

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE 15 GENOTIPOS DE
PEPINO PARTENOCÁRPICO CULTIVADOS BAJO AMBIENTE
PROTEGIDO EN ALAJUELA, COSTA RICA**



KARLA VIVIANA CHACÓN PADILLA

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía como requisito
parcial para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2015

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE 15 GENOTIPOS DE
PEPINO PARTENOCÁRPICO CULTIVADOS BAJO AMBIENTE
PROTEGIDO EN ALAJUELA, COSTA RICA**



KARLA VIVIANA CHACÓN PADILLA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Carlos Muñoz Ruiz, Ph.D.

Asesor interno

Ing. Agr. José Eladio Monge Pérez, M.Sc.

Asesor externo

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, M.Sc.

Jurado

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Ph.D.

Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M.Sc.

Director
Escuela de Agronomía

2015

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María, que me han permitido vivir y lograr todas mis metas.

A mi madre, Elizabeth Padilla, por su gran sacrificio y apoyo incondicional. A Héctor Barrantes y mis padrinos Mayra Padilla y Franklin Monelle, por su apoyo y su ayuda en toda mi carrera.

A la familia Padilla Segura, por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y tomarme como un miembro más de la familia.

A mi tío, Arturo Padilla, por su ayuda y por ser mi padrino en toda la carrera.

A Marco Marín por hacer esto un sueño hecho realidad, sin su ayuda no hubiera podido concluir mis estudios.

A Alejandra Hernández por su ayuda desinteresada.

A mis primos, por toda su ayuda, amistad y cariño que me brindaron siempre.

A Herberth Soto y Don Víctor Benavides, porque una hija más se gradúa.

A la familia Agronomía, en especial a Alonso Quesada, quien nos enseñó el verdadero valor de la amistad.

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen María, por darme una nueva oportunidad y permitirme culminar este proyecto tan anhelado.

A mis padres y familiares por su insistencia e incasable apoyo para culminar este proyecto.

A la familia Delgado Segura por su ayuda y apoyo en todo momento.

A Geovanni Muñoz y Susan Gairaud, por permitirme crecer como profesional y hacer que formara parte de la familia.

Al profesor Wilfrido Paniagua Madrigal por compartirme sus consejos y su valioso conocimiento. A todos los funcionarios del Tecnológico de Costa Rica, por brindarme su amistad y su ayuda cuando más lo necesité.

A mis amigos y compañeros Rosa Brenes, Javier Rojas, Gustavo Pereira, Oscar Castro, Johan Murillo, Fernán Paniagua, Marilyn Sánchez, Fabián Vargas, Alfredo Zamora, Andrés Aragonés, Warren Cubillo, Eduardo Rodríguez, Andrey Salas, Carlos Cedeño, Jacobo Solís, Esteban Sánchez, Wainer Ortiz, Luis Carlos Villegas, Ignacio Corea, Álvaro Gonzáles, Mauricio Fernández y César Naranjo por compartir un momento de sus vidas a mi lado. Gracias por toda su ayuda. Ustedes me hacen sentir más viva.

Al profesor José Eladio Monge, quien hizo posible el desarrollo de este proyecto. Gracias por ser el mejor asesor y toda la ayuda que me ha brindado.

Al personal de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, en especial a Julio por su ayuda desinteresada y su empeño por que las cosas salieran bien. También a Chasparria, Gusano, Roble y Pajarito quienes con su colaboración hicieron posible el desarrollo del experimento. A Werner Salazar por compartir su conocimiento con mi persona y por todo su esfuerzo.

A Víctor Julio Padilla, Greivin Barrantes, Elizabeth Marín y a los asistentes del proyecto quienes hicieron posible el experimento.

Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	2
1.1	Justificación	3
1.2	Objetivos	5
1.2.1	Objetivo general	5
1.2.2	Objetivos específicos	5
1.3	Hipótesis	5
1.3.1	Hipótesis alternativa.....	5
1.3.2	Hipótesis nula.....	5
1.3.3	Hipótesis técnica.....	5
2	REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1	El cultivo del pepino.....	6
2.2	Manejo y requerimientos del cultivo.....	9
2.3	Partenogénesis.....	11
2.4	Enfermedades	12
2.5	Plagas	13
2.6	Polinización.....	14
2.7	Fertilización.....	15
2.8	Híbridos Beta-Alfa.....	15
2.9	Poda	16
2.9.1	Tipos de poda.....	17
2.10	Tutorado	19
2.11	Cosecha.....	21
2.12	Rendimientos.....	21
2.13	Criterios de calidad para exportación	22
2.14	Tipos de pepino.....	23
2.14.1	Holandés	23
2.14.2	“Slicer”	24
2.14.3	Asiáticos	24
2.14.4	Pepinillos	24

2.15	Genotipos partenocárpicos	24
2.15.1	Japonés	24
2.15.2	Holandés	25
2.15.3	Francés.....	26
2.15.4	“Slicer”	26
2.15.5	Pepinillo	28
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
3.1	Descripción del sitio y ubicación geográfica.....	29
3.2	Caracterización biofísica de la región	29
3.3	Características del invernadero	30
3.4	Diseño del muestreo.....	31
3.5	Población objetivo y tamaño de la unidad experimental	31
3.6	Diseño experimental.....	32
3.7	Asignación de sujetos a los grupos	32
3.8	Tratamientos	33
3.9	Procedimiento.....	33
3.10	Variables evaluadas	37
3.11	Programa estadístico	38
3.12	Pruebas estadísticas utilizadas	39
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
4.1	Condiciones ambientales	40
4.1.1	Temperatura.....	40
4.1.2	Humedad relativa	42
4.1.3	Radiación PAR	44
4.2	Variables morfológicas	46
4.2.1	Longitud del fruto	46
4.2.2	Diámetro del fruto.....	47
4.2.3	Presencia de espinas en el fruto	49
4.2.4	Días al inicio de la cosecha	50
4.2.5	Número de frutos por planta.....	51
4.2.6	Peso promedio del fruto.....	60

4.3	Variables de rendimiento.....	66
4.3.1	Rendimiento por planta.....	66
4.3.2	Rendimiento por área	73
4.3.3	Rendimiento biológico.....	78
4.3.4	Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix).....	80
4.4	Correlaciones entre las variables evaluadas	81
5	CONCLUSIONES.....	86
6	RECOMENDACIONES	89
7	BIBLIOGRAFÍA.....	90
8	ANEXOS.....	95

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Composición química del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.), por 100 g de pepino comestible.	8
Cuadro 2. Valor nutricional del pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.), por 100 g de pepino comestible.	9
Cuadro 3. Principales plagas de artrópodos que afectan el cultivo de pepino.	13
Cuadro 4. Tipos de cajas de pepino para exportación, según el número de frutos por caja.	23
Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en el invernadero de la EEAFBM.	32
Cuadro 6. Genotipos de pepino evaluados en la EEAFBM.	33
Cuadro 7. Programa de fertirriego utilizado en la EEAFBM para la producción de 15 genotipos de pepino partenocárpico.	35
Cuadro 8. Aplicaciones foliares realizadas a 15 genotipos de pepino partenocárpico en la EEAFBM.	35
Cuadro 9. Longitud promedio del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	47
Cuadro 10. Diámetro promedio del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	48
Cuadro 11. Presencia de espinas en el fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	49
Cuadro 12. Número de frutos totales por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	51
Cuadro 13. Número de frutos de primera calidad por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	52
Cuadro 14. Número de frutos de segunda calidad por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	56
Cuadro 15. Número de frutos de categoría de rechazo por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	57

Cuadro 16. Peso promedio total del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	61
Cuadro 17. Peso promedio del fruto de primera calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	63
Cuadro 18. Peso promedio del fruto de segunda calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	64
Cuadro 19. Peso promedio del fruto de categoría de rechazo de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	65
Cuadro 20. Rendimiento de la cosecha de primera calidad en g/planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	67
Cuadro 21. Rendimiento de la cosecha de segunda calidad en g/planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	70
Cuadro 22. Rendimiento de la cosecha de categoría de rechazo en g/planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	71
Cuadro 23. Rendimiento por área de la cosecha de primera calidad (kg/m ²) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	74
Cuadro 24. Rendimiento por área de la cosecha de segunda calidad en kg/m ² de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	75
Cuadro 25. Rendimiento por área de la cosecha de la categoría rechazo en kg/m ² de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	76
Cuadro 26. Rendimiento comercializable (kg/m ²) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	77
Cuadro 27. Rendimiento total por área (ton/ha) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	78
Cuadro 28. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	80
Cuadro 29. Matriz de correlación de Pearson entre variables evaluadas de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	99
Cuadro 30. Matriz de correlación de Pearson entre variables evaluadas a la categoría de primera calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	100

Cuadro 31. Matriz de correlación de Pearson entre variables evaluadas a la categoría de rechazo de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

101

Lista de Figuras

Figura 1. Sistema de tutorado del cultivo de pepino bajo ambiente controlado.....	20
Figura 2. Localización de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno.	30
Figura 3. Invernadero de tipo multicapilla de la EEAFBM.	31
Figura 4. Área de cultivo y estación de monitoreo de drenaje.	34
Figura 5. Temperatura promedio y máxima (diurna y nocturna) en el invernadero de la EEAFBM.	41
Figura 6. Humedad relativa diurna promedio, mínima y máxima en el invernadero de la EEAFBM.	43
Figura 7. Humedad relativa nocturna promedio, mínima y máxima en el invernadero de la EEAFBM.	44
Figura 8. Radiación PAR diurna (promedio y máxima) en el invernadero de la EEAFBM.....	45
Figura 9. Evolución del número de frutos de primera calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	53
Figura 10. Capacidad de producción floral y de frutos de los genotipos de pepino tipo “pepinillo”.....	54
Figura 11. Evolución del número de frutos de segunda calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	55
Figura 12. Malformación en frutos de genotipos de pepino de tipo “holandés”.	58
Figura 13. Evolución del número de frutos de categoría de rechazo de 14 genotipos de pepino partenocarpico.	59
Figura 14. Evolución del peso promedio del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	62
Figura 15. Estructuras florales del genotipo Arioso F1: A-Flor masculina; B- Flor femenina.	68

Figura 16. Fruto abortado cercano al cable de soporte superior del invernadero.	72
Figura 17. Evolución del rendimiento promedio de primera calidad por tipo de pepino.....	73
Figura 18. Correlación lineal de Pearson entre el peso promedio del fruto y las variables longitud del fruto y número de frutos por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.....	81
Figura 19. Correlación lineal de Pearson entre el número de frutos por planta y las variables diámetro del fruto y longitud del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.	82
Figura 20. Correlación lineal de Pearson para la categoría de primera calidad entre la variable número de frutos y su relación con las variables peso promedio del fruto y longitud del fruto.....	83
Figura 21. Correlación lineal de Pearson para la categoría de primera calidad entre las variables peso promedio del fruto en función de la longitud del fruto.	83
Figura 22. Correlación lineal de Pearson para la categoría de rechazo entre la variable peso promedio del fruto y su relación con las variables rendimiento y longitud del fruto.	84
Figura 23. Correlación lineal de Pearson de la variable rendimiento comercial en función del rendimiento biológico.	85
Figura 25. Tipos de pepinos: A- “Pepinillos”; B- “Slicer”; C- “Holandés”	95
Figura 26. Genotipos de pepino partenocárpico en campo.....	96
Figura 27. Genotipos de pepino partenocárpico.	97
Figura 28. Croquis y distribución espacial de los tratamientos en el invernadero de la EEAFBM.	98

RESUMEN

Se caracterizó 14 genotipos de pepino partenocárpico producidos bajo ambiente protegido. El proyecto se realizó en el invernadero del Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), ubicada en Barrio San José de Alajuela. Se evaluó el rendimiento total (g/planta, kg/m² y kg/ha) y el rendimiento comercial (primera y segunda). Para el caso de la calidad, se midió el porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix), longitud y diámetro del fruto, y la presencia de espinas en el mismo. Se contabilizó el número de frutos por planta para cada genotipo. Además se seleccionó e identificó los genotipos más productivos bajo las condiciones del invernadero utilizado. Se registraron las variables climáticas de temperatura, humedad relativa y radiación PAR diariamente. Se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre varios genotipos en cuanto a las diversas variables evaluadas. El promedio general de producción de fruta comercializable fue de 17,15 kg/m². El genotipo Katrina, un tipo “pepinillo”, alcanzó el mayor rendimiento de cosecha de primera calidad (15,78 kg/m²) y el mayor rendimiento comercial (21,19 kg/m²) entre los 14 genotipos. Entre los pepinos de tipo “slicer”, los genotipos Primavera, Corinto y Paraíso presentaron un mayor número de frutos de primera calidad por planta. En el caso de los pepinos de tipo “holandés”, el genotipo Roxinante presentó mayor número de frutos de primera calidad por planta. Por lo tanto, se puede considerar que éstos son los genotipos que presentaron el mejor comportamiento en las condiciones de esta investigación. El genotipo Arioso F1 mostró el menor rendimiento comercial con 13,77 kg/m², y produjo la menor cantidad de frutos de primera, aunque produjo los frutos de primera calidad con mayor peso promedio. El porcentaje de sólidos solubles totales promedio del fruto entre los 14 genotipos fue de 3,47 °Brix; los genotipos de tipo “pepinillo” alcanzaron los valores más bajos para esta característica, con un rango de 2,97 a 3,09 °Brix. Se encontraron correlaciones lineales significativas entre algunas de las variables evaluadas.

Palabras clave: *Cucumis sativus*, pepino, rendimiento, calidad, pepino partenocárpico, invernadero, Alajuela, genotipos.

1 INTRODUCCIÓN

La protección de cultivos tiene como propósito resguardar los cultivos contra las condiciones adversas del medio ambiente. Los invernaderos son sistemas agrícolas de precisión que sirven de barrera física contra factores climáticos y algunas plagas, y tienen como finalidad alcanzar las condiciones agroclimáticas idóneas para el desarrollo de las plantas (Ramírez *et al.* 2010). Los invernaderos permiten controlar mejor las variables de producción de los cultivos como el riego, la aplicación de fertilizantes, el manejo de la biomasa del cultivo mediante prácticas como el tutorado, la poda y el uso de sustratos para el cultivo (Ramírez y Nienhuis 2012).

