4.1. Material Vegetal 18
4.2. Localización del invernadero 18
4.3. Labores Pre-culturales. 19
4.3.1. Preparación de las camas 19
4.3.2. Colocación de acolchado 21
4.4. Limpieza del invernadero. 22
4.5. Sistema de fertirriego. 22
4.6. Siembra. 24
4.7. Germinación. 24
4.8. Invernadero de plántula. 26
4.9. Trasplante. 27
4.10. Manejo Cultural. 30
4.10.1. Tutoreo 30
4.10.2. Poda de formación. 30
4.10.4. Polinización 31
4.10.5. Raleo de flor y fruto. 32
4.10.6. Poda fitosanitaria. 33
4.10.7. Bajado/Descuelgue de planta. 33
4.11. Fertilización y consumo de agua. 34
4.12. Diseño experimental. 36
4.13. Proyección de rendimiento 37
4.14. Evaluación del rendimiento. 38
4.15. Evaluación de calidad. 39
4.16. Coeficiente de uniformidad de riego 40
4.17. Extracto de peciolo 41
4.18. Monitoreo de variables ambientales 42
4.18.1. Temperatura. 42
4.18.2. Humedad ambiental. 43
4.18.3. Concentración de CO_2. 43
4.18.4. Radiación. 43
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44
5.1. Rendimiento por unidad de superficie (kg m^{-2}) obtenido en poda a un tallo y a dos tallos 44

5.2. Rendimiento por planta (kg planta $^{-1}$) podada a uno y a dos tallos 49
5.3. Evaluación de la calidad de los frutos de acuerdo al tipo de poda 51
5.3.1. Peso 51
5.3.2. Tamaño 53
5.3.3. Solidos solubles totales 54
5.4. Evaluación del coeficiente de uniformidad de riego 55
5.5. Evaluación del extracto de peciolo de acuerdo al tipo de poda 55
5.6. Comportamiento de las variables ambientales dentro del invernadero. ... 56
6. CONCLUSIONES 58
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Planta de tomate……..... 5
Figura 2.2 Etapas fenológicas de la planta de tomate…….. 17
Figura 2.3 Distribución de las hojas A, B y C en dos racimos de tomate…… 23
Figura 2.4 Grados de madurez del tomate, 1) verde, 2) quebrando, 3) rayado, 4) rosa, 5) rojo claro, 6) rojo. (Autor: Kader, Adel)…… 25
Figura 4.1 Vista frontal de la pared norte del invernadero. Techo tipo capilla estilo gótico, a dos naves. A la derecha se encuentra la caseta de control del sistema de fertirriego y, contigua a la caseta, de entrada de puertas dobles al invernadero……..……..…….. 29
Figura 4.2 Arreglo de camas dentro del invernadero. Tratamientos: camas A y C con poda a un tallo, camas B y D con poda a dos tallos. …… 30
Figura 4.3 Rastrillado de camas. En un plano horizontal, suavemente se desliza el rastrillo sobre la cama hasta dejarla plana. Las flechas negras indican la dirección del rastrillado..……..……..…….....…… 30
Figura 4.4 A) Zanja de aproximadamente 20 cm de profundidad en los extremos de la cama. B) Acolchado colocado en el extremo de la zanja; se cubre con tierra (sellado) y se extiende sobre la cama. Reposar 20 min antes de estirar perfectamente y sellar el otro extremo. C) Montículos de tierra cada 4 m para sostener el plástico……....… 31
Figura 4.5 A) Sistema de fertirriego. B) Elementos del sistema de riego: a) filtro de 120 Mesh, b) electroválvula de 24 Volts y c) bomba de 2 HP……. 32
Figura 4.6 A) Válvula de globo para aislar línea de riego. B) Unión regante-línea principal. C) Perforación en la tubería principal para unir el regante…. 33
Figura 4.7 Configuraciones gotero-tubín-estaca para plantas a un tallo (izq.) y a doble tallo (der.). …….…….…….…… 33
Figura 4.8 A) Charolas siendo rellenadas con Peat Moss húmedo. B) Medición de pH del agua con pHmetro. C) Peat Moss húmedo y sin grumos. … 34
Figura 4.9 A) Charolas apiladas. B) Charolas cubiertas con plástico dentro del cuarto de germinación. …….…….…….……. 35
Figura 4.10 A) Emergencia de la radícula. B) Plántula emergida por completo, es momento de ser expuestas a la luz. …….…….…… 36
Figura 4.11 A) Charolas con plántula. B) Peat Moss seco, apariencia esponjosa y color café-rojizo; necesita riego. C) Apariencia del Peat Moss húmedo. Se percibe compacto, color café-negro y con olor característico similar a tierra mojada…….. 36
Figura 4.12 A) Desinfección del invernadero. B) Acolchado perforado……..... 38
Figura 4.13 A) Plántula lista para el trasplante. B) Plántula con cepellón compacto y bien formado. C) Trasplante en suelo. ……..... 38
Figura 4.14 Durante el trasplante, el suelo alrededor de la plántula queda irregular, de modo que hay un espacio de aire entre el acolchado y el suelo, mismo que al subir la temperatura del invernadero formará una bolsa de calor que daña a la planta. A) Superficie irregular durante el trasplante, B) superficie plana y homogénea para deshacer la bolsa

de aire caliente. ……..... 39
Figura 4.15 Plantas trasplantadas en hilera (cama izq.) y tres bolillos (cama der.). 39
Figura 4.16 Ganchos de tutoreo a 2.5 m de altura. ……..…… 40
Figura 4.17 Se muestra la poda de formación. A) Poda de formación a un tallo: remoción de todos los brotes axilares. B) Poda de formación a dos tallos: remoción de los brotes axilares excepto el inmediato inferior al primer ramillete floral. …… 41
Figura 4.18 *Bombus terrestris* polinizando flor de tomate uva Sweet Hearts…… 42
Figura 4.19 A) Fruto con retraso significativo ubicado en la punta del racimo. B) Racimo raleado con frutos uniformes en estado de madurez rojo claro-rojo…….. 43
Figura 4.20 A) Descuelgue de planta; en un brazo se sostiene la planta, mientras con la otra mano se desenreda la rafia del gancho. ¡Nunca soltar la planta! Es muy probable que se troce. B) Planta descolgada y recostada sobre el surco…… 44
Figura 4.21 Curva de producción semanal teórica proyectada para 8 kg m^{-2}. ……. 49
Figura 4.22 A) Racimo con todos los grados de madurez. B) Grados de madurez del tomate uva: 1) verde, 2) quebrando, 3) rayado, 4) rosa, 5) rojo claro, 6) rojo……. 51
Figura 4.23 Esquema de la distribución de las unidades a muestrear para la determinación del coeficiente de uniformidad de riego (CU)……... 51
Figura 4.24 Materiales de laboratorio empleados para la medición de nutrientes en extracto de peciolo. ……..……..……..…….. 53
Figura 5.1 Curva de producción real (en azul) y curva de producción teórica (en gris) estimada a 8 kg m^{-2}. ……..…….. 56
Figura 5.2 Curvas de rendimiento semanal de acuerdo al tipo de poda. …… 58
Figura 5.3 Producción acumulada durante 20 semanas de cosecha en ambos tipos de poda. ……..……..……..... 58
Figura 5.4 Comparación del número de frutos por racimo por repetición y tratamiento en la Nave A. ……..……..... 60
Figura 5.5 Comparación del número de frutos por racimo por repetición y tratamiento en la Nave B.…….....…..... 61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1	Ficha técnica del tomate uva variedad Sweet Hearts……..……...	28
Cuadro 4.2	Macronutrientes para 1 m^3 de solución nutritiva para plántula. ….	37
Cuadro 4.3	Agua suministrada diariamente por planta y por etapa fenológica…….…….…….…….…..…..	45
Cuadro 4.4	Constitución de la nutritiva (macronutrientes) de acuerdo a la etapa fenológica de la planta. …….……..…….....	45
Cuadro 4.5	Tratamientos y repeticiones de acuerdo al tipo de poda y distancia entre camas..…….. ……...……...……...…….....	48
Cuadro 4.6	Proyección de cosechas cada cuatro semanas……...….	48
Cuadro 5.1	Comparación de la producción teórica y la producción real…….	56
Cuadro 5.2	Rendimiento obtenido (kg m^{-2}) por tipo de poda. …….	57
Cuadro 5.3	Distribución mensual porcentual de la producción de acuerdo al tipo de poda…….…….……...……..…….	57
Cuadro 5.4	Rendimiento por planta por tipo de poda y nave. …...……...…...	62
Cuadro 5.5	Peso promedio del fruto obtenido por poda y por nave. …...……...	62
Cuadro 5.6	Peso promedio del fruto por racimo por poda y por nave. …...……	63
Cuadro 5.7	Diámetro promedio del fruto por racimo, poda y nave.……	64
Cuadro 5.8	Longitud promedio del fruto por racimo, poda y nave. …….	64
Cuadro 5.9	Solidos solubles totales de acuerdo al grado de madurez del tomate…….…….…….…….……...…….	65
Cuadro 5.10	Sólidos solubles totales promedio por tipo de poda y por nave….	65
Cuadro 5.11	Volúmenes registrados en los emisores muestra para el cálculo de CU…….	66
Cuadro 5.12	Cantidad de nutrientes (ppm) presentes en el extracto de peciolo…….....	66

1. INTRODUCCIÓN.

El cultivo de tomate a cielo abierto es cada vez más difícil de llevar a cabo debido a las condiciones ambientales adversas, así como enfermedades y plagas. La producción de tomate en invernadero tiene como objetivo lograr altos rendimientos por unidad de superficie, así como excelente calidad a través del control climático y de nutrición (Ponce-Cruz, 2013).

Las labores culturales de tomate de especialidad recaen en las recomendaciones para los tomates redondos, como saladette o bola, incluso cuando se sabe que las condiciones óptimas de manejo agronómico cambian de acuerdo al tipo y variedad (Roberts y col., 2002). Hace falta indagar específicamente en la influencia que tienen las actividades culturales, particularmente en la poda de formación a un tallo y a dos tallos, la cual tiene un efecto en la calidad y rendimiento del fruto y cuya información es limitada (Salinas *et al.*, 1994).

La calidad y tamaño de fruto puede ser manipulada por la poda de formación. Existe evidencia de que plantas de tomate podadas a dos tallos incrementan el rendimiento de frutos comerciales, sin embargo, la competencia por asimilados conllevaba a un fruto de menor tamaño. Plantas podadas a un tallo desarrollaban frutos de mayor tamaño comparado con plantas podadas a dos tallos, sin embargo, los frutos presentaban mayor tendencia al cracking (rajadura), *zippering* (aparición de cicatrices similares a líneas punteadas sobre el fruto) y podredumbre apical (Maboko y Du Plooy, 2009).

A partir de esta información, surge la inquietud de realizar un estudio sobre la influencia que tiene el tipo de poda de formación en el tamaño y calidad los frutos de tomate uva, con el objetivo de determinar con qué tipo de poda la planta es más productiva y con cuál se favorece la obtención de frutos de tamaño homogéneos y de calidad comercial.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Cultivos en invernadero

La agricultura tradicional pone el énfasis en el suelo, clima y agua como condicionantes de la actividad agraria. La presencia de condiciones desfavorables en alguno de esos factores limita el potencial de las prácticas convencionales, hasta el punto que éstas lleguen a perder su interés económico. Sin embargo, las limitaciones en las dotaciones de suelo, clima y agua han podido paliarse en diferentes territorios con la implementación de suelos artificiales, de invernaderos y de sistemas de riego. La formación de suelo artificial, la utilización de sustratos de cultivo o el cultivo en disolución de nutrientes empieza a verse como técnica habitual en bastantes lugares del mundo (Díaz *et al.*, 2001).

El invernadero modifica el clima para proteger a los cultivos contra efectos adversos con el fin de mejorar su productividad. Los hay que mejoran las condiciones ambientales utilizando aportes energéticos externos, que permiten cultivar plantas en lugares y épocas del año donde las condiciones climáticas imposibilitan o limitan su desarrollo. Otros son pasivos y su función consiste en modificar determinadas variables climáticas como: radiación solar, lluvia, viento, granizo y otros. Estos invernaderos pueden actuar como colectores solares, cortavientos, cubiertas, protección contra lluvia, etc. dependiendo del factor o factores de los que se quiere proteger al cultivo (Díaz *et al.*, 2001).

Tanto en unos como en otros, las prácticas de cultivo y las variedades utilizadas difieren de las que se utilizan en los cultivos al aire libre. El material vegetal precisa de unos requerimientos (agua, nutrientes, luz y dióxido de carbono) que son necesarios conocer, si se quiere desarrollar todo su potencial productivo. Los ciclos de cultivo, por lo general, se realizan en función de las expectativas del mercado, pasando a un segundo plano las exigencias climáticas de la especie (Díaz *et al.*, 2001).

El microclima que genera el invernadero difiere del exterior con menores valores de radiación solar, déficit de presión de vapor, evaporación y viento. Estas

alteraciones climáticas reducen considerablemente la demanda valorativa, por lo que el cultivo en invernadero es una técnica eficiente para reducir el consumo de agua (Díaz *et al.*, 2001).

Las plantas cultivadas en estas condiciones tienen un crecimiento más acelerado, acortando el tiempo entre los distintos estados fenológicos, provocando una intensidad de extracción de agua y de nutrientes diferente a la que el cultivo tendría al aire libre. Los problemas sanitarios se ven incrementados por las favorables condiciones ambientales y por la gran biomasa confinada en el recinto del invernadero (Díaz *et al.*, 2001).

Las especies cultivadas en invernadero son muy variadas, siendo diferente la protección requerida para cada caso que, además, va a depender del área geográfica y de la finalidad perseguida. Los cultivos hortícolas en todas sus variantes (fruto, hoja y flor) son los predominantes, siendo mayoritarios los de fruto (Díaz *et al.*, 2001).

En 1980 se estimaba una superficie mundial de 100,000 ha de invernaderos, misma que para 1998 podría haber alcanzado las 450,000 ha, con un crecimiento continuo cercano al 20% anual. De esa superficie, Asía tenía el 66%, Europa contaba con el 26%, mientras en América y África había un 4% en cada región. Para el año 1992 se reportaban unas 280,000 ha de invernaderos con cubiertas de plástico en todo el mundo; de ellas en Europa se concentraban unas 127,000, en el área oriental otras 140,000, mientras que en el continente americano se reportaban otras 13,000 ha cubiertas de plástico flexible (Bastida, 2011).

Actualmente el desarrollo de los invernaderos, presenta una amplia variabilidad de tipologías que nos permiten comparar las diversas situaciones nacionales y regiones, así como las diferentes posibilidades de control de los elementos climáticos. Por lo tanto en las condiciones climáticas más severas se encuentran los invernaderos más perfeccionados y las instalaciones de protección más sofisticadas. Así, en los países del centro y norte de Europa prevalecen los

invernaderos de cristal con alto nivel tecnológico gestionados por ordenadores y de gran potencia productiva; como Holanda, mientras en los países mediterráneos, del norte de África y América predominan invernaderos de plástico y baja tecnología (Tesi, 2001).

2.2. El cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en México

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es un cultivo hortícola de importancia económica en México. En el año 2013 se sembraron 48,234.01 hectáreas de tomate rojo, con una producción de 2, 694,358.19 toneladas y un valor en producción de 15,045 millones de pesos (SIAP, 2014).

Hoy en día, en México existen 20,000 hectáreas bajo agricultura protegida, de las cuales 12,000 son de invernadero y 8,000 de malla sombra. Bajo este esquema, los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son tomate (70%), pimiento (16%) y pepino (10%). Por otro lado, el tomate es el tercer producto más exportado en el país y este cultivo convierte a México en el principal exportador a nivel mundial con una cifra de 1.5 millones de toneladas al año, es decir, 50% de la producción total anual (Ponce-Cruz, 2013).

Los principales estados productores de tomate rojo son Sinaloa (36.5 %), Baja California (7.3 %), Zacatecas (5.3 %), San Luis Potosí (5.2 %), Jalisco (5.0 %) y Baja California Sur (3.7 %). Entre paréntesis el porcentaje del volumen total de producción nacional por estado (SIAP, 2014).

2.3. Clasificación comercial del tomate

El mercado del tomate está dividido en dos sectores: para el procesamiento industrial o para consumo en fresco. Éste último representa una opción popular y versátil y, en la sociedad contemporánea, se sabe que el tomate contribuye a la nutrición humana por el aporte de azúcares, ácidos, vitaminas, minerales, licopeno y carotenoides contenidos en el fruto (Cantwell *et al.*, 2009).

Una segunda clasificación distingue a los tomates en cuatro tipos comerciales: tomate redondo, tomate asurcado, tomate oblongo o elongado y tomates cherry o coctail (CODEX STAN 293-2008, 2008).

Un factor al cual se enfrentan las empresas comercializadores de tomate para su consumo en fresco es la preferencia del consumidor por ciertas variedades de tomate, no solo por su aspecto, sino por los parámetros organolépticos. En la actualidad, el tomate cherry y el tomate uva se encuentran entre los favoritos de los consumidores, ya que éstos los perciben como frutos de mejor sabor al compararlos con los tomates redondos estándar, tales como el bola y Saladette (Roberts *et al.* 2002) además de la practicidad de su consumo como botanas o refrigerios.

