



Universidad de Guanajuato

División de Ciencias de la Vida

Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**“Evaluación de híbridos experimentales de tomate verde
(*Physalis ixocarpa* Brot.) en tres sistemas de producción.”**

Trabajo de Tesis

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA

VALERIA CENDEJAS GARCÍA

DIRECTOR

M.C. OSCAR ALEJANDRO MARTINEZ JAIME

IRAPUATO, GTO

SEPTIEMBRE 2017

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



2017. «Año del Centenario de la Promulgación de la
Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos»

2017. «Centenario de la Constitución de Guanajuato»

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA

DR. JOSÉ MARIO MENDOZA CARRILLO,
DIRECTOR
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA
Y PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE TITULACIÓN
P R E S E N T E.

En relación con el trabajo de titulación de la C. VALERIA CENDEJAS GARCÍA, nos permitimos comunicar a Usted que el Trabajo de Tesis: "EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE TOMATE VERDE (*Physalis ixocarpa* Brot) EN TRES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN" que fue desarrollado bajo la dirección del M.C. Oscar Alejandro Martínez Jaime, profesor - Investigador de la División Ciencias de la Vida, ha sido terminado, escrito y revisado por el Dr. Luis Felipe Ramírez Santoyo y la Dra. Ma. del Rosario Abraham Juárez, profesores-Investigadores de la División Ciencias de la Vida, y se ha autorizado la impresión del mismo.

Así mismo nos permitimos proponer para la integración del Jurado a los Señores:

DR. LUIS FELIPE RAMÍREZ SANTOYO	PRESIDENTE
DRA. MA. DEL ROSARIO ABRAHAM JUÁREZ	SECRETARIO
M.C. OSCAR ALEJANDRO MARTÍNEZ JAIME	VOCAL

A T E N T A M E N T E
"LA VERDAD OS HARA LIBRES"
Irapuato, Gto., a 25 de septiembre de 2017.

M.C. OSCAR ALEJANDRO MARTÍNEZ JAIME

DIRECTOR

REVISOR

DR. LUIS FELIPE RAMÍREZ SANTOYO

REVISOR

DRA. MA. DEL ROSARIO ABRAHAM JUÁREZ

000

CAMPUS IRAPUATO-SALAMANCA
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA

Ex Hacienda El Copal, Km. 9 Carretera Irapuato-Silao,
C.P. 36824 A.P. 311, Irapuato, Gto., México
Tel. y Fax: 01 (452) 624 18 89.

www.irapuatosalamanca.ugto.mx

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por contar con él en todo momento, por brindarme los medios y la paciencia para realizar este trabajo de investigación, por darme la oportunidad de terminar mi carrera profesional.

A mi mamá por el apoyo y acompañamiento incondicional, por todos los sacrificios, por hacer de mí una persona trabajadora y constante, te dedico especialmente mi trabajo. A mi papá, mi abuelo y a mi hermana, por el apoyo, la fe y confianza que han tenido en mí, durante mi formación profesional.

Al M. C. Oscar Daniel Martínez Jaime, por la oportunidad de trabajar con usted, por sus excelentes aportaciones a este trabajo. Mi respeto y admiración, gracias por el apoyo y la confianza brindada.

Al Dr. Flavio Ramos y al Ing. Alejandro Quezada, por el apoyo y motivación brindada durante el recorrido de esta tesis, gracias por haber confiado en mí y darme la oportunidad de trabajar con ambos, por las enseñanzas y por el tiempo compartido.

Al Dr. Felipe Santoyo por las aportaciones brindadas, por la motivación dada para la mejora de este trabajo y la constancia al elaborarlo; por el conocimiento brindado a lo largo de mi carrera.

A la Dra. Ma. Del Rosario por la asesoría y confianza que puso en mí, por apoyarme con el material y laboratorio para poder realizar este trabajo.

Al Dr. Héctor Gordon Núñez Palenius por su acompañamiento, asesoría, consejos, enseñanza y motivación a lo largo de mi carrera, por confiar en mí y apoyarme en decisiones importantes, mi más grande admiración y agradecimiento para usted.

Al Dr. Luis Pérez, Dr. Eduardo Salazar y al M.C. Eduardo García por recordarme constantemente mis capacidades y la importancia del camino que decidí tomar, gracias por el conocimiento y momentos compartidos; a todos los académicos que fueron parte de mi formación, mi respeto y admiración.

A mis amigos de carrera, gracias por su amistad, por las risas, los viajes y los mejores momentos de la universidad.

A la Universidad de Guanajuato, por ser mi casa de estudios y por la formación brindada para obtener mi título como ingeniero en agronomía.

ÍNDICE GENERAL

.....	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE DE CUADROS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Objetivo	11
1.2. Hipótesis.....	11
II. JUSTIFICACIÓN	12
III. REVISIÓN DE LITERATURA	14
3.1. El cultivo de tomate verde	14
3.1.1. Importancia agronómica.....	14
3.2. Mejoramiento genético	15
3.3. Ambientes protegidos.....	16
3.3.1. Acolchado.....	17
3.3.2. Envarado	17
3.3.3. Macrotúnel.....	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	20
4.1. Localización y descripción del área de estudio	20
4.2. Material genético utilizado	20
4.3. Diseño experimental	21
4.4. Manejo agronómico.....	22
4.4.1. Producción de plántula	22

4.4.2. Establecimiento del cultivo	23
4.4.3. Riego.....	23
4.4.4. Nutrición.....	24
4.4.5. Control de plagas y enfermedades	25
4.4.6. Cosecha	25
4.5. Variables dependientes.....	26
4.5.1. Características morfológicas	26
4.5.2. Componentes de rendimiento	27
4.5.3. Componentes de calidad	27
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
5.1. Análisis de varianza del diseño franjas divididas en bloques al azar para las características morfológicas.....	30
5.1.1. Comparación múltiple de medias para las características morfológicas.....	31
5.2. Análisis de varianza del diseño franjas divididas en bloques al azar para los componentes de rendimiento	35
5.2.1. Comparación múltiple de medias para los componentes de rendimiento ...	39
5.2.2. Comportamiento de los mejores híbridos en los manejos evaluados	55
5.3. Análisis de varianza del diseño franjas divididas en bloques al azar para los componentes calidad	57
5.3.1. Comparación múltiple de medias para los componentes de calidad.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	71
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diseño experimental de franjas divididas en bloques completos al azar con tres repeticiones para los tres esquemas de manejo de tomate verde en Irapuato, Gto.	21
Cuadro 2. Híbridos experimentales y comerciales considerados en la evaluación bajo tres esquemas de manejo de tomate verde en Irapuato, Gto.	22
Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la evaluación de 19 híbridos de tomate verde bajo tres esquemas de manejo en Irapuato, Gto.	24
Cuadro 4. Productos químicos utilizados para el control de plagas en la evaluación de 19 híbridos de tomate verde bajo tres esquemas de manejo en Irapuato, Gto.	25
Cuadro 5. Productos químicos utilizados para el control de enfermedades en la evaluación de 19 híbridos de tomate verde bajo tres esquemas de manejo en Irapuato, Gto.	25
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable días a floración.	30
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de planta.	31
Cuadro 8. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable días a floración.	32
Cuadro 9. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable días a floración.	33
Cuadro 10. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable altura de planta.	34
Cuadro 11. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable altura planta.	35
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable peso promedio por fruto.	36
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el primer corte.	37
Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el segundo corte.	37
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el tercer corte.	38
Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el cuarto corte.	38

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de rendimiento total.....	39
Cuadro 18. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable peso promedio por fruto.....	40
Cuadro 19. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable peso promedio por fruto.....	41
Cuadro 20. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el primer corte.	42
Cuadro 21. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable rendimiento en el primer corte.	43
Cuadro 22. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el segundo corte.....	45
Cuadro 23. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable rendimiento en el segundo corte.....	45
Cuadro 24. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el tercer corte.....	47
Cuadro 25. Medias del factor híbrido para la variable rendimiento en el tercer corte. .	48
Cuadro 26. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el cuarto corte.....	50
Cuadro 27. Medias del factor híbrido para la variable rendimiento en el cuarto corte. .	50
Cuadro 28. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento total.	52
Cuadro 29. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable rendimiento total.	53
Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable componente L* de color.	58
Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable componente a* de color.....	58
Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable componente b* de color.....	59
Cuadro 33. Análisis de varianza para la variable pH.....	60
Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable con sólidos solubles totales (°Brix).	60

Cuadro 35. Análisis de varianza para la variable firmeza.	61
Cuadro 36. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la coordenada L* de la variable color.....	61
Cuadro 37. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la coordenada L* de la variable color.....	62
Cuadro 38. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la coordenada a* de la variable color.....	63
Cuadro 39. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la coordenada a* de la variable color.....	64
Cuadro 40. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la coordenada b* de la variable color.....	65
Cuadro 41. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la coordenada b* de la variable color.....	65
Cuadro 42. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable de sólidos solubles totales (°Brix).	66
Cuadro 43. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable sólidos solubles totales (°Brix).....	67
Cuadro 44. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable pH.	68
Cuadro 45. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable pH.....	69
Cuadro 46. Medias del factor manejo para la variable firmeza.	69
Cuadro 47. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable firmeza.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Penetrómetro FT 20.....	27
Figura 2. Refractómetro ATAGO.....	28
Figura 3. Conductímetro PC18.....	28
Figura 4. Espectrofotómetro ColorFlex EZ.....	29
Figura 5. Espacio de color CIE L* a* b*.....	29
Figura 6. Rendimiento promedio en el primer corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.	44
Figura 7. Rendimiento promedio en el segundo corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.	46
Figura 8. Rendimiento promedio en el tercer corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.	49
Figura 9. Rendimiento promedio en el cuarto corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.	51
Figura 10. Rendimiento promedio total de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.	54
Figura 11. Rendimiento promedio total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en los tres manejos.	54
Figura 12. Rendimiento promedio en cada corte y total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en el manejo CAP.....	56
Figura 13. Rendimiento promedio en cada corte y total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en el manejo CAE.....	56
Figura 14. Rendimiento promedio en cada corte y total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en el manejo ME.....	57

I. INTRODUCCIÓN

Physalis es un género americano que se distribuye en Estados Unidos de América, México, Centroamérica, Sudamérica y las Antillas, su alta riqueza genética se expresa en la existencia de poblaciones silvestres, toleradas, fomentadas, cultivadas y domesticadas, asociadas a diferentes tipos de vegetación y condiciones ecológicas. El tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot., llamado también tomate verde o tomate de fresadilla, es de gran importancia en México (principalmente en los estados del centro), en virtud de que su uso en la preparación de ciertos platillos regionales resulta insustituible (SINAFERI, 2016).

Entre sus variedades existe gran variación en cuanto al tamaño de los frutos, ya que unos son demasiado grandes y rompen la bolsa, en tanto que otros no alcanzan a llenar la misma. También existe variabilidad en cuanto al color y sabor de los frutos, ya que pueden presentarse en tonos verdes, amarillos o morado, así como presentar sabor ácido o dulce. En México el tomate de cáscara se cultiva en 28 de los 32 estados de la República, con una superficie de 43,721 ha, y una producción de 526,907 toneladas en él 2015; de esta superficie cultivada, el 70% es de riego y el 30% de temporal, correspondiendo al estado de Guanajuato una superficie cultivada de 1,282 ha (SIAP, 2016).

A pesar de la gran importancia del cultivo, el rendimiento promedio nacional es de 15.58 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA 2011), el cual es bajo en relación con el potencial productivo, ya que se reportan rendimientos de hasta 63.36 t ha⁻¹ (López *et al.*, 2009). Dentro de los factores que contribuyen a los bajos rendimientos, se encuentran el uso de especies silvestres y genotipos con escaso proceso de mejoramiento genético, que dan como resultado bajos rendimientos y pobre calidad de fruto.

El sector de los cultivos hortícolas y ornamentales está experimentando una tendencia cada vez más marcada hacia la obtención de la producción anticipada o fuera de estación, en condiciones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente se cultivaban a cielo abierto, lo que ha provocado la necesidad de usar diversos sistemas de estructuras de protección de los cultivos para forzar su desarrollo (Bastida y Ramírez, 2002).

La dinámica agrícola del cultivo del tomate de cáscara demanda la generación de cultivares mejorados que se ajusten a las necesidades actuales del mercado nacional e internacional. Entre las características a mejorar destacan el rendimiento, hábito de crecimiento, distribución de la producción, así como color, forma y tamaño de fruto (Peña y Márquez, 1990). El concentrar la producción en un tiempo reducido debe ser uno de los objetivos del mejoramiento genético de la especie, al menos en regiones en donde las bajas temperaturas son limitantes para su siembra, como el altiplano mexicano, ya que esto aunado con la precocidad permitiría llegar al mercado más pronto y reduciría los costos de recolección (Peña *et al.*, 2008).

La expresión del potencial de rendimiento de los cultivos depende del genotipo, el ambiente y la interacción “genotipo x ambiente”. Es por ello importante estudiar simultáneamente diferentes variedades en cada sistema de producción, para determinar cuál es la mejor dentro de cada uno de ellos. En tomate de cáscara, el sistema de producción de riego rodado es el más frecuente; no obstante, ya existen áreas a nivel comercial donde se utiliza riego por goteo con o sin acolchado plástico, bajo condiciones de cielo abierto (Peña *et al.*, 2008).

En este contexto, es necesario generar, evaluar y registrar variedades mejoradas, para ponerlas a disposición de los productores y contribuir con ello al incremento del rendimiento del cultivo. En el presente trabajo se evaluó la respuesta productiva de 19

híbridos experimentales en tres sistemas de producción: a) riego por goteo acolchado en piso campo abierto, b) riego por goteo acolchado y envarado campo abierto, c) riego por goteo con acolchado y envarado bajo macro túnel, con el fin de determinar los mejores híbridos, sobresalientes por su rendimiento y calidad de fruto, así como el sistema que brinde las mejores condiciones para estos.

1.1. Objetivo

Identificar los mejores híbridos experimentales en cuanto a rendimiento y calidad de fruto para producción en zona Bajío, considerando los sistemas de producción evaluados.

1.2. Hipótesis

Existe al menos un híbrido experimental de tomate verde (*Physalis ixocarpa Brot.*) con el potencial para ser cultivado en la región de Bajío, bajo alguno de los tres sistemas de producción evaluados, que posea rendimiento y buena calidad de fruto, características equiparables a las que tienen las cuatro variedades usadas como referencia.