Los sistemas protegidos de producción de hortalizas favorecen la sostenibilidad haciendo un uso más eficiente del recurso agua, y pueden ser parte de un sistema más diverso de producción integrando un sistema diversificado donde se lleven a cabo otros tipos de producción. Esta alternativa es sostenible siempre que se obtenga alta productividad y calidad de las hortalizas, que permitan la comercialización de productos de calidad y con bajo contenido de residuos de plaguicidas (Ramírez y Nienhuis 2012). El uso de invernaderos también puede incrementar la productividad de hortalizas como el pepino, ya que las plantas se mantienen por mucho más tiempo en producción; sin embargo, para la aplicación de estos sistemas es importante primero adaptar el tipo de cobertura, el manejo del cultivo y los genotipos, a las condiciones ambientales actuales que prevalecen en cada zona (Ramírez *et al.* 2010).

El pepino se mantiene como una de las hortalizas más consumidas debido a que la producción se inicia en corto tiempo, entre 40-45 días después de trasplante (ddt), y se puede prolongar hasta por seis semanas. Los países templados, a pesar de ser altos consumidores de esta hortaliza, están limitados por períodos de invierno e inicio de la primavera (FDA 1992).

La alta demanda de la agroindustria por pepinos para conservación ha promovido la siembra de genotipos como los “pickling”, “baby” o “pepinillos” (FDA 1992).

En Costa Rica la producción de hortalizas bajo ambiente protegido se ha incrementado en los últimos años. En 2010, el cultivo de cucurbitáceas alcanzó el

13,28 % del área protegida dedicada a hortalizas, ubicándose en el tercer lugar de importancia en este tipo de producción; para el caso de las cucurbitáceas, el esquema tecnológico más utilizado es el de “dos aguas”, con un 33 % del total de la producción de esta familia de plantas (Marín 2010).

La producción de pepino en Costa Rica se lleva a cabo en varias zonas del país y se encuentra orientada a satisfacer el mercado local; sin embargo en el caso no exitoso de la zona de Zarcero, la producción hasta el 2010 se orientó a la exportación hacia Estados Unidos (Valenciano *et al.* 2013).

Para el caso de Zarcero, el área total de siembra era de 10,5 ha, distribuidas en 16 invernaderos desde los 2000 hasta los 5000 m². Los invernaderos eran de alta tecnología, controlados por computadora, por lo que requerían de mucho cuidado y conocimiento técnico por parte de los agricultores. Los promedios de producción proyectados rondaban los 90 mil y 120 mil kg/ha, pero estos rendimientos nunca se alcanzaron (Valenciano *et al.* 2013).

1.1 Justificación

Esta hortaliza tiene importancia organoléptica por la presencia de peptasas, las que se encuentran en mayor cantidad en la piel o cutícula del fruto, y ayudan a mejorar la digestión y la absorción de otros alimentos consumidos. El pepino es uno de los mejores diuréticos, promueve el crecimiento del cabello y evita su caída, debido a un alto contenido de azufre y silicio. También puede tener algún efecto sobre los padecimientos reumáticos, regula la presión arterial, colitis, ayuda a eliminar las afecciones de las encías y las erupciones en la piel. Puede ser utilizado en el tratamiento para la limpieza y buen funcionamiento de la vesícula biliar, el hígado, los riñones, la próstata y otras glándulas sexuales (FDA 1992).

Según la FAO (2014), la adaptación de los sistemas alimentarios al cambio climático es esencial para fomentar la seguridad alimentaria, disminuir la pobreza y conservar los recursos. El aumento de las temperaturas y una frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos tendrán efectos negativos sobre la productividad de cultivos. La adopción de prácticas de cultivo y variedades de semillas resistentes a

las variaciones climáticas son esenciales para minimizar los impactos de la variabilidad climática en los agroecosistemas (FAO 2014).

El cambio climático está modificando el crecimiento y el desarrollo de muchos cultivos de importancia a nivel mundial como las hortalizas. Estas modificaciones en los procesos fisiológicos generan cambios en el rendimiento que se traduce en menor calidad de las cosechas, alta susceptibilidad a enfermedades, y mayor presión de plagas.

El uso de variedades tolerantes a altas temperaturas y con altos rendimientos es primordial ante la amenaza que representa el cambio climático mundial. Los invernaderos surgen como alternativa para la protección de cultivos ante las condiciones climáticas extremas que puedan alterar el funcionamiento normal de la planta, y a la vez aísla el cultivo de agentes externos como las plagas.

Existen variedades mejor adaptadas a las altas temperaturas, como respuesta a la interacción genotipo-ambiente. Estas variedades muestran mejor rendimiento y calidad, lo cual se expresa en mayor productividad y altas ganancias por la cosecha.

La industria se encuentra en búsqueda de nuevos genotipos o variedades más eficientes, así como tolerancia a factores climáticos adversos con el fin de disminuir la aplicación de insumos durante la producción. Se busca genotipos que produzcan altos rendimientos y excelente calidad en respuesta a la adaptación de las condiciones de calentamiento global y elevación de la temperatura diaria provocada por el cambio climático mundial. De ahí la importancia de realizar evaluaciones de rendimiento y calidad de los genotipos disponibles en cada zona de producción, con el fin de caracterizar y generar información que sea aprovechable por toda la cadena de comercialización.

La caracterización agronómica de la producción del cultivo de pepino permite la selección de características deseadas, como mayor rendimiento y calidad.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Realizar una caracterización agronómica de 15 genotipos de pepino partenocárpico cultivados bajo ambiente protegido en Alajuela, Costa Rica.

1.2.2 Objetivos específicos

- 1.2.2.1 Evaluar el rendimiento total (g/planta, kg/m² y kg/ha), rendimiento comercial y número de frutos por planta, de 15 genotipos de pepino partenocárpico.
- 1.2.2.2 Evaluar la calidad de los frutos mediante la determinación del porcentaje de sólidos solubles totales, longitud, diámetro, peso promedio del fruto y presencia de espinas en el fruto, de 15 genotipos de pepino partenocárpico.
- 1.2.2.3 Identificar y seleccionar los genotipos que presenten mayor productividad en cuanto a rendimiento y calidad.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis alternativa

Hay diferencias significativas en cuanto a rendimiento y calidad de 15 genotipos de pepino partenocárpico cultivados bajo condiciones de ambiente protegido.

1.3.2 Hipótesis nula

No hay diferencias significativas en cuanto a rendimiento y calidad de 15 genotipos de pepino partenocárpico cultivados bajo condiciones de ambiente protegido.

1.3.3 Hipótesis técnica

Existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de 15 genotipos de pepino partenocárpico producidos bajo ambiente protegido en la EEAFBM, para las diferentes variables evaluadas.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo del pepino

El pepino, *Cucumis sativus* L., pertenece a la familia de plantas cucurbitáceas, que comprende 90 géneros y 750 especies. Existen dos grandes grupos de cucurbitáceas: el africano y el asiático, y *Cucumis sativus* L. pertenece al grupo asiático.

El pepino es una de las hortalizas cultivadas más antigua, al parecer fue cultivado por los antiguos griegos y romanos en 300 aC (Tatlioglu 1993). Según el MAG (2007), se cultiva en la India desde hace más de 3 mil años. Fue introducido al Nuevo Mundo por Cristóbal Colón, quien lo llevó a Haití en 1494.

Es una especie termófila y susceptible a las heladas, desarrollándose mejor a temperaturas por encima de los 20 °C. El pepino cultivado es de tipo “slicer” para consumo fresco, “pickling” o “pepinillo” para la preservación como marinado o en vinagre (Tatlioglu 1993), y también se encuentran los tipos “holandés”, “japonés” y “francés”, entre otros.

El pepino es una planta herbácea, anual, de porte rastrero y con zarcillos. La cosecha se puede dar a los 40-45 días después de trasplante (ddt). El sistema radicular es muy ramificado y superficial, y la mayor parte de las raíces se ubican a una profundidad de 25-30 cm. El tallo es herbáceo, trepador y rastrero, muy ramificado. La planta se puede desarrollar erecta por medio de guías verticales, y es totalmente decumbente o rastrero cuando se deja a libre crecimiento. La altura está condicionada por el genotipo, y puede variar desde 0,70 a 2,50 m o más. Las hojas son simples, alternas, pubescentes y de gran tamaño, cordiforme, lobadas, con cinco lóbulos, dentadas, de coloración verde oscuro en el haz y grisáceo en el envés. La epidermis de la hoja posee cutícula delgada, lo que hace a la planta dependiente de la humedad por su poca resistencia a la evaporación (FDA 1992).

El tallo es anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador, y de cada nudo sale una hoja y un zarcillo. En la axila de cada hoja se encuentra un brote lateral y una o varias flores (MAG 2007).

El pepino es una planta básicamente monoica (con flores masculinas y flores femeninas), de polinización abierta o cruzada con ayuda de insectos, sin embargo existen genotipos con flores hermafroditas. Las flores son generalmente de color amarillo y en forma de campana. Las flores masculinas se forman en las axilas de las hojas y tienen pedúnculos delgados y vellosos, con cinco pétalos y cinco estambres. El polen está listo para la polinización y fecundación a temperaturas de 20-25 °C. Las flores femeninas son semejantes a las masculinas, pero de mayor tamaño y de color más intenso (FDA 1992), y se distinguen de las masculinas porque tienen el ovario ínfero (MAG 2007). En los genotipos monoicos las flores masculinas aparecen primero y las femeninas aparecen una o dos semanas después, y siempre en menor número que las primeras.

Sin embargo, también existen los genotipos partenocárpicos, los cuales poseen solamente flores femeninas y no necesitan polinización; estas variedades producen solo plantas gineceas (UC Davis 2015). En la actualidad todas las variedades comerciales que se cultivan en invernadero son plantas que solo poseen flores femeninas (MAG 2007).

El fruto de pepino es una baya carnosa, de longitud entre los 5-40 cm; los frutos pueden ser alargados, cilíndricos, obtusos en los extremos, curvos, redondeados, y su cutícula es lisa, con papilas agudas como espinas, simples o compuestas, y de colores variables. El color del fruto varía de verde a amarillo, dependiendo del estado de madurez, con la pulpa incolora, acuosa y poco aromática (FDA 1992).

La semilla es ovalada, de color blanco o amarillento. Las semillas se aprecian notablemente en pepinos de plantas monoicas cuyas flores femeninas han sido fecundadas. Cuando los frutos no son polinizados, como en las plantas gineceas, los frutos provienen de floración totalmente femenina, y sus semillas son visibles pero vacías y muy tiernas (Reche 2011). La semilla puede conservarse por 4-5 años a temperatura ambiente (FDA 1992).

En el Cuadro 1 se observa la composición química y nutricional del pepino, según FDA (1992).

Cuadro 1. Composición química del pepino (*Cucumis sativus* L.), por 100 g de pepino comestible.

Componente	Valor	Componente	Valor
<i>Agua</i>	95-96 %	<i>Hierro</i>	0,3 mg
<i>Sustancias nítricas</i>	0,35-0,95 %	<i>Sodio</i>	13 mg
<i>Azúcares</i>	1,07-2,14 %	<i>Potasio</i>	140 mg
<i>Cenizas</i>	0,39-0,57 %	<i>Magnesio</i>	9 mg
<i>Calorías</i>	10 cal	<i>Vitamina B₁</i>	0,04 mg
<i>Proteínas</i>	0,6 g	<i>Vitamina B₂</i>	0,04 mg
<i>Carbohidratos</i>	1,8 g	<i>Vitamina B₆</i>	0,4 mg
<i>Fósforo</i>	24 mg	<i>Vitamina C</i>	8 mg
<i>Calcio</i>	23 mg	<i>Ácido fólico</i>	14 mg

Fuente: FDA 1992.

Sin embargo, estudios más recientes muestran otros valores nutricionales como los que se encuentran en el Cuadro 2 (Haifa, 2014).

Cuadro 2. Valor nutricional del pepino (*Cucumis sativus* L.), por 100 g de pepino comestible.

Componente	Valor	Componente	Valor
<i>Energía</i>	12 cal	<i>Vitamina A</i>	45 UI
<i>Proteína</i>	0,6 g	<i>Vitamina B1</i>	0,03 g
<i>Grasa</i>	0,1 g	<i>Vitamina B2</i>	0,02 g
<i>Carbohidratos</i>	2,2-3,6 g	<i>Niacina (Vitamina B3)</i>	0,3 g
<i>Fibra dietética</i>	0,5 g	<i>Vitamina C</i>	12 mg
<i>Calcio</i>	14 mg	<i>Hierro</i>	0,3 mg
<i>Magnesio</i>	15 mg	<i>Sodio</i>	5 mg
<i>Potasio</i>	124 mg	<i>Zinc</i>	0,2 mg
<i>Fósforo</i>	24 mg		

Fuente: Haifa 2014.

2.2 Manejo y requerimientos del cultivo

El pepino se desarrolla bien en un rango de temperatura de 20 a 30 °C. Se comporta muy bien desde los 400 hasta los 1200 msnm. La planta de pepino no tolera la salinidad, y se puede cultivar en un pH entre 5,5 y 6,8. A campo abierto se produce en zonas con una precipitación entre los 500 y 1200 mm/año (Arias 2007).

Es una planta con elevados requerimientos de humedad relativa, con un valor óptimo de 60-70 % durante el día, y de 70-90 % durante la noche. El exceso de humedad relativa durante el día reduce la transpiración y por ende la fotosíntesis, y además provoca una atmósfera propicia para el desarrollo de enfermedades fungosas (Arias 2007).

El déficit hídrico puede provocar que las plantas cesen el crecimiento y la fructificación, y también puede aumentar el porcentaje de frutos amargos, y provoca que las plantas entren en estado de senescencia. Una alta temperatura y baja humedad relativa son factores que aumentan el sabor amargo de los frutos, independientemente del genotipo (FDA 1992).