Los tomates cherry y uva contienen altas concentraciones de azúcares y ácidos, contribuyentes mayoritarios de su sabor. Este tipo de tomates comprenden el 24% de las ventas de tomate en los Estados Unidos (Cantwell *et al.* 2009) cuyo precio de venta llega a ser dos o tres veces el precio del tomate redondo estándar (Roberts *et al.* 2002).

2.4. Clasificación botánica del tomate (*Solanum lycopersicum*)

Es una hortaliza perteneciente a la familia de las Solanáceas, constituida por un tallo principal largo con ramificaciones (Figura 2.1). Los tallos son gruesos y angulosos, de color verde (Matas-Arrollo, 2005).

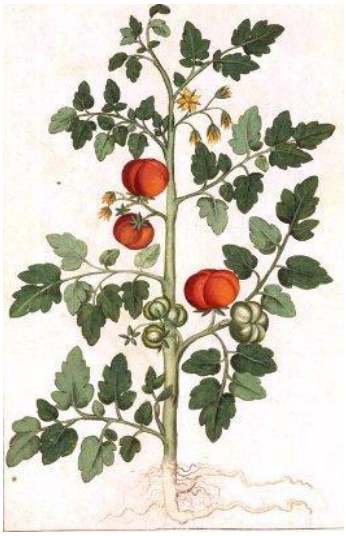


Figura 2.1. Planta de tomate

Las hojas forman grupos conformados de dos o más comúnmente, tres hojas y una inflorescencia. En la axila de cada hoja aparece un tallo secundario (Matas-Arrollo, 2005).

2.4.1. Semilla para producción en invernadero

Se propaga por semillas. Su tamaño es pequeño, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm; éstas pueden ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, plana, arriñonada, triangular con base puntiaguda. Está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

La producción de tomate bajo invernadero se basa principalmente en la siembra de variedades híbridas; estas semillas son desarrolladas por mejoradores genéticos y vendidas por compañías comerciales. Las ventajas de las semillas híbridas son su muy alto vigor, buena uniformidad, alta producción y a algunas se les ha incorporado resistencia a enfermedades. El productor debe comprar semillas certificadas, producidas por compañas acreditadas y apropiadamente empacadas, y que en la etiqueta se incluya las características del material y las condiciones de almacenamiento de la semilla. Además, que hayan sido evaluadas con relación a su rendimiento y productividad en las condiciones agroecológicas donde se van a sembrar (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

2.4.2. Flor

Las flores son de color amarillo y se agrupan en racimos de tres a siete de ellas, en cimas insertadas en el tallo principal, aunque en variedades como tomate cherry pueden llegar a ser hasta 100 flores por racimo (García-León, 2012). Es perfecta o hermafrodita, regular e hipógina. Consta de cinco o más sépalos y de seis o más pétalos; tiene un pistilo con cinco estambres, unidos en sus anteras y formando un tubo que encierra el pistilo. Esta conformación favorece la autopolinización. Son normalmente pequeñas, de dos a tres cm de diámetro. Las inflorescencias se desarrollan cada dos o tres hojas (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

2.4.3. Fruto

El fruto es una baya que presenta diferente tamaño, forma, color, consistencia y composición, según el cultivo del que se trate. Está constituido por la epidermis o piel, la pulpa, el tejido placentario y las semillas. Internamente los frutos están divididos en lóculos, que pueden ser bi, tri, tetra o pluriloculares. Frutos uniloculares son escasos y los frutos maduros pueden ser rojos, rosados o amarillos (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

2.4.4. Crecimiento determinado e indeterminado

Según el tipo de crecimiento, las plantas pueden ser determinadas o indeterminadas. En plantas determinadas, una vez alcanzado el desarrollo vegetativo total, cada uno de los tallos termina en una inflorescencia o racimo y cesa la emisión de brotes y tallos axilares. Las variedades de crecimiento indeterminado continúan su crecimiento, desarrollando nuevas ramas y racimos, al tiempo que madura los frutos ya formados (Parra-Salinas *et al.* 2010).

2.4.5. Ciclo de vida de la planta

La planta de tomate tiene un ciclo de vida de aproximadamente siete meses, sin embargo, la duración está determinada por la variedad y las condiciones climáticas de la zona donde se establece el cultivo (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2006). El ciclo de vida engloba dos etapas principales (Figura 2.2):

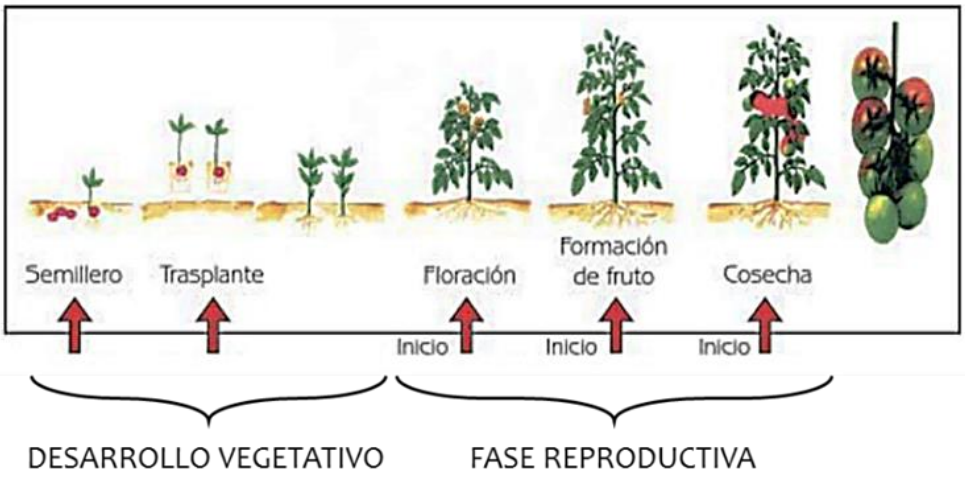


Figura 2.2. Etapas fenológicas de la planta de tomate.

A) *Desarrollo vegetativo:* Comprende cuatro subetapas: Siembra en semillero, germinación, formación de tres a cuatro hojas verdaderas, y trasplante a campo.

B) *Fase reproductiva:* Incluye las siguientes subetapas: Floración (inicia de 18 a 25 días después del trasplante), formación y llenado del fruto hasta la madurez, y cosecha (inicia en el primer racimo entre los 85 y 90 días después del trasplante).

La variedad determina las fechas de inicio de cada etapa y subetapa, por lo que algunas pueden presentar el inicio de cosecha a los 60 ddt y en otras hasta los 95 ddt (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2006).

2.5. Condiciones agroecológicas para el cultivo de tomate

El tomate es una hortaliza de gran adaptación climática, desde climas cálido a moderado (0 a 2100 metros sobre el nivel del mar). Es indiferente al fotoperiodo pero muy sensible a las altas y bajas temperaturas. Los factores climáticos que más afectan a las diferentes fases del cultivo son temperatura, luminosidad, humedad relativa y CO_2. Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para su desarrollo en perfectas condiciones: al tomate, al pimiento y berenjena se desarrollan bien bajo humedades relativas entre 50 y 60%, sobre todo para asegurar la buena calidad del polen y prevenir bajo porcentaje de polinización o frutos deformes (Parra-Salinas *et al.* 2010).

Bajo invernadero, el cultivo requiere de control de temperatura, humedad del aire y luminosidad. La temperatura no debe exceder los 30 °C ni bajar de 10 °C, pues se corre el riesgo de afectar el crecimiento, provocar la caída de las flores, frutos y/o perjudicar la polinización. Si la temperatura se eleva, las cortinas deben abrirse para facilitar la buena ventilación. Cuando se presenten temperaturas elevadas no se debe humedecer el interior del invernadero, porque se corre el riesgo de la aparición y proliferación de hongos. La luminosidad tampoco debe faltar al interior del invernadero, se debe monitorear el estado de los plásticos (Parra-Salinas *et al.* 2010).

2.6. Tomate uva (*Solanum lycopersicum*)

La mayoría de los cultivares de tomate uva son de crecimiento indeterminados, con frutos que van desde 10 g hasta 30 g. De acuerdo con Evans *et al.* (2010) el tomate uva es principalmente cultivado en invernadero hidropónico. Cuando se cultiva en suelo, se emplean camas cubiertas con acolchado, riego con cintilla. El tutoreo consiste en a) sujetar la planta a un tutor de estaca o b) gancho tutor con rafia a una altura de 3 m.

2.7. Manejo agronómico del tomate uva en invernadero

Hasta el momento es poco lo que se sabe del cultivo de tomate uva, ya que su manejo agronómico y nutricional recae en la adaptación de recomendaciones diseñadas para otras variedades de tomate (Roberts *et al*., 2002), especialmente de tomate cherry.

2.7.1. Densidad de plantación y distancia entre surcos

El tomate puede establecerse en surcos sencillos o dobles. En surco sencillo, se realiza a una distancia entre surcos de 1.10 a 1.30 m y una distancia entre plantas de 0.30 a 0.40 cm. En surco doble, se trabaja con una distancia de 0.50 a 0.60 cm entre los dos surcos y 0.50 a 0.60 cm entre plantas. La distancia entre centros de cama puede variar de 1.40 a 1.60 cm, con caminos de 0.8 a 1.0 m de ancho (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2007).

El surco doble es recomendado para zonas donde la humedad relativa no es tan alta y donde la radiación solar es muy fuerte, por lo que se debe buscar un ambiente más favorable de aireación de la planta (Jaramillo-Noreña *et al.*, 2007).

En tomate cherry hidropónico y con nutrición orgánica a una densidad de siembra de 4 plantas m^{-2} contenidas en bolsas de 20 L de capacidad, se obtuvieron rendimientos de 4.85 kg m^{-2} empleando mezclas de vermicomposta, arena y perlita, en un ciclo de cultivo de 135 días (Márquez-Hernández *et al.*, 2006).

L. Franco *et al.* (2009) obtuvieron rendimientos entre 12.01-12.96 kg m^{-2} con una densidad de siembra de 1.6 plantas m^{-2} y con nutrición química, para plantas de tomate cherry podadas a dos tallos, la cosecha inició alrededor de 75 ddt y finalizó 307 ddt.

Carrillo *et al.*, (2003) experimentaron con densidades de 2.6, 4.0 y 5.3 plantas m^{-2} para tomate cherry, con rendimientos de 10.583, 17.373 y 17.525 kg m^{-2}, respectivamente; la nutrición fue química 280-80-260 ppm, el ciclo se desarrolló de junio a diciembre y la cosecha inicio 77 ddt.

2.7.2. Tutorado

El tomate, por tener un tallo poco rígido, debe ser sostenido como enredadera con un tutor de rafia (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

El tutorado consiste en guiar verticalmente las plantas a lo largo de una cuerda. Esta actividad debe realizarse enrollando la cuerda cada dos o tres hojas en el sentido de las manecillas del reloj. Es una labor que se hace hasta dos veces por semana durante las primeras etapas del desarrollo del cultivo; posteriormente, cuando empieza la formación de frutos se puede hacer una vez por semana. La frecuencia del enrollado depende de la variedad, del clima, del estado nutricional del cultivo y de la programación de las labores (Parrado y Ubaque-López, 2003).

2.7.3. Polinización

Esta práctica se realiza para ayudar al cuajado de los frutos, mejora la calidad y productividad. En el interior del invernadero el movimiento del aire es insuficiente para la polinización de las flores, por lo tanto, se debe optar por mecanismos que produzcan el movimiento de los racimos florales. La agitación de las flores puede efectuarse con un vibrador eléctrico, expulsor de aire, con las manos o con la ayuda de un trozo de madera, tratando de hacerla de manera uniforme y cuidando no dañar las flores, y por polinización con abejorro. El mejor momento para realizar la polinización es en la mañana, cuando el polen está más viable (Parrado y Ubaque-López, 2003).

2.7.4. Tipos de poda

Una de las principales técnicas incluidas en el manejo agronómico de hortalizas de fruto en invernadero es la poda. La remoción de partes tales como yemas, brotes desarrollados y frutos, sirve para mantener una forma deseable y controlar la dirección y cantidad de crecimiento vegetativo (Ponce-Valerio y col., 2011).

La poda se realiza en la mañana, usando guantes desechables y se aplica un antibiótico y producto con base de cobre registrado para el cultivo del tomate para evitar la entrada de microorganismos patógenos a través de las heridas causadas por la poda, principalmente enfermedades de tipo bacteriana o fungosa (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

Para asegurar la salud del cultivo al realizar cualquier tipo de poda, se recomienda hacer una desinfección periódica de las herramientas con una solución de yodo agrícola o hipoclorito de sodio al 5% al pasar de planta a planta (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

Además, se debe sacar del invernadero, lo más pronto posible, todos los residuos de la poda, ya que pueden ser fuente de inóculo de enfermedades y plagas (Villasanti, 2013).

Existen cuatro tipos de poda: de formación, de brotes axilares o chupones, aclareo de flor y/o fruto y fitosanitaria.

2.7.4.1. Poda de formación

Durante la poda de formación se define el número de tallos que va a tener la planta. Ésta debe realizarse 15-20 días después del trasplante y definirá el número de tallos a dejar por planta. Son frecuentes las podas a uno o dos tallos, aunque en tomate tipo cherry suelen dejarse de tres a cuatro tallos (Garpa-Arizpe y Molina-Velázquez, 2008).

La poda a un tallo consiste en remover todos los brotes axilares que aparezcan en la base de las hojas. Para formar un segundo tallo, la técnica de poda dependerá si la planta es injertada o no. Para el caso de plantas injertadas, cuando la planta está en semillero se despunta el tallo principal por encima de las hojas de los cotiledones, para que de las axilas de los cotiledones salgan los brotes que serán los tallos principales. Otra forma es sacar el segundo tallo del tercer entrenudo de la plántula en el semillero. Para plantas injertadas y no injertadas, el segundo tallo también puede obtenerse dejando crecer el brote axilar inmediato inferior al primer ramillete floral; este aparece bien formado a los 15-20 ddt. Por cuestiones hormonales en la planta, estos brotes tiene un mayor vigor, por lo que se deben utilizar para generar un nuevo tallo (Castellanos, 2009).

2.7.4.2. Poda de brotes axilares o chupones

Una vez definido el número de tallos, se eliminan todos los brotes que se desarrollan en el punto de inserción entre el tallo principal y los peciolos de las hojas; éstos se deben eliminar antes de que tengan un tamaño mayor a 3 cm para que no absorban los nutrientes requeridos en la formación y llenado de fruto. Cuando el chupón rebasa esta longitud, al momento de cortarlo es conveniente dejar un pedazo de tallo de aproximadamente 0.5 cm para favorecer la cicatrización y evitar que la herida llegue al tallo principal (Jaramillo-Noreña *et al.* 2007).

2.7.4.3. Aclareo de flor y/o fruto

Es necesario la remoción/raleo/aclareo de flores y frutos de manera oportuna, poco después de que la flor ha sido polinizada o los frutos han sido cuajados. Se eliminan todos los frutos malformados así como los que llevan retraso significativo en relación con el resto de los frutos del racimo (García-León, 2010).

2.7.4.4. Poda fitosanitaria

Con el objetivo de evitar la aparición de enfermedades, es necesario remover las hojas senescentes que se encuentran por debajo del primer racimo floral. Esto disminuye el microclima que se genera en las hojas basales y permite una mejor aireación. En plantas de crecimiento indeterminado, las hojas se localizan en grupos de tres: A, B y C (Figura 2.3). La hoja A se encuentra inmediatamente debajo del racimo y es la responsable del 75% del llenado de fruto (Jaramillo-Noreña *et al.* 2006), la hoja B está cercana y superior al racimo, y la hoja C sobre la hoja B e inferior a la hoja A del siguiente racimo. No siempre apuntan a la misma dirección, pero sí forman un grupo de tres hojas rodeando al racimo.

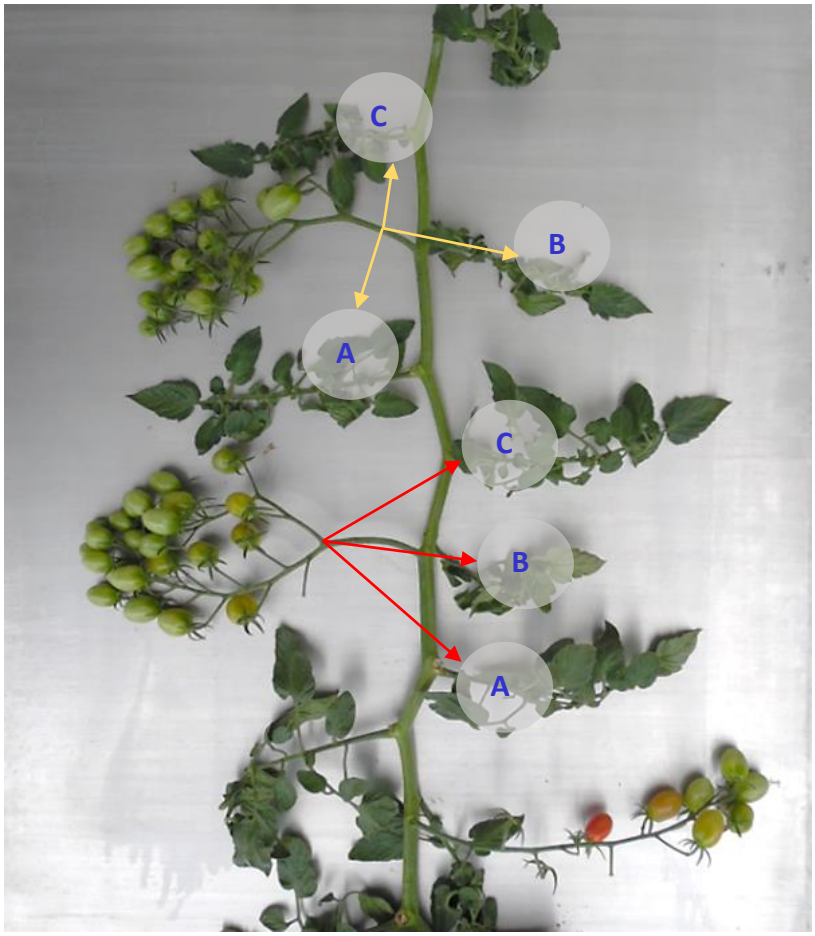


Figura 2.3. Distribución de las hojas A, B y C en dos racimos de tomate.