II. JUSTIFICACIÓN

La alimentación humana depende en un 93 % de los productos vegetales y en un 7 % de los productos animales, pero éstos provienen indirectamente de las plantas. El 99 % de la comida es producida en tierra firme y sólo el 1 % lo es en los océanos y en las aguas interiores. El 80 % de la población mundial utiliza exclusivamente plantas o derivados de éstas para el tratamiento de las diferentes enfermedades; alrededor de 7,000 compuestos químicos medicinales provienen de especies vegetales, como combustibles, materiales de construcción, ropa, insecticidas y herbicidas. Dada la importancia de las plantas, no es sorprendente que el hombre se haya preocupado desde hace muchos años por obtener genotipos seleccionados o mejorados para satisfacer sus necesidades. Los avances logrados en la producción de alimentos a partir de 1900 han sido progresivos y sin duda sorprendentes, para beneficio tanto de los agricultores como de los consumidores. El mejoramiento vegetal ha dado origen a variedades o híbridos cada vez más productivos, con mayor resistencia a hongos, bacterias, virus, insectos, y con tolerancia a frío, calor, sequía, acidez, salinidad, así como buena adaptación a las diferentes condiciones donde es posible el desarrollo de la agricultura. (Vallejo y Estrada, 2002).

En las últimas dos décadas, *P. ixocarpa* se ha consolidado como una de las principales hortalizas en México, con potencial en diferentes países de América y Europa; sin embargo, su cultivo se realiza con variedades nativas o criollas, por lo que es necesario generar variedades mejoradas, con rendimientos cada vez mayores que permitan abastecer la demanda de su fruto (SINAFERI, 2016).

Los resultados del fitomejoramiento han sido extraordinarios, especialmente para que el mundo pueda tener alimento y materias primas para la industria. Ninguna actividad ha sido, es y será tan lucrativa para un país como el mejoramiento genético de plantas

y animales. El número de cultivares nacionales disponibles de una especie determinada en un país, puede ser considerado una medida del grado de desarrollo de su agricultura, ya que cuando esta última crece, más cultivares son producidos. Las variedades pasan a tener cada vez más especificidad, más desarrollo y una distribución geográfica más estrecha (Vallejo y Estrada, 2002).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El cultivo de tomate verde

El tomate de cáscara tiene en México su centro de origen y diversificación; una de cada cinco especies es endémica de nuestro país. De estas especies, solo se había cultivado *P. ixocarpa*, aunque recientemente se ha encontrado el cultivo de *P. angulata*, el resto son silvestres. La especie más importante desde el punto de vista comercial es *P. ixocarpa* Brot., también llamada *P. philadelphica* Lam., ya que ocupa el quinto lugar en superficie sembrada con cultivos oléricos en México. Existe una gran variabilidad genética en esta especie y se reconocen al menos ocho razas: Silvestre, Milperos, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla, distribuidas prácticamente en todo el país en altitudes que van desde los 8 hasta los 3,350 msnm. (SINAFERI, 2016).

Las plantas de tomate son principalmente herbáceas de hábito postrado, semi erectas a erectas, de ciclo anual o perene, que producen frutos tipo baya, cubiertos completamente por el cáliz al que se le llama cáscara u hoja. Los frutos muestran gran variedad en colores que van del verde, púrpura (violeta), amarillo, hasta el naranja; su tamaño varía en las especies silvestres de 1 a 2 cm de diámetro y en las formas cultivadas alcanzan 5 a 6 cm en promedio, pero llegan a hasta los 14 cm. Por lo común, los frutos pueden ser de forma globosa esférica, de pera u oblongos; el sabor entre las especies varía de dulce, a semi ácido, ácido y amargo (Vargas *et al.*, 2003).

3.1.1. Importancia agronómica

El cultivo de tomate de cáscara se ha incrementado debido a que es una hortaliza que no requiere demasiados cuidados. No obstante, el rendimiento promedio nacional es bajo en relación con el potencial productivo del cultivo, que se estima en 40 t ha⁻¹, tal

rendimiento es posible con el uso de variedades mejoradas y técnicas adecuadas de cultivo. El consumo per cápita nacional es alto (3.5 kg) y su exportación a Estados Unidos de América y Canadá es cada vez mayor (Peña y Santiaguillo, 1999).

3.2. Mejoramiento genético

La investigación agrícola busca que no solo se produzcan más alimentos, sino que además la agricultura se administre para satisfacer las necesidades cambiantes de la humanidad, mientras que se conserven los recursos naturales y se evite la degradación del medio ambiente. El mejoramiento genético vegetal puede contribuir elevando el grado de sostenibilidad de los sistemas agropecuarios de producción, mediante el desarrollo de genotipos adaptados a nuevos requerimientos ambientales y nuevas demandas del mercado de consumo. Esto requiere en el plano de la investigación genética, la consideración de cambios en la priorización de objetivos, en las técnicas de selección y en la búsqueda y utilización de variabilidad genética. La evolución biológica y el mejoramiento genético de plantas, se realizó a través de un largo proceso de selección dirigida por el hombre, a fin de lograr un ajuste cada vez mayor entre las características de las especies vegetales y las necesidades que se deben satisfacer (Camarena *et al.*, 2012).

El mejoramiento de la productividad, calidad y adaptación de los cultivos se puede conseguir, básicamente, de tres maneras: a) por el mejoramiento de las condiciones ambientales a través de prácticas correctas de producción o del manejo adecuado de los insumos, tales como suelo, fertilizantes, agua, pesticidas; b) por el uso de semillas genéticamente superiores, que resultan de los programas de mejoramiento, y c) por el aprovechamiento simultáneo del mejoramiento genético y ambiental (Vallejo y Estrada, 2002).

El fitomejoramiento en un sentido amplio, es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares (variedades o híbridos) mejorados genéticamente, adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mejor calidad que las variedades nativas o criollas. En otras palabras, el fitomejoramiento busca crear plantas cuyo patrimonio hereditario esté de acuerdo con las condiciones, necesidades y recursos de los productores rurales, de la industria y de los consumidores, es decir, aquellos que producen, transforman y consumen productos vegetales (Vallejo y Estrada, 2002).

Con el auge de las nuevas biotecnologías, se ha pretendido crear una división entre el fitomejoramiento tradicional y el fitomejoramiento no convencional o realizado a través de la biotecnología. La biotecnología es una herramienta más, como lo son la genética, la fisiología, la biometría, que ayudará grandemente a la producción de nuevos cultivares (Vallejo y Estrada, 2002).

3.3. Ambientes protegidos

Existe una diversidad de definiciones acerca del concepto de agricultura protegida. Sin embargo, podemos resumirlo como toda estructura cerrada, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes, que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas y flores en todo tiempo y bajo condiciones óptimas. Bajo este sistema agrícola especializado se lleva a cabo el control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad, entre otros), lo que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de alcanzar adecuado crecimiento vegetal, aumentar los rendimientos, mejorar la calidad de los productos y obtener excelentes cosechas. Las instalaciones para la protección de cultivos pueden ser muy diversas entre sí, por las características y complejidad de sus estructuras, así como por la mayor o menor capacidad de control ambiental. Una primera clasificación de los diversos tipos

de protección, puede hacerse distinguiendo entre "mulching" o acolchado de suelos, cubiertas flotantes, micro y macro túneles, invernaderos y casas malla (Bielinski *et al.*, 2013).

Esta tendencia existe desde hace varios años, y está enfocada a anticipar la producción de los cultivos hortícolas, utilizando sistemas de producción semi forzada o forzada, encauzando el uso de estrategias de protección, que han resultado idóneos para los fines indicados (Alpi y Tognoni, 1984).

3.3.1. Acolchado

La técnica de acolchado no constituye propiamente una estructura para proteger cultivos en su totalidad, su principal función es cubrir el suelo, proporcionar mejores condiciones de desarrollo para las raíces, y lograr algunos cambios del medio favorables a los cultivos, aspectos con los que se logran aumentos significativos en la producción agrícola (Bastida y Ramírez, 2002).

El acolchado del suelo consiste en cubrir los surcos o camas de crecimiento, usando películas plásticas de diferentes colores de acuerdo con el objetivo particular en cada caso, con la finalidad de modificar el micro clima del suelo y del aire superficial, creando un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas, incrementándose los rendimientos y mejorando la calidad de las cosechas (Ramírez, 1996).

3.3.2. Envarado

El envarado es una práctica imprescindible para mantener las plantas con una postura erguida, evitando que las hojas y sobre todo el fruto, entren en contacto con el suelo, aumentando la aireación de la planta, favoreciendo el aprovechamiento de la radiación solar, y facilitando la realización de labores como fumigación y recolección, entre otros.

De esta manera, el uso de varas mejora la calidad de la cosecha e incrementa el rendimiento por hectárea.

Se recomienda colocar los estacones un mes después del trasplante, sobre la hilera de plantas a una separación de 2.5 a 3.0 m, entre los estacones se distribuyen tres a cuatro varas. Para reforzar la armazón y sostener las varas, en la parte superior de los estacones se coloca el alambre o hilo. La planta se sostiene al amarrar el hilo entre vara y vara, iniciando por un extremo y regresando por el otro. Los siguientes hilos se colocan a una distancia de 25 a 30 cm y el número de hilos dependerá del desarrollo del cultivo (INIFAP, 2016).

3.3.3. Macrotúnel

Los túneles altos o macrotúneles son estructuras generalmente construidas con arcos de bambú, tubos de PVC o hierro galvanizado, cubiertos con una sola capa de plástico de tipo invernadero, agro textil o malla anti-insectos. Su altura generalmente se encuentra entre 3 y 3.5 m, favorece el uso de variedades indeterminadas, lo cual no es posible en el caso de los microtúneles, y también ayuda al paso de una o más personas por su interior para atender las plantas, aun cuando llueve.

La diferencia entre los invernaderos y los macrotúneles radica en que éstos últimos no tienen temperatura controlada, ni sistemas de ventilación automática. La ventilación es pasiva y se realiza enrollando mecánica o manualmente los lados del túnel para permitir la circulación del aire. Entre las ventajas del uso de macrotúneles podemos mencionar que son considerados como una protección completa del cultivo, evidenciando mayores rendimientos y uniformidad de los frutos, su construcción es más barata que los invernaderos, son una herramienta que los productores pueden emplear para luchar contra varias adversidades que impone el microclima de una

localidad, además que el tiempo de instalación es muy rápido lo que reduce la inversión y mano de obra (Bielinski *et al.*, 2013).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización y descripción del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló durante los meses de mayo a septiembre del año 2016. La investigación se realizó bajo tres diferentes manejos: a) campo abierto en piso (CAP), b) campo abierto envarado (CAE) y c) macro túnel envarado (ME), los tres sistemas contaron con sistema de riego por goteo y acolchado; utilizando una misma área de 300 m² y una densidad de 16,665 plantas ha⁻¹, para cada uno de ellos.

El experimento estuvo ubicado en el Rancho Santa Lucía, en la Comunidad Cuarta Brigada, en el Km 9 de la carretera Irapuato - Salamanca, Municipio de Irapuato, Guanajuato. En las coordenadas geográficas 20°62'60.89" latitud norte y 101°27'38.21" longitud oeste y a una altitud de 1710 msnm, en la zona del Bajío.

La temperatura media anual del municipio es alrededor de 19°C, las temperaturas mínimas promedio son alrededor de 11.07°C en el mes de enero y las máximas promedio pueden ser mayores a 27.62°C durante los meses de mayo a julio. Las lluvias se presentan en el verano durante los meses de julio a septiembre, la precipitación media del municipio es de 679 mm anuales (INIFAP, 2016).

4.2. Material genético utilizado

El material genético evaluado constó de 19 híbridos, 15 de ellos experimentales y 4 comerciales utilizados como testigos: Siqueiros, Gran Esmeralda, Tecozautla y Tamayo. Los materiales fueron proporcionados por Semillas Harris Moran S.A. de C.V.

4.3. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue franjas divididas en bloques completamente aleatorios con tres repeticiones, donde cada manejo constituyo una franja (Cuadro 1). El marco de plantación fue de 0.40 m entre planta por 1.5 m, con una densidad de 16,665 plantas ha⁻¹. El área para cada manejo constó de cinco surcos de 1.5 m de ancho (7.5 m) y 40 m de largo (300 m²), tomando como bordos 0.8 m al inicio y al final de cada parcela, resultando un área útil de 288 m² y una superficie experimental total de 864 m². Los tres sistemas de producción se encontraban ubicados en el mismo lote de campo, teniendo una distancia entre sí de aproximadamente 300 metros; cada uno tuvo 57 bloques (19 materiales x 3 repeticiones), teniendo un total de 171 para los tres manejos. Cada bloque fue de 1.5 por 3.2 m (4.8 m²) con un total de 8 plantas. Los 19 materiales evaluados se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 1. Diseño experimental de franjas divididas en bloques completos al azar con tres repeticiones para los tres esquemas de manejo de tomate verde en Irapuato, Gto.

R1	1	2	3	4	5	R1	1	2	3	4	5	R1	1	2	3	4	5
	L1	x	L15	L16	L2		L5	L4	L9	L3	L12		L8	L14	L2	L7	L13
	10	9	8	7	6		10	9	8	7	6		10	9	8	7	6
	L7	L6	L5	L4	L3		x	L8	L16	L7	L2		L6	L1	L15	L17	L19
	11	12	13	14	15		11	12	13	14	15		11	12	13	14	15
L8	L17	L9	L10	L11	L15	L11	L17	L14	L10	L18	L3	L4	L11	L9			
R2	20	19	18	17	16	R2	20	19	18	17	16	R2	20	19	18	17	16
	L14	L13	L18	L12	L19		L19	L18	L6	L1	L13		x	L12	L16	L5	L10
	21	22	23	24	25		21	22	23	24	25		21	22	23	24	25
	L18	L19	x	L14	L10		L9	L1	L15	L10	L18		L12	L17	L10	x	L4
	30	29	28	27	26		30	29	28	27	26		30	29	28	27	26
L4	L1	L11	L9	L6	L14	x	L13	L19	L17	L7	L16	L18	L13	L1			
R3	31	32	33	34	35	R3	31	32	33	34	35	R3	31	32	33	34	35
	L8	L3	L7	L13	L15		L6	L12	L8	L5	L7		L11	L2	L19	L3	L8
	40	39	38	37	36		40	39	38	37	36		40	39	38	37	36
	L5	L16	L12	L2	L17		L16	L2	L3	L11	L4		L6	L9	L5	L14	L15
	41	42	43	44	45		41	42	43	44	45		41	42	43	44	45
L2	L7	L17	L18	L16	L3	L5	L18	L16	L15	L10	L13	L8	L16	L11			
R3	50	49	48	47	46	R3	50	49	48	47	46	R3	50	49	48	47	46
	L10	L5	L3	L6	L13		L1	L17	L2	L19	L8		L7	L15	L9	L3	x
	51	52	53	54	55		51	52	53	54	55		51	52	53	54	55
	L15	L11	L14	L19	L4		L7	L13	L11	L12	L14		L19	L18	L12	L6	L14
	60	59	58	57	56		60	59	58	57	56		60	59	58	57	56
L9	L12	L1	L8	x	L10	L9	x	L4	L6	L4	L5	L1	L2	L17			
Manejo 1. Campo abierto piso (CAP)					Manejo 2. Campo abierto envarado (CAE)					Manejo 3. Macro túnel envarado (ME)							

Cuadro 2. Híbridos experimentales y comerciales considerados en la evaluación bajo tres esquemas de manejo de tomate verde en Irapuato, Gto.