El pepino germina 2-3 días después de la siembra (dds) y florece a los 28 dds, y la primera recolección de frutos se puede realizar después de 35 dds. Completa su ciclo en temperaturas que oscilan entre los 25 y 30 °C. En altas temperaturas que superen los 30 °C, el balance nutricional y la humedad pueden afectar el rendimiento; a temperaturas mayores a 34 °C, la planta sufre desequilibrios que afectan la fotosíntesis y la respiración. El pepino es sensible a cambios drásticos de temperatura, en oscilaciones superiores a los 8 °C. Las bajas temperaturas nocturnas pueden afectar negativamente la calidad de los frutos y la productividad, debido a malformaciones en las hojas y frutos (Fersini y Hayase 1973, citados por FDA 1992; MAG 2007).

El pepino es un cultivo de días cortos, sin embargo las temperaturas bajas y días cortos favorecen la formación de flores femeninas, mientras que por el contrario los días largos y temperaturas altas favorecen las masculinas (FDA 1992).

El estrés por calor puede afectar algunos procesos fisiológicos de la plantas; los dos procesos más sensibles son el desarrollo del polen y la fotosíntesis, y en menor medida también se ve afectada la respiración (Berry y Raison 1981, citado por Madhava *et al.* 2006). El efecto del estrés por calor sobre el rendimiento del cultivo dependerá del tiempo que transcurra bajo esta condición. Este aumento de temperatura podría ocasionar aborto de frutos y una reducción del rendimiento.

La fotosíntesis es un proceso muy sensible al estrés en cualquier etapa de crecimiento. En plantas C₃ la fotosíntesis disminuye considerablemente a medida que aumenta la temperatura, pues se favorece el proceso de respiración, por lo que la fotosíntesis disminuye. El fotosistema II y la permeabilidad de la membrana tilacoidal son afectados negativamente, mientras que la actividad del fotosistema I se ve estimulada. El estrés por calor puede causar un declive en la asimilación de carbono por la planta. De la misma forma, la acumulación de azúcares en las hojas se puede ver inhibida debido a una disminución de transporte del floema hacia las partes superiores de la planta (Madhava *et al.* 2006).

El estrés por calor puede afectar negativamente el metabolismo de los reguladores del crecimiento de la planta de pepino. El ácido abscísico (ABA) es una fitohormona que juega un papel importante en la respuesta adaptativa o de protección de la planta ante condiciones ambientales no favorables como el estrés por calor. El

efecto de alta temperatura sobre el contenido de ABA fue estudiado por Talanova *et al.* (2003), quienes concluyeron que el contenido de ABA en la planta de pepino aumenta bajo el efecto de alta temperatura.

El cultivo completa su ciclo inclusive en días con menos de 12 horas luz; sin embargo, a mayor radiación, mayor será la producción (Arias 2007, MAG 2007). El pepino puede ser afectado por acción del viento a más de 30 km/h, deshidratando las hojas al acelerar la pérdida de agua de la planta. El viento puede disminuir el crecimiento, reducir la producción, acelerar el ciclo de la planta, y dañar hojas, flores y frutos (Arias 2007).

2.3 Partenogénesis

Se refiere al tipo de reproducción en donde hay fecundación sin la necesidad de un gametofito masculino, en este caso el grano de polen. Los pepinos partenocárpicos solo producen flores femeninas y no necesitan polinización, por esta razón son usualmente utilizados en invernaderos. En una planta normal las primeras 10-20 flores son masculinas, pero en una planta ginecea todas esas flores son femeninas, y por cada flor se producirá un fruto (UC Davis 2015). Las variedades de frutos partenocárpicos tienen frutos que contienen una cubierta suave y blanca en la semilla. Estos frutos partenocárpicos también se pueden desarrollar naturalmente en condiciones de poca luz, días cortos y noches frescas. Plantas viejas también pueden desarrollar ovarios que producen frutos partenocárpicos (Haifa 2014).

La partenocarpia le confiere a algunas especies de plantas la capacidad de producir frutos sin previa polinización y fecundación; estos frutos por lo general carecen de semillas, y mantienen un contenido de auxina lo suficiente elevado para continuar su crecimiento. En la estimulación de frutos partenocárpicos, la auxina actúa induciendo el cuajado del fruto. Este proceso dispara la producción de auxina endógena por parte de los tejidos del fruto para completar el proceso de desarrollo (Taiz y Zeiger 2006). Este hecho sugiere que la auxina es necesaria para la inducción floral, un adecuado desarrollo de flores, y el crecimiento normal de frutos (Jordán y Casaretto 2006).

2.4 Enfermedades

Las principales enfermedades que afectan al pepino son el mildiú polvoso y el mildiú veloso. El cultivo puede presentar enfermedades fungosas y bacterianas, las cuales aparecen en condiciones favorables para el patógeno, y generalmente cuando se dan cambios de estados en el cultivo, como el paso de estado vegetativo a floración (Arias 2007). Entre las más comunes se encuentran:

Mildiú veloso o lanoso, ocasionado por el hongo *Pseudoperonospora cubensis*; esta enfermedad solo necesita el rocío de la noche para activarse y desarrollarse. Los síntomas más visibles se presentan en las hojas más viejas de 5 a 15 días de edad. Los síntomas son pequeñas manchas cloróticas que llegan hasta la necrosis. La enfermedad reduce la concentración de azúcar en la fruta. El hongo es transportado por aire, el salpique y herramientas (Arias 2007).

Mildiú polvoso (*oidium*), ocasionado por *Sphaerotheca fuliginea* y *Erysiphe cichoracearum*. El pepino es la cucurbitácea con mayor resistencia a esta enfermedad; sin embargo, si las condiciones idóneas se presentan, se pueden ver plantas afectadas. Los síntomas se presentan primero en las hojas viejas, con manchas blanquecinas de forma circular y de aspecto polvoriento, y se presentan de 3 a 7 días después de la infección (Arias 2007).

El mal del talluelo es ocasionado por un complejo de hongos entre los que están *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp. y *Phytophthora* spp., los cuales son hospederos naturales del suelo; provocan fallas en la germinación, marchitamiento de plántulas y estrangulamiento del cuello; en plantas adultas provoca pudriciones en el fruto (Arias 2007).

Mancha angular, provocada por la bacteria *Xanthomonas* sp. En pepino los síntomas se presentan en el punto angular de la hoja, y las lesiones comienzan como puntos húmedos que pueden desarrollar un halo amarillo; las manchas quedan delimitadas por las venas, de forma angular. El riego por aspersión ayuda a diseminar esta enfermedad (Arias 2007).

Otras enfermedades son *Rhizoctonia solani*, *Cercospora citrullina* y *Colletotrichum orbiculare* (antracnosis) (Arias 2007).

2.5 Plagas

Las principales plagas que afectan el cultivo de pepino se muestran en el Cuadro 3. En invernadero, las principales plagas de artrópodos son mosca blanca, trips y ácaros.

Cuadro 3. Principales plagas de artrópodos que afectan el cultivo de pepino.

Nombre común	Nombre científico	Daño que ocasiona
Gallina ciega, gusano alambre, y sinfílido	<i>Phyllophaga</i> spp.: <i>Aeolus</i> sp., y otras especies; <i>Scutigerella immaculata</i>	Se alimentan de raíces y pelos absorbentes.
Trips	<i>Thrips tabaci</i> y <i>Frankliniella occidentalis</i>	Se alimentan del follaje, y están en las axilas por lo general. Causan problemas con la polinización y pueden ser vectores de virus.
Minador	<i>Liriomyza</i> spp.	Túneles en el follaje.
Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Transmisión de virus.
Áfidos o pulgones	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Myzus persicae</i> , y otras especies	Transmisión de virus.
Crisomélidos o diabrotica	<i>Diabrotica balteata</i> y otras especies	Daño mecánico al follaje, raíces, flores. Transmisión de enfermedades.

*Fuente: Arias 2007.

2.6 Polinización

La reproducción y producción de frutas de las variedades de pepino de campo abierto dependen totalmente de la polinización por abejas y otros insectos. El pepino tiene la particularidad de que el grano de polen es pegajoso y pesado, por lo que no puede ser transportado por el viento. Las flores de pepino solo pueden ser polinizadas durante determinadas horas del día, y si la polinización no sucede, no habrá fruta comercializable (Arias 2007).

Una solución al cultivo protegido de pepino en cuanto a polinización lo presentan los genotipos de tipo partenocárpico, pues no requieren de dicho proceso para formar los frutos; sin embargo, la presencia de polinizadores en este tipo de pepinos puede beneficiar la producción. En investigaciones realizadas por Nicodemo *et al.* (2013), en las que se probaron diferentes tipos de polinizadores en genotipos de pepinos partenocárpicos, los resultados demostraron que la presencia de los polinizadores aumentaba en un 19 % la producción, con respecto a las plantas que no tuvieron abejas. Los autores concluyeron que incluso los cultivares de pepino partenocárpico, que no requieren polinización, pueden aumentar la producción con la presencia de abejas. En contradicción a esto, Reche (2011) indica que si estos genotipos partenocárpicos son polinizados por polen proveniente de flores masculinas o por insectos, los óvulos fecundados se desarrollan y aparecen frutos deformes al existir diferencias de crecimiento en la parte fecundada, formándose un fruto deforme, que no es comercial por agruparse las semillas formadas en el extremo opuesto al pedúnculo.

Según Haifa (2014), las variedades partenocárpicas deben ser aisladas de las variedades estándar para evitar la polinización cruzada y el desarrollo de frutos con semillas, ya que pueden ser deformados por un mayor crecimiento en el área de polinización.

2.7 Fertilización

La cantidad de fertilizantes requerida bajo condiciones de ambiente protegido es mayor que a campo abierto, lo que conlleva a un mayor aporte de estos nutrientes al cultivo (Hernández *et al.* 2006).

El pepino requiere de la implementación de un programa de fertilización que permita un eficiente consumo de agua y de los nutrientes que la planta necesita. La frecuencia y el volumen de los riegos dependen del sistema del cultivo, el tipo de riego, el sustrato, el genotipo, la etapa fenológica del cultivo y las condiciones climáticas. Se requieren riegos diarios, numerosos, y por cortos periodos de tiempo (MAG 2007).

Los niveles de nitrógeno pueden modificar la relación entre flores femeninas y masculinas en plantas monoicas. Niveles de nitrógeno por encima de 80 kg de N/ha pueden incrementar el número de flores masculinas y retrasar la aparición de las femeninas (MAG 2007).

2.8 Híbridos Beta-Alfa

Son originarios de los Kibbutz en Israel, y están distribuidos a nivel mundial (Shaw *et al.* 2000). Son más pequeños que los tipo “holandés”, con un promedio de 8 pulgadas (aproximadamente 20 cm), y se utilizan para invernaderos. Al igual que los tipo “holandés”, tienen la cáscara delgada y se deben proteger de los insectos y la deshidratación (Johnny’s Selected Seeds 2014).

Shaw *et al.* (2000) probaron seis híbridos Beta-Alfa y tres tipo “holandés”, en tres estaciones diferentes. Sus resultados mostraron que los híbridos Beta-Alfa llegaron a cosecha en forma más precoz, y obtuvieron un rendimiento comercial mayor en todas las temporadas. También obtuvieron algunas diferencias físicas con respecto a los de tipo “holandés” que presentan arrugas o estrías en la cáscara, mientras que éstas están ausentes en los híbridos Beta-Alfa.

Shaw y Cantliffe (2001) probaron seis híbridos Beta-Alfa y dos de tipo “holandés”, en dos estaciones. Los autores encontraron que los híbridos Beta-Alfa producían de dos a tres veces más, comparado con los pepinos tipo “holandés”. Además, encontraron que en primavera, cuando las temperaturas aumentan, los

rendimientos de los híbridos Beta-Alfa se incrementaban, debido a la buena tolerancia al calor, mientras que los rendimientos de los de tipo “holandés” se mantenían constantes.

2.9 Poda

La intensificación de cultivos hortícolas, debido al corto tiempo que pasan los cultivos en invernadero, ha incrementado el uso de prácticas como la poda. Otras razones que justifican su uso son el deseo de obtener la mayor rentabilidad y el mejor aprovechamiento del espacio, utilizando distancias más estrechas. Este tipo de prácticas encausan el crecimiento y desarrollo de la planta a formas mucho más productivas y rentables (Reche 1996).

La poda de las hortalizas como el pepino se dirige a dejar uno o varios tallos, eliminando brotes, hojas, frutos y los chupones que no sean necesarios. El objetivo de la poda es obtener una mayor producción, y para ello se suprimen órganos improductivos e inútiles que entorpecen el desarrollo de la planta. También se busca conformar la planta con un número de ramas y brotes que facilite las labores culturales. La poda favorece la aireación e iluminación en el interior de la planta, y reduce la incidencia de plagas y enfermedades (Reche 1996).

La poda provoca una mayor precocidad y mayor calidad en los frutos, y conduce a obtener frutos de mejor tamaño y uniformidad. La poda se basa en que la fructificación es inversamente proporcional al desarrollo vegetativo, de esta forma se puede tener un abundante desarrollo vegetativo en detrimento de la producción, desarrollando frutos de un tamaño irregular y de escasa calidad (Reche 1996).

La poda de conformación debe dirigirse a conseguir la mejor exposición a la luz, esto porque la savia tiende a concentrarse en las partes más altas e iluminadas de la planta.

La parte radicular también se ve afectada, de esta forma el desarrollo de raíces se incrementa en función de las exigencias de la parte aérea. Una poda excesiva de ramas, hojas y brotes puede influir negativamente en el desarrollo radicular. Fisiológicamente, la planta sufre una alteración debido a un desequilibrio en la

producción normal de auxinas que se produce en los procesos de floración y fructificación. Los brotes deben ser eliminados lo antes posible para evitar la pérdida de energía en material vegetal improductivo (Reche 1996).

Las labores de poda deben realizarse con preferencia en la mañana, debido a que la cicatrización es más rápida que en horas de la tarde (Reche 1996).

2.9.1 Tipos de poda

2.9.1.1 Por el objetivo que se persigue

2.9.1.1.1 Poda de formación

Se utiliza para conformar la planta del número de ejes que se desea, según las características del sistema de producción. Se busca distribuir la savia a todos los órganos vegetativos. La poda de formación inicia desde el almácigo en algunas especies hortícolas y lo usual es que se realice a partir del trasplante. La poda de formación pretende facilitar las operaciones culturales, la recolección, tutorado, entre otras (Reche 1996).