2.8. Efecto de la poda en la calidad del tomate

Con relación a la poda, se han realizado diversos trabajos en invernadero y en campo abierto principalmente en cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*) y en cultivo de chile (*Capsicum annum* L.). Esta práctica tiene como finalidad controlar el crecimiento de la planta y, por lo tanto, la calidad del fruto, así como acortar el ciclo de cultivo (Ponce-Valerio *et al.* 2011)

De acuerdo con Maboko y Du Plooy (2009), plantas de tomate podadas a dos tallos incrementan el rendimiento de frutos comerciales, sin embargo, la competencia por asimilados conlleva a un fruto de menor tamaño. Plantas podadas a un tallo desarrollan frutos de mayor tamaño comparado con plantas podadas a dos tallos, sin embargo, los frutos presentan mayor tendencia al cracking (rajadura), zippering (aparición de cicatrices similares a líneas punteadas sobre el fruto) y podredumbre apical.

Torres-Torres (2008) señaló que en un cultivo de tomate las plantas podadas a dos tallos obtuvieron la mejor calidad de fruta y presentaron mayor número de frutos que las plantas a un tallo. No observó diferencia en cuanto al tamaño de la fruta en plantas a uno y dos tallos. Reportó un adelanto de nueve días en la maduración de fruto en podas a un tallo.

En un estudio realizado por Salinas *et al.* (1994) se evaluó la calidad de frutos obtenidos de plantas con poda a un tallo, poda a dos tallos y sin podar. Observaron que las plantas con poda inician su producción más temprano que las plantas sin poda, además, producen mayor porcentaje de frutos de primera calidad, pero con menor rendimiento total por unidad de área. Los mayores rendimientos se obtienen en plantas no podadas, pero los frutos son de menor calidad.

2.9. Calidad de frutos de tomate

Usualmente el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica, que se presenta cuando el fruto ha alcanzado por completo el color rojo, pero

antes del ablandamiento excesivo. El color del tomate es la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida poscosecha y un factor determinante en la compra por parte de los consumidores (Casierra-Posada y Aguilar-Avellanedo, 2008).

La coloración que presente la epidermis del tomate (Figura 2.3) indica su etapa de maduración y la clasificación con base en la NMX-FF-031-1997 es:

1. Verde: Significa que la piel del tomate está completamente verde. El color verde puede variar de verde claro a oscuro.

2. Quebrando verde – rosa: Significa que hay una interrupción distinta en el color de verde hasta amarillo, rosado o rojo en no más del 10% de la piel.

3. Rayado: Significa que entre el 10% y el 30% de la superficie del tomate muestra un cambio definido del color verde hasta amarillo, rosado o rojo, una mezcla de éstos.

4. Rosa: Significa que entre el 30% y el 60% de la superficie del tomate, muestra un color rosado o rojo.

5. Rojo claro: Significa que entre el 60% y el 90% de la superficie tiene color rosado/rojo o rojo.

6. Rojo: Significa que más del 90% de la superficie del tomate muestra color rojo.

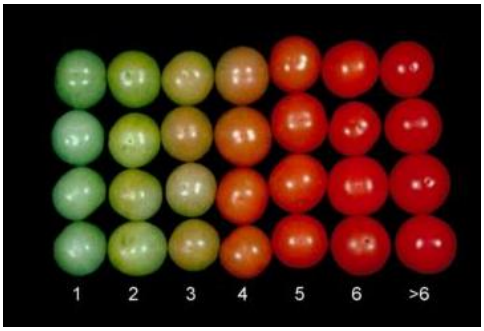


Figura 2.4. Grados de madurez del tomate, 1) verde, 2) quebrando, 3) rayado, 4) rosa, 5) rojo claro, 6) rojo. (Autor: Kader, Adel).

Los parámetros considerados para evaluar la calidad de los frutos son: color del fruto, contenido de sólidos solubles totales expresados en °Brix, peso medio de los frutos, longitud (diámetro polar) y ancho (diámetro ecuatorial).

2.9.1. Solidos Solubles Totales

Los sólidos solubles son fundamentalmente los azúcares y los ácidos, y su contenido varía según la variedad vegetal, grado de madurez y técnica de cultivo empleada. Durante la maduración vegetal, el contenido de azúcares aumenta en detrimento del contenido de ácidos.

La determinación de sólidos solubles suele expresarse en grados Brix y se mide en refractómetros. Los grados Brix (°Bx) determinan el contenido en sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx contiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido. La lectura se refiere a 20 °C (Oña Baquero y Serrano Pérez, 2014).

En un estudio realizado por Simonne *et al.* (2005) sobre cuatro variedades de tomate uva rojo de crecimiento indeterminado (híbridos F1) los °Bx promedio para las variedades Navidad, Red Grape, Santa y St. Nick, fueron 3.75, 5.43, 6.30 y 5.58 respectivamente.

2.9.2. Peso y tamaño del fruto

En un estudio realizado en el UC Kearney Ag Center por Molinar y Yang (2003) se evaluaron 31 variedades de tomate uva. Un tomate puede ser considerado tomate tipo uva si su peso está en el rango 4-12 g. Mayores de 12 g, son cercanos al tamaño Roma y menores a 4 g son tomate mini.

3. HIPÓTESIS

La poda de formación, al controlar la cantidad y dirección del crecimiento vegetativo, tiene efecto en la calidad y rendimiento del fruto obtenido de plantas podadas a un tallo y a dos tallos.

3.1. Objetivo General

Evaluar el rendimiento y calidad de tomate uva variedad Sweet Hearts bajo dos sistemas de poda en condiciones de invernadero.

3.2. Objetivos Específicos

a) Evaluar el rendimiento por unidad de superficie de tomate uva cosechado de plantas con poda a un tallo y dos tallos.

b) Evaluar la calidad de los frutos de tomate uva obtenidos de la poda a un tallo y a dos tallos mediante la medición de peso del fruto, tamaño de fruto y sólidos solubles totales.

c) Evaluar el extracto de peciolo y coeficiente de uniformidad de riego.

d) Monitorear las variables ambientales dentro del invernadero.

4. METODOLOGÍA.

4.1. Material Vegetal

La variedad en estudio es tomate uva Sweet Hearts de la casa semillera SAKATA con excelentes características técnicas (Cuadro 4.1). Sweet Hearts es un tomate tipo uva, líder en el mercado, de crecimiento indeterminado que es muy prolífico; la planta es de vigor medio y altamente productiva.

En México, Sweet Hearts se está convirtiendo en la variedad número uno de tomate tipo uva para cultivo protegido. Es recomendado para cultivos en malla sombra y/o invernadero, en donde expresa su mayor potencial de calidad y rendimientos. Sus contenidos de grados Brix oscilan de 8° a 10°, dándole un sabor y dulzura muy apreciados en el mercado.

Cuadro 4.1. Ficha técnica del tomate tipo uva variedad Sweet Hearts.

Característica	Descripción
Interior	Firme, color rojo
Piel	Suave, color rojo
Habito de la planta	Vigorosa (indeterminado)
Forma del fruto	Alargado, pequeño, en forma oval
Resistencia a enfermedades	*HR: Ff: A-E / Fol: 1 / ToMV: 0-2 **IR: Ss
Dimensiones	15 – 18 g/fruto

*HR: Alta resistencia
**IR: Resistencia intermedia

Entre las especificaciones figura excelente resistencia al agrietamiento, cultivo apto para producción al exterior o en invernadero, así como una madurez relativa intermedia de 60 días después del trasplante.

4.2. Localización del invernadero

Las instalaciones en las que tuvo lugar la investigación se ubican en el Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro, el Marqués, Querétaro. Este municipio se localiza al noroeste del estado de Querétaro: al norte a 20º 58’, al sur 20º 31’; al este 100º 09’ y al oeste 100º 24’.

El cultivo se llevó a cabo en un invernadero gótico, constituido por dos naves de 9 m de ancho por 24 m de largo conectadas por la canaleta; altura de paredes laterales de 4.5 m y altura desde la canaleta hasta la cumbrera de 2.5 m (Figura 4.1).

Los materiales de cubierta fueron: en el techo y en las paredes laterales norte y sur, polietileno calibre con porcentaje de transmisión de radiación del 90-92%; malla antiáfido en las paredes laterales oeste y este del invernadero.

Figura 4.1. Vista frontal de la pared norte del invernadero. Techo tipo capilla estilo gótico, a dos naves. A la derecha se encuentra la caseta de control del sistema de fertirriego y contigua a la caseta la entrada de puertas dobles al invernadero.

4.3. Labores Pre-culturales.

4.3.1. Preparación de las camas

El arreglo de camas fue longitudinal y las dimensiones fueron las siguientes (Figura 4.2): a) Ancho de cama, 0.6 m; b) largo de cama, 22 m; c) altura de cama, 0.30 m; d) distancia entre camas de centro a centro: Nave A, 1.5 m y Nave B, 1.6 m.

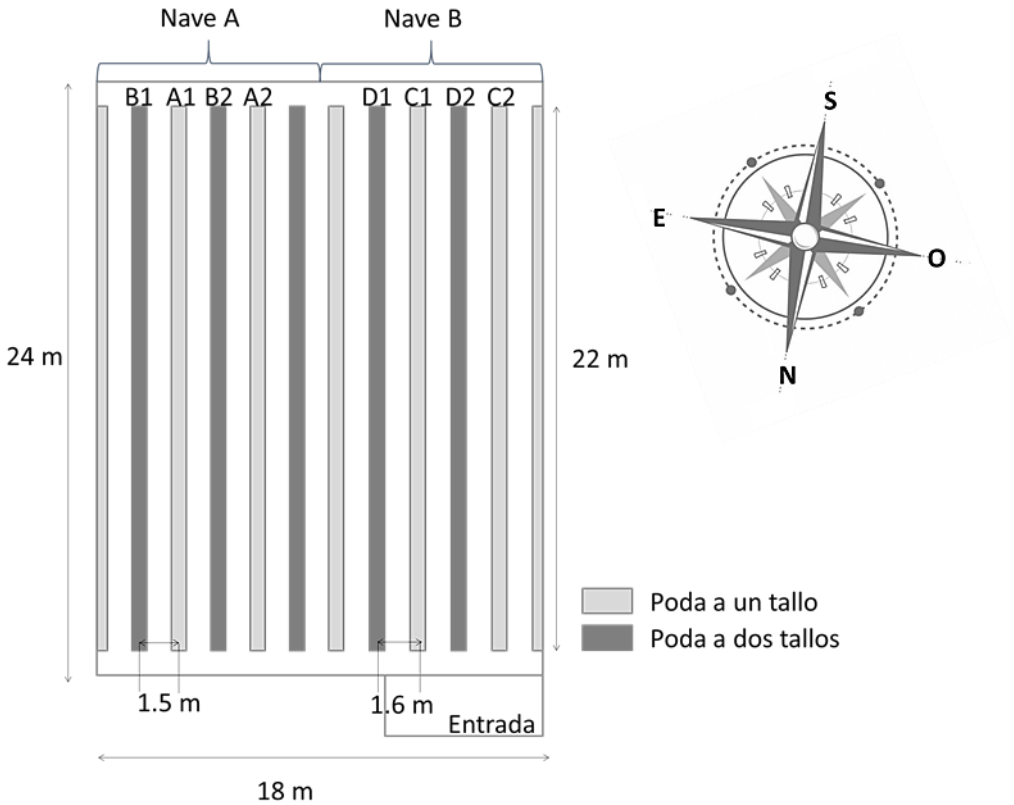


Figura 4.2. Arreglo de camas dentro del invernadero. Tratamientos: camas A y C con poda a un tallo, camas B y D con poda a dos tallos.

Las camas fueron hechas de forma manual con pico, pala y azadón, redistribuyendo la tierra que se utilizó en el ciclo pasado. Se rastrillaron (Figura 4.3) para dejar una superficie plana. Los terrones más grandes que no pudieron fragmentarse fueron sacados del invernadero con la ayuda de una carretilla.

Figura 4.3. Rastrillado de camas. En un plano horizontal, suavemente se desliza el rastrillo sobre la cama hasta dejarla plana. Las flechas negras indican la dirección del rastrillado.

4.3.2. Colocación de acolchado

Las camas fueron cubiertas con colchado negro-plata; la parte oscura quedó hacia la cara interna. La colocación del acolchado debe realizarse en días soleados. El orden fue el siguiente (Figura 4.4):

1. Se excavó, empleando azadón, una zanja de 20 cm de profundidad alrededor de ambos extremos de la cama.
2. Una orilla del rollo de acolchado se colocó en el extremo de la zanja y se cubrió con la tierra previamente removida al escarbar (sellado).
3. Se extendió el acolchado haciendo girar el rollo sobre la cama y se cortó justo al ras del otro extremo.
4. Enseguida, el plástico se dejó reposar al sol por 20-30 min. Los incisos 2 y 3 deben tener lugar entre las 12:30 hr y las 13:30 hr de la tarde para que el acolchado alcance una flexibilidad máxima.
5. Una vez que el acolchado estuvo flexible, se estiró perfectamente y se selló con tierra en el otro extremo. Esta operación debe ocurrir antes de las 15:00 hr, puesto que la temperatura del invernadero disminuye y el plástico se enfría, por lo que no quedaría adecuadamente colocado después de esta hora.
6. Se colocaron pequeños montículos de tierra cada cuatro metros para evitar que el acolchado se moviera de su lugar.

Figura 4.4. A) Zanja de aproximadamente 20 cm de profundidad en los extremos de la cama. B) Acolchado colocado en el extremo de la zanja; se cubre con tierra (sellado) y se extiende sobre la cama. Reposar 20 min antes de estirar perfectamente y sellar el otro extremo. C) Montículos de tierra cada 4 m para sostener el plástico.

4.4. Limpieza del invernadero.

Se podaron las malezas tanto en el perímetro interno como externo del invernadero con una desbrozadora a gasolina. La malla antiáfido se lavó con agua a presión con la ayuda de una mochila fumigadora de 20 L de capacidad; la antesala y el tapete sanitario también fueron lavados empleando una solución de sales cuaternarias (1 mL sales/1 L agua).

4.5. Sistema de fertirriego.

El sistema estuvo constituido por tres tinacos Giroplas ® de 2,500 L de capacidad, una electroválvula con filtro de 120 Mesh (0.122 mm de diámetro de poro) y una bomba de 2 HP (Figura 4.5).

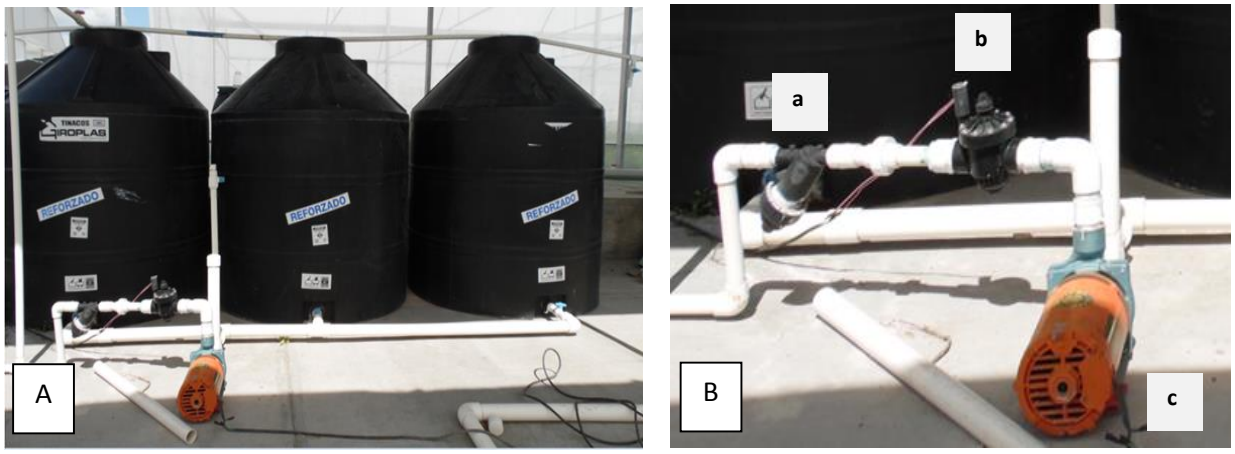


Figura 4.5. A) Sistema de fertirriego. B) Elementos del sistema de riego: a) filtro de 120 Mesh, b) electroválvula de 24 Volts y c) bomba de 2 HP.

El material de la tubería principal dentro del invernadero fue PVC hidráulico de 2 pulgadas de diámetro; el regante fue manguera negra lisa de 16 mm de diámetro. Entre la tubería principal y el regante se colocó una válvula de globo para aislar cada regante; en caso de que fuera necesario suspender el riego, se cerraría una sola línea y no la totalidad de regantes (Figura 4.6). Se

colocaron a lo largo de la manguera goteros autocompensantes con un caudal de 8 L/h.