Línea	Variedad	Línea	Variedad
L 1	Híbrido 1	L 11	Híbrido 11
L 2	Híbrido 2	L 12	Híbrido 12
L 3	Híbrido 3	L 13	Híbrido 13
L 4	Híbrido 4	L 14	Híbrido 14
L 5	Híbrido 5	L 15	Gran Esmeralda
L 6	Híbrido 6	L 16	Siqueiros
L 7	Híbrido 7	L 17	Tamayo
L 8	Híbrido 8	L 18	Tecozautla
L 9	Híbrido 9	L 19	Híbrido 19
L 10	Híbrido 10		

4.4. Manejo agronómico

4.4.1. Producción de plántula

La semilla se sembró el 04 de mayo del 2016, en “Invernaderos Apatzeo Spr de RI” empresa localizada en Carr. Apaseo El Alto - Celaya Km 66, San Pedro Tenango, Guanajuato. El trazo del diseño experimental se realizó el día 08 de junio del 2016. La siembra se realizó en charolas de plástico de 338 cavidades, conteniendo una mezcla de peat moss y vermiculita. En seguida se llenó cada cavidad pasando un rodillo para compactar y marcar el lugar para cada semilla, a profundidad de 1 cm., cubriéndola con una capa de vermiculita, aplicando enseguida el primer riego. Las charolas se colocaron en un invernadero para tratar optimizar las condiciones para la producción de plántula. Se regó todos los días por medio de un aguilón, dependiendo de la temperatura del invernadero y tamaño de la planta, se continuó con el riego hasta que la planta tuvo de 3 a 4 hojas verdaderas. Para la fertilización aplicaron tres productos, Agro K, Triple 20 y como adherente DAP Plus, además como regulador de crecimiento

para la generación de raíz se aplicó “Rooting”, el cual contiene auxinas, citoquininas, vitaminas y fósforo asimilable.

4.4.2. Establecimiento del cultivo

El trasplante se realizó el día 11 de junio del 2016, con previa preparación del terreno consistente en barbecho a 40 cm de profundidad, rastreo, nivelación, trazado de camas con dimensiones de 1.5 m. Se instaló un sistema de riego por goteo, con el objetivo de eficientar el manejo del agua y la conducción.

La plantación se realizó manualmente, a una hilera con una distancia de 0.40 m entre plantas. El envarado se colocó el 22 de junio, constó de una estaca de aproximadamente 1.8 m de altura a cada 2 m de distancia por el centro de la cama, utilizándose como soporte para la planta, esta labor se realizó en los manejos de CAE y ME.

La colocación de hilo se realizó cuando la planta alcanzó una altura de 25 a 30 cm, consistió en poner un hilo de vara a vara para brindarle una postura erecta a la planta, se colocaron 5 hilos durante el ciclo del cultivo, en las fechas 22 de junio, 01, 14, 28 de julio y 05 de agosto. El control de maleza se efectuó manualmente con ayuda de azadón.

4.4.3. Riego

Los riegos por goteo se dieron en forma oportuna para lograr un buen desarrollo de las plantas, el primer riego fue en la plantación; posteriormente se realizaron cada 2 días durante 30 minutos, y conforme el cultivo crecía fue variando el intervalo de tiempo de aplicación de acuerdo a la demanda del mismo.

4.4.4. Nutrición

El manejo y aplicaciones realizadas a lo largo del ciclo del cultivo, fueron elección del productor. El nombre comercial de los fertilizantes utilizados, su función, ingredientes, dosis y fecha de aplicación se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Fertilizantes utilizados en la evaluación de 19 híbridos de tomate verde bajo tres esquemas de manejo en Irapuato, Gto.

Nombre Comercial	Función	Contenido	Dosis	Fecha de aplicación
Humifert	Nutriente foliar + ácidos húmicos	N, P2O5, K2O, Ácidos húmicos, Fe, Zn, Mn, Mo, Cu, B.	3 lt/ha	30/06
Maxigrow	Bioestimulante	Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, N, P2O5, K2O, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn.	500 ml/ha	30/06
Megafol	Anti estrés y activador de crecimiento	Vitaminas, Aminoácidos y Proteínas.	250 ml/ha	14/07
Humifert	Nutriente foliar + ácidos húmicos	N, P2O5, K2O, Ácidos húmicos, Fe, Zn, Mn, Mo, Cu, B.	3 lt/ha	23/07
Maxigrow	Bioestimulante	Auxinas, Giberelinas, Citoquininas, N, P2O5, K2O, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn.	250 ml/ha	23/07
Megafol	Anti estrés y activador de crecimiento	Vitaminas, Aminoácidos y Proteínas.	500 ml/ha	29/07
Syntek	Fertilizante foliar	P2O5, K2O, B, Mn, Zn, Cu, Fe.	3 lt/ha	03/08
CyStar	Regulador de crecimiento	Benciladenina	200 ml/ha	03/08

4.4.5. Control de plagas y enfermedades

Se presentaron algunos problemas con plagas al inicio del ciclo, los cuales se controlaron, en el transcurso solo se efectuaron aplicaciones preventivas tanto para plagas como para enfermedades. En los cuadros 4 y 5 se muestran un listado de los productos usados, su ingrediente activo, dosis y fecha de aplicación, para plagas y enfermedades, respectivamente.

Cuadro 4. Productos químicos utilizados para el control de plagas en la evaluación de 19 híbridos de tomate verde bajo tres esquemas de manejo en Irapuato, Gto.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis	Plaga	Fecha de aplicación
Cipermetrina	Cypermctrina	15 kg/ha	Grillo, gusanos	23/06
Lorsban 5G	Clorpirifos	5 kg/ha	Gusano	23/06
Disparo	Clorpirifos, Permetrina	0.5 lt/ha	Minador, gusano	30/06
Perfekthion	Dimetoato	1 lt/ha	Minador, trips	14/07
Palgus	Spinetoram	100 ml/ha	Gusano	14/07

Cuadro 5. Productos químicos utilizados para el control de enfermedades en la evaluación de 19 híbridos de tomate verde bajo tres esquemas de manejo en Irapuato, Gto.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Dosis	Enfermedad	Fecha de aplicación
Curzate	Cymoxamil, Mancozeb	1 kg/ha	Preventivo (Hongos)	14/07
Acrobat	Dimetoforb, clorotalonil	2.5 kg/ha	Cenicilla	08/08
Kasumin	Kasugamicina	1.5. lt/ha	Cenicilla	08/08

4.4.6. Cosecha

La cosecha de los frutos se realizó utilizando algunos signos visuales de madurez, como tamaño, llenado de bolsa y facilidad de desprendimiento del fruto. Para el manejo CAP se hicieron 3 cortes, debido al daño que ocasiona la mano de obra en la cosecha,

puesto que las plantas se “destruyen”; para los otros dos manejos se realizaron 4 cortes, pues el envarado permite un mejor manejo al momento de la cosecha. El primer corte se realizó los días 10 y 11 de agosto, el segundo el 23 y 24 de agosto, el tercero el 06 y 07 de septiembre y el cuarto (únicamente para CAE y ME) el 20 de septiembre.

4.5. Variables dependientes

Las variables respuesta se agruparon en tres rubros: a) características morfológicas, b) componentes de rendimiento y c) componentes de calidad. Para la toma de datos de las características morfológicas se consideraron las 8 plantas de cada unidad experimental, a diferencia de los componentes de rendimiento y calidad, para los cuales se seleccionaron cuatro plantas, con la finalidad de facilitar el manejo de todas las variedades y reducir el riesgo de mezcla de frutos. Las plantas seleccionadas se marcaron en el plástico para mantener siempre registro de las mismas a lo largo del periodo de evaluación.

4.5.1. Características morfológicas

4.5.1.1. Días a Floración (DF)

Para tomar esta variable en las ocho plantas de cada unidad, se consideraron los días a floración después de la plantación cuando cinco o más plantas tenían flores presentes.

4.5.1.2. Altura de la Planta (AP)

Para esta variable se midió la altura desde la base de la planta hasta su ápice, mediante un flexómetro. Registrando el valor en centímetros.

4.5.2. Componentes de rendimiento

4.5.2.1. Peso Promedio de Fruto (PPF)

Se contaron y pesaron los frutos totales de cada corte por línea evaluada, con ayuda de una báscula de mano, posteriormente se calculó para obtener el peso promedio por fruto, reportándolo en gramos.

4.5.2.2. Rendimiento por Corte (RC)

Se calculó el rendimiento de las 4 plantas centrales de la parcela en cada corte, para posteriormente transformar estos datos a $t\ ha^{-1}$.

4.5.2.3. Rendimiento Total (RT)

Se sumaron los rendimientos del peso de los frutos de las 4 plantas centrales de la parcela de todos los cortes realizados.

4.5.3. Componentes de calidad

4.5.3.1. Firmeza (Fi)

Se tomaron al azar tres frutos de cada unidad experimental para la medición de esta variable, utilizando un penetrómetro FT (Figura 1), marca Wanger, el cual proporciona la lectura en kilopondios (kgf), posteriormente se transformaron los datos a Newtons (N).



Figura 1. Penetrómetro FT 20.

4.5.3.2. Sólidos solubles totales (°Brix)

La metodología para cuantificar esta variable consistió en moler por separado tres de los frutos de cada unidad, extrayendo el jugo obtenido, enseguida se utilizó un refractómetro ATAGO de 0 a 33 °Brix (Figura 2), se hizo la previa calibración con agua destilada, colocando la muestra de jugo y registrando la lectura.



Figura 2. Refractómetro ATAGO.

4.5.3.3. pH

Para valorar la acidez se utilizó un conductímetro PC18 (Figura 3). Una vez calibrado el aparato, se molieron por separado tres de los frutos de cada parcela, midiendo el pH al introducir el electrodo en la muestra, esperando la estabilización de la lectura.



Figura 3. Conductímetro PC18.

4.5.3.4. Color (C)

El color fue evaluado mediante la determinación del índice de color obtenido por L , a , y b que son los parámetros del sistema color CIELAB. El parámetro L proporciona un valor de la Luminancia o brillo de la muestra. El parámetro a indica la zona de variación entre el rojo y el verde del espectro. El parámetro b se refiere a la zona de variación entre el amarillo y el azul del espectro. Se tomaron tres frutos de cada unidad,

utilizando un espectrofotómetro ColorFlex EZ (Figura 4). La determinación se realizó en la superficie del fruto y se registraron los valores del color en el espacio CIELAB (Figura 5).



Figura 4. Espectrofotómetro ColorFlex EZ.

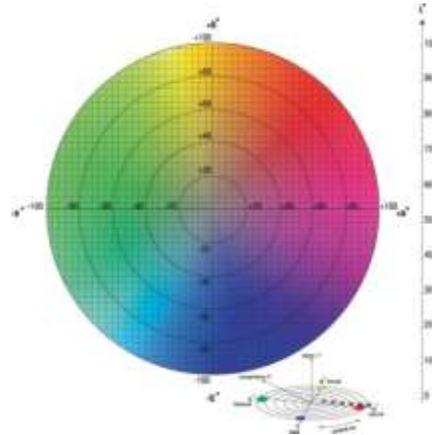


Figura 5. Espacio de color CIE L* a* b*.

Para evaluar los materiales experimentales y el efecto de los sistemas de producción sobre cada variable respuesta, se recurrió al contraste de muestras aleatorias independientes (prueba de F), y en caso de ser necesario, la posterior aplicación de la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS, $P=0.05$), para lo cual se utilizó el paquete estadístico Statgraphics (Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional, 2001).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de varianza del diseño franjas divididas en bloques al azar para las características morfológicas

Los análisis de varianza del modelo de diseño utilizado para la variable días a floración y altura de planta se muestran en los cuadros 6 y 7, respectivamente, donde se observa que el factor híbrido y manejo presentaron diferencias altamente significativas para las medias de ambas características morfológicas. Para la variable días a floración, el valor del estadístico de prueba $F=11.50$ con probabilidad $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 6), y de $F=298.46$ con $P=0.0001^{**}$ para altura de planta (Cuadro 7), indican que al menos un híbrido presenta promedios de altura y precocidad que estadísticamente son superiores a los demás genotipos, independientemente del manejo utilizado, tal vez debido a la información genética propia de cada material; así como también los promedios de estas variables morfológicas son estadísticamente diferentes en por lo menos un manejo, independientemente de los híbridos que se usaron en esta evaluación, dado que se obtuvo un valor de $F=17.62$ con $P=0.001^{**}$ para días a floración (Cuadro 6) y para altura de planta un valor de $F=432.41$ con $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 7).

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable días a floración.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	20.5380	10.2690	1.15	0.3231
Híbrido	18	1,852.5029	102.9168	11.50	0.0001 ^{**}
Error A	36	262.1287	7.2814	0.81	0.7483
Manejo	2	315.3099	157.6550	17.62	0.0001 ^{**}
Error B	4	17.1813	4.2953	0.48	0.7502
Manejo*Híbrido	36	678.6901	18.8525	2.11	0.0037 [*]
Error experimental	72	644.1520	8.9466		
Total	170	3,790.5029			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable altura de planta.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	2,710.9474	1,355.4737	264.09	0.0001
Híbrido	18	27,573.1228	1,531.8402	298.46	0.0001**
Error A	36	12,643.7193	351.2144	68.43	0.0001
Manejo	1	2,219.3772	2,219.3772	432.41	0.0001**
Error B	2	7.2281	3.6140	0.70	0.5012
Manejo*Híbrido	18	47.1228	2.6179	0.51	0.9354
Error experimental	36	184.7719	5.1326		
Total	113	45,386.28947			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

5.1.1. Comparación múltiple de medias para las características morfológicas

5.1.1.1. Días a floración

Para confirmar las diferencias estadísticas entre promedios de manejo para los días a floración, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias de la Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey ($P=0.05$), la cual se presenta en el cuadro 8. Donde se observa que ocurrió mayor precocidad en el manejo a campo abierto con envarado (CAE) con una media de 10.2 días (grupo estadístico b), mientras que en el grupo estadístico a, se ubicaron los manejos a campo abierto en piso (CAP) y macro túnel (ME), con 12.6 y 13.4 días a floración en promedio, respectivamente.