2.9.1.1.2 Poda de producción o fructificación

Tiene como único objetivo regular y uniformizar la producción para que sea abundante y de calidad. Durante la poda de fructificación se eliminan brotes enfermos, brotes mal situados, chupones, hojas y frutos (Reche 1996).

2.9.1.2 Por los órganos que suprime

2.9.1.2.1 Poda de hojas

El exceso de hojas puede provocar un ambiente húmedo dentro del dosel, impidiendo el paso de la luz a otras hojas, flores, yemas y frutos. Generalmente se inicia por la parte inferior de la planta (Reche 1996).

2.9.1.2.2 Poda o raleo de flores

No es habitual en hortalizas como el pepino, sin embargo en algunas especies como el chile dulce suele llevarse a cabo para limitar el número de frutos y provocar un mejor llenado (Reche 1996).

2.9.1.2.3 Raleo de frutos

Se lleva a cabo para mejorar la calidad de los frutos restantes. Se suele aplicar a frutos dañados por plagas y enfermedades, deformados, recién cuajados, con gran desarrollo o en número excesivo por planta. El objetivo es mantener un número de frutos que esté de acuerdo con las características vegetativas de las plantas (Reche 1996).

2.9.1.2.4 Poda de yemas o brotes terminales

También se le llama despunte o capado del meristemo y tiene como objetivo eliminar la dominancia de la yema terminal o brote. El corte se hace en el extremo de la rama o tallo y por debajo de la yema (Reche 1996).

2.9.1.2.5 Destallados

Es la supresión de brotes en el tallo principal y en ramas laterales para estimular el crecimiento del eje principal.

Para el caso del pepino la poda se basa en formar la planta a fin de obtener la mayor producción en el tallo principal en variedades con frutos alargados. Se debe tomar en cuenta el tipo de fructificación de la planta, y ésta debe ser equilibrada, suprimiendo brotes y hojas de acuerdo con el vigor de la planta. La poda de formación depende de la variedad y la fructificación. Las variedades de floración mixta dan lugar a frutos no partenocárpicos, los cuales se recogen de tallos laterales; por el contrario, en

las variedades de frutos partenocárpicos con floración ginoica, la producción se recoge fundamentalmente en el tallo principal (Reche 2011).

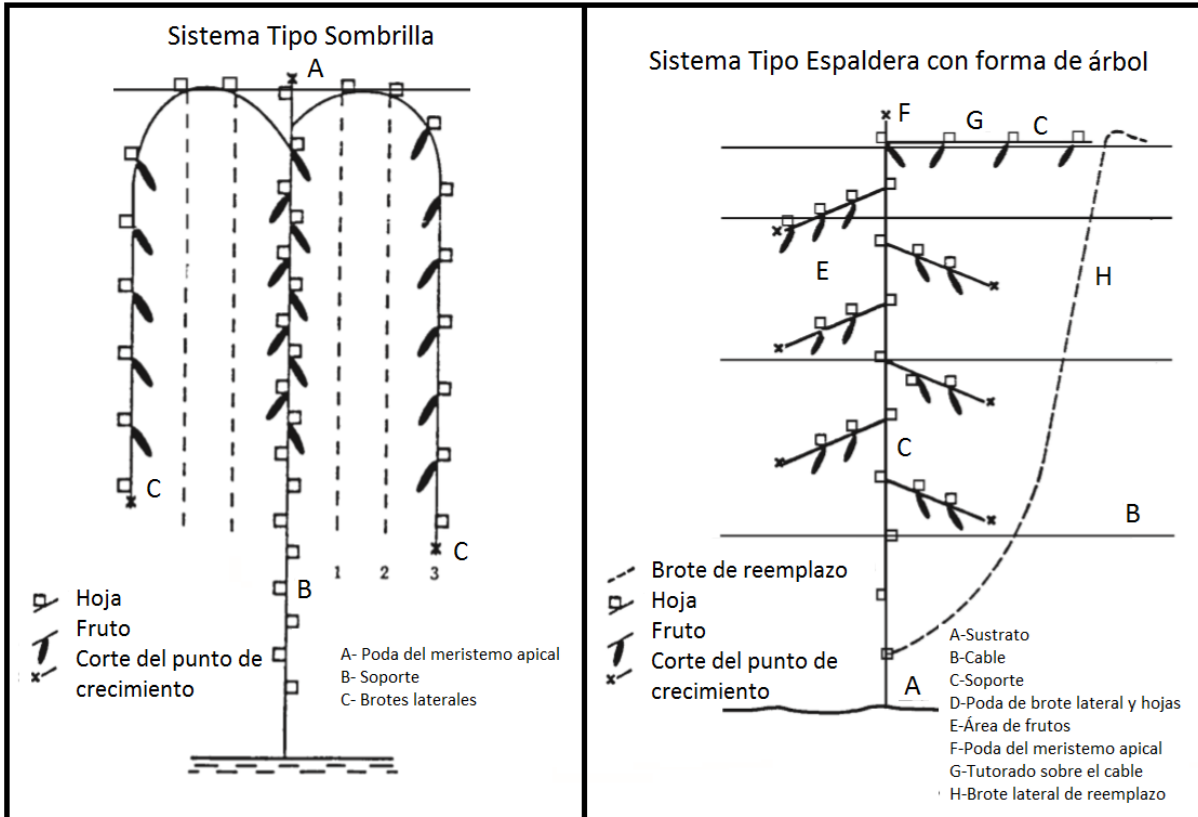
Se han realizado estudios en donde se evaluó la producción y calidad del pepino partenocárpico bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda; en dicha investigación se utilizaron tres genotipos, en donde se incluye el genotipo Modan RZ, y se usaron dos sistemas de poda. El genotipo mencionado tuvo la mayor precocidad, con 66 días después del trasplante para inicio de cosecha. La longitud, el diámetro y la firmeza del fruto se vieron afectadas por el híbrido y el sistema de poda. El genotipo Modan RZ obtuvo una longitud promedio del fruto de 23,5 cm, con un diámetro de 4,9 cm, y una firmeza de 4,8 kg/cm² (López-Elías *et al.* 2011).

2.10 Tutorado

Bajo este sistema los frutos quedan colgando y no hacen contacto con el suelo. El tutorado favorece la producción de frutos con una coloración uniforme y libre de manchas, y facilita las labores de recolección y las aplicaciones de agroquímicos (FDA 1992).

Según University of Alaska Fairbanks (2013), la planta de pepino puede ser tutorada en un sistema de cuerdas de tipo “sombrija”, el cual es más utilizado en las variedades de pepino sin semilla, y no demanda mucha mano de obra; los pepinos con semillas se comportan mejor con el sistema de tipo espaldera con forma de árbol (Figura 1).

El sistema de tipo “sombrija” es sencillo; la planta es atada a un alambre vertical, y cuando el punto de crecimiento ha llegado al punto superior, se poda el meristemo apical y todos los brotes laterales, excepto los dos últimos, los cuales van a ser tutorados por el cable superior, haciéndolos colgar hacia abajo y a cada lado del eje principal. Estos brotes laterales superiores deberán crecer hasta dos tercios de la altura total que alcanzará la planta (University of Alaska Fairbanks 2013).



*Modificado de University of Alaska Fairbanks (2013).

Figura 1. Sistema de tutorado del cultivo de pepino bajo ambiente controlado.

En el sistema de tipo espaldera, la planta se ancla a cables horizontales bien espaciados entre sí. Se podan los primeros frutos y brotes hasta la mitad de la altura total que puede alcanzar la planta. Cuando ésta ha llegado hasta el último cable, se poda el meristemo apical, y una vez cosechados los frutos del eje principal, se permite el crecimiento de todos los brotes laterales restantes. En cada brote lateral se obtendrá dos frutos y dos hojas, los cuales serán tutorados en los cables horizontales (University of Alaska Fairbanks 2013).

2.11 Cosecha

Es de forma manual, y se realiza entre los 40 a 55 días después de la siembra. Esta práctica está condicionada por el clima. Los frutos se cosechan en estado inmaduro, generalmente la fruta debe ser verde o verde oscura, de piel firme y brillante. La cosecha se debe hacer sin dañar el pedúnculo para evitar heridas y deshidratación rápida de la fruta. Los cortes deben ser de día por medio, y los frutos se deben proteger del sol y viento. La fruta no debe presentar ningún daño (Arias 2007). Según FDA (1992), la primera semana representa el 10 % del total de la cosecha, la segunda el 25 %, la tercera el 30 %, la cuarta el 20 % y la quinta el 15 %. Es recomendable hacer la recolección después de que el rocío se haya evaporado. Para los tipos “pepinillo”, la recolección se realiza diariamente, y para los tipos más grandes como los “slicer” o de tipo “holandés”, se realiza cada 2-3 días.

2.12 Rendimientos

Para el año 2012, la producción de China alcanzó las 48 048 832 toneladas, lo que implicó un aumento de la producción de casi un 52 %, en cuestión de 10 años, en dicho país, lo que corresponde a un incremento de 2,5 millones de toneladas por año (FAO 2013).

Para el año 2012 los principales productores eran China con 48 048 832 ton, seguido por Turquía (1 741 878 ton), la República Islámica de Irán (1 600 000 ton), Ucrania (1 281 788 ton), la Federación Rusa (1 020 600 ton), y Estados Unidos (901 060 ton) (FAO 2013).

Todos estos países, a pesar de ser los principales productores a nivel mundial, no son los que producen los rendimientos más altos. Según FAO (2013), el mayor rendimiento promedio en el año 2012 lo obtuvo los Países Bajos con 65 000 kg/ha. El segundo lugar lo ocupaba Islandia con un rendimiento de 55 766 kg/ha. El tercer lugar, con un rendimiento de 55 043 kg/ha, lo obtuvo el Reino Unido; en un cuarto lugar, con un rendimiento de 20 100 kg/ha, Bélgica; y por último Finlandia con 17 463 kg/ha.

En España se reportan rendimientos medios de pepino al aire libre de 25 000-30 000 kg/ha, y en ambiente protegido de 75 000-85 000 kg/ha. Para el tipo de pepino

“holandés” los rendimientos ascienden a 80 000-100 000 kg/ha, y para el tipo “francés” se reporta un rendimiento de los 50 000 a 70 000 kg/ha. Según Reche (2011), cada año en España se incrementan las exportaciones de pepino y éstas se concentran esencialmente durante la temporada de invierno, convirtiéndose en el principal exportador de pepino al resto de la Unión Europea.

Para el caso de la producción de pepino en invernadero en Costa Rica, Meneses (2013) realizó una valoración de sustratos obtenidos a partir de diferentes materias primas en el cultivo de pepino tipo “holandés” (híbrido Fuerte), en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. En este estudio la primera cosecha se realizó a los 42 días después de trasplante (ddt). Se encontró que la mayor producción de frutos categoría S, que corresponde a frutos con un tamaño entre 28,5 - 30,5 cm, se presentó en las primeras fechas de cosecha, entre los 42 y 55 ddt, y a partir de los 74 ddt se obtuvieron pocos frutos de esa categoría. Los frutos categoría M se empezaron a obtener a partir de los 40 ddt, pero el mayor peso de frutos con este tamaño se obtuvo entre los 60 y 75 ddt. La categoría de clasificación tamaño L abarca desde 33 a 35,5 cm, y ésta se incrementó a partir de los 67 ddt, y continuó con alta producción hasta las últimas cosechas.

En cuanto a rendimiento total en las pruebas realizadas por Meneses (2013), el mejor tratamiento mostró un rendimiento de 5,99 kg/planta, lo que equivale a 15,57 kg/m².

2.13 Criterios de calidad para exportación

Los pepinos deben tener la piel verde oscura, firme, intacta, sin golpes ni daños mecánicos, pudriciones o residuos químicos. En el caso de los pepinos para exportación, se empaca en cajas parafinadas con buena ventilación, y con un peso aproximado de 25 kg. Los diferentes tipos de cajas según el peso se especifican en el Cuadro 4.

Para la exportación, el pepino debe mantenerse a una temperatura de 7 a 9 °C, con 10 % de ventilación y una humedad relativa de 85 a 90 %.

Cuadro 4. Tipos de cajas de pepino para exportación, según el número de frutos por caja.

Tipo de caja	Número de frutos por caja
Super Select	68 a 72
Select	68 a 72, hasta 76
24 Cont	24
Mall	78 a 82
Plain	68 a 72, hasta 76
36 Count	36 (igual que el “24 Count”, pero de menos diámetro).

*Fuente: Arias 2007.

2.14 Tipos de pepino

Los cultivares de pepino se dividen de acuerdo a la forma de consumo en dos grupos: de consumo fresco, y de encurtidos o conservación; este último grupo tiene la característica de que los frutos son cortos o pequeños (FDA 1992).

Las casas comerciales que importan semillas de pepino a Costa Rica utilizan la denominación que se explica a continuación, para cada tipo de pepino. Esta clasificación utiliza varios criterios, entre ellos el origen para el caso de los tipos “holandés” y “francés” (también llamados europeos), y los de tipo “asiático”; otro criterio es el tamaño del fruto.

2.14.1 Holandés

Son más grandes y rondan las 14 pulgadas (aproximadamente 35 cm), su cáscara es delgada y sin espinas, dándole una excelente calidad comestible. Son cultivados principalmente en invernadero (Johnny’s Selected Seeds 2014).

2.14.2 “Slicer”

Son de piel fina. Contiene niveles bajos de cucurbitacina, un compuesto amargo presente en las cucurbitáceas que produce gases en el estómago (Johnny’s Selected Seeds 2014).

2.14.3 Asiáticos

Son espinosos, con la cutícula delgada. Son muy largos y requieren tutorado para mantener los frutos rectos (Johnny’s Selected Seeds 2014).

2.14.4 Pepinillos

Son más pequeños que el tipo “slicer”. Son más utilizados para la industria de la conservación, aunque también se utilizan para consumo fresco. Los genotipos americanos se diferencian por el aspecto, debido a que tienen relativamente pocas espinas, las cuales son largas, mientras que los genotipos europeos tienen muchas espinas cortas (Johnny’s Selected Seeds 2014).