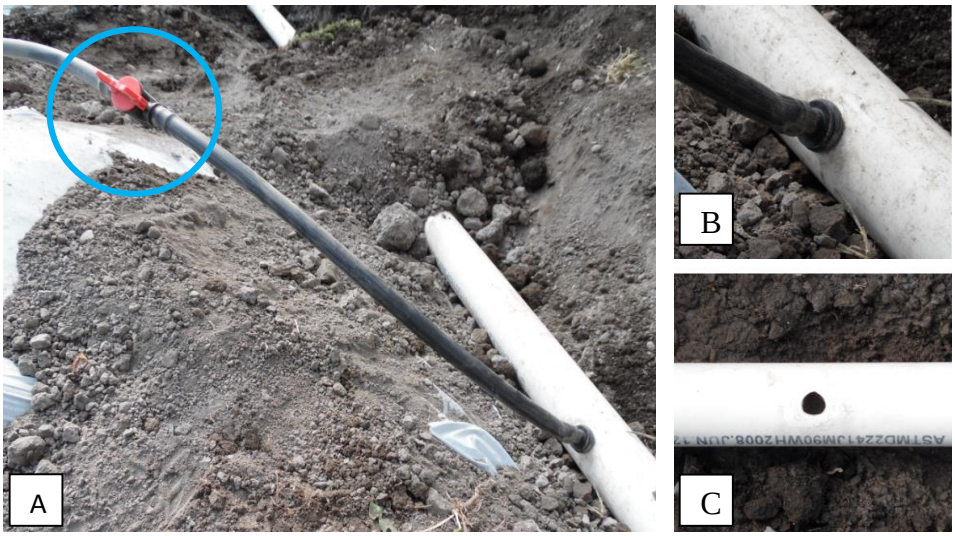


Figura 4.6. A) Válvula de globo para aislar línea de riego. B) Unión regante-línea principal. C) Perforación en la tubería principal para unir el regante.

En las plantas para dos tallos se colocó un gotero por planta con una separación de 0.40 m entre emisores. En la poda a un tallo, se optó por ensamblar al gotero un adaptador de dos salidas, resultando en un gotero para dos plantas, a una distancia de 0.35 m entre emisores (Figura 4.7).

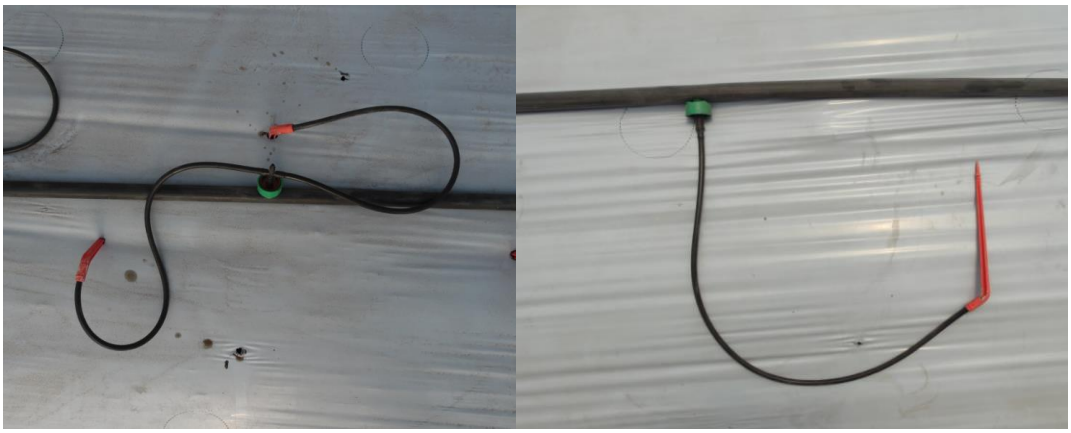


Figura 4.7. Configuraciones gotero-tubín-estaca para plantas a un tallo (izquierda) y a doble tallo (derecha).

El extremo de la manguera fue asegurado con doblez y aro, y sujetado con un arco de varilla. Los regantes fueron extendidos y sujetados después de reposar 30 minutos entre las 12:30 hr y la 13:30 hr, para que contaran con mayor flexibilidad y se aseguraran perfectamente.

4.6. Siembra.

Se emplearon charolas de poliestireno expandido de 128 cavidades. Se rellenaron hasta 1 cm de la superficie con Peat Moss SUNSHINE® humedecido con agua a pH: 5.5-6.5 acidificada con ácido fosfórico al 85% (Figura 4.8).

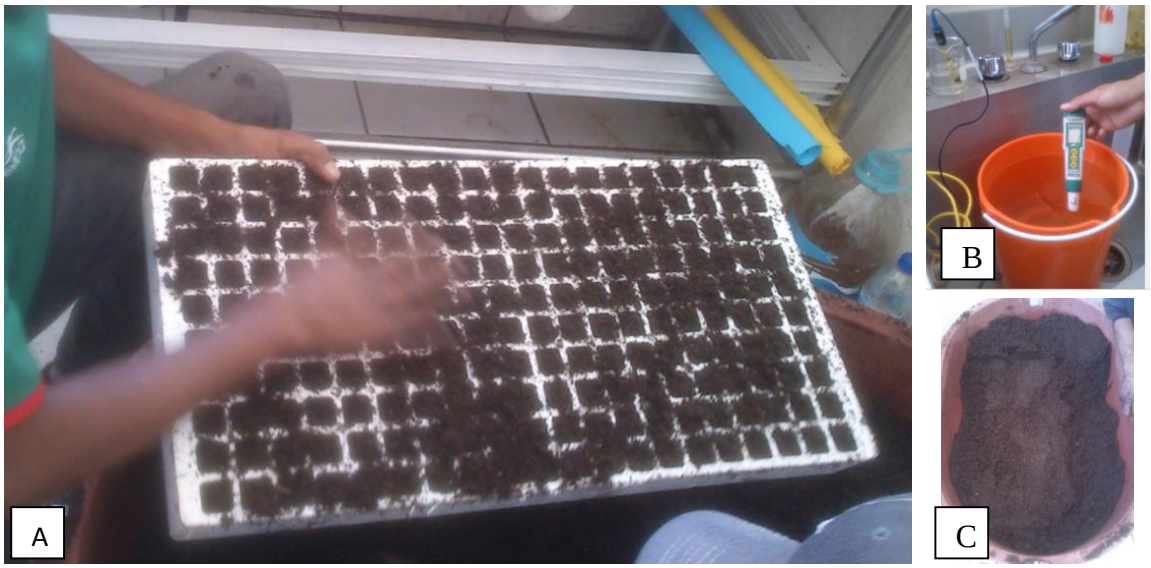


Figura 4.8. A) Charolas siendo rellenadas con Peat Moss húmedo. B) Medición de pH del agua con pHmetro. C) Peat Moss húmedo y sin grumos.

Cada semilla se colocó centrada; posteriormente fue cubierta con una capa delgada de Peat Moss humedecido hasta dejarla aproximadamente a 0.5 cm de profundidad.

4.7. Germinación.

Las charolas se agruparán en pilas de cuatro y cinco unidades; fueron cubiertas con plástico negro e introducidas en una cámara de germinación (Figura 4.9).

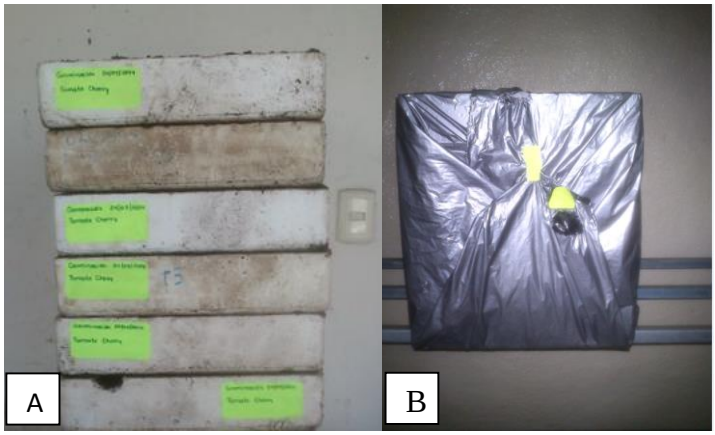


Figura 4.9. A) Charolas apiladas. B) Charolas cubiertas con plástico dentro del cuarto de germinación.

La temperatura dentro de la cámara se mantuvo en 29°C ± 2 °C empleando calentadores eléctricos. En intervalos de tres horas, cada charola se roció con 10 mL de agua pH 5.5-6.5 (acidificada con ácido fosfórico al 85%) y se rotaron las posiciones desplazando la charola superior hasta la última posición.

El monitoreo de la temperatura dentro de la cámara de germinación se realizó con un Data Logger Watchdog 1000 Series Modelo 1650, Spectrum Technologies, Inc. con una frecuencia de lecturas de 15 min. Se eligieron de tres a seis cavidades por charola y se revisaron cada seis horas, hasta detectar la emergencia de la radícula.

Una vez que el 60-80% de la plántula emergió (Figura 4.10), las charolas se retiraron del cuarto de germinación y fueron expuestas a la luz solar indirecta en un cuarto contiguo a 25° C durante 8 horas para evitar el choque térmico.

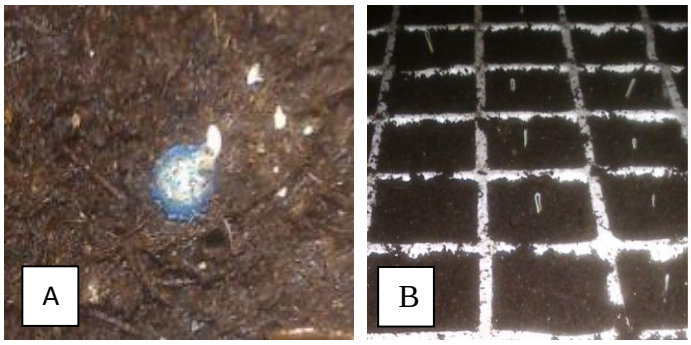


Figura 4.10. A) Emergencia de la radícula. B) Plántula emergida por completo, es momento de ser expuestas a la luz.

4.8. Invernadero de plántula.

Pasadas ocho horas de adaptación a la temperatura ambiente, las plántulas fueron llevadas al invernadero de plántula, donde permanecieron 28 días (Figura 4.11).

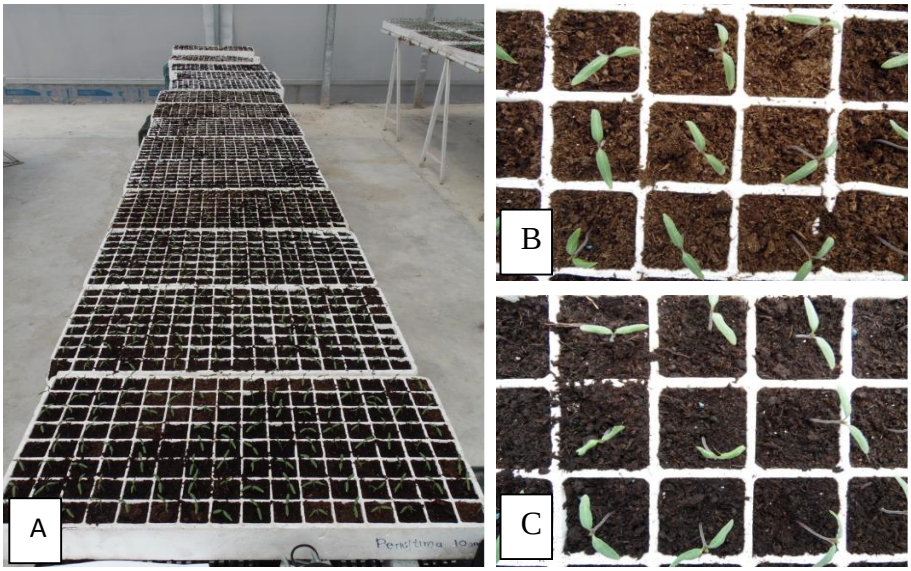


Figura 4.11. A) Charolas con plántula. B) Peat Moss seco, apariencia esponjosa y color café-rojizo; necesita riego. C) Apariencia del Peat Moss húmedo. Se percibe compacto, color café-negro y con olor característico similar a tierra mojada.

Se realizaron riegos frecuentes (8 a.m., 11 a.m., 3 p.m. y 6 p.m.) para mantener el Peat Moss húmedo. Transcurridos los primeros siete días, se dio inicio a la aplicación de nutrientes (Cuadro 4.2), aplicando a una concentración del

50% durante la segunda y tercera semana, cuatro días al 85% y 3 días al 100%. Los micronutrientes se mantuvieron a una concentración en partes por millón (ppm) de 2.0, 0.50, 0.05, 0.05 y 1 para Fe, Mn, Cu, Zn y B, respectivamente. Después de aplicar el fertilizante, se regaba con agua pura para eliminar el fertilizante de las hojas y evitar quemaduras químicas en la plántula.

Cuadro 4.2. Macronutrientes para 1 m^3 de solución nutritiva para plántula.

Constituyente	Cantidad
Ácido nítico (HNO_3 al 55%)	167 gr
Ácido fosfórico (H_3PO_4 al 85%)	68 ml
Nitrato de calcio tetrahidratado ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$)	400 gr
Sulfato de potasio (K_2SO_4)	487 gr
Sulfato de magnesio heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$)	431gr
Fosfonitrato ($(NH_4)NO_3$)	160 gr
Fosfato de potasio (KH_2PO_4)	136 gr.
pH = 5.5-6.5 y Conductividad Eléctrica (C.E.) = 1.5 mS/cm	

El volumen de riego aplicado fue variable. El parámetro de referencia consistía en detectar el escurrimiento de las primeras gotas a través de los orificios de las charolas, lo cual correspondía a que el peat-moss llegaba a su estado de saturación.

4.9. Trasplante.

Transcurridos 28 días en semillero, la plántula presentaba cuatro hojas verdaderas, indicativo de que está apta para trasplante.

Previo a la introducción de la planta y a la perforación del acolchado, el invernadero se desinfectó con sales cuaternarias de amonio, a una concentración de 5 mL Beta Quat 4® en 1 L de agua. El tapete sanitario se humedeció con sales cuaternarias de amonio a la misma concentración. Esta acción se ejecutó una hora antes del trasplante, aunque puede realizarse 24 horas antes siempre y cuando no ingrese ningún material o personal al invernadero hasta el momento del trasplante.

El acolchado fue perforado con un tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro, afilado en uno de sus extremos; al centro se perforó una cavidad de aproximadamente 5 cm de diámetro y 10 cm de profundidad (Figura 4.12).

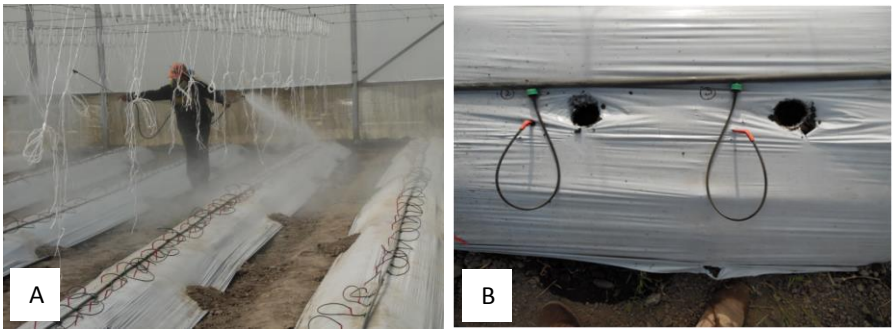


Figura 4.12. A) Desinfección del invernadero. B) Acolchado perforado.

El personal que ingresaba al invernadero desinfectó sus manos con una solución de yodo al 3% antes de manipular las plántulas.

Las plántulas fueron regadas con una solución de enraizador Proroot® (100g/100L) una hora antes del trasplante. Para que el cepellón saliera fácilmente de la cavidad, las charolas fueron sacudidas dándoles suaves golpecitos contra el suelo, procurando que toda la base impactara en un solo impulso.

Una vez removidas de la charola, las plántulas fueron introducidas cuidadosamente en la cavidad procurando que la punta del cepellón quedara siempre vertical y sin presionarla contra el suelo (Figura 4.13). Para finalizar la colocación de la plántula, se cubrió la cavidad con la misma tierra húmeda de la cama. La estaca se colocó a 5 cm del tallo.

Figura 4.13. A) Plántula lista para el trasplante. B) Plántula con cepellón compacto y bien formado. C) Trasplante en suelo.

Una vez concluido el trasplante, se redistribuyó la tierra alrededor de la base del tallo de la plántula (Figura 4.14), para que el acolchado quedara lo más próximo al suelo y evitar la formación de una bolsa de calor y ambiente húmedo la cual pudiera favorecer la aparición de hongos así como estresar a la planta por el aumento de la temperatura.