El manejo CAE disminuyó el lapso de tiempo para la producción de flores, comparado con los manejos CAP y ME, en los cuales las plantas tardaron más en comenzar con la floración, debido a que el inicio de esta etapa se desencadena por las condiciones foto periódicas, la luz produce un estímulo en las hojas que provoca se inicie la floración en los meristemas, por lo que seguramente el manejo CAE permitió mayor entrada y

captación de luz en las hojas por la postura de la planta, lo que generó una floración más rápida que la registrada en los otros manejos.

Cuadro 8. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable días a floración.

DSH=1.3836, P=0.05	
Manejo	Media
ME	13.4 a
CAP	12.6 a
CAE	10.2 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Referente al factor híbrido, en el cuadro 9 se muestra la prueba de la DSH de Tukey (P=0.05), donde se aprecia que en el grupo estadístico d se ubicaron 15 genotipos con una variación de alrededor de tres días, dentro de los cuales se podrían mencionar a los híbridos 9, 12, 4, 6 y 19 como los de mayor índice de precocidad, con los valores promedio más bajos dentro de este grupo, es decir, 8.8, 8.9, 9.0, 9.1 y 9.6 días, respectivamente, observando además que los testigos 16 (Siqueiros), 17 (Tamayo) y 18 (Tecoautla) a pesar de pertenecer al mismo grupo estadístico son más tardíos que los híbridos experimentales, lo que los hace mejores por su precocidad. Mientras que los híbridos más lentos en la formación de flores (grupo a) fueron el 11, 1 y 7 con medias de 20.1, 19.6 y 17.1 días, respectivamente, la variabilidad observada puede deberse a los diferentes contenidos genéticos, lo cual brinda información que hace posible identificar a los parentales de mayor precocidad, atributo que los agricultores pueden aprovechar, ya que podrían tener más ciclos en el año, además de reducir la cantidad de aplicaciones de agroquímicos, logrando con esto llegar a la cosecha en menor tiempo.

Cuadro 9. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable días a floración.

DSH=4.8135, P=0.05		
Híbrido	Media	
11	20.1	a
1	19.6	a
7	17.1	a b
15 (Gran Esmeralda)	14.7	b c
8	11.9	c d
5	11.8	c d
10	11.7	c d
3	11.6	c d
17 (Tamayo)	11.4	c d
2	11.2	c d
13	11.0	c d
14	10.9	c d
16 (Siqueros)	10.8	c d
18 (Tecoautla)	10.8	c d
19	9.6	d
6	9.1	d
4	9.0	d
12	8.9	d
9	8.8	d
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.		

5.1.1.2. Altura de planta.

El análisis de varianza para esta variable en cuanto al factor manejo se realizó únicamente para CAE y ME, pues dentro del manejo CAP no fue posible recabar esta información, ya que la planta se encontraba en una postura de arbusto; la diferencia altamente significativa antecitada (Cuadro 7), se confirmó con la prueba de Tukey (P=0.05) (Cuadro 10), donde las plantas con mayor altura se tuvieron en el manejo ME con una media de 142.3 cm (grupo a), comparado con los 133.5 cm del manejo CAE

(grupo b). En este sentido, se puede mencionar que lo más recomendable para esta característica, es tener plantas compactas, ya que se facilita el manejo tanto en piso como envarado, pues con plantas más altas en ocasiones es necesario podar, lo cual implica aumentar labores culturales al cultivo.

Cuadro 10. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable altura de planta.

DSH=1.5322, P=0.05	
Manejo	Media
ME	142.3 a
CAE	133.5 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En forma similar, para constatar las diferencias altamente significativas ya señaladas anteriormente (Cuadro 7), se realizó la prueba de Tukey (P=0.05) (Cuadro 11), la cual separó tres grupos estadísticos, en el grupo a se aprecia que el híbrido 8 fue el que evidenció plantas más altas con un promedio de 174.5 cm, mientras que en el grupo c, los híbridos 1 y 11 registraron las menores alturas con 112.5 y 112 cm, respectivamente, mientras que tres de los testigos se ubican en el grupo estadístico c. Asimismo, la heterogeneidad mostrada por esta variable, se debe a la carga genética de cada material, información de importancia para identificar la tendencia de crecimiento de cada uno de los híbridos evaluados.

Cuadro 11. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable altura planta.

DSH=40.944, P=0.05	
Híbrido	Media
8	174.5 a
10	158.2 a b
18 (Tecozautla)	155.3 a b
5	151.6 a b c
12	148.8 a b c
6	146.8 a b c
19	146.2 a b c
14	141.5 a b c
2	136.8 a b c
13	134.2 a b c
4	134.0 a b c
15 (Gran Esmeralda)	133.0 b c
3	132.0 b c
9	130.6 b c
17 (Tamayo)	129.2 b c
16 (Siqueiros)	123.2 b c
7	120.0 b c
1	112.5 c
11	112.0 c

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.2. Análisis de varianza del diseño franjas divididas en bloques al azar para los componentes de rendimiento

Los análisis de varianza para los componentes de rendimiento (peso promedio por fruto (g), rendimiento del primer al cuarto corte y el total (ton ha^{-1})), se presentan en los cuadros del 12 al 17, respectivamente.

Para el peso promedio por fruto (Cuadro 12), se observa que los factores híbrido ($F=6.30$, $P=0.0001^{**}$) y manejo ($F=29.20$, $P=0.0001^{**}$) presentaron diferencias altamente significativas. Por lo tanto, la diferencia en pesos promedio se puede

atribuir a la información genética propia de cada material, así como a los manejos utilizados en el presente estudio.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable peso promedio por fruto.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.00004315	0.00002157	0.61	0.5475
Híbrido	18	0.00402640	0.00022369	6.30	0.0001**
Error A	36	0.00095637	0.00002657	0.75	0.8294
Manejo	2	0.00207403	0.00103702	29.20	0.0001**
Error B	4	0.00046021	0.00011505	3.24	0.0168
Manejo*Híbrido	36	0.00091846	0.00002551	0.72	0.8612
Error experimental	72	0.00255731	0.00003552		
Total	170	0.01103593			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

El factor manejo presentó diferencias altamente significativas en los cuatro cortes, con los siguientes valores de F y P en cada corte, en el primer corte (F=94.58, P=0.0001**, cuadro 13), en el segundo corte (F=42.25, P=0.0001**, cuadro 14), en el tercer corte (F=49.31, P=0.0001**, cuadro 15) y en el cuarto corte (F=24.07, P=0.0001**, cuadro 16), lo que indica que cada sistema de producción influyó en el rendimiento, independientemente de los genotipos. Por su parte, el factor híbrido mostró diferencias altamente significativas solo para los dos primeros cortes, con valores de F=6.15 y P=0.0001** para el primer corte (Cuadro 13) y para el segundo con valores de F=3.68 y P=0.0001** (Cuadro 14), por lo que en cuanto a la información genética de los materiales no hubo variación en rendimiento después del segundo corte, esto quizá pudiera explicarse por las situaciones fitosanitarias y climáticas, que ocasionaron un potencial productivo similar en los genotipos evaluados en los dos últimos cortes. Es importante el contraste observado en ambos factores sobre los rendimientos medios en cada corte, dado que es un buen indicador del potencial productivo de cada

genotipo, y más aún, dado que generalmente los productores buscan altos rendimientos en los primeros cortes.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el primer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	5,568,655	2,784,328	0.10	0.9022
Híbrido	18	2,990,032,488	166,112,916	6.15	0.0001**
Error A	36	919,526,005	25,542,389	0.95	0.5638
Manejo	2	5,110,701,533	2,555,350,766	94.58	0.0001**
Error B	4	169,941,437	42,485,359	1.57	0.1909
Manejo*Híbrido	36	1,810,358,106	50,287,725	1.86	0.0128*
Error experimental	72	1,945,212,243	27,016,837		
Total	170	12,951,340,467			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el segundo corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	42,660,834	21,330,417	0.82	0.4450
Híbrido	18	1,726,711,319	95,928,407	3.68	0.0001**
Error A	36	1,176,534,334	32,681,509	1.25	0.2051
Manejo	2	2,200,870,087	1,100,435,044	42.25	0.0001**
Error B	4	479,112,902	119,778,226	4.60	0.0023
Manejo*Híbrido	36	1,118,258,040	31,062,723	1.19	0.2595
Error experimental	72	1,875,382,177	26,046,975		
Total	170	8,619,529,693			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el tercer corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	11,676,819	5,838,409	0.57	0.5700
Híbrido	18	240,035,339	13,335,297	1.29	0.2179
Error A	36	404,028,994	11,223,028	1.09	0.3715
Manejo	2	1,016,172,527	508,086,263	49.31	0.0001**
Error B	4	60,227,962	15,056,991	1.46	0.2230
Manejo*Híbrido	36	402,313,024	11,175,362	1.08	0.3771
Error experimental	72	741,907,111	10,304,265		
Total	170	2,876,361,776			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable de rendimiento en el cuarto corte.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	964,567.0	482,283.5	0.12	0.8913
Híbrido	18	97,969,407.8	5,442,744.9	1.30	0.2433
Error A	36	211,391,682.2	5,871,991.2	1.41	0.1558
Manejo	1	100,566,202.0	100,566,202.0	24.07	0.0001**
Error B	2	13,845,762.4	6,922,881.2	1.66	0.2049
Manejo*Híbrido	18	83,121,013.4	4,617,834.1	1.11	0.3860
Error experimental	36	150,400,897.3	4,177,802.7		
Total	113	658,259,532.0			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

En lo que respecta al rendimiento total (Cuadro 17), el factor híbrido presentó una diferencia altamente significativa ($F=7.11$, $P=0.0001^{**}$) y el factor manejo presento solo diferencia significativa ($F=4.78$, $P=0.0112^{*}$), lo que permitió concluir que ambos factores de forma independiente influyen sobre el rendimiento total del cultivo.

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable de rendimiento total.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	24,417,651	12,208,825	0.17	0.8436
Híbrido	18	9,167,722,589	509,317,922	7.11	0.0001**
Error A	36	2,703,989,518	75,110,820	1.05	0.4221
Manejo	2	685,069,187	342,534,594	4.78	0.0112*
Error B	4	945,618,637	236,404,659	3.30	0.0153
Manejo*Híbrido	36	2,533,772,287	70,382,564	0.98	0.5112
Error experimental	72	5,156,951,947	71,624,333		
Total	170	21,217,541,816			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

5.2.1. Comparación múltiple de medias para los componentes de rendimiento

5.2.1.1. Peso promedio por fruto

El peso promedio por fruto está relacionado con su densidad y tamaño, determinando así los híbridos que producen los mejores frutos. Para el factor manejo la prueba de Tukey separó dos grupos estadísticos tal como se muestra en el cuadro 18, el manejo ME con una media de 44.24 g (grupo a) fue el de mayor peso por fruto, lo que se puede atribuir a la menor pérdida de agua por el efecto del plástico sobre el cultivo, seguido del manejo CAP con 38.32 g (grupo ab), y el manejo CAE registró el menor peso por fruto con una media de 35.96 g (grupo b), lo que se atribuye al descubrimiento de los frutos por la postura de la planta, durante el ciclo. Con estos resultados, se puede inferir que el mayor tamaño de fruto se obtiene con los sistemas de macro túnel, hidroponía bajo invernadero y de riego por goteo con acolchado, los cuales según Castro *et al.* (2000) mejoran las condiciones para el desarrollo de la planta. Además, queda evidenciada la bondad del acolchado al hacer un uso más

eficiente del agua, mejorando con ello la nutrición de la planta, y al incrementar la temperatura del suelo, reduce la presencia de maleza y el ataque de patógenos (Csizirtszky *et al.*, 1995).

Cuadro 18. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable peso promedio por fruto.

DSH=0.0072, P=0.05	
Manejo	Media
ME	44.24 a
CAP	38.32 a b
CAE	35.96 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En cuanto al factor híbrido las medias oscilaron entre 30 y 46 g, formándose cinco grupos estadísticos (Cuadro 19), en el primer grupo los híbridos 2, 8 y 17 (Tamayo) fueron los de mayor peso con medias de 45.12, 45.09 y 44.92 g, respectivamente, mientras que en el último grupo estadístico, las líneas 14 y 5 tuvieron los pesos más bajos con 30.10 y 30.90 g, respectivamente; los demás híbridos de referencia se ubicaron también en el primer grupo estadístico, el cual mostró una amplitud de 8.9 gr. Valores reportados por Peña *et al.* (2014), muestran que el peso promedio por fruto mayor obtenido en su evaluación bajo el sistema CAP es de 31 g/fruto, valor que varía significativamente de los reportados en este apartado.

Cuadro 19. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable peso promedio por fruto.

DSH=0.0092, P=0.05	
Híbrido	Media
2	45.12 a
8	45.09 a
17 (Tamayo)	44.92 a
12	44.88 a b
6	44.51 a b c
7	44.31 a b c
1	42.80 a b c
18 (Tecoautla)	41.66 a b c
3	40.84 a b c d
9	40.32 a b c d
15 (Gran Esmeralda)	39.06 a b c d e
10	38.70 a b c d e
16 (Siqueiros)	37.73 a b c d e
13	36.26 a b c d e
19	35.72 b c d e
11	35.33 c d e
4	32.32 d e
5	30.90 e
14	30.10 e

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.2.1.2. Rendimiento al primer corte

La prueba de Tukey para el factor manejo obtuvo dos grupos estadísticos (Cuadro 20), la media mayor ocurrió en el manejo CAP con 20,327 kg ha⁻¹ (grupo a), la cual superó en más del doble a los otros manejos, tal vez por la postura propia (arbustiva) que la planta toma en este manejo, a diferencia de CAE y ME donde la planta se guía hacia arriba empleando energía en el acomodo de ramas de acuerdo a la colocación de las varas; por lo tanto, si el agricultor busca producir en un ciclo corto, por lluvia o fechas de venta, el cultivo de manera convencional (en piso), sería la mejor opción, ya que no invierte en labores culturales de colocación de vara e hilo, considerando también que el primer corte generalmente es el de más alto rendimiento, ya que la producción se

reduce en los cortes subsecuentes, lo cual es un comportamiento normal en este cultivo (Peña *et al.*, 2008).

Cuadro 20. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el primer corte.

DSH=4351.4, P=0.05	
Manejo	Media
CAP	20,327 a
ME	9,155 b
CAE	8,347 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

La prueba de Tukey aplicada al factor híbrido generó tres grupos estadísticos en el rendimiento del primer corte (Cuadro 21), siendo las mejores líneas del primer grupo estadístico la 7 y la 1 con medias de 22,336 y 22,313 kg ha⁻¹, respetivamente, ambas líneas también resultaron ser las de mayor precocidad, agregando que la fecha de corte fue a los 90 días después del trasplante. Por el contrario, las líneas del tercer grupo estadístico con menor rendimiento al primer corte fueron la 3, la 13 y la 5 con medias de 7,059, 8,124 y 8,286 kg ha⁻¹, respectivamente. Los valores obtenidos en este estudio coinciden con lo reportado por Peña *et al.* (2008), quienes afirmaron que el rendimiento en el primer corte es fundamental para obtener un alto rendimiento total. El rendimiento de los testigos, excluyendo a Siqueiros (grupo ab), fue menor, ya que se ubicaron en el grupo b (Cuadro 21).