2.15 Genotipos partenocárpicos

2.15.1 Japonés

2.15.1.1 Arioso F1

Este híbrido es muy ramificado, altamente productivo y con excelente cuajado. La piel es verde brillante, con pequeñas espinas blancas. Puede llegar a la madurez a los 34 días después del trasplante. Las frutas pueden ser cosechadas con un tamaño pequeño o mediano; los frutos de tamaño pequeño, tienen una longitud de 21 cm, 2,7 cm de diámetro, y un peso de 110-120 g, mientras que los frutos de tamaño mediano tienen una longitud de 24 cm, 3,4 cm de diámetro, y un peso de 180 g. El fruto es dulce y crujiente, óptimo para hacer ensaladas y cortar en rodajas (Known-You Seed 2015).

2.15.2 Holandés

2.15.2.1 Cumlaude RZ

Pepino largo con alta resistencia a *Cladosporium cucumerinum* (Ccu) y a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) (Rijk Zwaan 2015).

2.15.2.2 Dreamliner

Es una variedad para cultivo de verano. Esta variedad realiza primeramente un crecimiento fuerte del sistema radicular. Se desarrolla mejor en temperaturas cálidas, y tiene alto grado de resistencia a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*), y moderada resistencia al virus del mosaico del pepino (Cucumber mosaic virus, CMV) y al virus de la vaina amarilla del pepino (Cucumber vein yellowing virus, CVYV). Los frutos tienen un tamaño promedio de 32-37 cm (Enza Zaden 2015).

2.15.2.3 Híbrido Beta-Alfa 44-20-50

Este genotipo llega a su madurez a los 50 días. Su fruto tiene forma de bloque o rectangular, con un tamaño de 15 cm de longitud y 4,5 cm de diámetro. Es un tipo Beta-Alfa que tiene altos rendimientos y muy buena calidad de fruta. Los pepinos son de color verde oscuro. Posee una cavidad pequeña para las semillas, no requiere polinización, y presenta resistencia al virus del mosaico del pepino (CMV) y a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) (PanDia Seeds 2015).

2.15.2.4 Kalunga

De porte muy fuerte y altamente productivo, presenta gran adaptabilidad a las principales zonas productoras con temperaturas cálidas o períodos de verano. Los frutos tienen una longitud de 32 a 34 cm, y esta longitud se mantiene durante todo el ciclo productivo. El color del fruto es verde oscuro, con estrías ligeramente marcadas, y tiene forma recta y uniforme. Presenta producción concentrada en los primeros estadios de la cosecha. Su ciclo es de precoz a intermedio. Presenta alta resistencia a *Cladosporium cucumerinum* (Ccu) y a *Corynespora cassiicola* (Cca), y resistencia moderada a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) (Enza Zaden 2015).

2.15.2.5 Paisaje RZ

Esta variedad es un pepino largo, de uno a dos frutos por entrenudo. La planta es muy rústica, soporta diversas condiciones de cultivo, es de crecimiento fuerte y mantiene un buen color en las hojas. Las hojas son de una coloración muy oscura que simula un color azul, y esta característica le da cierto grado de resistencia a mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Los frutos son de color verde oscuro, y tienen un estriado muy marcado. Su pedúnculo es corto y redondeado. Presenta alta resistencia a *Cladosporium cucumerinum* (Ccu) y a *Corynespora cassiicola* (Cca), y resistencia intermedia a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) y al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) (Rijk Zwaan 2015).

2.15.2.6 Roxinante

Pepino de tipo americano. La planta es de vigor medio con entrenudos cortos. La producción es muy elevada y precoz, y los frutos son cilíndricos, de un color verde oscuro, y muy uniforme en tamaño (20 a 22 cm). Variedad 100 % ginoica y con alto porcentaje de pepinos de primera calidad (All-Biz 2015).

2.15.3 Francés

2.15.3.1 Modan RZ

Esta variedad presenta una planta abierta, con un fruto por axila, el cual es espinoso y de color oscuro, y con un tamaño de aproximadamente 22 cm de longitud. Presenta alta resistencia a *Cladosporium cucumerinum* (Ccu) y a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*), y una resistencia intermedia al virus del mosaico del pepino (CMV) y al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) (Rijk Zwaan 2015).

2.15.4 “Slicer”

2.15.4.1 Corinto

Planta de crecimiento rápido y muy generativa. Es una variedad muy adaptable, y el tallo se desarrolla rápidamente mientras los brotes se mantienen podados. Los

frutos son de piel delgada y suave, con un tamaño de 20-22 cm y presenta resistencia intermedia a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*), al virus del mosaico del pepino (CMV) y al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) (Enza Zaden 2015).

2.15.4.2 Macario

La planta es de hábito de crecimiento fuerte, de maduración precoz. Los frutos presentan entre 21 a 24 cm de longitud, de forma cilíndrica, y su cavidad es pequeña, lo que le da una buena vida de anaquel. Los frutos son de sabor dulce y con espinas ligeramente marcadas. Su sabor no es amargo, y tiene amplia adaptabilidad a los cambios de temperatura de calor a frío, soportando bien el estrés. Presenta una alta capacidad de rebrote. Tiene alta resistencia a *Cladosporium cucumerinum* (Ccu), y resistencia intermedia a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*), al virus del mosaico del pepino (CMV) y al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) (Enza Zaden 2015).

2.15.4.3 Paraíso

Es una variedad equilibrada y ampliamente adaptable, con altos rendimientos y alta calidad de fruta, la cual tiene forma, color y tamaño uniforme, y mantiene el brillo aún durante el almacenamiento. Es una variedad para invernadero, con frutos de 22-24 cm de longitud. Tiene resistencia intermedia a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) y al virus del mosaico del pepino (CMV), al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) y al virus del enanismo o trastorno amarillo del pepino (Cucurbit yellow stunting disorder virus, CYSDV) (Enza Zaden 2015).

2.15.4.4 Primavera

Es de tipo americano, con larga vida en anaquel. La estructura de la planta es semiabierta, fuerte y precoz. La fruta es de color verde intenso, y este híbrido concentra la producción en tamaños súper selectos, muy uniformes, con baja presencia de espinas, y con un tamaño de 20-24 cm de longitud. Su alta tolerancia a la cenicienta (mildíu polvoso) permite disminuir costos de producción por aplicaciones de agroquímicos. Presenta resistencia intermedia a *Podosphaera xanthii* (ex.

Sphaerotheca fuliginea), al virus del mosaico del pepino (CMV) y al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) (Enza Zaden 2015).

2.15.5 Pepinillo

2.15.5.1 Híbrido Beta-Alfa 22-20-782

Pepino Beta-Alfa de vigor medio, con múltiples frutos uniformes, los cuales son de forma cilíndrica, de color verde oscuro, de 16-18 cm de longitud. Es tolerante a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) (PanDia Seeds 2015).

2.15.5.2 Híbrido Beta-Alfa 22-20-783

Híbrido tipo Beta-Alfa de vigor moderado, con múltiples frutas cilíndricas, muy uniformes, de color verde oscuro, con un tamaño de 15-17 cm de longitud. Es tolerante a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*) (PanDia Seeds 2015).

2.15.5.3 Katrina

Los frutos son compactos y múltiples. La resistencia a oídio (mildiú polvoso) es excelente, y la producción es continua y de alto nivel. Los frutos son brillantes y de larga vida en anaquel. Los pepinos tienen una longitud de 16-17 cm. Presenta alta resistencia a *Cladosporium cucumerinum* (Ccu), y moderada resistencia a *Podosphaera xanthii* (ex. *Sphaerotheca fuliginea*), al virus del mosaico del pepino (CMV) y al virus de la vaina amarilla del pepino (CVYV) (Enza Zaden 2015).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio y ubicación geográfica

El proyecto se realizó en el invernadero del Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM), ubicada a 883 msnm, y situada a 10° 1' latitud Norte y 84° 16' longitud Oeste, en el distrito San José del cantón Central de la provincia de Alajuela, 2 km oeste de la iglesia católica en Barrio San José, carretera a Atenas (Figura 2).

El promedio de precipitación anual es de 1837,7 mm, distribuidos de mayo a noviembre, y el promedio anual de temperatura ambiente es de 23,9 °C; la temperatura máxima es de 29 °C, y la mínima es de 18,8 °C. La humedad relativa promedio anual es de 80 % (IMN 2015).

3.2 Caracterización biofísica de la región

La ciudad de Alajuela se encuentra a 10° latitud norte, en la Zona Intertropical del planeta, su altitud es de 960 msnm. Se ubica en una llanura aluvial de la vertiente al Océano Pacífico, entre los ríos Ciruelas y Alajuela (Municipalidad de Alajuela 2012).

La oscilación térmica diaria es aproximadamente de 10 °C. Las temperaturas más bajas del año pueden alcanzar 15 °C entre diciembre y febrero, y las más altas 32 °C entre marzo y mayo (Municipalidad de Alajuela 2012).

Según la Municipalidad de Alajuela (2012), este cantón tiene una altitud que va desde los 510 msnm a los 1470 msnm. El cantón Central de Alajuela presenta la mayor extensión destinada para cultivos de la Gran Área Metropolitana (GAM), con un 4,4 % del total de área cultivada de Costa Rica. Las hortalizas provenientes del cantón de Alajuela se comercializan en mayor cantidad en el Centro Nacional de Abastecimiento y Distribución de Alimentos (CENADA).



Figura 2. Localización de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno.

3.3 Características del invernadero

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero modelo XR de la marca Richel (Francia), tipo multicapilla, de plástico, con ventilación cenital automática. Este invernadero posee una ubicación de Este a Oeste y cuenta con las siguientes dimensiones: 55 m de largo y 40 m de ancho.

El invernadero de la EEAFBM está construido con materiales de metal y plástico (Figura 3). Posee tres puertas con espacios intermedios entre el interior y el exterior, para la desinfección de personal y equipo. El suelo está cubierto por un tejido plástico color negro. El invernadero posee un sistema de riego equipado con cuatro tanques de 2500 litros, y una bomba con un controlador de riego marca iGrow 1400.



*Fuente: Chacón 2015.

Figura 3. Invernadero de tipo multicapilla de la EEAFBM.

3.4 Diseño del muestreo

Debido a que las condiciones ambientales en el invernadero para todos los tratamientos fueron homogéneas, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un solo factor que representa los 15 genotipos a evaluar, con cuatro unidades experimentales por genotipo. Cada unidad experimental estuvo compuesta por dos sacos de fibra de coco con cuatro plantas cada uno. En total se evaluaron ocho plantas por repetición.

3.5 Población objetivo y tamaño de la unidad experimental

Se evaluaron 15 genotipos diferentes. Cada genotipo contó con cuatro repeticiones para un total de 60 unidades experimentales (120 sacos). Cada unidad experimental dispuso de dos sacos de fibra de coco, con cuatro plantas cada uno. Todas las plantas fueron evaluadas.

3.6 Diseño experimental

$$Y_{ij} = \mu + G_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = es la característica de rendimiento o calidad

μ = es la media general del experimento

G_i = es el efecto del genotipo

ε = es el error aleatorio asociado a la respuesta Y_{ij}

3.7 Asignación de sujetos a los grupos

La selección de los tratamientos se realizó completamente al azar. Se contó con un espacio de 12 hileras con 14 sacos cada una. Se utilizaron las dos hileras laterales, y un saco en cada extremo de cada hilera, como bordes de las parcelas. La distribución en el invernadero se estableció como se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos en el invernadero de la EEAFBM.

G ₃ R ₃	G ₅ R ₁	G ₈ R ₁	G ₁₁ R ₄	G ₁₁ R ₁	G ₁₅ R ₂	G ₃ R ₄	G ₄ R ₄	G ₁₁ R ₃	G ₁ R ₁
G ₅ R ₃	G ₁ R ₃	G ₅ R ₂	G ₉ R ₃	G ₂ R ₂	G ₁₄ R ₄	G ₄ R ₂	G ₁₀ R ₃	G ₁₅ R ₄	G ₅ R ₄
G ₁₁ R ₂	G ₆ R ₃	G ₁₃ R ₄	G ₂ R ₁	G ₁₂ R ₂	G ₁₀ R ₁	G ₁₃ R ₁	G ₁₀ R ₂	G ₁₄ R ₁	G ₃ R ₂
G ₁₂ R ₃	G ₁₂ R ₁	G ₈ R ₂	G ₁₄ R ₃	G ₁₃ R ₃	G ₁₃ R ₂	G ₆ R ₁	G ₁₅ R ₁	G ₇ R ₁	G ₄ R ₁
G ₁₄ R ₂	G ₂ R ₃	G ₁ R ₂	G ₉ R ₁	G ₁₅ R ₃	G ₃ R ₁	G ₆ R ₄	G ₈ R ₄	G ₇ R ₂	G ₉ R ₂
G ₆ R ₂	G ₇ R ₃	G ₈ R ₃	G ₁ R ₄	G ₇ R ₄	G ₂ R ₄	G ₄ R ₃	G ₁₂ R ₄	G ₁₀ R ₄	G ₉ R ₄

3.8 Tratamientos

Se sembraron 15 genotipos híbridos de pepino partenocárpico, en condiciones hidropónicas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Genotipos de pepino evaluados en la EEAFBM.

Tratamiento	Genotipo	Tipo de pepino
1	22-20-782	Beta-Alfa "Slicer"
2	22-20-783	Beta-Alfa "Slicer"
3	44-20-50	Beta-Alfa Holandés
4	Arioso F1	Japonés
5	Corinto	"Slicer"
6	Cumlaude RZ	Holandés
7	Dreamliner	Holandés
8	Kalunga	Holandés
9	Katrina	Mini Pepinillo
10	Macario	"Slicer"
11	Modan RZ	Francés
12	Paisaje RZ	"Blue leaf" Holandés
13	Paraíso	"Slicer"
14	Primavera	"Slicer"
15	Roxinante	Holandés

3.9 Procedimiento

Los 15 genotipos se establecieron en almácigo durante la época seca. Las semillas fueron sembradas el 27 de enero de 2015 en la empresa ALMATROPIC S. A., ubicada en San Rafael de Alajuela. Se utilizaron bandejas de 98 celdas y turba ("peat moss") como sustrato. El trasplante se realizó el día 9 de febrero de 2015, a los 13 días después de la siembra, cuando las plántulas tenían una hoja verdadera. El período de

cultivo abarcó desde el 9 de febrero hasta el 14 de mayo de 2015, es decir, hasta los 94 días después del trasplante (ddt).