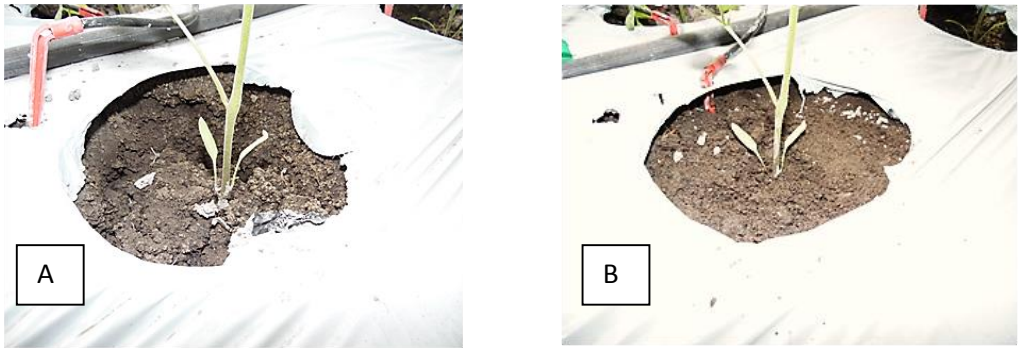


Figura 4.14. Durante el trasplante, el suelo alrededor de la plántula queda irregular, de modo que hay un espacio de aire entre el acolchado y el suelo, mismo que al subir la temperatura del invernadero formará una bolsa de calor que daña a la planta. A) Superficie irregular durante el trasplante, B) superficie plana y homogénea para deshacer la bolsa de aire caliente.

En las camas destinadas a doble tallo, las plántulas se establecieron a una distancia de 0.40 m entre plantas en hilera; y de 0.35 m en distribución tres bolillos (triangular, cada esquina del triángulo corresponde a una planta) para las plantas a un tallo (Figura 4.15).

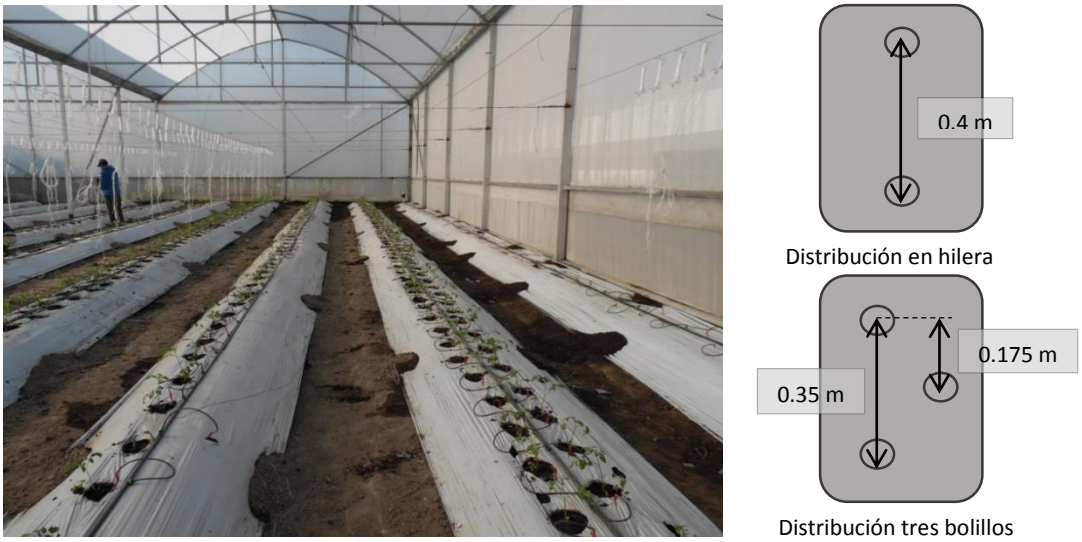


Figura 4.15. Plantas trasplantadas en hilera (cama izq.) y tres bolillos (cama der.).

4.10. Manejo Cultural.

4.10.1. Tutoreo

Se emplearon ganchos de tutoreo de 0.30 m de longitud, al cual se le enredaron 6 m de rafia tomatera blanca (Figura 4.16). Se desinfectaron durante 24 hr sumergidos en una solución de sales cuaternarias de amonio a una concentración de 5 mL de Beta Quat 4® en 1 L de agua antes de introducir los ganchos al invernadero.

El alambre de tutorado calibre 9 sobre el cual se colocaron los ganchos se encontraba a 2.5 m de altura. El tutorado se realizó tres días después del trasplante. Se desenredaron tres vueltas y media de rafia. La planta se sujetó a la rafia con anillos de tutorado colocados entre la hoja B y C más bajas, nunca por debajo del racimo.

Figura 4.16. Ganchos de tutoreo colocados a 2.5 m de altura.

4.10.2. Poda de formación.

Se definió el número de tallos a los 16 días después del trasplante (ddt). En las plantas que se dejaron a un tallo, se eliminaron todos los brotes axilares. La poda a dos tallos consistió en remover todos los brotes axilares, excepto el que se

encentraba por debajo del primer racimo floral; este brote se convirtió en el tallo secundario (Figura 4.17).

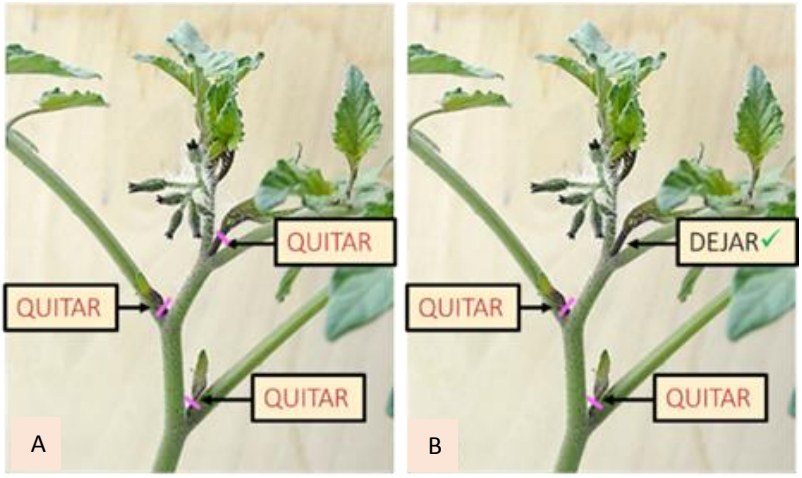


Figura 4.17. Se muestra la poda de formación. A) Poda de formación a un tallo: remoción de todos los brotes axilares. B) Poda de formación a dos tallos: remoción de los brotes axilares excepto el inmediato inferior al primer ramillete floral.

4.10.3. Poda de brote.

Se removieron los brotes axilares, durante la mañana y en programación semanal (lunes y martes) a partir de la primera semana ddt. El brote se removió cuando tenía una longitud de 2 a 5 cm, permitiéndose hasta 10 cm. Cuando el brote era mayor a 10 cm, al momento de hacer el corte se dejó un pedazo de tallo de aproximadamente 0.5 cm de largo para una mejor cicatrización.

4.10.4. Polinización

Se introdujo una colmena de abejorros (*Bombus terrestris*) Minipol® de la marca Koppert (Figura 4.18) en la primera semana de floración. La colmena tuvo una duración de seis semanas de actividad (semana 19 a 25 del año).

Se realizó polinización por aire de la semana 25 a la 27 (del año) cuando la temperatura del invernadero se encontraba a 25 ± 2 °C y una humedad relativa cercana al 60%. Posteriormente se introdujo una nueva colmena Minipol® de la semana 27 a la 33 del año. Esta última tuvo una duración de cuatro semanas

activas, no logró completar el ciclo de vida programado debido a las altas temperaturas registradas en el invernadero (superiores a 35 °C) por lo que se decidió no renovar la colmena y se dejó polinización libre. El invernadero al estar cubierto con malla antiáfido y carecer de ventanas laterales, permitía la circulación de aire que movilizaba el polen; así mismo, durante las labores culturales el personal agitaba los hilos tutores favoreciendo la polinización.

Figura 4.18. *Bombus terrestris* polinizando flor de tomate uva Sweet Hearts.

4.10.5. Raleo de flor y fruto.

Fue necesario el despunte o raleo de flores y frutos para promover la uniformidad de tamaño en el fruto. Se eliminaron todos los frutos malformados así como los que llevaban retraso significativo en relación con el resto de los frutos, es decir, frutos menores a los 8 gramos o con diámetros polares menores a 2 cm y las flores de las puntas de los racimos que se encontraban aún sin cuajar.

Se tomó un tomate muestra de 8 gramos y todo fruto que presentaban un tamaño inferior al fruto de referencia, principalmente de las puntas de los racimos, fue removido con tijeras de poda.

El rendimiento global proyectado se estimó en 8 kg m^{-2}; para obtener estas cifras sería necesario dejar de 25 a 30 frutos por racimo y un mínimo de 8

racimos por tallo (Figura 4.19), sin embargo, hubo racimos que después de raleados presentaban entre 60 y 70 frutos. Se cosechó hasta el racimo 13.

Figura 4.19. A) Fruto con retraso significativo ubicado en la punta del racimo. B) Racimo raleado con frutos uniformes en estado de madurez rojo claro-rojo.

4.10.6. Poda fitosanitaria.

Con el objetivo de evitar la aparición de enfermedades, se removieron las hojas senescentes que se encontraban por debajo del primer racimo floral, sin eliminar la hoja A. Cuando los racimos estuvieron llenos y apareció el color rojo en los tomates más cercanos al tallo, se podó la hoja C. En total, se dejaron dos hojas por racimo. La poda se realizó en programación semanal (jueves y viernes), iniciando con la cosecha del primer racimo y finalizando al cosechar el octavo racimo.

4.10.7. Bajado/Descuelgue de planta.

En este punto, se realizó la poda de todas las hojas que quedaran por debajo del racimo con tomate en madurez rojo claro-rojo.

Consistió en desenredar de una a dos vueltas de rafia e ir recorriendo los ganchos de tutorado entre 20 y 30 cm sobre el alambre de tutorado. Esta actividad

inició cuando la longitud de la planta alcanzó el alambre de tutorado. La planta quedó recostada sobre el surco (Figura 4.20). El descuelgue se hace en sentido de las manecillas del reloj.

Figura 4.20. A) Descuelgue de planta; en un brazo se sostiene la planta, mientras con la otra mano se desenreda la rafia del gancho. ¡Nunca soltar la planta! Es muy probable que se troce. B) Planta descolgada y recostada sobre el surco.

4.11. Fertilización y consumo de agua.

Se realizó una adaptación de la nutrición propuesta por el campus CELAYA-INIFAP Matamoros, Coahuila (2003) para tomate cherry. La concentración de macronutrientes (ppm) fue ajustada de acuerdo a las diferentes etapas fenológicas del cultivo, manteniendo la concentración de micronutrientes a una dosis constante durante todo el ciclo de cultivo de 2.0, 0.02, 0.5, 0.05 y 0.5 ppm para Fe, Cu, Mn, Zn y B, respectivamente.

La programación de fertilización se realizó de acuerdo a la etapa fenológica en que se encontrara la planta, como lo indican los cuadros 4.3 y 4.4.

En los días lluviosos o muy calurosos, el riego se ajustaba para mantener la humedad en suelo de modo que el tensiómetro indicara un 70% de humedad.

Cuadro 4.3. Agua suministrada diariamente por planta y por etapa fenológica.

Etapa	Duración	Consumo de agua
Plántula	4 semanas.	Variable. Mantener el Peat Moss húmedo.
Trasplante, establecimiento y desarrollo vegetativo.	Semana 1 a 2 ddt. Semana 3 a 5 ddt.	0.5 L/planta/día. 1.0 L/planta/día.
Formación del primordio floral y diferenciación de la flor.	Semana 6 a 9 ddt.	2.5 L/planta/día.
Fructificación.	Semana 10 a 13 ddt.	3.0 L/planta/día.
Primera cosecha hasta final de cosecha.	Semana 14 a 36 ddt.	3.5 L/planta/día.

Cuadro 4.4. Constitución de la nutritiva (macronutrientes) de acuerdo a la etapa fenológica de la planta.

Etapa	ppm					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Plantación y establecimiento	100-120	40-50	150-160	100-120	40-50	90-110
Floración y cuajado	150-180	40-50	200-220	100-120	50-60	90-110
Inicio de maduración y cosecha	150-180	40-50	230-250	100-120	60-65	90-100

La solución nutritiva se preparó de acuerdo con el orden siguiente:

1) Se midió y registró la conductividad eléctrica y el pH del agua de riego (pH= 8.2-8.5 y C.E.=0.45 mS/cm).
2) Se agregó el ácido; se utilizaron ácido fosfórico al 55% y ácido sulfúrico al 85% para neutralizar los carbonatos presentes en el agua de riego; la proporción de ácido a adicionar depende de la concentración de carbonatos disueltos, indicados por la conductividad del agua de riego (como una medida aproximada) y los registros de análisis de agua del campus Amazcala. Los valores de conductividad del agua de riego se encontraban entre 0.22 y 0.55 dS/m.
3) Se adicionaron los macronutrientes disolviendo cada uno por separado.

4) En el Tinaco 1 se mezclaron todos los nitratos y en el Tinaco 2 se mezclaron los sulfatos y fosfatos.
5) Se adicionaron los micronutrientes, repartidos en cada tinaco.
6) Se midió la conductividad y pH de la solución nutritiva (pH= 5.5-6.5 y C.E.=2.5 mS/cm).

La conductividad eléctrica fue medida con un conductivímetro marca Horiba Twin Cond modelo B-173 y el pH con un potenciómetro marca Spectrum Technologies, Inc. Modelo Field Scout^{TM} SoilStick^{TM} Pro Meter, con escala pH 2.0 a 12.0 y resolución de 0.01 unidades de pH, ambos previamente calibrados y a temperatura ambiente.

IMPORTANTE: El manejo de sustancias químicas peligrosas está regulado por la NOM-017-STPS-1993 “Equipo de protección personal – Selección, uso y manejo en los centros de trabajo” y la NOM-005-STPS-1998 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas”, por lo que el personal que manipule los ácidos, así como los fertilizantes, debe utilizar:

- Anteojos de protección.
- Guantes contra sustancias químicas.
- Mandil contra sustancias químicas.
- Overol.
- Calzado ocupacional.

4.12. Diseño experimental.

El diseño experimental fue de bloques. De cada cama en estudio se tomaron 10 plantas seleccionadas al azar y numeradas del uno al diez para el monitoreo de parámetros de calidad y rendimiento. Los tratamientos se indican en el cuadro 4.5.

La distancia entre camas fue diferente en ambas naves para obtener 10 surcos dentro del invernadero sin que las columnas centrales que separan las dos naves queden dentro de la cama, por lo tanto, las distancias de centro a centro de cama fueron para la Nave A 1.6 m y para la Nave B 1.5 m.

Del total de 432 m^2 se descontó el área ocupada por las camas de las orillas que fungieron como camas de barrera, por lo cual se contempló un área útil de 355.2 m^2. Se evaluó cualitativamente la radiación incidente y el efecto que tuvo sobre las plantas.

Cuadro 4.5. Tratamientos y repeticiones de acuerdo al tipo de poda y distancia entre camas.

Tratamiento	Tipo de Poda	Repetición (cama)	Distancia entre camas
1	1 tallo	A1 A2	1.5 m
2	2 tallos	B1 B2	
3	1 tallo	C1 C2	1.6 m
4	2 tallos	D1 D2	

4.13. Proyección de rendimiento

Se realizó una curva de producción estimada a 8 kg m^{-2}. Este valor se fijó de acuerdo a la recomendación del profesional en cultivo bajo invernadero (*grower*), quien ha trabajado previamente con tomate uva y explicó que es el rendimiento promedio obtenido para la variedad en estudio; así mismo, indicó que el comportamiento de producción mensual en tomate es de 10%, 25%, 30%, 20% y 15% mensual.

El ciclo de producción se estimó para cinco meses de cuatro semanas y tres cosechas por semana (lunes, miércoles y viernes).

Cuadro 4.6. Proyección de cosechas cada cuatro semanas.

Porcentaje de la producción esperado mensualmente	Producción esperada cuatrisemanal (kg)	Incremento/ disminución entre cosechas (kg)
10%	345.6	0.7
25%	864	7.1
30%	1036.8	-4.5
20%	691.2	-0.8
15%	518.4	-1.9

Con base en el incremento/disminución entre cosechas se realizó una curva que describiera el comportamiento teórico de la producción (Figura 4.22).

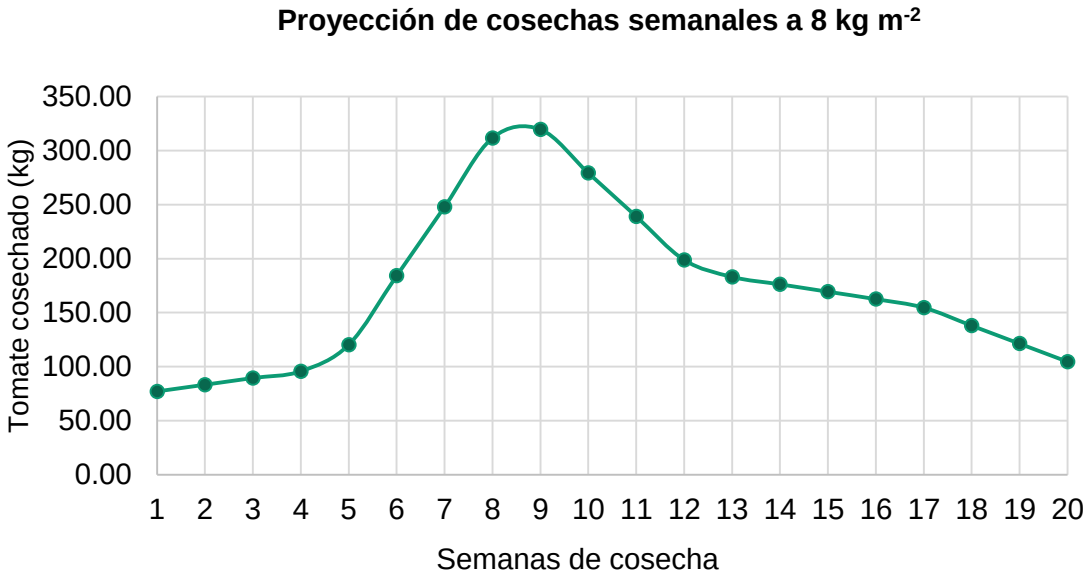


Figura 4.21. Curva de producción semanal teórica proyectada para 8 kg m^{-2}.