Cuadro 21. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable rendimiento en el primer corte.

DSH=9015.5, P=0.05	
Híbrido	Media
7	22,336 a
1	22,313 a
16 (Siqueiros)	17,637 a b
11	15,022 a b c
2	14,536 a b c
6	14,512 a b c
10	12,244 b c
8	12,059 b c
19	11,851 b c
12	11,851 b c
4	10,971 b c
9	10,624 b c
17 (Tamayo)	10,555 b c
15 (Gran Esmeralda)	10,346 b c
18 (Tecoautla)	9,860 b c
14	9,397 b c
5	8,286 c
13	8,124 c
3	7,059 c
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En la figura 6 se muestra el rendimiento al primer corte de las cinco líneas con mayor rendimiento total, donde podemos observar la gran diferencia entre el manejo campo abierto piso y los dos restantes.

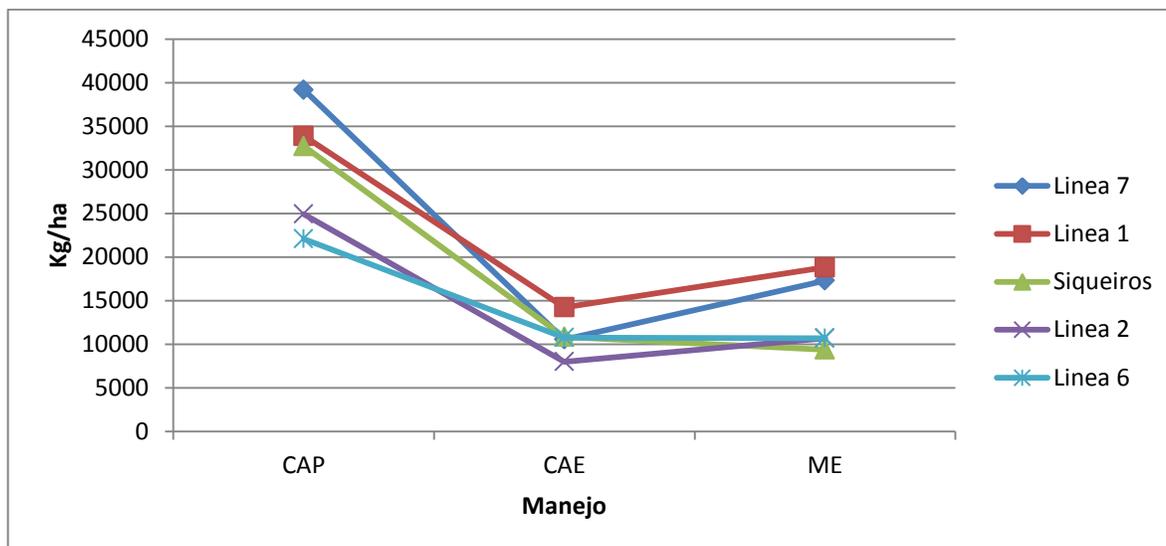


Figura 6. Rendimiento promedio en el primer corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.

5.2.1.3. Rendimiento al segundo corte

En el cuadro 22 se muestra la prueba de Tukey para el factor manejo, donde se formaron dos grupos estadísticos, siendo el manejo ME el de mayor producción ($16,263 \text{ kg ha}^{-1}$), lo que se atribuye al uso de macro túnel, manejo considerado como protección del cultivo, evidenciando mayores rendimientos y uniformidad de los frutos; en el mismo grupo estadístico el manejo CAE con $16,019 \text{ kg ha}^{-1}$, lo que puede interpretarse como que ambos manejos son viables a este segundo corte, pero requieren de mayor tiempo para alcanzar un alto nivel de producción; el rendimiento del manejo CAP ($8,534 \text{ kg ha}^{-1}$) alcanzó alrededor de la mitad de rendimiento de los manejos ME y CAE, lo que podría explicarse señalando que en el primer corte la planta sufre daño por la labor cultural, lo que produce la muerte de algunas ramas e incluso plantas, por lo que baja considerablemente la producción, lo que es completamente opuesto a los otros dos manejos, ya que al estar envarados y dirigidos, el momento de corte es más fácil, pues los frutos se encuentran expuestos y la manipulación de la planta es mínima para efectuar la cosecha.

Cuadro 22. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el segundo corte.

DSH=7306.4, P=0.05	
Manejo	Media
ME	16,263 a
CAE	16,019 a
CAP	8,534 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Cuadro 23. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable rendimiento en el segundo corte.

DSH=10198, P=0.05	
Híbrido	Media
7	19,998 a
2	17,290 a b
16 (Siqueiros)	16,989 a b
1	16,943 a b
12	16,133 a b
6	16,063 a b
10	15,485 a b
11	14,443 a b
8	14,073 a b
15 (Gran Esmeralda)	13,448 a b
9	12,939 a b
4	12,614 a b
19	12,406 a b
13	12,013 a b
14	11,318 a b
17 (Tamayo)	10,624 a b
18 (Tecoautla)	9,768 b
5	8,360 b
3	7,592 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En el cuadro 23 se muestra la prueba de Tukey aplicada al factor híbrido para la producción del segundo corte, donde se aprecia que tan solo hay dos grupos estadísticos, resultando las más sobresalientes del primer grupo, la línea 7 con una media de 19,998 kg ha⁻¹, seguida de la línea 2 con 17,290 kg ha⁻¹; en contraparte, los peores híbridos del segundo grupo fueron el 3, el 5 y el 18 (Tecozautla) con medias de 7,592, 8,360 y 9,768 kg ha⁻¹, respectivamente. Cabe mencionar que en el segundo corte, al igual que en el primero, los demás testigos (excepto Tecozautla) se encuentran en el grupo a, pero con rendimientos más bajos, este corte se realizó 13 días después del primero, es decir, 103 días después del trasplante.

En la figura 7 se muestra el rendimiento del segundo corte de las cinco líneas con mayor rendimiento total, donde se puede observar la baja del rendimiento en el manejo CAP y un incremento significativo en los manejos CAE y ME.

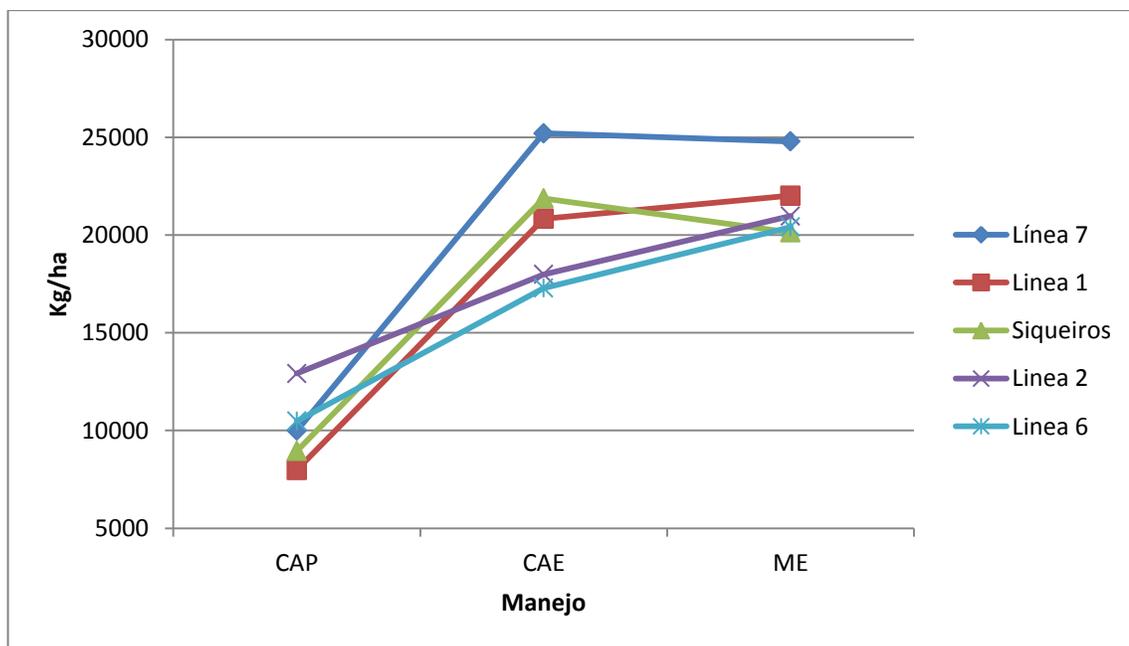


Figura 7. Rendimiento promedio en el segundo corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.

5.2.1.4. Rendimiento al tercer corte

En el factor manejo para este corte, la prueba de Tukey originó tres grupos estadísticos (Cuadro 24), uno para cada sistema, el de mayor rendimiento fue CAE con 9,816.3 kg ha⁻¹, seguido ME con 6,662.3 kg ha⁻¹, y por último CAP con 3,848.3 kg ha⁻¹, la reducción en el manejo convencional (piso) tal vez pueda explicarse mencionando que para este corte las plantas se encontraban dañadas y destruidas por la labor cultural, por lo que fue imposible realizar otro corte en dicho manejo.

Cuadro 24. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el tercer corte.

DSH=2590.5, P=0.05	
Manejo	Media
CAE	9,816.3 a
ME	6,662.3 b
CAP	3,848.3 c
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En la producción del tercer corte no se encontraron diferencias significativas para el factor híbrido (Cuadro 15), razón por la cual, en este caso no se realizó la prueba de Tukey, sin embargo, en el cuadro 25 se presentan las medias de rendimiento al tercer corte. Se observaron algunas diferencias numéricas, por lo que puede señalarse que el mayor rendimiento lo registró la línea 9 con una media de 8,726 kg ha⁻¹, seguida de la línea 5 con 8,587 kg ha⁻¹, mientras que los híbridos de referencia 17 (Tamayo) y 18 (Tecoautla), presentaron los rendimientos promedio más bajos con 3,750 y 5,370 kg ha⁻¹, respectivamente. Este corte se realizó 14 días después del segundo corte, esto es, 117 días después del trasplante.

Cuadro 25. Medias del factor híbrido para la variable rendimiento en el tercer corte.

Híbrido	Media
9	8,726
5	8,587
11	8,170
2	7,638
1	7,569
16 (Siqueiros)	7,522
19	7,522
8	6,921
4	6,897
15 (Gran Esmeralda)	6,851
14	6,782
13	6,643
6	6,411
3	6,342
12	5,786
7	5,694
10	5,555
18 (Tecoautla)	5,370
17 (Tamayo)	3,750

En la figura 8 se muestra el comportamiento de los híbridos con mayor rendimiento total en el tercer corte, donde se aprecia a este momento, que el manejo CAE registra rendimientos más altos para la mayoría de los materiales. Es importante mencionar que estos híbridos no son los líderes en este corte, pero si en el rendimiento total.

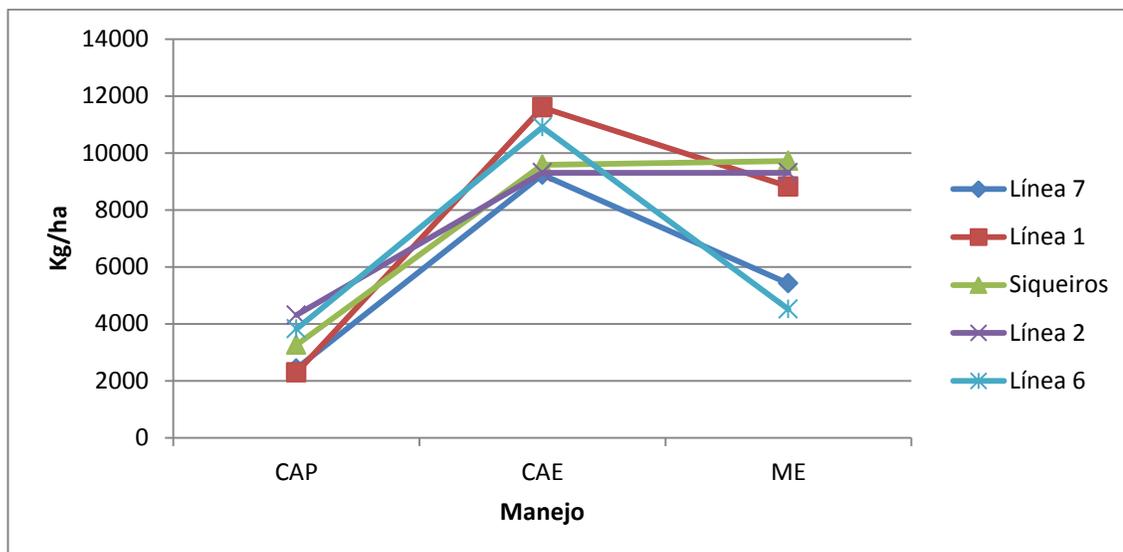


Figura 8. Rendimiento promedio en el tercer corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.

5.2.1.5. Rendimiento al cuarto corte

El cuarto corte únicamente se realizó en los sistemas de CAE y ME, encontrando diferencias altamente significativas, de acuerdo con la prueba de Tukey, en el cuadro 26 se observa que el sistema ME mostró mayor rendimiento promedio ($4,758.3 \text{ kg ha}^{-1}$) que el manejo CAE ($2,879.8 \text{ kg ha}^{-1}$), a diferencia del tercer corte donde fue a la inversa. Al igual que en el tercer corte, no se encontraron diferencias significativas para el factor híbrido (Cuadro 16), sin embargo el cuadro 27 presenta las medias donde se observan diferencias numéricas importantes; el mayor rendimiento lo registra la línea 6 con una media de $6,145 \text{ kg ha}^{-1}$, y luego la línea 10 con $5,381 \text{ kg ha}^{-1}$, en contraste con los genotipos 4 y 15 (Gran Esmeralda) que fueron las menos rendidoras en este último corte efectuado 131 días después del trasplante, con medias de $2,222$ y $2,465 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente; en términos generales se observó que todos los materiales disminuyeron su producción, incluyendo a los testigos, en los cuales esta tendencia fue aún más notable.

Cuadro 26. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento en el cuarto corte.

DSH= 1,789.6, P= 0.05	
Manejo	Media
ME	4,758.3 a
CAE	2,879.8 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Cuadro 27. Medias del factor híbrido para la variable rendimiento en el cuarto corte.