Se preparó el invernadero en cuanto a desinfección, sistema de riego, sistema de soporte, sacos de fibra de coco, fertiirrigación, y productos necesarios para el control de plagas y enfermedades.

Se estableció una estación de monitoreo de riego en donde se midió el volumen de líquido vertido en el drenaje y el volumen de solución nutritiva emitida por el gotero, para obtener un porcentaje de drenaje de 30 % (Figura 4). Cuando el cultivo lo requirió se hicieron modificaciones en los tiempos de riego para alcanzar este porcentaje de drenaje.

Se estableció una densidad de 25,974 plantas/ha, que corresponde a una distancia entre hileras de 1,54 m, y una distancia entre plantas de 25 cm (4 plantas por saco), y se realizó un manejo a un tallo por planta.



*Fuente: Chacón 2015.

Figura 4. Área de cultivo y estación de monitoreo de drenaje.

El área total del ensayo abarcó 258,72 m². Las labores de deshijas y deshojas se realizaron en forma rutinaria. Se eliminaron las hojas bajas semanalmente. Se dejó una hoja por debajo del fruto hasta que la planta alcanzó el cable de soporte

superior. Cuando la planta lo requirió, se realizaron los amarres correspondientes con el fin de mantener la planta creciendo en forma vertical.

La fertilización se realizó con un sistema de fertirriego, realizándolo en tres etapas diferentes dependiendo de la fenología del cultivo. La fertilización utilizada se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Programa de fertirriego utilizado en la EEAFBM para la producción de 15 genotipos de pepino partenocárpico.

Etapa del cultivo	Concentración del nutriente (mg/l)												
	*N-NO ₃	*N-NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	Mo	B
0-15 ddt	150	0	53	240	165	40	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8
15-30 ddt	161	0	53	265	175	50	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8
30 ddt en adelante	172,5	0	53	290	175	55	50	0,16	2,9	0,3	0,6	0,9	0,8

*En caso de requerir un ajuste del pH del sustrato la relación NO₃:NH₄ puede variar.

Una vez establecida la plantación, se podaron y eliminaron los primeros cuatro frutos de cada planta, con el fin de lograr una cosecha mucho más uniforme.

Se recopilaron datos de las condiciones del clima y el ambiente (temperatura, humedad relativa y radiación PAR) dentro del invernadero. Estos datos fueron registrados diariamente por medio de sensores y equipo especializado.

El control de plagas y enfermedades se realizó dependiendo de la incidencia de las mismas, y se utilizaron productos químicos y biológicos recomendados para esta labor, así como trampas pegajosas y repelentes. En el Cuadro 8 se muestran las diferentes aplicaciones realizadas durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 8. Aplicaciones foliares realizadas a 15 genotipos de pepino partenocárpico en la EEAFBM.

Momento de aplicación (ddt)	Nombre comercial del agroquímico	Dosis	Fecha de aplicación	Plaga a combatir
1	Confidor	2 g/l	10 febrero	Mosca blanca (<i>Bemisia</i> sp.)
4	Tedion + Relámpago	2 ml/l 0,5 ml/l	13 febrero	Arañita roja (<i>Tetranychus</i> spp.)
17	Bemix + Aramite	1 ml/l 3 ml/l	26 febrero	Mosca blanca (<i>Bemisia</i> sp.)
25	Biovit + Stimulate	300 ml/ha 0,5 l/ha	6 marzo	Fertilizante foliar
33	Afungil + Cycosin + Previcur	1,5 g/l 0,5 kg/ha 2,5 ml/l	14 marzo	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-cucumerinum</i>
38	<i>Isaria fumosorosea</i> + Solution + Spintor + Aceite de neem	15 l/ha 15 l/ha 1,5 ml/l 0,75 %	19 marzo	Mosca blanca (<i>Bemisia</i> sp.)
49	Afungil + Carrier + Cycosin + Previcur	1,5 g/l 2,5 ml/l 0,5 kg/ha 2,5 ml/l	1 abril	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-cucumerinum</i>
55	Amistar + Rally	1 g/l 0,6 g/l	7 abril	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>
62	Acaristop + Bellis + Carrier + Relámpago	0,3 ml/l 1 g/l 0,3 ml/l 0,5 ml/l	14 abril	<i>Sphaerotheca fuliginea</i> , mosca blanca (<i>Bemisia</i> sp.) y arañita roja (<i>Tetranychus</i> spp.)
71	Afungil + Cycosin + Previcur + Biovit + Stimulate + Biozyme	1,5 g/l 0,5 kg/ha 2,5 ml/l 300 ml/ha 300 ml/ha 0,5 l/ha	23 abril	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>radicis-cucumerinum</i> , y fertilizante foliar

3.10 Variables evaluadas

Se midieron los siguientes parámetros:

- 1) **Longitud promedio del fruto (cm):** se midió la longitud de 20 frutos de cada categoría de calidad por parcela y se obtuvo el promedio general.
- 2) **Diámetro promedio del fruto (cm):** se midió el diámetro en la parte media de 20 frutos de cada categoría de calidad por parcela y se obtuvo el promedio general.
- 3) **Presencia de espinas:** se determinó en forma cualitativa la presencia de espinas en cada genotipo mediante las siguientes categorías: ausencia de espinas; cantidad intermedia de espinas; muchas espinas.
- 4) **Edad al inicio de la cosecha:** en días después del trasplante (ddt), en donde se realizó un conteo de días a partir de la fecha del trasplante hasta el primer corte de frutos de cada tratamiento.
- 5) **Número de frutos por planta:** se contabilizó el número total de frutos por parcela, y se dividió entre el número de plantas de la parcela.
- 6) **Peso promedio del fruto (g):** se midió el peso del total de frutos producidos en cada parcela, y se dividió entre el número total de frutos por parcela.
- 7) **Rendimiento por planta (g/planta):** se midió el peso del total de frutos producidos en cada parcela, y se dividió entre el número de plantas por parcela.
- 8) **Rendimiento por área (ton/ha y kg/m²):** se estimó a partir del rendimiento por planta (g/planta) y de la densidad de siembra.
- 9) **Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix):** se midió el porcentaje de sólidos solubles totales de la parte media (pulpa y placenta) de 20 frutos de cada categoría de calidad por parcela, y se obtuvo el promedio general.

El peso de los frutos se determinó por medio de una balanza electrónica marca Ocony, modelo UWE HGM, con una capacidad total de 20 kg, y una incertidumbre de 1 g.

La longitud se determinó con una cinta métrica marca Assist, modelo 32G-8025, con una capacidad de 8,0 m y una incertidumbre de 0,1 cm.

El diámetro de los frutos se determinó con un calibrador digital marca Mitutoyo, modelo CD, con una capacidad de 15,00 cm y una incertidumbre de 0,01 cm.

El porcentaje de sólidos solubles totales se midió con un refractómetro manual marca Boeco, con una capacidad de 0-32 °Brix, y una incertidumbre de 0,2 °Brix.

Las evaluaciones se hicieron de forma semanal, generalmente los días jueves durante las primeras horas de la mañana; los frutos fueron trasladados al laboratorio en bolsas plásticas debidamente rotuladas según el tratamiento.

Se clasificó la cosecha en tres categorías de calidad, que se describen a continuación:

Primera: Frutos rectos, sin deformaciones y sin daños.

Segunda: Frutos con deformaciones leves y/o con daños que abarquen un área máxima de 1 cm².

Rechazo: Frutos con deformaciones severas y/o con daños que abarquen un área mayor a 1 cm².

Se consideró como rendimiento comercial la suma de las categorías de primera y segunda calidad, y como rendimiento biológico la suma de las tres categorías de calidad.

3.11 Programa estadístico

Se utilizó el programa estadístico Infostat/E ® (Di Rienzo *et al.* 2014) para el análisis de cada una de las variables. Se utilizó una significancia de 5 % para el análisis de los datos.

3.12 Pruebas estadísticas utilizadas

El análisis de las variables cuantitativas se realizó con la técnica de Modelos Lineales, Generales y Mixtos para la comparación entre los tratamientos evaluados (interacción entre factores y efectos principales). Se realizó una comprobación de los supuestos de normalidad y heterocedasticidad, por medio del análisis de residuos. La comparación entre tratamientos dos a dos se ejecutó a través de la Prueba de Comparación Múltiple de Bonferroni. Se corrigió la heterocedasticidad con la transformación Varident para la variable genotipo. Una vez realizada la transformación de los datos, los criterios de información AIC y BIC fueron menores para todas las variables evaluadas. Se utilizó la prueba de Bonferroni con una significancia de 0,05 para identificar las diferencias entre medias de los tratamientos.

Se realizó una exploración de la información por medio de un análisis de correlación de Pearson para encontrar relaciones significativas entre las diferentes variables evaluadas.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los primeros días de marzo de 2015, cuando el cultivo alcanzó los 22 ddt, se detectaron plantas del genotipo 44-20-50 con síntomas de marchitez; se observó que las mismas tenían pequeñas gotas o masas de esporas, de color anaranjado en la base del tallo. Se procedió a tomar muestras para hacer un raspado y observar las estructuras al microscopio. Se detectaron esporas y conidios que posiblemente pertenecían a los signos de dos hongos diferentes. Para el 13 de marzo todas las plantas de este genotipo estaban totalmente marchitas, muy posiblemente por un ataque del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, en una asociación con el hongo *Pythium* sp. Existen reportes que indican sospechas o evidencias de que el primer hongo mencionado se puede transmitir por semilla (Punja *et al.* 1998; Cerkauskas 2001), por lo que se procedió a eliminar dichas plantas, y se realizó una aplicación preventiva con tres fungicidas sistémicos para los demás genotipos, el día 14 de marzo de 2015, y luego se realizaron otras dos aplicaciones (ver Cuadro 8). La semilla correspondiente al genotipo 44-20-50 no estaba previamente tratada con fungicidas. Por lo tanto, todos los resultados se presentan únicamente para los 14 genotipos restantes.

4.1 Condiciones ambientales

4.1.1 Temperatura

En la Figura 5 se presentan los datos de temperatura promedio y máxima (diurna y nocturna) dentro del invernadero durante la realización del experimento. Para el caso del promedio de temperatura diurna, los valores se encuentran en un rango que va desde los 26 °C a los 33 °C.

La temperatura máxima diurna se encuentra en un rango entre 33-41 °C, lo que evidencia la alta radiación que presenta la zona donde se encuentra ubicada la EEAFBM.

Para el caso de la temperatura mínima nocturna, los valores no superaron los 23 °C, y el cultivo se mantuvo generalmente alrededor de 20-22 °C. La temperatura mínima nocturna osciló entre 14-23 °C.

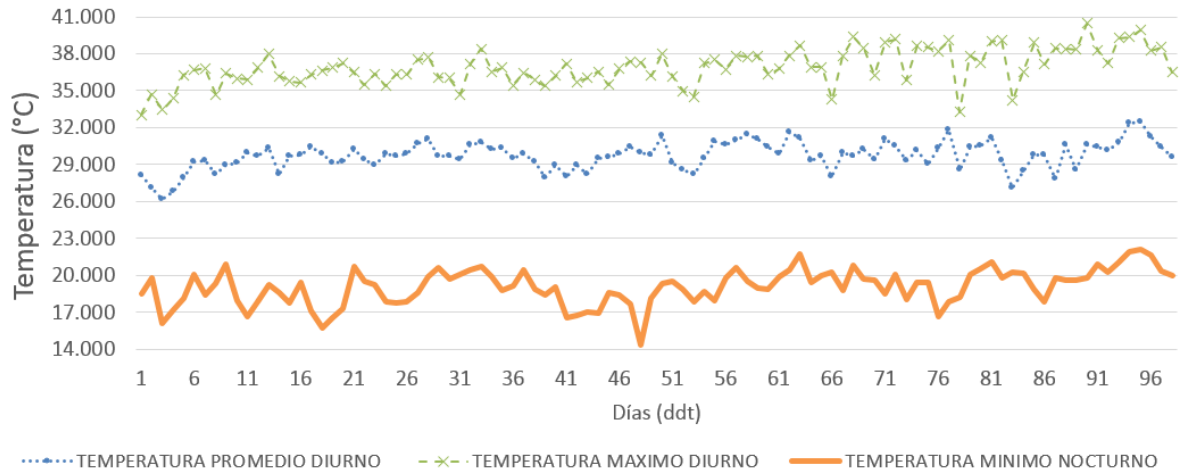


Figura 5. Temperatura promedio y máxima (diurna y nocturna) en el invernadero de la EEAFBM.

La temperatura mínima durante el experimento fue de 14 °C y la máxima de 41 °C, aproximadamente. El pepino es sensible a cambios drásticos de temperatura, en oscilaciones superiores a los 8 °C. Las bajas temperaturas nocturnas pudieron afectar negativamente la calidad de los frutos y la productividad, debido a malformaciones en las hojas y frutos (MAG 2007; Fersini y Hayase 1973, citados por FDA 1992).

La fotosíntesis es un proceso muy sensible al estrés en cualquier etapa de crecimiento. En plantas C₃ la fotosíntesis disminuye considerablemente a medida que aumenta la temperatura, pues se favorece el proceso de respiración, por lo que la fotosíntesis disminuye. El fotosistema II y la permeabilidad de la membrana tilacoidal son afectados negativamente, mientras que la actividad del fotosistema I se ve estimulada. El estrés por calor puede causar un declive en la asimilación de carbono por la planta. De la misma forma, la acumulación de azúcares en las hojas se puede

ver inhibida debido a una disminución de transporte del floema hacia las partes superiores de la planta (Madhava *et al.* 2006).