4.14. Evaluación del rendimiento.

El tomate cosechado se depositó en cajas de cosecha de plástico con capacidad para 15 y 30 kg. Las cajas de cosechas estaban numeradas y se

conocía su peso. Su sumaron los kilogramos cosechados para cada tipo de poda, se restaba el peso de la caja y el resultado se dividía entre la superficie que ocupaban las plantas de cada tratamiento.

Para el rendimiento por planta, se tomó el racimo muestra completo, se pesaba y los pesos registrados en cada racimo se iban sumando. En total se monitorearon 80 plantas, siendo 20 plantas para los tratamientos 1, 2, 3, y 4.

4.15. Evaluación de calidad.

Se midió el peso, tamaño y grados Brix de los frutos de las plantas uno, siete y nueve de cada tratamiento (1, 2, 3 y 4). Se tomaron los frutos del racimo completo cuando la mayoría se encontraba en estados de madurez rojo claro (grado 5) y rojo (grado 6), de acuerdo a la clasificación NMX-FF-031-1997. Se cuantificaron los frutos y peso por racimo. Se tomaron nueve frutos al azar, de los racimos uno al cuatro y se les midieron los siguientes parámetros.

a) Peso de fruto: el fruto se pesará en una balanza analítica marca Precisa, modelo XB 220A escala 0.01 g a 220 g, con precisión de 0.0001 g.

b) Tamaño de fruto: se medirá el diámetro ecuatorial y polar del fruto con un vernier marca Mutitoyo Absolute y escala de 0 a 200 mm, con resolución 0.001 mm.

c) Grados Brix (°Bx): Medición directa de jugo de tomate a temperatura ambiente en un refractómetro portátil marca ATAGO modelo Pal-1 en frutos de madurez rojo claro y rojo.

También se analizaron los °Bx en tres racimos que presentaban todos los estados de madurez del tomate de acuerdo a la clasificación basada en la NMX-FF-031-1997; de esta manera, se conocieron los valores de °Bx con referencia al estado de madurez (Figura 4.23).

Figura 4.22. A) Racimo con todos los grados de madurez. B) Grados de madurez del tomate uva: 1) verde, 2) quebrando, 3) rayado, 4) rosa, 5) rojo claro, 6) rojo.

4.16. Coeficiente de uniformidad de riego

Para evaluar el coeficiente de uniformidad de riego (CU) se utilizaron vasos de plástico de 500 mL de capacidad y una probeta de plástico de 1 L. Se procedió a encender el riego durante 3 min consecutivos y se recolectó el agua en los vasos de plástico. Se midió el volumen en la probeta de plástico. Los emisores muestra se ubicaban equidistantes y en los surcos primero, 1/3, 2/3 y último (Figura 4.21).

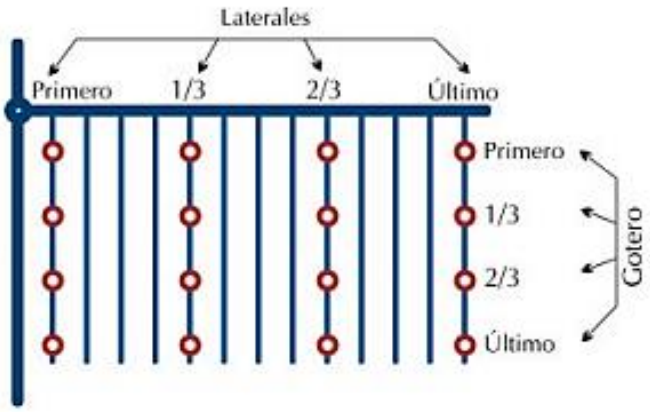


Figura 4.23. Esquema de la distribución de las unidades a muestrear para la determinación del coeficiente de uniformidad de riego (CU). (Autor: INIA-URUI, 2010)

Se ordenan los datos de mayor a menor, se calcula el promedio de los cuatro valores más bajos ($q_{25\%}$) y se divide entre el promedio de todos los datos (q_a). El CU se expresa en porcentaje y se calcula mediante las ecuaciones 1 al 3 (Villavencio y Villablanca, 2010).

$$q_{25\%} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4}{4} \qquad \textit{Ec. 1}$$

$$q_a = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 \ldots\ldots\ldots\ldots + q_{16}}{16} \qquad \textit{Ec. 2}$$

$$CU\% = \frac{q_{25\%}}{q_a} \times 100 \qquad \textit{Ec. 3}$$

4.17. Extracto de peciolo

Se tomaron 600 g de hojas sanas de cada uno de los tratamientos; las hojas se cortaron de la parte media de la planta y se separaron en tres grupos de 200 g para realizar el estudio por triplicado.

Se maceraron 200 g de hojas en mortero y posteriormente se exprimió el extracto de peciolo con un exprimidor de jugo manual.

Se cuantificó el volumen obtenido en una probeta de 100 mL y posteriormente se realizó la medición de nitratos, potasio, calcio, sodio y pH con los medidores de nutrientes Horiba Twin: medidor de nitrato LAQUAtwin B-743, medidor de potasio LAQUAtwin B-731, medidor de calcio LAQUAtwin B751, medidor de sodio LAQUAtwin B-722 y pH-metro LAQUAtwin B-172 previamente calibrados.

Se tomó una gota de extracto, se colocó en la celda y se registró la lectura (Figura 4.22).

Figura 4.24. Materiales de laboratorio empleados para la medición de nutrientes en extracto de peciolo.

4.18. Monitoreo de variables ambientales

El monitoreo de las variables ambientales dentro del invernadero, como temperatura y humedad relativa, fue con el objetivo de la *toma de decisiones*, tales como encalar el techo del invernadero para reducir la temperatura dentro del invernadero, o disminuir el agua de riego en días lluviosos cuando la transpiración de la planta es menor.

4.18.1. Temperatura.

En días muy calurosos y cuando sea necesario reducir la temperatura dentro del invernadero, el techo del invernadero se encaló con una mezcla de resina y blanco España disueltos en agua, aplicados con una mochila aspersora de 20 L de capacidad, hasta que la temperatura máxima registrada dentro del invernadero sea menor a 35 °C.

El monitoreo de temperatura se realizará con un Data Logger Watchdog 1000 Series Modelo 1650, Spectrum Technologies, Inc. con una frecuencia de lecturas de 30 min. Los datos también se obtendrán desde la base de datos de Monitoreo de Invernaderos de la Universidad Autónoma de Querétaro. El equipo utilizará un sensor de temperatura ambiente SHT11 (-40 a 125°C ± 0.4 °C).

4.18.2. Humedad ambiental.

La humedad ambiental fue monitoreada empleando un sensor de humedad SHT11 (0 a 100 ± 3% RH). Los datos fueron registrados en el sistema de Monitoreo de Invernaderos en línea implementado en el invernadero de 432 m^2.

4.18.3. Concentración de CO_2.

La concentración de dióxido de carbono fue monitoreada empleando un sensor de CO_2 EE89 (0 a 2000 ± 50 ppm). Los datos fueron registrados en el sistema de Monitoreo de Invernaderos en línea implementado en el invernadero de 432 m^2

4.18.4. Radiación.

El monitoreo se realizará con un Data Logger Watchdog 1000 Series Modelo 1650, Spectrum Technologies, Inc. con una frecuencia de lecturas de 30 min, desde la fecha de trasplante hasta una semana antes de la cosecha.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento por unidad de superficie (kg m^{-2}) obtenido en poda a un tallo y a dos tallos

Al finalizar 20 semanas de cosecha, el rendimiento obtenido de la suma en peso de tomate uva fue de 2984.89 kg, los cuales se produjeron en un área útil de 355.2 m^2, al descontar las camas de barrera, dando un rendimiento por unidad de superficie de 8.05 kg m^{-2}.

Este valor es inferior a los rendimientos obtenidos por Carrillo *et al.* (2003) y L. Franco *et al.* (2009) en tomate cherry.

Carrillo *et al.* (2009) establecieron una densidad de 2.6 plantas m^{-2} y obtuvo un rendimiento de 10.583 kg m^{-2}. Sin embargo, él manejó nutrición química 280-80-260 ppm (NPK) en un ciclo junio a diciembre, mientras que la máxima concentración de nutrientes en este experimento fue 180-50-250 ppm (NPK).

L. Franco *et al.* (2009) obtuvieron rendimientos entre 12.01-12.96 kg m^{-2} con una densidad de siembra de 1.6 plantas m^{-2} y con nutrición química, para plantas de tomate cherry podadas a dos tallos.

El rendimiento obtenido en la presente experimentación fue menor que aquellos obtenidos para tomate cherry.

Considerando la producción final en conjunto de ambos tipos de poda (de 2984.89 kg), se observa un pico máximo en las semanas seis y siete (Figura 5.1). Teóricamente, el 30% de la producción se esperaba para la semana 9 a la 12 (Cuadro 5.1), sin embargo, observamos que el 40% de la producción se obtuvo en las semanas 5 a la 8, lo que indica un incremento más abrupto que se corresponde con el observado en la curva de producción real.

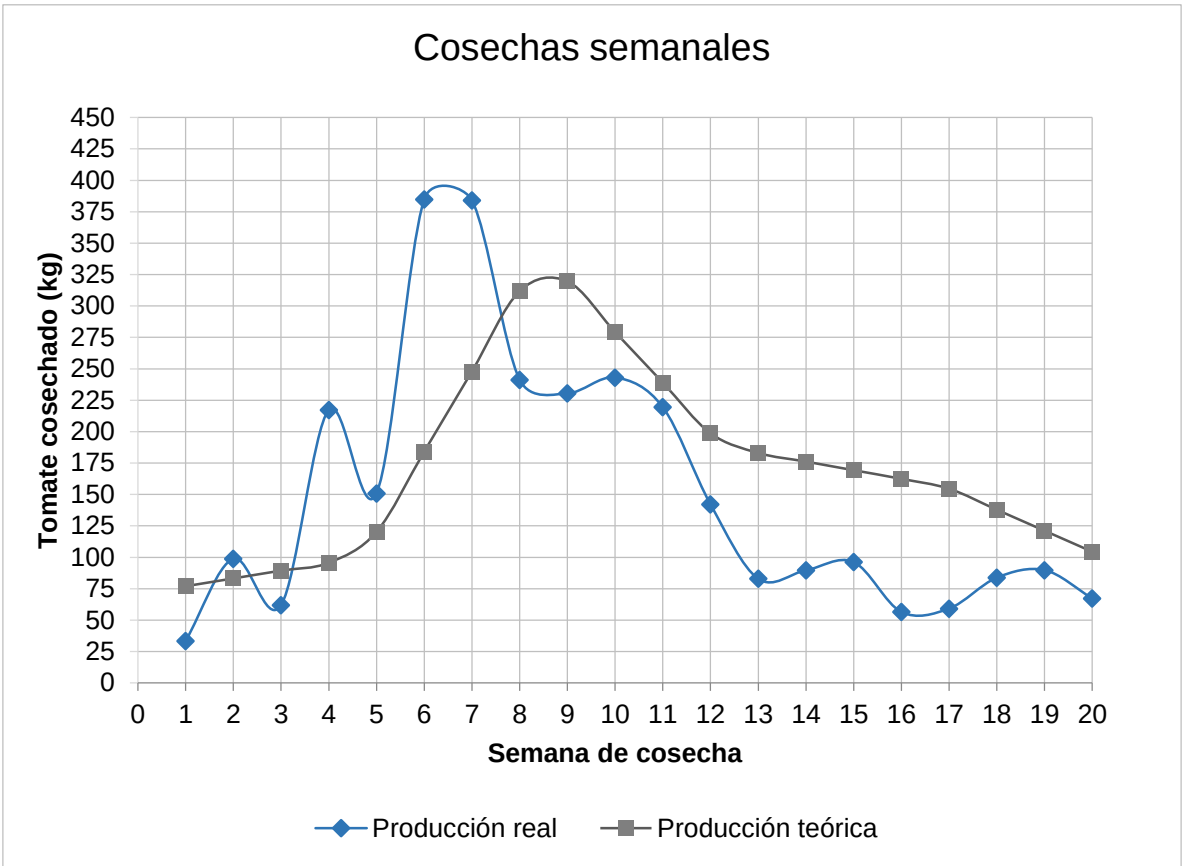


Figura 5.1. Curva de producción real (en azul) y curva de producción teórica (en gris) estimada a 8 kg m^{-2}.

Cuadro 5.1. Comparación de la producción teórica y la producción real.

Semanas	Producción Real (kg)	Producción teórica (kg)	Porcentaje de producción real	Porcentaje de producción teórico	Porcentaje propuesto para realizar proyecciones
1 a 4	411.635	345.6	14%	10%	15%
5 a 8	1161.148	864	40%	25%	40%
9 a 12	835.29	1036.8	29%	30%	30%
13 a 16	325.5	691.2	11%	20%	10%
17 a 20	179.92	518.4	6%	15%	5%

Del total de producción, 1608.442 kg, equivalentes a 9.057 kg m^{-2}, fueron producidos por planta a un tallo y 1375.448 kg, equivalentes a 7.745 kg m^{-2}, en planta a dos tallos (Cuadro 5.2).

El rendimiento de acuerdo al tipo de poda muestra es mayor en plantas a un tallo, las cuales superan por 1.312 kg m^{-2} a las plantas podadas a dos tallos, o lo que es equivalente, en un 14.48%.

Cuadro 5.2. Rendimiento obtenido (kg m^{-2}) por tipo de poda.

Poda	Tomate uva cosechado por mes (kg)					Total cosechado (kg)	Rendimiento (kg m^{-2})*
	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov		
1 tallo (T1)	603.589	583.233	285.940	135.680	14.76	**1608.442**	**9.057**
2 tallos (T2)	261.543	657.105	283.360	173.44	23.02	**1375.448**	**7.745**

* Superficie: 177.6 m^2 para cada tratamiento.

En ambos tipos de poda, las semanas más productivas fueron de la cinco a la ocho (Cuadro 5.3).

Cuadro 5.3. Distribución mensual porcentual de la producción de acuerdo al tipo de poda.

Semanas	Producción obtenida (%)	
	1 tallo	**2 tallos**
1 a 4	17%	11%
5 a 8	38%	45%
9 a 12	28%	29%
13 a 16	11%	9%
17 a 20	7%	7%

Durante las 20 semanas de cosecha, las plantas podadas a un tallo presentaron un rendimiento semanal mayor que en las plantas a dos tallos, excepto en la semana siete y once (Figura 5.2), sin embargo, en la cosecha acumulada las plantas a un tallo fueron siempre más productivas (Figura 5.3).

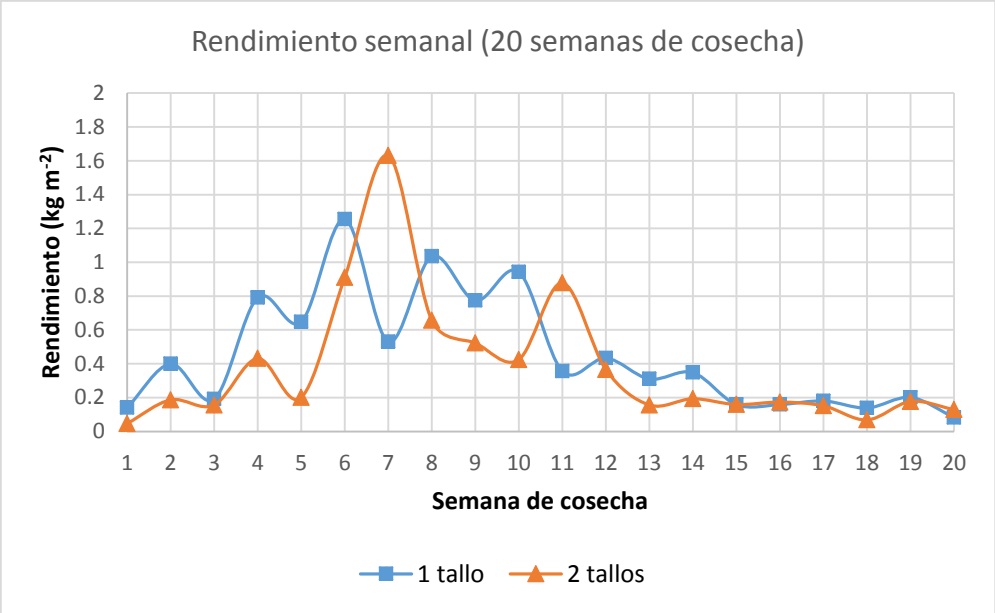


Figura 5.2. Curvas de rendimiento semanal de acuerdo al tipo de poda.