Híbrido	Media
6	6,145
10	5,381
13	4,479
19	4,409
12	4,409
3	4,270
9	4,236
2	4,097
7	3,854
14	3,819
11	3,680
1	3,333
18 (Tecoautla)	3,264
8	3,194
17 (Tamayo)	3,159
16 (Siqueiros)	3,090
5	3,055
15 (Gran Esmeralda)	2,465
4	2,222

De los cinco híbridos de mayor rendimiento, se muestra su comportamiento al cuarto corte para los manejos CAE y ME (Figura 9), donde se percibe que en tres materiales (6, 7 y Siqueiros) el uso de envarado dio una mejor condición para el mantenimiento de las plantas en el sistema ME, a pesar de haber estado infestado de cenicilla, lo que nos

dice que posiblemente estos materiales muestran cierta tolerancia a la enfermedad, característica de gran importancia, misma que puede analizarse en futuras pruebas.

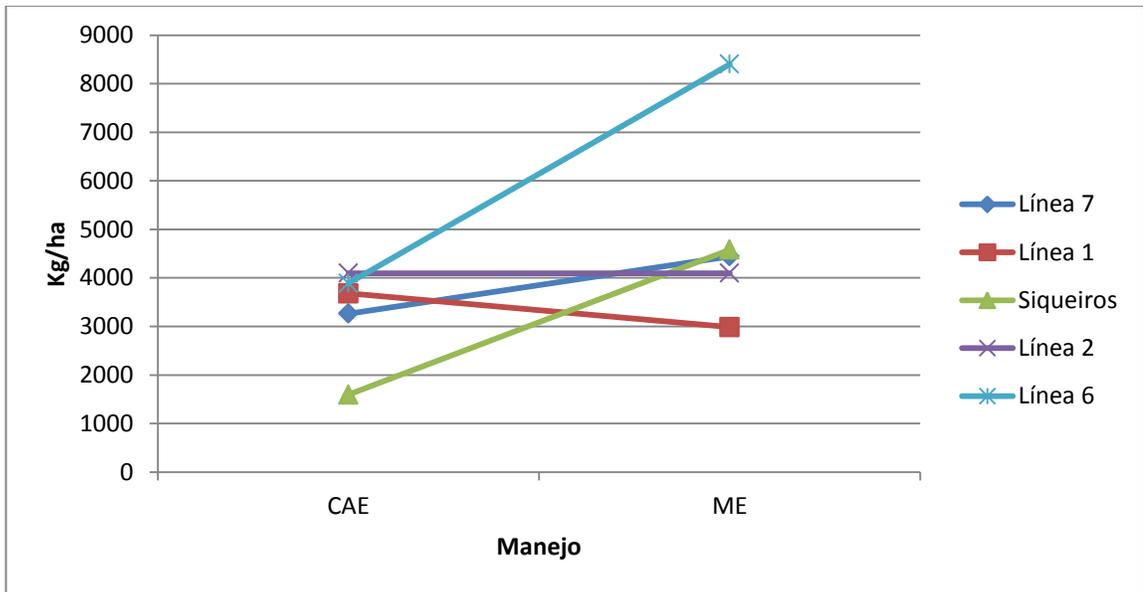


Figura 9. Rendimiento promedio en el cuarto corte de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.

5.2.1.6. Rendimiento total

Para ratificar las diferencias estadísticas entre medias en cada manejo para el rendimiento total (Cuadro 17), se aplicó la prueba de Tukey, la cual originó dos grupos estadísticos (Cuadro 28), en el primer grupo se encontraron los manejos CAE con $37,062 \text{ kg ha}^{-1}$, y ME con $36,83 \text{ kg ha}^{-1}$, mientras que con $32,709 \text{ kg ha}^{-1}$ se ubicó el sistema CAP en el grupo estadístico b. Las condiciones climáticas limitaron el potencial productivo de los sistemas CAE y ME, en particular la lluvia que estuvo presente durante el desarrollo del cultivo, la cual generó condiciones óptimas para el desarrollo de cenicilla dentro de los macro túneles, lo que a su vez, disminuyó el rendimiento total. Con base en lo anterior, se puede deducir que la precocidad se asocia con alto

rendimiento, en otras palabras, un ciclo tardío está relacionado con rendimientos menores, tal como lo propusieron Peña *et al.* (2008). No obstante, es posible que debido a problemas fitosanitarios, las variedades tardías no hayan expresado su potencial de rendimiento en este estudio.

Cuadro 28. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable rendimiento total.

DSH=4,179, P=0.05	
Manejo	Media
CAE	37,062 a
ME	36,838 a b
CAP	32,709 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Las diferencias altamente significativas del factor híbrido para el rendimiento total, se verificaron con la prueba de Tukey, la cual generó cinco grupos estadísticos (Cuadro 29), sobresaliendo dentro del primer grupo estadístico, la línea 7 con una media de 50,567 kg ha⁻¹, la línea 1 con 49,046 kg ha⁻¹, la 16 (Siqueiros) con 44,209 kg ha⁻¹, la 2 con 42,195 kg ha⁻¹ y la 6 con 41,084 kg ha⁻¹, en contraposición los genotipos con menor rendimiento total en el último grupo estadístico, fueron el 3, 17 (Tamayo) y 18 (Tecoautla), con medias de 23,840, 27,034 y 27,173 kg ha⁻¹, respectivamente; variación atribuida principalmente al contenido genético de cada material, aspecto común en tomate de cáscara (Santiaguillo *et al.*, 2012).

Cuadro 29. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable rendimiento total.

DSH=15460, P=0.05	
Híbrido	Media
7	50,597 a
1	49,046 a b
16 (Siqueiros)	44,209 a b c
2	42,195 a b c d
6	41,084 a b c d
11	40,089 a b c d
10	36,871 a b c d e
12	36,709 a b c d e
8	35,182 a b c d e
9	35,112 b c d e
19	34,719 b c d e
15(Gran Esmeralda)	32,288 c d e
4	31,964 c d e
14	30,043 c d e
13	29,766 c d e
5	27,270 d e
18 (Tecoautla)	27,173 d e
17 (Tamayo)	27,034 d e
3	23,840 e
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Los híbridos 1, 2, 6, 7 y 16 (Siqueiros) obtuvieron los rendimientos mayores en comparación con los demás materiales evaluados (Figura 10), particularmente las líneas 1 y 7 mostraron superioridad sobre el material de referencia (Siqueiros). Lo que nos permite deducir que son materiales con mayor adaptabilidad a la zona, además de mayor potencial productivo.

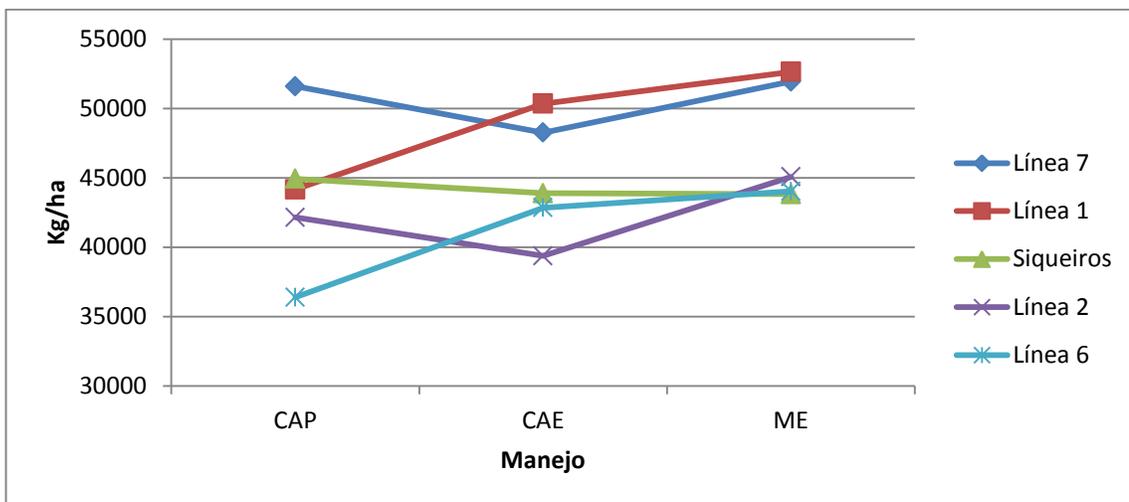


Figura 10. Rendimiento promedio total de los cinco híbridos con mayor rendimiento total en cada manejo.

En cuanto a la producción total y considerando los tres mejores genotipos (1, 2 y 7) en un contraste con los testigos 15 (Gran Esmeralda), 16 (Siqueiros), 17 (Tamayo) y 18 (Tecoautla), en la figura 11 se observa que los primeros superan a los segundos, con excepción de Siqueiros, por lo que son materiales con potencial para promover su avance y así generar líneas comerciales.

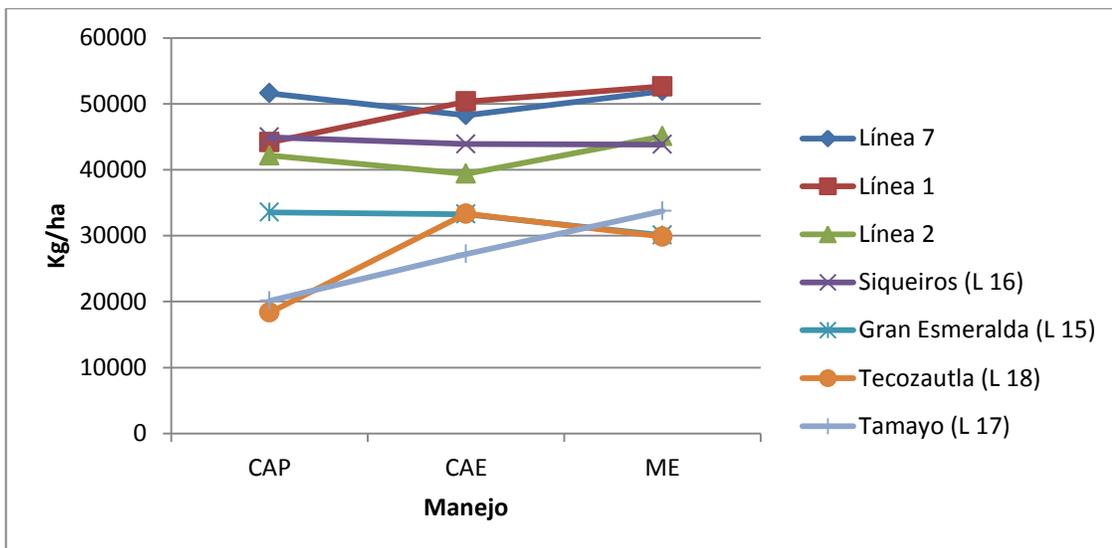


Figura 11. Rendimiento promedio total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en los tres manejos.

5.2.2. Comportamiento de los mejores híbridos en los manejos evaluados

El rendimiento medio de las tres mejores líneas experimentales y los cuatros testigos evaluados en cada corte para los manejos CAP (Figura 7), CAE (Figura 8) y ME (Figura 9) muestran una tendencia similar, en el sistema CAP los rendimientos mayores ocurren en el primer corte, a diferencia de los manejos CAE y ME donde ocurren en el segundo corte. El sistema CAP es el más utilizado por los agricultores en la zona Bajío, debido a los bajos costos de producción, incluyendo la mano de obra, pues generalmente se realizan uno o dos cortes en todo el ciclo, por el daño manual que se causa en las plantas; la tendencia actual esta inclinada hacia la “tecnificación” del cultivo, es decir, a la colocación de acolchado, al riego por goteo, envarado, uso de macro túnel o malla sombra; sin embargo, esto no significa que el manejo convencional (CAP) no sea rentable o represente una buena opción, si no que el cultivo tiene un potencial mayor al explotado. En los genotipos evaluados en este trabajo, la mayor diferencia en rendimiento se muestra en el manejo CAP (Figura 12), donde se observa que los tres híbridos experimentales y Siqueiros superan a los tres testigos restantes.

En los manejos ME y CAE se requiere una mayor inversión, debido a la instalación de las varas y la colocación de hilos o macro túnel (ME), incrementando la producción y obteniendo mayor ganancia. Los mejores genotipos y los testigos, en ambos sistemas, aumentan su producción en el segundo corte (Figuras 13 y 14), sin embargo, las diferencias entre materiales son menores que las observadas en el manejo CAP (Figura 12), debido a que el uso de “sistemas forzados” (envarado y macro túnel), provoca que los genotipos expresen mayormente su potencial; aun así, las líneas 1 y 7 mantienen el liderazgo sobre los testigos.

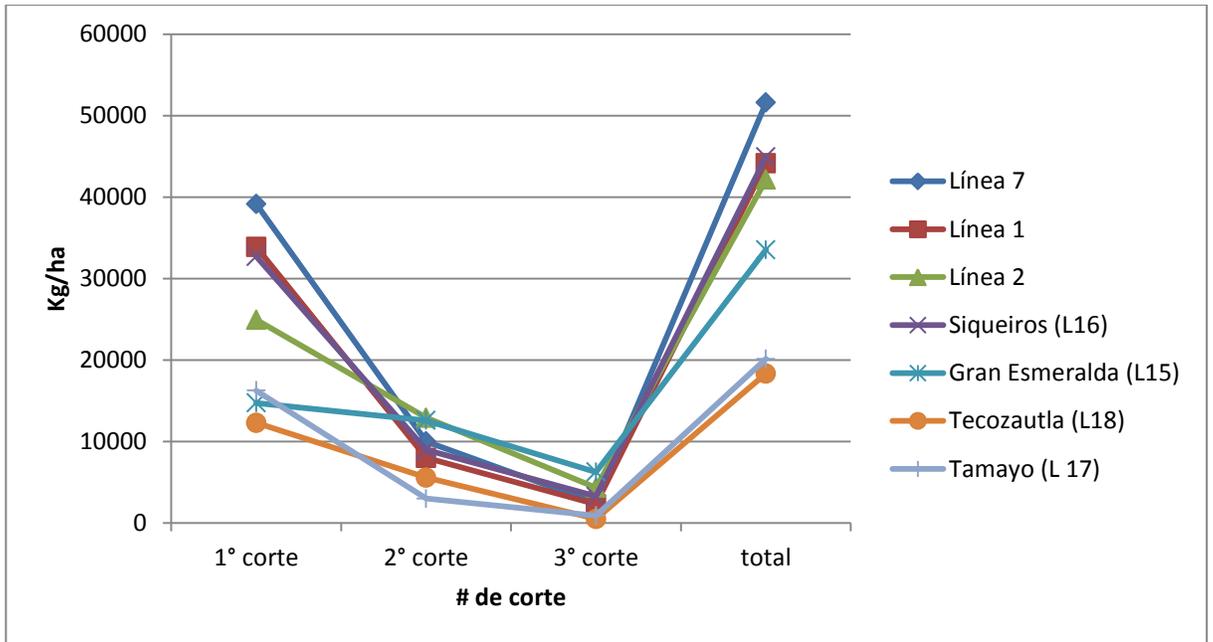


Figura 12. Rendimiento promedio en cada corte y total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en el manejo CAP.