El estrés por calor puede afectar negativamente el metabolismo de los reguladores del crecimiento de la planta de pepino. El ácido abscísico (ABA) es una fitohormona que juega un papel importante en la respuesta adaptativa o de protección de la planta ante condiciones ambientales no favorables como el estrés por calor. El efecto de alta temperatura sobre el contenido de ABA fue estudiado por Talanova *et al.* (2003), quienes concluyeron que el contenido de ABA en la planta de pepino aumenta bajo el efecto de alta temperatura.

4.1.2 Humedad relativa

En la Figura 6 y 7 se muestra el comportamiento de la humedad relativa dentro del invernadero de la EEAFBM durante el desarrollo de esta investigación. Se puede observar que durante el día, la humedad relativa promedio es menor (36-70 %) que durante la noche (50-90 %).

La mayor parte del ciclo de cultivo, la humedad relativa promedio diurna se encontró por debajo de 50 % (Figura 6). En algunos días la humedad relativa mínima diurna alcanzó valores por debajo del 30 %, lo que pudo haber afectado el desarrollo del cultivo, dado que el pepino es una planta con altos requerimientos de humedad relativa y su valor óptimo se encuentra entre 60-70 % (Arias 2007). Otros reportes indican que una baja humedad y altas temperaturas aumentan la cantidad de frutos amargos (FDA 1992).

Según Haifa (2014), una alta humedad relativa favorece el crecimiento de la planta, no obstante el cultivo se puede ajustar a condiciones de humedad media e incluso baja. El cultivo de pepino es muy sensible a cambios drásticos o variaciones frecuentes de humedad relativa.

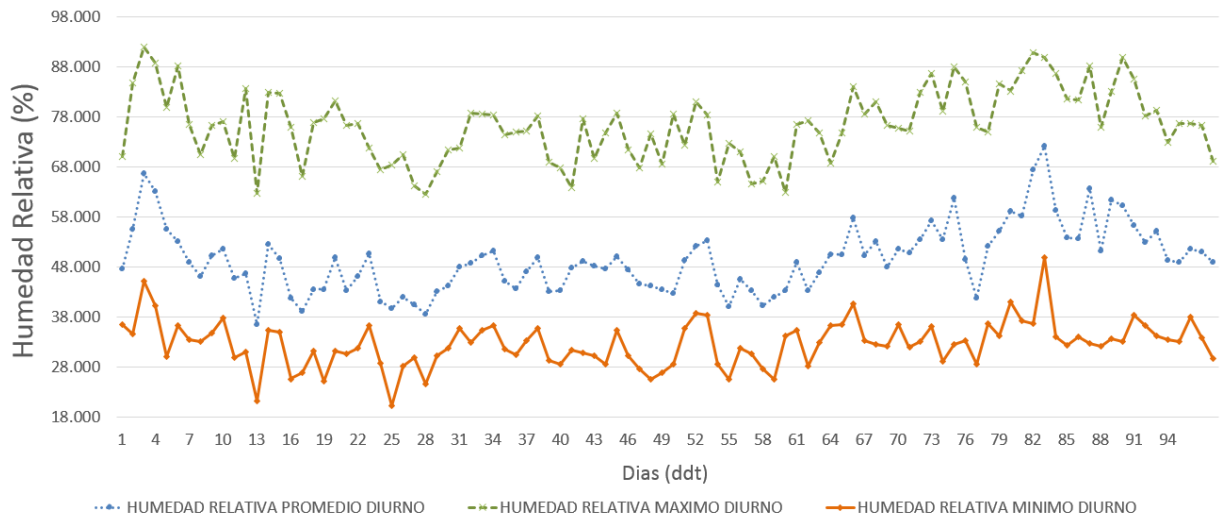


Figura 6. Humedad relativa diurna promedio, mínima y máxima en el invernadero de la EEAFBM.

Una baja humedad relativa favorece el crecimiento de enfermedades como el mildiú polvoso y el desarrollo de plagas como los ácaros, mientras que una alta humedad relativa puede afectar la transpiración desencadenando un inadecuado transporte y absorción de nutrientes como el calcio (Haifa 2014).

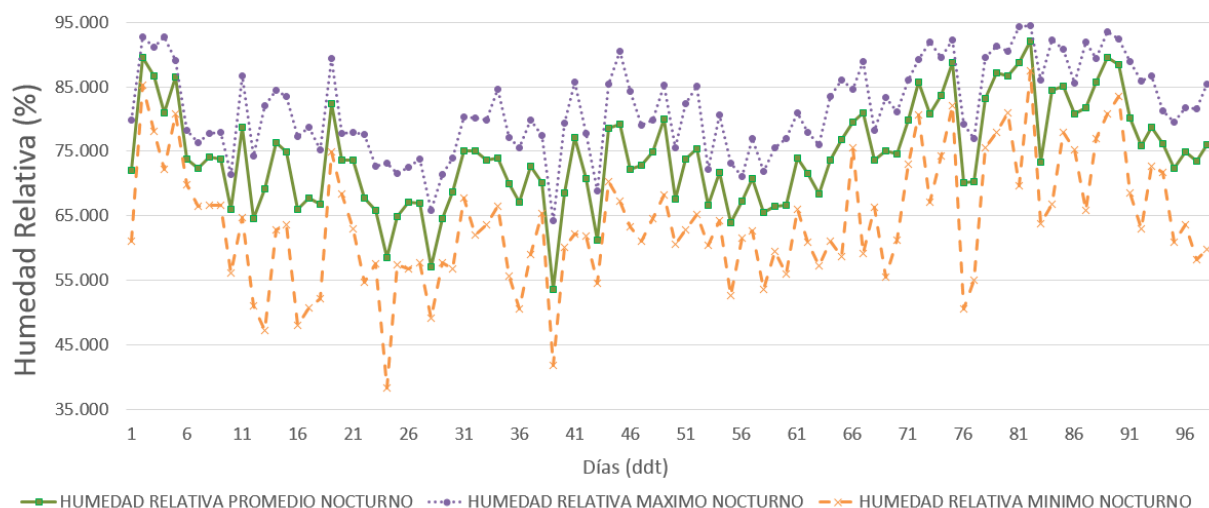


Figura 7. Humedad relativa nocturna promedio, mínima y máxima en el invernadero de la EEAFBM.

Durante las noches la humedad relativa máxima se mantuvo en valores por encima de 65 % (Figura 7), mientras que la mínima alcanzó en algunos casos valores por debajo de 45 %. La humedad relativa nocturna óptima para el cultivo de pepino es de 70-90 % (Arias 2007).

4.1.3 Radiación PAR

En la Figura 8 se muestra el comportamiento de la radiación PAR dentro del invernadero de la EEAFBM durante el desarrollo de esta investigación. La radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa) es la cantidad de radiación que es capaz de producir actividad fotosintética en una planta; el rango de longitud de onda está entre los 400 hasta los 700 μm .

Según Haifa (2014), el crecimiento de las plantas y la fijación de hidratos de carbono dependen de la luz. Una baja disponibilidad de luz limita la productividad debido a que los hidratos de carbono disponibles en la planta se gastan durante el proceso de respiración. Por el contrario un aumento en la intensidad de luz beneficia el

cultivo, siempre y cuando las plantas tengan suficiente agua, nutrientes, dióxido de carbono, y que la temperatura no sea demasiado alta.

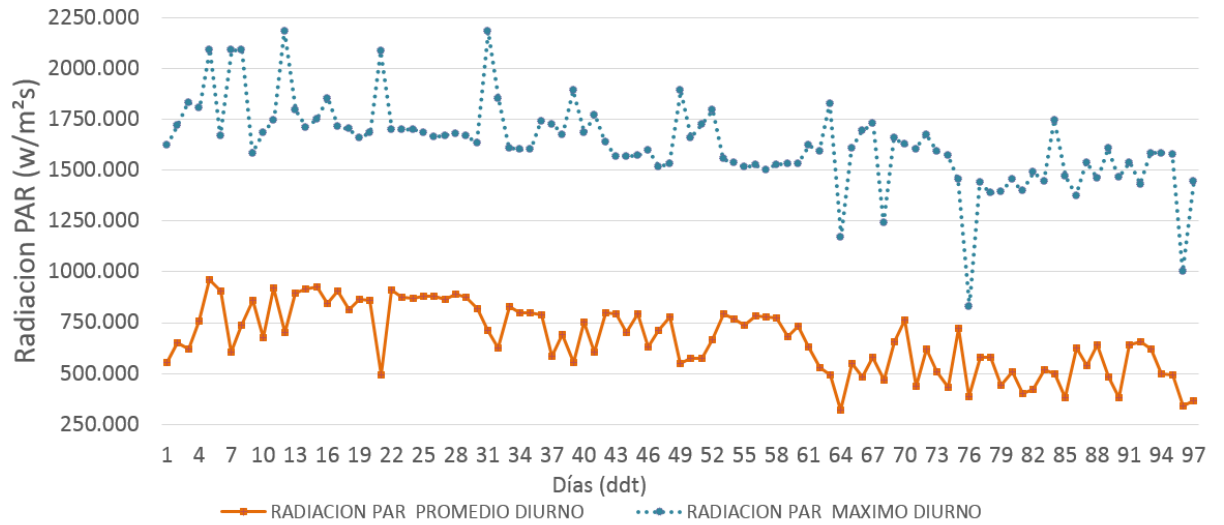


Figura 8. Radiación PAR diurna (promedio y máxima) en el invernadero

de la EEAFBM.

El cultivo completa su ciclo inclusive en días con menos de 12 horas luz; sin embargo, a mayor radiación, mayor será la producción (Arias 2007, MAG 2007).

4.2 Variables morfológicas

4.2.1 Longitud del fruto

En el Cuadro 9 se presentan las medias de longitud del fruto de los diferentes genotipos evaluados. Se encontraron diferencias significativas que básicamente dividen los genotipos en tres grupos bien marcados, los cuales concuerdan con los tipos de pepino al cual pertenecen cada uno.

El primer grupo, con los valores de longitud más altos (entre 32,97 y 35,77 cm) está representado por los pepinos tipo “holandés”, donde el genotipo Roxinante obtuvo la mayor longitud de fruto.

El genotipo tipo “japonés” Arioso F1 se comporta como un pepino tipo “holandés” en cuanto a esta variable, con un valor de 31,58 cm.

En el segundo grupo se observan los pepinos tipo “slicer” y “francés”, donde los genotipos Macario, Modan RZ y Paraíso obtuvieron los valores de longitud más altos (cercaos a 23,5 cm en promedio).

Todos los genotipos tipo “slicer” presentan datos que concuerdan con lo reportado por cada casa comercial para esta variable. Para el caso del genotipo tipo “francés” Modan RZ, se encontró que puede alcanzar una longitud mayor (23,42 cm) con respecto a lo reportado por Rijk Zwaan (2015), que es 22 cm; este genotipo se considera como un tipo “slicer” debido a que mantiene características similares en cuanto a longitud del fruto y tipo de cáscara del mismo.

El tercer grupo lo conforman los pepinos de tipo “pepinillo”. Los tres genotipos presentan valores de longitud más altos que lo reportado por las casas comerciales, y pueden alcanzar valores de longitud de 17-18 cm en promedio. PanDia Seeds (2015) reporta valores de 15-17 cm para el genotipo 22-20-783, sin embargo este fue el genotipo que alcanzó mayor longitud (18,40 cm), e incluso puede llegar a comportarse de forma similar a un tipo “slicer” como el genotipo Corinto.

Este aumento en la longitud de los frutos, en comparación con los datos reportados por las empresas productoras de los híbridos, podría estar relacionado con las altas temperaturas que alcanza el invernadero durante el día.

Cuadro 9. Longitud promedio del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Longitud del fruto (cm)</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Roxinante</i>	35,77	0,91	a
<i>Cumlaude RZ</i>	34,47	1,01	a
<i>Paisaje RZ</i>	33,82	1,11	a
<i>Kalunga</i>	33,55	0,77	a
<i>Dreamliner</i>	32,97	1,27	a
<i>Arioso F1</i>	31,58	0,85	a
<i>Macario</i>	23,84	0,99	b
<i>Modan RZ</i>	23,42	0,60	b
<i>Paraíso</i>	23,32	0,68	b
<i>Primavera</i>	22,95	0,67	b
<i>Corinto</i>	21,11	0,65	b c
<i>22-20-783</i>	18,40	0,54	c d
<i>22-20-782</i>	18,10	0,34	d
<i>Katrina</i>	17,82	0,41	d
Media general	26,51	0,77	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Otro aspecto importante es que la longitud, y por consiguiente el peso promedio del fruto, se incrementó conforme fue avanzando el ciclo del cultivo, y conforme aumentó la temperatura del invernadero. Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Meneses (2013).

4.2.2 Diámetro del fruto

Se encontraron diferencias significativas entre los diámetros de los diferentes genotipos. El rango de diámetro va desde los 42,49 mm en los pepinillos hasta los 50,09 mm en los pepinos de tipo “holandés” (Cuadro 10).

En cuanto a los pepinos de tipo “slicer” y “francés”, el diámetro promedio va desde 48,59 mm hasta 50,04 mm, y no hay diferencias significativas entre ellos.

El genotipo con menor diámetro fue el 22-20-782, con valor promedio de 42,49 mm; sin embargo, este valor es estadísticamente similar al de algunos genotipos tipo “francés” o “slicer”, como el Modan RZ y el Macario, e inclusive es similar también al de algunos pepinos tipo “holandés” como los genotipos Paisaje RZ, Roxinante y Dreamliner. Este comportamiento pudo generarse debido a que la cosecha se hizo una

vez por semana (en vez de dos o más veces por semana), por lo que algunos frutos pudieron crecer suficientemente hasta alcanzar un valor alto para esta variable.