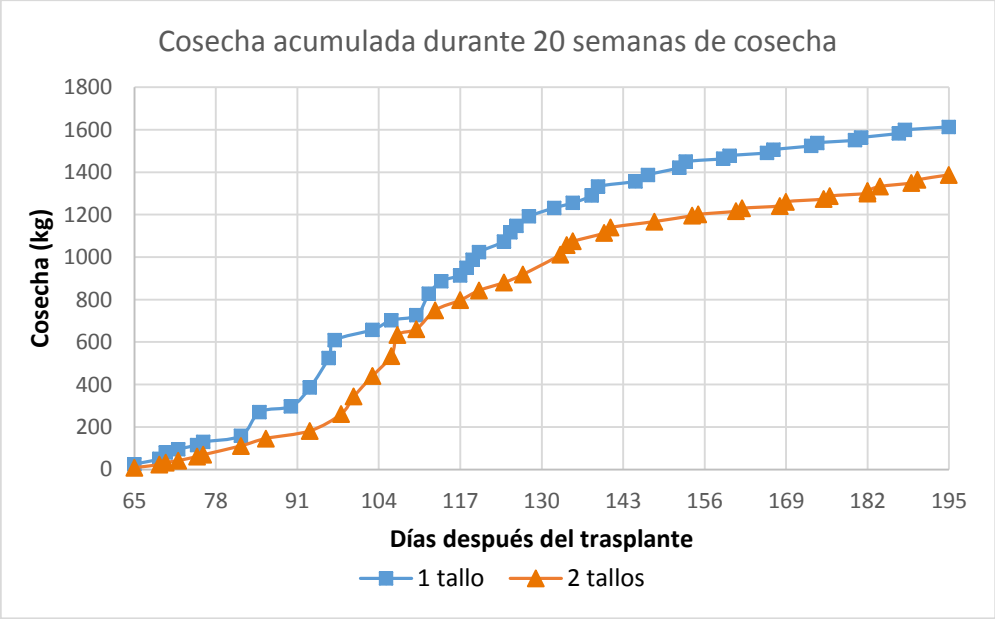


Figura 5.3. Producción acumulada durante 20 semanas de cosecha en ambos tipos de poda.

De acuerdo con Maboko y Du Plooy (2009), encontraron que plantas de **tomate redondo** variedad “FiveOFive” podadas a dos tallos incrementan el rendimiento de frutos comerciales, sin embargo, la redistribución de los asimilados en cada eje conllevaba a un fruto de menor tamaño. En comparación, plantas podadas a un tallo desarrollaban frutos de mayor tamaño comparado con plantas podadas a dos tallos.

Ara *et al*. (2007) trabajaron con **tomate redondo** variedad “BARI Tomato-6”, sin encontrar diferencia significativa en el rendimiento de fruto comercial obtenido en ambos tipos de poda. Sin embargo, Betancourt-Vargas (2014) evaluó cuatro híbridos de **tomate redondo** (“Daniela”, “Rebeca”, “Dominique” y “Heatwave”), encontrando diferencia estadísticamente significativa entre el número de frutos por planta, rendimiento por planta y rendimiento por unidad de superficie en plantas con poda a uno y a dos tallos; los valores mayores se registraron en plantas podadas a dos tallos.

En los datos obtenidos por Carvajal-Pérez y Zhizhingo-Flores (2010) en **tomate riñón** cultivado en invernadero tipo capilla no hubo diferencia significativa entre el rendimiento obtenido en plantas a uno y a dos tallos.

En otro estudio enfocado en **tomate cherry** en hidroponia, se encontró que el rendimiento de frutos comerciales fue mayor en poda a dos tallos comparada con un tallo (Maboko y Du Plooy, 2008).

Los resultados de rendimiento y calidad obtenidos en tomate redondo en los estudios de Maboko y Du Plooy (2009), Ara *et al* (2007) y Betancourt-Vargas (2014) indican que **la *variedad* en estudio es un factor determinante en el rendimiento para un mismo tipo de tomate.**

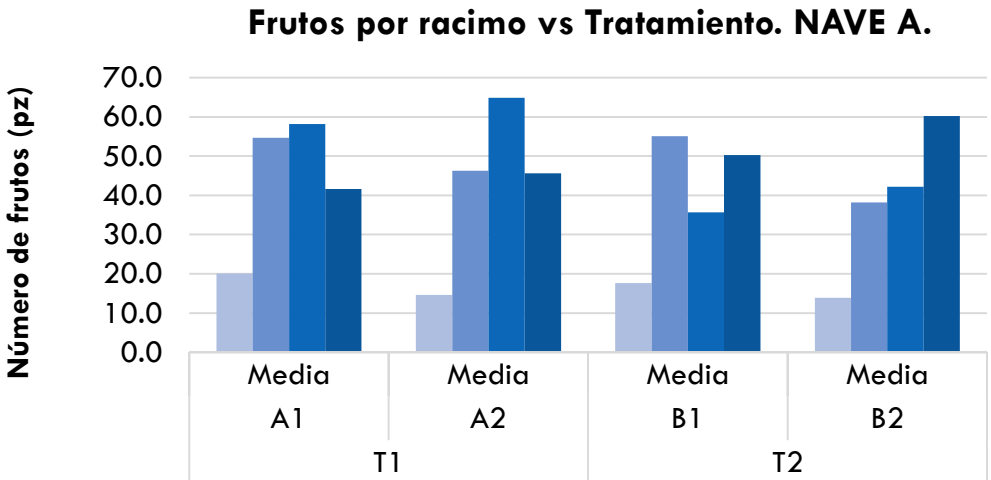
En el presente estudio, *sí se encontró diferencia* entre el rendimiento por unidad de superficie entre tipos de poda, para tomate uva variedad Sweet Hearts, siendo mayor en 1.312 kg m^{-2} la producción obtenida a un tallo que a dos tallos.

5.2. Rendimiento por planta (kg planta $^{-1}$) podada a uno y a dos tallos

Para el análisis estadístico, los valores de referencia se clasificaron como:

- $p<0.05$, diferencia estadística (95%)
- $p<0.01$, diferencia estadísticamente significativa (99%)
- $p<0.001$, diferencia altamente significativa (99.9%)
- $p>0.05$, sin diferencia estadística (ns)

Los racimos evaluados para rendimiento por planta fueron del uno al cuatro. Se encontró un mayor número promedio de frutos por racimo en las plantas podadas a un tallo en la Nave A. El segundo y tercer racimo fueron los más productivos presentándose entre 46.3 a 64.9 frutos promedio por racimo (Figura 5.4), mientras que en las plantas a dos tallos no se observó una tendencia clara en el número de frutos por racimo.

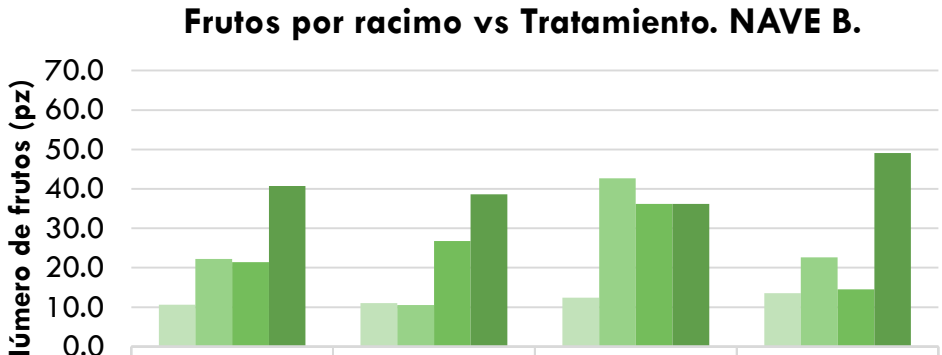


	Media A1	Media A2	Media B1	Media B2
	T1		T2	
RACIMO 1	20.1	14.6	17.6	13.9
RACIMO 2	54.7	46.3	55.1	38.2
RACIMO 3	58.2	64.9	35.7	42.2
RACIMO 4	41.6	45.6	50.3	60.2

Figura 5.4. Comparación del número de frutos por racimo por repetición y tratamiento en la Nave A.

En la Nave B las plantas enfermaron de virosis, la enfermedad se extendió en todas las plantas de este sector, pero no imposibilitó la producción, por lo cual se dejaron las plantas hasta final de ciclo de cultivo.

En estas plantas no existió una tendencia clara en cuanto al efecto de la poda sobre el número de frutos (Figura 5.5).



	Media A1	Media A2	Media B1	Media B2
	T1		T2	
RACIMO 1	10.6	11.0	12.4	13.5
RACIMO 2	22.2	10.5	42.7	22.6
RACIMO 3	21.4	26.8	36.2	14.5
RACIMO 4	40.7	38.6	36.2	49.1

Figura 5.5. Comparación del número de frutos por racimo por repetición y tratamiento en la Nave B.

En cuanto al rendimiento en peso, y no por número de frutos, no se encontró diferencia estadística entre los tipos de poda, pero sí entre naves para un mismo tipo de poda (Cuadro 5.4).

En la Nave A, la poda a un tallo produjo un 54.46% más que en la Nave B; la poda a dos tallos de la Nave A produjo 40.96% que en la Nave B.

Cuadro 5.4. Rendimiento por planta por tipo de poda y nave.

Poda	Rendimiento por planta (kg planta $^{-1}$)			
	Nave A (1.6 m entre camas)		Nave B (1.5 m entre camas)	
	Media	D. E.	Media	D. E.
T1	1.546	0.358	0.704	0.166
T2	1.333	0.412	0.787	0.235
ANOVA	ns		ns	

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = sin diferencia estadística
D.E. Desviación Estándar

5.3. Evaluación de la calidad de los frutos de acuerdo al tipo de poda

La diferencia entre rendimiento por planta dio la pauta para analizar la calidad de los frutos por nave.

5.3.1. Peso

El análisis ANOVA ($p<0.05$) muestra que existe diferencia estadística entre el peso de fruto para un mismo tipo de poda pero en diferente nave. Los frutos presentaron un peso promedio mayor en la Nave A que en la Nave B para ambos tipos de poda (Cuadro 5.5), y se procedió a analizarlos por nave y poda.

Cuadro 5.5. Peso promedio del fruto obtenido por poda y por nave.

Poda	Peso de fruto (g)				ANOVA
	Nave A		Nave B		
	Media	D. E.	Media	D. E.	
T1	10.354	3.334	7.757	2.328	***
T2	10.973	3.224	8.272	2.649	***

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = sin diferencia estadística
D.E. Desviación Estándar

El peso promedio del fruto presenta diferencia estadística altamente significativa entre racimos, independientemente del tipo de poda o nave de la que se tratara.

Cuadro 5.6. Peso promedio del fruto por racimo por poda y por nave.

Racimo	NAVE A				NAVE B			
	Peso de fruto				Peso de fruto			
	T1		T2		T1		T2	
	Media	D. E.	Media	D. E.	Media	D. E.	Media	D. E.
1	13.039	3.142	12.564	3.898	8.535	2.208	10.015	3.748
2	11.363	2.652	11.522	2.647	9.018	2.090	8.645	1.747
3	7.776	2.327	8.881	2.498	5.697	1.838	6.887	1.803
4	9.236	2.517	10.988	2.589	7.776	1.676	7.542	1.544
ANOVA	*		*		*		*	

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = sin diferencia estadística D.E. Desviación Estándar

Para T1, el peso máximo se registró en el primer racimo (16.181 g) y el mínimo en el cuarto (6.100 g), disminuyendo 10.81 g. Para T2, el peso máximo se registró en el primer racimo (16.462 g) y el mínimo en el tercero (5.084 g), disminuyendo 11.378 g.

En las variedades Red Grape, St. Nick, Sweet Olive y Tami G, evaluadas por Nitzsche *et al.* (2003) el peso promedio fue de 10.4, 12.0, 14.3 y 11.2 respectivamente.

Sin embargo, en otro estudio realizado por Molinar y Yang (2003), los pesos promedio para las mismas variedades (excepto St. Nick) y en el mismo orden fueron de 4.0, 6.0 g y 5.0 g, por lo que existen discrepancias entre autores.

Sin embargo, los frutos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros de calidad establecidos por Molinar y Yang (2003) los cuales indican que los frutos preferidos por el consumidor son aquellos que pesan entre 4-12 g.

5.3.2. Tamaño

Las características del fruto pueden cambiar durante el ciclo de cultivo. Conforme la planta va creciendo, la longitud promedio y el diámetro del fruto declina entre 3 a 6 mm (Simonne *et al.* 2005).

Cuadro 5.7. Diámetro promedio del fruto por racimo, poda y nave.

	NAVE A				NAVE B			
	Diámetro de fruto				Diámetro de fruto			
Racimo	T1		T2		T1		T2	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
1	23.804	3.142	23.953	2.302	20.682	2.876	20.739	3.282
2	23.73	1.998	23.528	1.693	21.77	1.895	21.526	1.844
3	22.12	2.168	21.111	1.990	20.211	2.635	21.191	2.772
4	23.717	2.153	22.574	2.770	21.922	1.411	21.806	1.398
ANOVA	*		*		*		ns	

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = sin diferencia estadística D.E. Desviación Estándar

Cuadro 5.8. Longitud promedio del fruto por racimo, poda y nave.

	NAVE A				NAVE B			
	Longitud de fruto				Longitud de fruto			
Racimo	T1		T2		T1		T2	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
1	31.167	4.924	24.235	10.344	27.205	4.349	27.812	5.103
2	29.898	3.494	30.428	3.710	26.501	2.584	26.214	2.379
3	31.111	4.029	28.859	3.539	27.646	3.510	28.619	2.861
4	30.283	3.001	28.724	3.977	27.506	3.768	27.425	2.661
ANOVA	ns		*		ns		***	

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = sin diferencia estadística D.E. Desviación Estándar

Para T1 el diámetro máximo y mínimo fueron 26.946 mm y 20.511 mm, respectivamente. Para T2 el diámetro máximo y mínimo fueron 26.255 mm y 20.408 mm, respectivamente. En T1 el diámetro se redujo 6.435 mm y en el T2 5.847 mm.

En cuanto a la longitud, para T1 la longitud máxima y mínima fue 36.901 mm y 23.738 mm, respectivamente. Para T2 la longitud máxima y mínima fue

34.579 mm y 24.747 mm, respectivamente. En T1 la longitud se redujo 12.353 mm y en T2 disminuyó 9.832 mm.

5.3.3. Solidos solubles totales

En las variedades Red Grape, St. Nick, Sweet Olive y Tami G, evaluadas por Simonne *et al.* (2005) los sólidos solubles totales 5.43, 6.30, 4.65, 6.48. Molinar y Yang (2003) para Red Grape, Sweet Olive y Tami G reportaron 8.4, 7.6 y 8.0.

Los valores cuantificados en frutos obtenidos de planta a un tallo se encuentran dentro de los rangos reportados por Simonne *et al.* (2005) y Molinar y Yang, (2003), mientras que los frutos de la poda a dos tallos presentaron valores más altos en °Bx que los reportados para tomate uva.

Cuadro 5.9. Solidos solubles totales de acuerdo al grado de madurez del tomate uva variedad Sweet Hearts.

REPETICIÓN	Grado de madurez					
	1	2	3	4	5	6
	Sólidos solubles totales (°Bx)					
1	5.7	6.9	7	8.4	9.1	10.5
2	5.5	6.5	7.2	7.2	9.2	11.6
3	5.1	6	6.5	7.8	9.5	9.8

Cuadro 5.10. Sólidos solubles totales promedio por tipo de poda y por nave.

Poda	Sólidos solubles totales (°Bx)			
	Nave A		Nave B	
	Media	D.E.	Media	D.E.
T1	7.863	1.373	8.758	1.751
T2	7.669	1.016	8.869	1.797
ANOVA	ns		ns	

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = sin diferencia estadística
D.E. Desviación Estándar

5.4. Evaluación del coeficiente de uniformidad de riego

Los cuatro valores más bajos fueron 240, 380, 400 y 400 mL (Cuadro 5.11). El CU resultó en 89.6%, por lo que se encuentra dentro del rango de valor aceptable.

Cuadro 5.11. Volúmenes registrados en los emisores muestra para el cálculo de CU.

Posición de la lateral	Primer emisor Vol (mL)	1/3 emisor Vol (mL)	2/3 emisor Vol (mL)	Último emisor Vol (mL)
Lateral inicial	400	410	410	380
1/3 lateral	420	420	400	240
2/3	400	405	415	400
Última lateral	420	400	400	420

5.5. Evaluación del extracto de peciolo de acuerdo al tipo de poda

Se realizó una prueba ANOVA unidireccional con un p≥0.05 de intervalo de confianza (I.C.) y no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre la concentración de nutrientes en extracto de peciolo entre los tipos de poda para nitratos, sodio y pH. Sin embargo, hubo diferencia estadística entre la concentración de potasio y calcio (Cuadro 5.11).

Cuadro 5.12. Cantidad de nutrientes (ppm) presentes en el extracto de peciolo.

Tratamiento	Muestra	Peso de hoja fresca (g)	Volumen de extracto de peciolo (mL)	ppm				
				NO_3^-	K^+	Ca^{2+}	Na^+	pH
Poda a un tallo	1	204	24	2600	3500	530	200	5.4
	2	206	19	2300	3500	630	290	5.4
	3	215	19	2800	3600	530	260	5.5
Poda a dos tallos	1	208	29	2200	3600	500	180	5.4
	2	208	22	2700	3800	350	210	5.4
	3	216	24	2500	3800	370	210	5.5
			ANOVA	ns	***	***	ns	ns

*** p<0.05 ** p<0.01 * p<0.001 ns = p>0.05

5.6. Comportamiento de las variables ambientales dentro del invernadero.

La temperatura se mantuvo en promedio dentro de los rangos adecuados para el cultivo del tomate (16-32°C) y la humedad relativa cercana al 70%, lo cual explica que al dejar la polinización libre esta fuera exitosa.