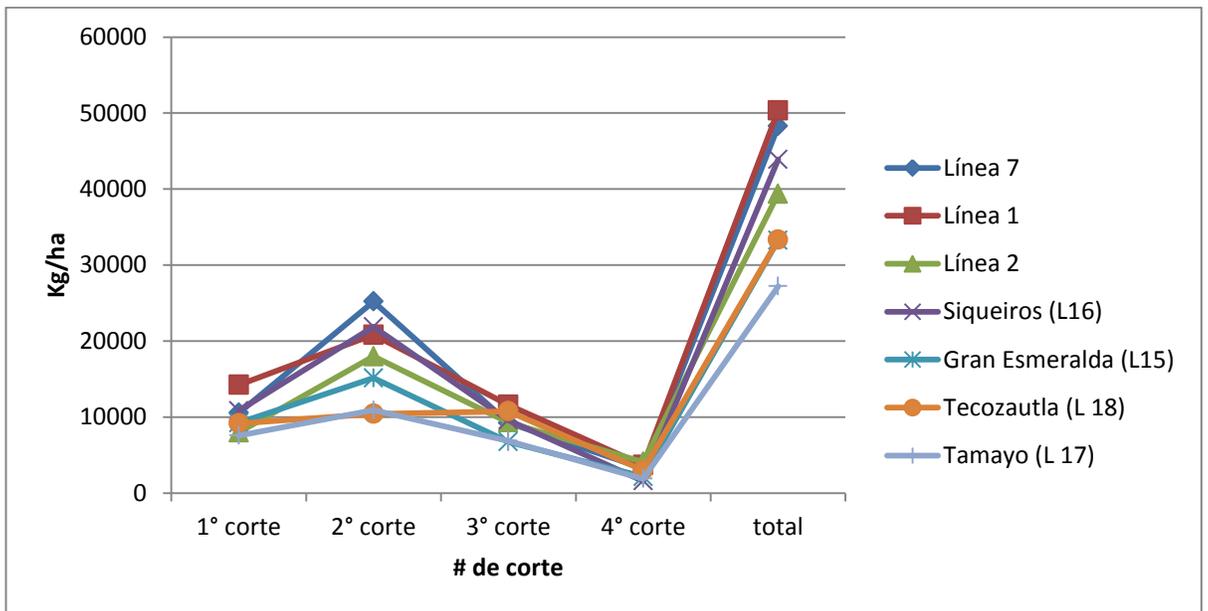


Figura 13. Rendimiento promedio en cada corte y total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en el manejo CAE.

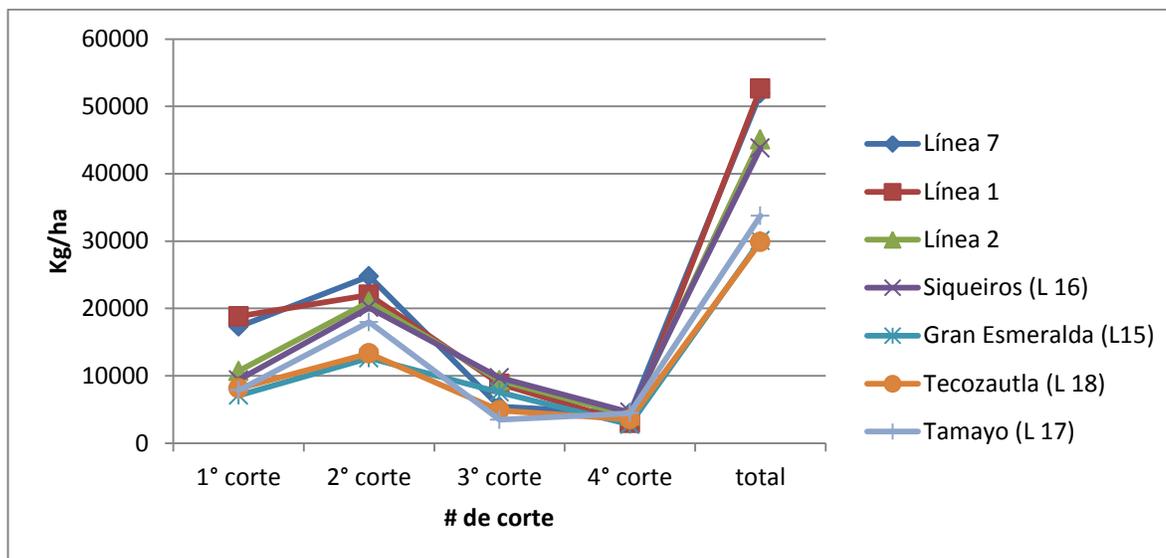


Figura 14. Rendimiento promedio en cada corte y total de los tres híbridos más productivos y los cuatro testigos en el manejo ME.

5.3. Análisis de varianza del diseño franjas divididas en bloques al azar para los componentes calidad

Los análisis de varianza del modelo utilizado para las tres componentes de color (L^* , a^* , b^*), se muestran en los cuadros 30, 31 y 32, respectivamente. Para el factor manejo, los valores del estadístico de prueba y su respectiva probabilidad para la componente L^* fueron $F=594.49$, $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 30), para a^* $F=190.59$, $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 31) y para b^* $F=184.81$, $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 32), indican que un manejo es estadísticamente diferente a los demás, independientemente del genotipo utilizado, para las tres componentes de color; análogamente, el factor híbrido obtuvo para L^* ($F=447.63$, $P=0.0001^{**}$, Cuadro 30), para a^* ($F=51.42$, $P=0.0001^{**}$, Cuadro 31) y para b^* ($F=183.36$, $P=0.0001^{**}$, Cuadro 32).

Cuadro 30. Análisis de varianza para la variable componente L* de color.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.8560	0.4280	0.91	0.4063
Híbrido	18	3,781.4108	210.0784	447.63	0.0001**
Error A	36	18.9830	0.5273	1.12	0.3313
Manejo	2	558.0000	279.0000	594.49	0.0001**
Error B	4	3.9768	0.9942	2.12	0.0873
Manejo*Híbrido	36	1,072.1727	29.7826	63.46	0.0001**
Error experimental	72	33.7903	0.4693		
Total	170	5469.1896			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable componente a* de color.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.0181	0.0091	0.15	0.8586
Híbrido	18	54.8904	3.0495	51.42	0.0001**
Error A	36	1.3736	0.0382	0.64	0.9260
Manejo	2	22.6054	11.3027	190.59	0.0001**
Error B	4	0.2023	0.0506	0.85	0.4966
Manejo*Híbrido	36	31.7701	0.8825	14.88	0.0001**
Error experimental	72	4.2698	0.0593		
Total	170	115.1296			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable componente b* de color.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	1.5992	0.7996	1.14	0.3241
Híbrido	18	2,305.5304	128.0850	183.36	0.0001**
Error A	36	20.4232	0.5673	0.81	0.7506
Manejo	2	258.1966	129.0983	184.81	0.0001**
Error B	4	5.5045	1.3761	1.97	0.1082
Manejo*Híbrido	36	649.1384	18.0316	25.81	0.0001**
Error experimental	72	50.2942	0.6985		
Total	170	3,290.6864			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

En el caso del factor híbrido para la variable acidez, los resultados del análisis de varianza arrojaron un valor de $F=44.77$ y $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 33), para los sólidos solubles totales de $F=42.38$ y $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 34) y para la firmeza de $F=6.22$ y $P=0.0001^{**}$ (Cuadro 35), concluyendo que los híbridos son estadísticamente diferentes para pH, °Brix y firmeza, independientemente de los manejos utilizados, por la naturaleza genética propia de cada material; en forma similar, el pH y los °Brix registraron diferencias altamente significativas en el factor manejo, obteniendo valores de $F=262.96$ y $P=0.001^{**}$ para pH (Cuadro 33) y de $F=25.59$ y $P=0.0001^{**}$ para °Brix (Cuadro 34), mientras para la variable firmeza no mostraron diferencias estadísticas ($F=0.63$, $P=0.5338$ NS, Cuadro 35).

Cuadro 33. Análisis de varianza para la variable pH.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.0035	0.0017	0.64	0.5295
Híbrido	18	2.1918	0.1218	44.77	0.0001**
Error A	36	0.0680	0.0019	0.69	0.8839
Manejo	2	1.4303	0.7151	262.96	0.0001**
Error B	4	0.0336	0.0084	3.09	0.0210
Manejo*Híbrido	36	1.7640	0.0490	18.02	0.0001**
Error experimental	72	0.1958	0.0027		
Total	170	5.6870			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable con sólidos solubles totales (°Brix).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.1640	0.0820	4.80	0.0111
Híbrido	18	13.0390	0.7244	42.38	0.0001**
Error A	36	0.5164	0.0143	0.84	0.7144
Manejo	2	0.8834	0.4417	25.84	0.0001**
Error B	4	0.5047	0.1262	7.38	0.0001
Manejo*Híbrido	36	16.8255	0.4674	27.34	0.0001**
Error experimental	72	1.2308	0.0171		
Total	170	33.1638			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

Cuadro 35. Análisis de varianza para la variable firmeza.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	Pr > F
Bloque	2	0.0806	0.0403	0.00	0.9975
Híbrido	18	1,782.9229	99.0513	6.22	0.0001**
Error A	36	863.6284	23.9897	1.51	0.0706
Manejo	2	20.1777	10.0889	0.63	0.5338
Error B	4	59.7526	14.9381	0.94	0.4472
Manejo*Híbrido	36	2,289.2389	63.5900	3.99	0.0001**
Error experimental	72	1,147.0141	15.9308		
Total	170	6,162.8152			

* Indica diferencia estadística significativa.

** Indica diferencia estadística altamente significativa.

5.3.1. Comparación múltiple de medias para los componentes de calidad

5.3.1.1. Color

5.3.1.1.1. Coordenada L*

La prueba de Tukey para la componente L* (luminosidad) de la variable color en el factor manejo separó tres grupos estadísticos (Cuadro 36), mostrando mayor luminosidad el manejo CAE (grupo a), seguido de ME (grupo b) y por último CAP (grupo c), puesto que la captación de luz depende de la postura de la planta, de manera que cuando hay envarado los frutos reciben mayor cantidad de luz, a diferencia del sistema tendido, donde los frutos se encuentran cubiertos por las hojas.

Cuadro 36. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la coordenada L* de la variable color.

DSH=0.6657, P=0.05	
Manejo	Media
CAE	57.84 a
ME	55.14 b
CAP	53.45 c
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

La prueba de Tukey en el factor híbrido produjo once grupos estadísticos para esta componente de luminosidad, la cual se encontró en el intervalo de 46.78 a 66.32 (Cuadro 37), la línea 1 fue la única ubicada en el grupo estadístico a registrando la mayor claridad (L=66.32), y en el grupo b solamente se encontró la línea 7 (L=61.94), mientras que en el grupo k las líneas 3 y 19 fueron las de menor claridad con valores de L de 46.78 y 47.35, respectivamente.

Cuadro 37. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la coordenada L* de la variable color.

DSH=1.2954, P=0.05	
Híbrido	Media
1	66.32 a
7	61.94 b
8	59.94 c
16 (Siqueiros)	58.65 c d
11	58.00 d e
18 (Tecoautla)	57.76 d e
15 (Gran Esmeralda)	57.65 d e
2	57.43 d e f
6	56.99 e f
10	56.33 f
17 (Tamayo)	54.32 g
14	54.03 g
4	53.89 g
13	52.49 h
12	52.17 h i
5	51.19 i j
9	50.82 j
19	47.35 k
3	46.78 k
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

5.3.1.1.2. Coordenada a*

La prueba de Tukey aplicada a la componente a* (rojo-verde) para el factor manejo, separó estadísticamente a los tres manejos (Cuadro 38), el sistema ME con una media

de $a^* = -10.948$ (grupo c) aumentó la coloración verde, mientras que CAE con $a^* = -10.583$ (grupo b) y CAP con $a^* = -10.062$ (grupos a), mostraron menor intensidad en esta coloración. Nuevamente esto puede explicarse por la postura de la planta y cubrimiento de los frutos, ya que los manejos ME y CAE, ambos envarados, tuvieron mayor contenido de clorofila, y en consecuencia mayor intensidad de color verde, al estar los frutos más expuestos a la luz, a diferencia del manejo CAP con menor acumulación de clorofila, dado que los frutos estuvieron mayormente cubiertos y en piso.

Cuadro 38. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la coordenada a^* de la variable color.

DSH=0.1501, P=0.05	
Manejo	Media
CAP	-10.062 a
CAE	-10.583 b
ME	-10.948 c
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En el caso del factor híbrido, la prueba de Tukey generó nueve grupos estadísticos para esta componente de color (Cuadro 39), la línea 6 en el último grupo estadístico presentó la mayor coloración verde con media de $a^* = -11.804$ (grupo i), muy cercano a este valor con $a^* = -11.260$ (grupo h) estuvo el genotipo 2; mientras que en el grupo a, las líneas 14, 19 y 5 con valores de a^* de -9.693, -9.791 y -9.893, respectivamente, perdieron intensidad en el color verde, valores que se asemejan a los reportados por Benito, *et al.*, (2015), donde las variedades con menor coloración verde obtuvieron valores alrededor de $a^* = -9.94$. La heterogeneidad mostrada por esta componente de color, pudo tener varias causas, entre las cuales se pueden señalar: los diferentes tiempos de degradación de la clorofila en cada variedad, su contenido y actividad de clorofilasas, la presencia de otras enzimas degradantes, o la facilidad de degeneración de estructuras cloroplásticas (Hornero y Mínguez, 2002).

Cuadro 39. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la coordenada a* de la variable color.

DSH=0.3484, P=0.05	
Híbrido	Media
14	-9.693 a
19	-9.791 a b
5	-9.893 a b c
11	-10.012 a b c d
13	-10.095 b c d e
3	-10.157 c d e
4	-10.166 c d e
10	-10.222 c d e
9	-10.273 d e
17 (Tamayo)	-10.384 e f
8	-10.432 e f
16 (Siqueiros)	-10.713 f g
1	-10.970 g h
7	-10.989 g h
18 (Tecoautla)	-10.995 g h
12	-11.045 g h
15 (Gran Esmeralda)	-11.202 h
2	-11.260 h
6	-11.804 i
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

5.3.1.1.3. Coordenada b*

La prueba de Tukey aplicada a la componente b* (amarillo-azul) para el factor manejo formó dos grupos estadísticos (Cuadro 40), la media más alta ocurrió en el manejo con envarado CAE con b*=37.814 en el grupo a, y en el grupo b los sistemas ME con b*=35.678 y CAP con b*=34.910, por lo que la cantidad de luz que reciben los frutos delimita la producción y contenido de pigmentos, los cuales incrementan la intensidad en la coloración.

Cuadro 40. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la coordenada b* de la variable color.

DSH=0.7831, P=0.05	
Manejo	Media
CAE	37.814 a
ME	35.678 b
CAP	34.910 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Para el factor híbrido, la prueba de Tukey en esta componente obtuvo doce grupos estadísticos (Cuadro 41), en el primero de los cuales, los frutos de la línea 1 con un promedio de $b^*=42.464$, tuvo la mayor tendencia a la coloración amarilla, enseguida dentro del grupo b, se mostraron los genotipos 7 y 18 (Tecozautla) con $b^*=40.428$ y $b^*=40.033$, respectivamente, por el contrario, en el grupo estadístico l, las líneas 19 con $b^*=28.970$ y 3 con $b^*=28.869$, fueron las de menor coloración amarilla.

Cuadro 41. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la coordenada b* de la variable color.

DSH=1.3436, P=0.05	
Híbrido	Media
1	42.464 a
7	40.428 b
18 (Tecozautla)	40.033 b
15 (Gran Esmeralda)	39.803 b
8	39.622 b c
16 (Siqueiros)	38.376 c d
11	37.731 d e
2	37.682 d e
6	37.517 d e
17 (Tamayo)	36.557 e f
10	36.126 f g
13	35.080 g h
14	34.729 h i
9	34.064 h i j
12	33.398 i j k
4	32.789 j k
5	32.310 k
19	28.970 l
3	28.869 l
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

En general, los datos anteriores indican que los colores de los frutos estudiados fueron los característicos de estas variedades y van del verde profundo al verde amarillento, según la escala del Índice de Color (Vignoni et al., 2006).

5.3.1.2. Sólidos solubles totales (°Brix)

El contenido de sólidos solubles totales es una variable muy importante que está estrechamente relacionada con el sabor del fruto y con la acumulación de azúcares por parte de la planta (Jiménez *et al.*, 2012). La prueba de Tukey aplicada a esta variable para el factor manejo presentó dos grupos estadísticos (Cuadro 42), siendo el manejo ME el de mayor promedio con 5.13 °Brix en el grupo a y el sistema CAE en el grupo b con el promedio más bajo (4.96 °Brix).

Cuadro 42. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable de sólidos solubles totales (°Brix).

DSH=0.1645, P=0.05	
Manejo	Media
ME	5.13 a
CAP	5.09 a b
CAE	4.96 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

La cantidad de sólidos solubles registró ocho grupos estadísticos para el factor híbrido (Cuadro 43), obteniéndose los valores más bajos para las líneas 1 con 4.56 °Brix y 7 con 4.58 °Brix (grupo h), a diferencia del material 18 (Tecozautla) con 5.44 °Brix y 19 con 5.35 °Brix del grupo estadístico a, los cuales presentaron los contenidos más altos de sólidos solubles totales. Los datos reportados varían de los encontrados en cinco poblaciones autotetraploides y cuatro diploides por Ramírez *et al.* (2013), quienes indicaron un rango de 5.95 a 6.63 °Brix, con diferencias significativas entre las

poblaciones, lo que nos confirma la amplia variabilidad de contenido de sólidos solubles entre genotipos.

Cuadro 43. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable sólidos solubles totales (°Brix).

DSH=0.2136, P=0.05	
Híbrido	Media
18 (Tecoautla)	5.44 a
19	5.36 a b
10	5.35 a b
3	5.35 a b
15 (Gran Esmeralda)	5.35 a b
9	5.33 a b
17 (Tamayo)	5.32 a b
14	5.24 a b c
2	5.19 b c d
12	5.04 c d e
16 (Siqueiros)	5.00 d e f
6	4.97 e f
5	4.90 e f g
13	4.85 e f g
4	4.83 f g
8	4.80 f g
11	4.74 g h
7	4.58 h
1	4.57 h

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.

5.3.1.3. pH

Para el factor manejo, la prueba de Tukey aplicada a la variable acidez mostró dos grupos estadísticos (Cuadro 44), donde se observa que el sistema CAP produjo frutos más ácidos (pH=3.49) en el grupo b, mientras que los manejos ME con pH=3.67 y CAE con pH=3.69, se localizaron en el grupo estadístico a. Esta variable también representa

una característica importante en cuanto a calidad del fruto como mencionan García *et al.*, (2009). Como se prefiere un fruto ácido, por el sabor distintivo que da a los plátanos, en este trabajo resultó que el manejo convencional (CAP) favoreció ligeramente esta característica de calidad.

El pH para el factor híbrido se encontró en el rango de valores de 3.38 a 3.89, y la prueba de Tukey separó siete grupos, distinguiéndose la línea 7 como la más ácida con un pH de 3.38 en el grupo g, y la línea 10 como la menos ácida con un pH de 3.9 en el grupo a (Cuadro 45). Los datos encontrados fueron similares a los reportados por Jiménez *et al.* (2012), quienes señalaron un rango de 3.51 a 4.51, entre tres genotipos experimentales y la variedad diploide “Rendidora” con diferencias significativas.

Cuadro 44. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor manejo para la variable pH.

DSH=0.0612, P=0.05	
Manejo	Media
CAE	3.69 a
ME	3.67 a
CAP	3.49 b
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

Cuadro 45. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable pH.

DSH=0.0776, P=0.05	
Híbrido	Media
10	3.90 a
9	3.74 b
8	3.73 b
5	3.73 b
12	3.72 b
3	3.68 b c
17 (Tamayo)	3.62 c d
14	3.62 c d
2	3.61 c d
15 (Gran Esmeralda)	3.61 c d
13	3.59 d
19	3.58 d
4	3.57 d
6	3.56 d e
18 (Tecoautla)	3.55 d e
1	3.55 d e f
11	3.49 e f
16 (Siqueiros)	3.47 f
7	3.38 g
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

5.3.1.4. Firmeza

En el cuadro 46 se presentan las medias del factor manejo, dado que no hubo diferencias estadísticas para este efecto principal, observándose una ligera variación numérica, que va de 49.34 N para el manejo CAP, 48.79 N para ME y 48.52 N para CAE.

Cuadro 46. Medias del factor manejo para la variable firmeza.

Manejo	Media
CAP	49.34
ME	48.79
CAE	48.52

Por último, en el cuadro 47 se muestran los cuatro grupos estadísticos obtenidos con la prueba de Tukey aplicada a la resistencia a la penetración para el factor híbrido, en donde es posible destacar dentro del primer grupo estadístico a la línea 19 con la mayor firmeza (56.57 N), en contraste con el genotipo 9 del grupo d con tan solo 44.14 N. La variabilidad observada en esta variable respuesta, se debe a la genética propia de cada línea, lo que coincide con lo citado por Karakurt (2007), el ablandamiento de los tejidos varía de acuerdo con la especie y variedad, y es ocasionado por la degradación de pectinas y hemicelulosas de la pared celular, por la acción de diferentes enzimas hidrolíticas.

Cuadro 47. Prueba de Tukey (P=0.05) del factor híbrido para la variable firmeza.

DSH=8.7371, P=0.05	
Híbrido	Media
19	56.57 a
1	53.63 a b
8	52.97 a b c
5	52.86 a b c d
7	50.47 a b c d
14	50.14 a b c d
3	49.92 a b c d
17 (Tamayo)	49.49 a b c d
10	48.18 a b c d
4	47.96 a b c d
18 (Tecozautla)	47.96 a b c d
16 (Siqueiros)	47.74 b c d
11	47.63 b c d
15 (Gran Esmeralda)	46.65 b c d
6	46.65 b c d
12	46.22 b c d
2	45.23 b c d
13	44.36 c d
9	44.14 d
Medias con la misma letra son estadísticamente iguales.	

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones experimentales y a la zona donde se desarrolló el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

a) El sistema de producción que permitió obtener un mayor rendimiento, fue el de campo abierto envarado con riego por goteo y acolchado (CAE), seguido de macro túnel (ME). Por lo tanto, se recomienda envarar el cultivo, ya que esta labor cultural, mantiene a las plantas por mayor tiempo en mejores condiciones, lo que permite aumentar el número de cortes.

b) Los híbridos que mantuvieron los rendimientos más altos en los tres sistemas de producción, fueron las líneas experimentales 7, 1 y 2, y el testigo 16 (Siqueiros), el genotipo 2 también mostró los frutos más grandes, al igual que la línea 8, pero esta última no presentó una producción sobresaliente.

c) Los genotipos que destacaron por su menor altura de planta fueron las líneas 1, 7 y 11, las cuales manifestaron un mejor aprovechamiento de nutrientes en la floración y llenado de frutos, a diferencia de los materiales con mayor altura, que utilizan una cantidad importante de nutrientes en el desarrollo vegetativo de la planta.

d) La cantidad de ácidos y azúcares fue mayor en el sistema ME, mientras que los frutos cultivados en los manejos CAE y CAP registraron los niveles más bajos de sólidos solubles, por lo que el cultivo tradicional a cielo abierto no favorece lo suficiente al cultivo en términos de sabor del fruto. Los materiales más sobresalientes por su nivel de acidez (pH más bajo), fueron las líneas 7, 11 y 16 (Siqueiros), mientras que los genotipos 10, 18 (Tecoautla), y 19 predominaron por su mayor acumulación de sólidos solubles totales.

e) Referente al color de los frutos se presentó variabilidad tanto en híbridos como en manejos, aunque todos los matices se encontraron dentro del rango que buscan los productores, es decir, tonalidades que van de verde claro a verde oscuro. En los

manejos de CAE y ME la intensidad del verde fue mayor, por la mayor exposición a la radiación solar en los frutos descubiertos, lo que permitió generar mayores cantidades de clorofila.

f) Los valores más altos de resistencia a la penetración en el fruto se obtuvieron en las líneas 1, 8 y 19, materiales cuyos frutos soportan mayor manipulación, la cual es frecuente cuando se empaca para su traslado a la zona de comercialización; además una firmeza superior garantiza mayor vida de anaquel de la fruta en fresco.

g) El contenido genético de los híbridos y los sistemas de producción considerados en esta evaluación, influyeron sobre la producción y calidad del fruto del tomate de cáscara. En términos generales se puede deducir que las líneas 1 y 7 en los tres manejos mantuvieron el liderazgo sobre las demás, incluyendo los testigos comerciales, al registrar mayores rendimientos y los mejores resultados en los componentes de calidad del fruto.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alpi A y Tognoni F. 1984. Cultivo en Invernadero. Madrid, España. 2da edición. Pp: 33-36.
- Bastida T A y Ramírez A J. 2002. Invernaderos en México. Diseño, construcción y manejo. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 1ra edición. Pp: 107.
- Bielinski M S, Henner A O y Teresa P S. 2013. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: Estructuras para la agricultura protegida. University of Florida. Pp: 49.
- Benito B P, Arellanes J N y Pérez F M. 2015. Estudio de la calidad y cambios químicos y fisiológicos del fruto de tomatillo (*Physalis ixocarpa Brot.*) en poscosecha. 27(1): 115-130.
- Camarena S F, Chura J C y Blas R H. 2012. Mejoramiento Genético y Biotecnológico de Plantas. Lima, Perú. Pp: 128 -130.
- Castro B R, Sánchez G P, Peña L A, Alcántar G G, Baca C G y López R R. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalys ixocarpa Brot.*) y su relación con el rendimiento. Chapingo, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6:33-38.
- Csizirtszky A A, Schuster D I and Kring J B. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120:778-784.
- García S M, Martínez J V, Avendaño L A, Padilla S M e Izquierdo O H. 2009. Acción de oligosacáridos en el rendimiento y calidad de tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32 (4), 295-301.
- Hornero M D y Mínguez M M. 2002. Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annum* L. fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (13), 1564-1570.

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2016.
<http://www.inifap.gob.mx>

Consulta: Octubre 13, 2016

Jiménez S E, Robledo T V, Benavides M A, Ramírez G F, Ramírez R H, y De la Cruz L E. 2012. Calidad de fruto de genotipos tetraploides de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Universidad y ciencia*, 28 (2), 153-161.

Karakurt Y. 2007. Fruit cell wall polysaccharides and their modification during ripening. *Journal of the Faculty Agriculture HR.*, 11 (1-2), 13-19.

López L R, Arteaga R R, Vázquez P, López I L, Sánchez C I. 2009. Producción de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) basado en láminas de riego y acolchado plástico. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15(1): 83-89.

Peña L A y Márquez S F. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo* 71-72:84-88.

Peña L A, Molina G J, Sahagún C J, Ortiz C J, Márquez S F, Cervantes S T y Santiaguillo H J. 2008. Parámetros genéticos de la variedad CHF1 Chapingo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14:5-11.

Peña L A, Ponce V J, Sánchez C F y Magaña L N. 2014. Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto. *Revista fitotecnia mexicana*, 37(4), 381-391.

Peña L A y Santiaguillo H J. 1999. Variabilidad genética de tomate de cáscara en México. Boletín Técnico Núm. 2. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. Pp: 26.

Ramírez V J. 1996. El uso de acolchados plásticos en la horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, México. Pp: 87.

- Ramírez G F, Robles T V, Foroughbakhch P R, Benavides M A, Hernández P J, Reyes V M, y Alvarado V M. 2013. Yield and fruit quality evaluation in husk tomato autotetraploids (*Physalis ixocarpa*) and diploids. *Aust. J. Crop Sci.* 7:933-940.
- Santiagoillo H J, Vargas P O, Grimaldo J O, Magaña L N, Caro V F, Peña L A y Sánchez M J. 2012. Diagnóstico del Tomate de Cáscara. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 46 p.
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2016. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do
Consulta: Octubre 20, 2016.
- SIAP-SAGARPA. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Cierre de la producción agrícola por cultivo. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
Consulta: Diciembre 11, 2016.
- SINAFERI. Sistema Nacional de Recurso Filogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. 2016. http://www.sinarefi.org.mx/redes/red_tomatedecascara.html.
Consulta: Octubre 20, 2016.
- Vallejo F A y Estrada E I. 2002. Mejoramiento Genético de Plantas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira.
- Vargas O, Valdivia L E y Sánchez J. 2003. Potencial alimenticio de los tomates de cáscara (*Physalis* spp.) de México. Colección Flora de Jalisco No. 16. Inst. de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, CUCBA, Universidad de Guadalajara. México. 130 p.
- Vignoni L A, Cesari R M, Forte M y Mirabile M L. 2006. Determinación de Índice de Color en Ajo Picado. Pp.63-67.
- Statgraphics Plus Ver. 5.1 Professional. 2001. STSC and Statistical Graphics Corporation. Bakersville Maryland. USA.