Cuadro 5.13. Valores promedio mensuales de las variables ambientales dentro del invernadero.

Variable	MAY		JUN		JUL	
	Media	D.E.*	Media	D.E.	Media	D.E.
Temp (°C)	24.38	8.82	23.56	6.95	21.79	6.11
H.R. (%)	53.47	26.05	70.08	21.68	75.62	17.21
CO_2 (ppm)	354.67	59.08	346.58	63.27	372.39	65.27
	AGO		SEPT		OCT	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Temp (°C)	21.77	6.33	20.89	5.47	20.18	6.69
H.R. (%)	75.32	18.35	78.20	17.37	77.55	20.81
CO_2 (ppm)	402.10	77.06	499.37	64.26	579.12	112.10

D.E.* Desviación estándar

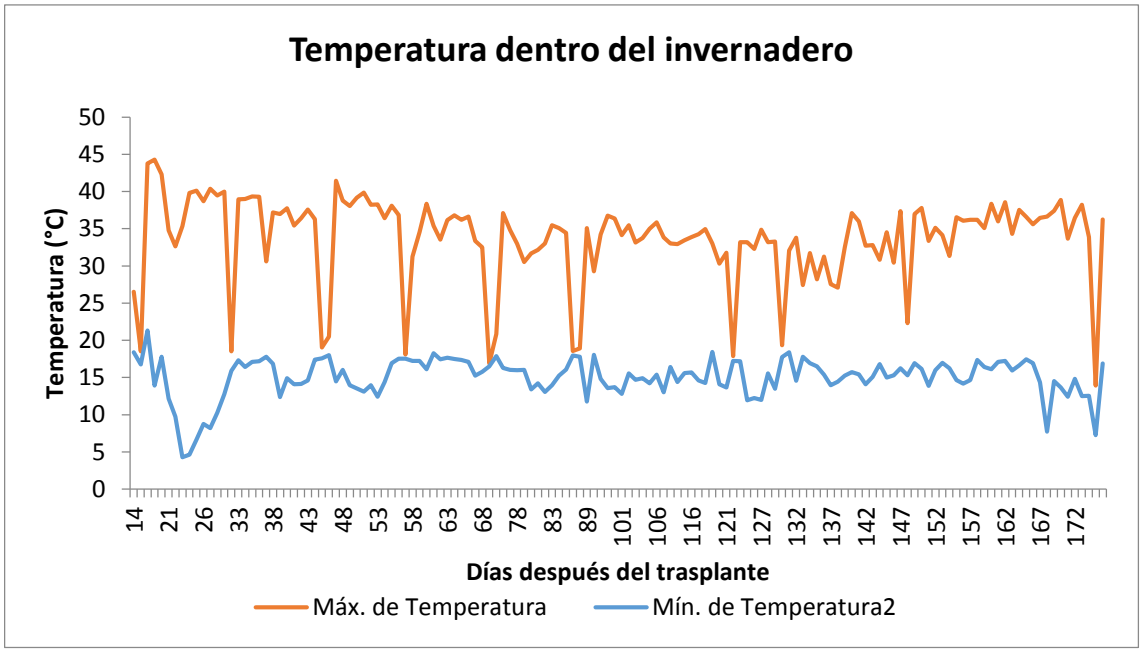


Figura 5.7. Comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas dentro del invernadero durante el ciclo de cultivo.

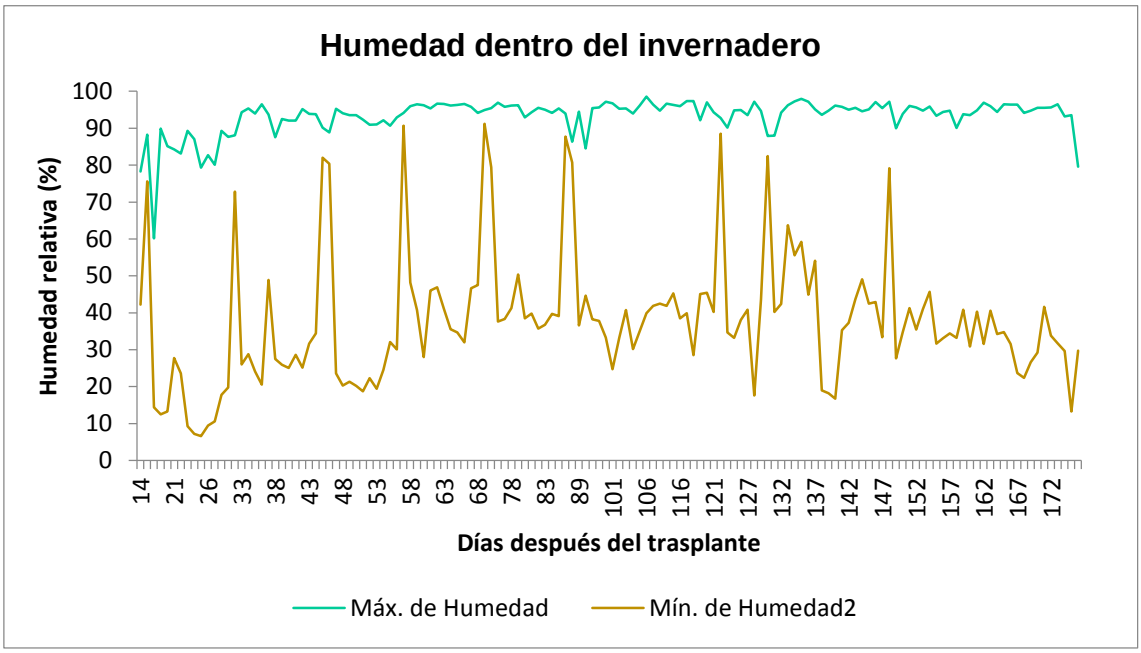


Figura 5.8. Comportamiento de la humedad relativa máxima y mínima dentro del invernadero durante el ciclo de cultivo.

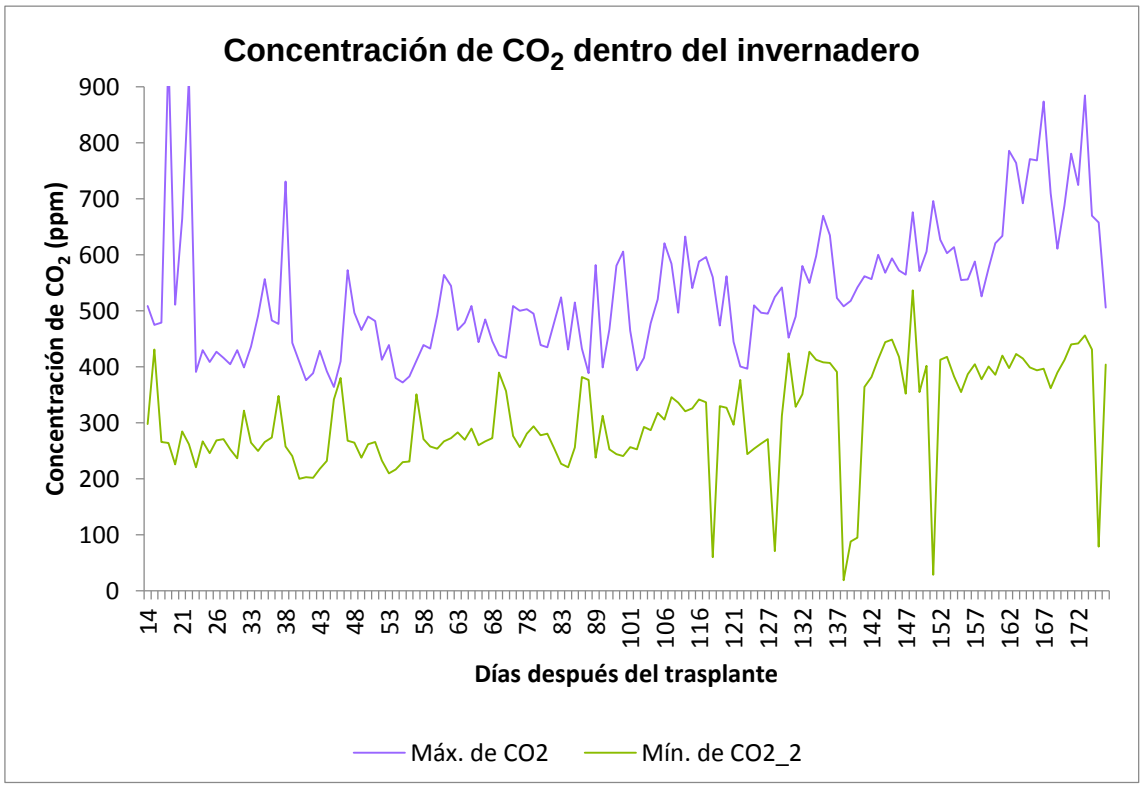


Figura 5.9. Comportamiento de la concentración de CO_2 máxima y mínima dentro del invernadero durante el ciclo de cultivo.

6. CONCLUSIONES

El invernadero en el que se trabajó es de mediana tecnología, ya que cuenta con automatización en el sistema de riego. No se tenía control sobre las renovaciones de aire puesto que el invernadero al tener paredes de malla antiáfido y sin ventanas es de ventilación libre, por lo cual existían fluctuaciones de temperatura diurnas y nocturnas con picos drásticos. Cabe señalar que la variedad de tomate uva Sweet Hearts está diseñada para producir tanto en malla sombra como en invernadero, por lo que la variable principal es el tipo de poda.

Los resultados muestran que para **invernadero de ventilación libre y en ciclo primavera-verano**, *la variedad en estudio* muestra un mayor rendimiento cuando es podada a un solo tallo (9.057 kg m^{-2}) en contraste con la poda a dos tallos (7.745 kg m^{-2}); es decir, la poda a un tallo es 14.40% más productiva que la de dos tallos.

La producción a un tallo es más precoz, ya que se obtuvo el 17% de la producción en las primeras cuatro semanas, pero presentó un aumento gradual en el rendimiento. La poda a dos tallos registró durante las primeras cuatro semanas el 11% de la producción; sin embargo, tuvo un pico dramático de producción de la semana 5 a la 8, produciendo el 45% del total, lo cual derivó en una disminución de los kg cosechados durante el resto del ciclo de producción.

El comportamiento del rendimiento a través del tiempo es más estable en la poda a un tallo.

En cuanto al análisis de calidad, no existe diferencia significativa entre podas, pero sí para racimos de una misma planta y poda. Las características del fruto pueden cambiar durante el ciclo de cultivo. Conforme la planta va creciendo, la longitud promedio y el diámetro del fruto declina entre 3 a 6 mm (Simonne *et al.* 2005). Los resultados de este estudio muestran que en los racimos superiores, el fruto obtenido es de dimensiones menores (diámetro y longitud) y de peso menor.

En este trabajo, el diámetro del fruto obtenido de la poda a un tallo declinó en 6.435 mm y en 5.847 mm para dos tallos. En cuanto a la longitud, ésta se redujo 12.353 mm para T1 y en 9.832 mm para T2. El fruto en ambos tipos de poda iba perdiendo su forma ovalada en los racimos superiores e iba adquiriendo una forma más redonda.

Los resultados indican que la poda a dos tallos, a pesar de ser menos productiva que la de un tallo, disminuye en peso, diámetro y longitud más paulatinamente que la poda a un tallo.

Sin embargo, los frutos obtenidos para ambos tipos de poda se encuentran dentro de los parámetros de calidad establecidos por Molinar y Yang (2003) los cuales indican que los frutos preferidos por el consumidor son aquellos que pesan entre 4-12 g.

Tampoco se encontró diferencia estadística en el porcentaje de sólidos solubles totales obtenido de ambos tipos de poda. Los valores cuantificados en frutos obtenidos de planta a un tallo se encuentran dentro de los rangos reportados por Simonne *et al.* (2005) y Molinar y Yang (2003) para diversas variedades de tomate uva.

A pesar de realizarse el raleo de fruto, no se logró la uniformidad que se pretendía, puesto que los resultados muestran diferencia estadística entre los pesos obtenidos para una misma poda. Se recomienda buscar otras técnicas alternativas al raleo de flor/fruto para uniformizar el tamaño y peso del fruto.

Asimismo, evaluar más racimos para el análisis de calidad y registrar cómo cambian las dimensiones del fruto entre racimos de una misma planta. Otra recomendación es instalar un sistema de ventilación forzada para que, aunado al encalado, se puedan disminuir las temperaturas dentro del invernadero y poder polinizar con abejorro en lugar de polinización libre o por aire.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cantwell, M., Nie, X., & Hong, G. (2009). Impact of storage conditions on grape tomato quality. *6th ISHS Postharvest Symposium.* 6th ISHS Postharvest Symposium.

Casierra-Posada, F., & Aguilar-Avellanedo, O. (2008). Calidad en frutos de tomate (Solanum lycopersicum L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía colombiana, 26*(2), 300-3007.

Castellanos, J. (2009). *Manual de Producción de Tomate en Invernadero.* México: INTAGRI.

CODEX STAN 293-2008. (2008). Codex Standard for Tomatoes. *CODEX STAN 293-2008*.

Díaz, T., Espí, E., Fontecha, A., Jiménez, J., López, J., & Salmerón, A. (2001). *Los filmes plásticos en la producción agrícola.* Madrid: Mundi-Prensa.

Evans, W. B., Cerven, V., Winter, N., & Coker, C. E. (2010). A proposed alternative production regime for cherry and grape tomato using compact plants and once-over harvest. *HortTechnology, 20*(3), 620-622.

García-León, A. (2012). Memorias del 6to. Simposio nacional de horticultura "Prácticas culturales en el cultivo de tomate en suelo bajo invernadero". México.

Garpa-Arizpe, M., & Molina-Velázquez, M. (2008). *Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el Estado de Nuevo León.* SAGARPA.

Jaramillo-Noreña, J., Patricia-Rodríguez, V., Guzmán, M., & Zapata, M. (2006). *El cultivo de tomate bajo invernadero (Lycopersicum esculentum. Mill).* CORPOICA.

Jaramillo-Noreña, J., Rodríguez, V. P., Guzmán, M., Zapata, M., & Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas.* FAO.

Maboko, M., & Du Ploy, C. (2009). Effect of stem and fruit pruning on yield and quality of hydroponically grown tomato. (págs. 27-29). African Crop Science Conference Proceedings 9.

Matas-Arrollo, A. j. (2005). *Estudio de los factores incidentes en el agrietado del fruto de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) tipo cereza: el papel de la cutícula del fruto.* TESIS DOCTORAL. Universidad de Málaga, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Molecular y Bioquímica.

Molinar, R., & Yang, M. (2003). Recuperado el diciembre de 2014, de http://www.sfc.ucdavis.edu/research/FRESNO_COUNTY_GRAPE_TO-MATO_VARIETY_TRIAL_REPORT.pdf

(2007). *Monitoring of U.S. Imports of Tomatoes.* U.S. International Trade Comission.

Nitzsche, P., Tietjen, W., Kline, W., & Garrison, S. (2003). *Evaluation of grape and cherry tomatoes in Northern New Jersey.*

Paredes-Zambrano, A. (2009). *Manual del Cultivo de Tomate en Invernadero.* Curdinamarca: CORPOICA.

Parrado, C. A., & Ubaque-López, H. (2003). Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero. Universidad de Bogotá.

Parra-Salinas, C., Ceballos-Aguirre, N., & Orozco-Castaño, F. (2010). *Construcción, diseño y manejo de estructuras de protección para cultivos de hortalizas. La experiencia en el oriente del Departamento de Caldas.* Manizales-Colombia: Universidad de Caldas.

Ponce-Cruz, P. (2013). Tomate en invernadero. Panorama de producción en México y recomendaciones al escoger su estructura. *Productores de Hortalizas*.

Ponce-Valerio, J., Peña-Lomelí, A., Sánchez-de-Castillo, F., Rodríguez-Pérez, J., Mora-Aguilar, R., Castro-Brindis, R., & Magaña-Lira, N. (2011). Evaluación de podas en dos variedades de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot. ex Horm.) cultivado en campo. *Revista Chapingo de Horticultura, 17*(3), 151-160.

Roberts, K., Sargent , S., & Fox, A. (2002). Effect of storage temperatura on ripening and postharvest quality of grape and mini-pear tomatoes. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 115*, 80-84.

Salinas, O., Ramírez, O., & Ospina, J. (1994). Efecto del sistema de tutorado, poda de tallos y poda de hojas sobre la calidad del fruto de tomate (Lycopersicum esculentum Mill). *Agronomía Colombiana, 11*(2), 184-189.

SIACON. (2012). Recuperado el agosto de 2014, de http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialsiacon-zip/

SIAP. (octubre de 2014). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/

Simonne, E., Sargent, S., Studstill, D., Simonne, A., Hochmuth, R., & Kerr, S. (2005). Field performance, chemical composition and sensory evaluation of red and yellow grape tomato varieties. *Proc. Fla. State Hort. Soc, 118*, 376-378.

Torres-Torres, J. A. (2008). *Podas en el Cultivo Hidropónico de Jitomate (Lycopersicon esculentum MILL) de crecimiento indeterminado en la comunidad de San Juan Nuevo, Mich.* TESIS DE GRADO. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Agrobiología.

Villasanti, C. (2013). *El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana.* FAO.

Villavencio, A., & Villablanca, A. (2010). Determinación de coeficiente de uniformidad de riego. INIA-URURI. Recuperado el diciembre de 2014, de http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo_INIA-URURI_17.pdf