Cuadro 10. Diámetro promedio del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Diámetro del fruto (mm)</i>	<i>Error Estándar</i>			
<i>Kalunga</i>	50,09	1,13	a		
<i>Corinto</i>	50,04	1,70	a	b	
<i>Paraíso</i>	49,97	1,67	a	b	
<i>Primavera</i>	49,96	1,41	a	b	
<i>Arioso F1</i>	49,68	1,01	a	b	
<i>Cumlaude RZ</i>	49,58	1,12	a	b	
<i>Macario</i>	48,95	2,44	a	b	c
<i>Modan RZ</i>	48,59	1,46	a	b	c
<i>Dreamliner</i>	47,68	1,32	a	b	c
<i>Roxinante</i>	47,41	0,98	a	b	c
<i>Paisaje RZ</i>	46,60	1,14	a	b	c
<i>22-20-783</i>	43,81	0,79		b	c
<i>Katrina</i>	43,26	0,98		b	c
<i>22-20-782</i>	42,49	0,65			c
<i>Media general</i>	47,72	1,27			

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Genotipos como Corinto y Paraíso alcanzan altos valores de diámetro en pocos días, por lo que se recomienda cosechar estos genotipos al menos dos veces por semana. Los frutos extremadamente gruesos no son tan apetecidos en el mercado nacional debido a que se consideran que están muy avanzados en el grado de madurez del fruto. El consumidor prefiere pepinos rectos, no muy gruesos y con poca madurez.

4.2.3 Presencia de espinas en el fruto

Básicamente la presencia de espinas está asociada al tipo de cáscara de cada genotipo. Los pepinos de tipo “holandés” y los “pepinillos” son de cáscara suave y delgada, con estrías o arrugas levemente marcadas, y no poseen espinas (Johnny’s Selected Seeds 2014).

Según University of Alaska Fairbanks (2013), la presencia de espinas es característico de las variedades tradicionales.

Los pepinos tipo “slicer” y “francés” tienen un nivel intermedio de espinas, son de cáscara muy firme o dura, y las espinas se pierden por acción de la fricción durante la cosecha. El fruto mantiene una leve cicatriz donde estuvo la espina.

El genotipo Arioso F1, que es un pepino tipo “japonés”, presenta la mayor cantidad de espinas (Cuadro 11). El fruto es largo, con una cáscara dura y brillante cargada de espinas blancas, y muy susceptible a daños mecánicos.

Cuadro 11. Presencia de espinas en el fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Presencia de espinas</i>	<i>Tipo de pepino</i>
<i>22-20-782</i>	Ausencia de espinas	Pepinillo
<i>22-20-783</i>	Ausencia de espinas	Pepinillo
<i>Katrina</i>	Ausencia de espinas	Pepinillo
<i>Cumlaude</i>	Ausencia de espinas	Holandés
<i>Dreamliner</i>	Ausencia de espinas	Holandés
<i>Kalunga</i>	Ausencia de espinas	Holandés
<i>Paisaje RZ</i>	Ausencia de espinas	Holandés
<i>Roxinante</i>	Ausencia de espinas	Holandés
<i>Corinto</i>	Nivel intermedio de espinas	“Slicer”
<i>Macario</i>	Nivel intermedio de espinas	“Slicer”
<i>Modan RZ</i>	Nivel intermedio de espinas	Francés
<i>Paraíso</i>	Nivel intermedio de espinas	“Slicer”
<i>Primavera</i>	Nivel intermedio de espinas	“Slicer”
<i>Arioso F1</i>	Muchas espinas	Japonés

4.2.4 Días al inicio de la cosecha

Todos los genotipos fueron cosechados a los 31 ddt. Esta labor se realizó una vez a la semana debido a la alta demanda de mano de obra que requiere el cultivo en cuanto a tutorado. Todos los genotipos alcanzaron la madurez al mes del trasplante. Esto no concuerda con lo reportado por la literatura, en donde se afirma que algunos genotipos, como por ejemplo el tipo “holandés” Cumlaude RZ, puede alcanzar la madurez del primer fruto hasta los 46 días después de la siembra (Rijk Zwaan 2015). Otros autores afirman que la cosecha de pepino se presenta en un rango de 40-45 ddt (FDA 1992, Arias 2007, MAG 2007). Estas variaciones en la precocidad pueden ser inducidas por efecto de las altas temperaturas y radiación en las que se desarrolló el cultivo, lo cual pudo haber ocasionado un aceleramiento en el metabolismo de los diferentes genotipos. Esta precocidad se presentó en todos los genotipos evaluados.

4.2.5 Número de frutos por planta

En el Cuadro 12 se muestra la media general para la variable número de frutos totales por planta para cada genotipo.

Los “pepinillos” son significativamente superiores en cuanto a esta variable, y se encuentran en un rango que va desde 33,80 hasta 41,35 frutos totales por planta; el mayor valor correspondió al genotipo Katrina. Para el resto de los genotipos no se encontraron diferencias significativas, excepto para el caso del tipo “slicer” Primavera con 24,31 frutos totales por planta, que fue superior al genotipo Arioso F1, el cual obtuvo el menor valor para esta variable (15,03 frutos totales por planta).

Cuadro 12. Número de frutos totales por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Número de frutos totales/planta</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Katrina</i>	41,35	2,22	a
<i>22-20-782</i>	38,67	2,28	a
<i>22-20-783</i>	33,80	2,06	a
<i>Primavera</i>	24,31	0,75	b
<i>Macario</i>	22,78	1,04	b c
<i>Corinto</i>	22,16	2,37	b c
<i>Modan RZ</i>	22,04	1,07	b c
<i>Paraíso</i>	21,63	1,32	b c
<i>Roxinante</i>	20,79	0,68	b c
<i>Dreamliner</i>	20,27	1,67	b c
<i>Paisaje RZ</i>	20,13	0,45	b c
<i>Kalunga</i>	18,90	1,34	b c
<i>Cumlaude RZ</i>	17,63	0,71	b c
<i>Arioso F1</i>	15,03	1,17	c
<i>Media general</i>	24,25	1,37	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

4.2.5.1 Número de frutos de primera calidad por planta

En el Cuadro 13 se presentan las medias para la variable número de frutos de primera calidad por planta.

Cuadro 13. Número de frutos de primera calidad por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	No de frutos de primera calidad/planta	Error Estándar	
<i>Katrina</i>	21,97	1,09	a
<i>22-20-782</i>	18,56	1,15	a
<i>22-20-783</i>	13,69	0,67	b
<i>Primavera</i>	13,05	0,45	b
<i>Corinto</i>	11,16	0,70	b c
<i>Paraíso</i>	11,07	0,82	b c
<i>Modan RZ</i>	10,61	0,46	b c d
<i>Macario</i>	10,21	0,43	b c d e
<i>Roxinante</i>	9,64	0,65	b c d e
<i>Paisaje RZ</i>	7,25	0,46	c d e f
<i>Dreamliner</i>	6,95	1,32	d e f
<i>Kalunga</i>	6,75	0,92	d e f
<i>Cumlaude RZ</i>	6,41	0,36	e f
<i>Arioso F1</i>	4,54	0,57	f
Media general	10,85	0,72	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

En esta categoría, los “pepinillos” también alcanzaron la mayor cantidad de frutos por planta. El mayor valor lo obtuvo el genotipo Katrina (21,97 frutos por planta). Este genotipo y el 22-20-782 (18,56 frutos por planta), fueron estadísticamente superiores con respecto al resto de los genotipos. Es probable que estos genotipos se adapten mejor a las condiciones de altas temperaturas que presentó el invernadero durante el ciclo de cultivo. Además, al producir frutos de menor tamaño en comparación al resto de genotipos, esto le permite a la planta desarrollar en forma adecuada un mayor número de frutos, a partir de los fotoasimilados producidos por la misma.

Esta mejor adaptación tiene un valor importante dado que los frutos de primera calidad son mejor pagados en el mercado, y corresponden a la calidad requerida para la exportación.

En la Figura 9 se observa la evolución del número de frutos de primera calidad por planta en función de las semanas de cosecha. Esta variable se comporta de igual manera que la variable peso promedio del fruto, dado que la correlación entre ambas es altamente significativa ($p < 0.0001$).

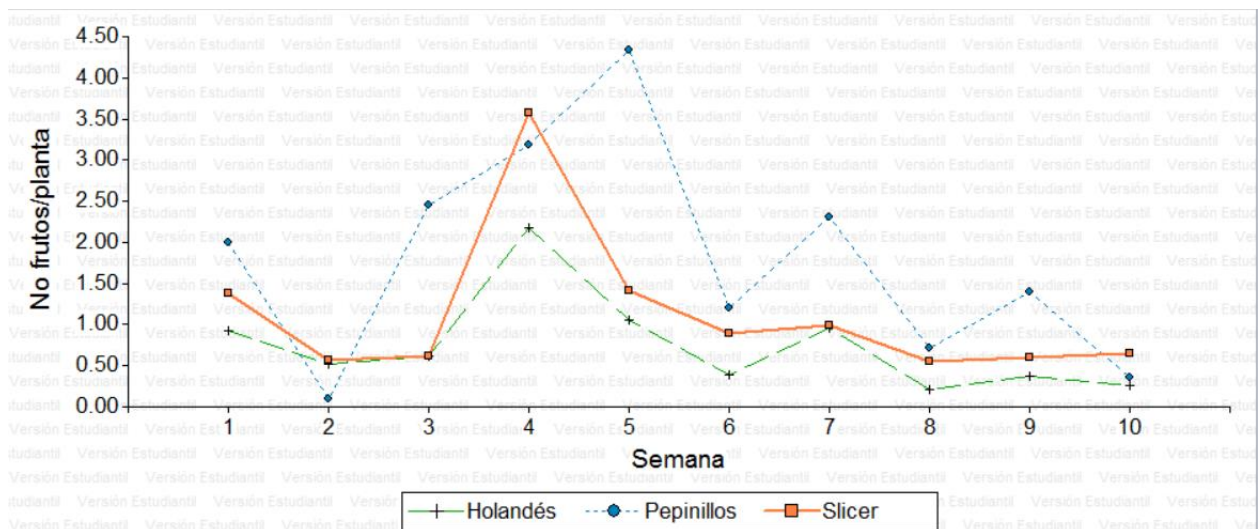


Figura 9. Evolución del número de frutos de primera calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Para el caso de los pepinos tipo “holandés”, se presentaron los valores más bajos de número de frutos por planta. Esto coincide con que este tipo de pepinos alcanzan una mayor longitud y peso promedio del fruto, tardando aproximadamente 15 días para desarrollar cada fruto, por lo que es de esperar que a mayor tamaño, la planta tiene menor capacidad para producir una mayor cantidad de frutos. También en las plantas de tipo “holandés” se observó que solo se produce un fruto por nudo, mientras que en los de tipo “pepinillo”, la planta puede llegar a producir más de 15 flores (Figura 10) y cosechar varios frutos por nudo al momento del pico de producción. Las plantas van disminuyendo la producción de frutos conforme avanza el ciclo de

cultivo. El pico de producción de frutos de primera calidad se obtuvo entre la cuarta y quinta semana de cosecha.



*Fuente: Chacón 2015.

Figura 10. Capacidad de producción floral y de frutos de los genotipos de pepino tipo “pepinillo”.

4.2.5.2 Número de frutos de segunda calidad por planta

Para el caso de la variable número de frutos de segunda calidad por planta, los genotipos 22-20-783, Katrina y 22-20-782, todos de tipo “pepinillo”, fueron los únicos estadísticamente diferentes al resto de los genotipos (Cuadro 14).

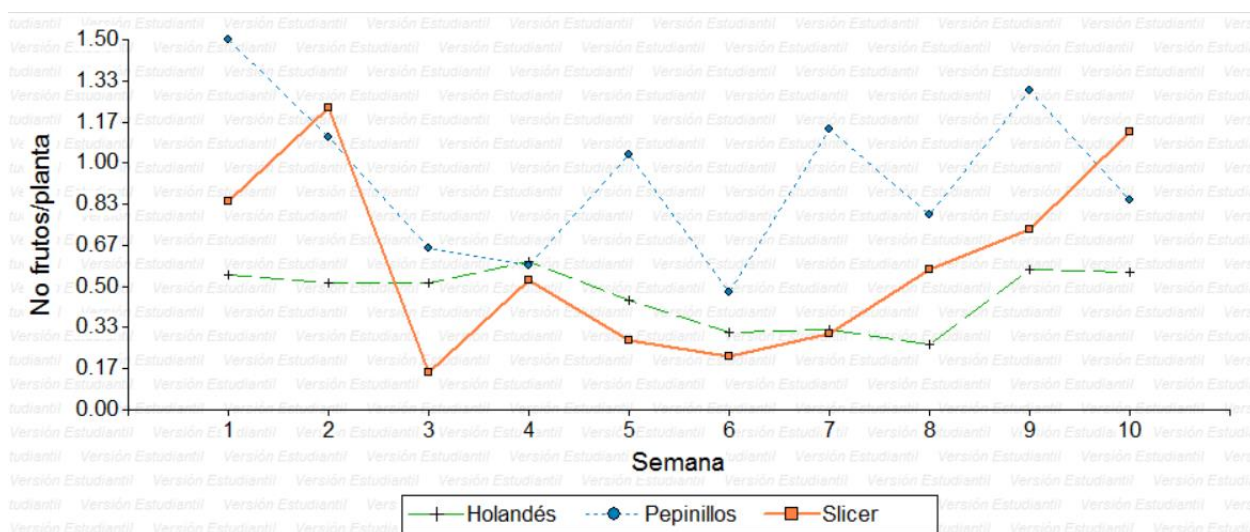


Figura 11. Evolución del número de frutos de segunda calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

En la Figura 11 se observa cómo los genotipos de tipo “pepinillo” mantienen promedios de número de frutos superiores con respecto a los “slicer” y los “holandés”. Estos dos últimos no son estadísticamente diferentes entre sí en cuanto a esta variable (Cuadro 14).

Al igual que en la categoría de primera calidad, los mayores valores los alcanzaron los genotipos tipo “pepinillo”, con un rango de 9,27 a 9,70 frutos por planta, seguido por los tipos “slicer” y “francés” con un rango de 5,01 a 6,70 frutos por planta, y por último los genotipos tipo “holandés” con un rango de 3,46 a 5,02 frutos por planta.

Cuadro 14. Número de frutos de segunda calidad por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>No de frutos de segunda calidad/planta</i>	<i>Error Estándar</i>	
22-20-783	9,70	0,73	a
Katrina	9,29	0,24	a
22-20-782	9,27	0,24	a
Macario	6,70	0,84	a b
Corinto	5,84	0,12	b
Modan RZ	5,66	0,36	b
Primavera	5,66	0,55	b
Arioso F1	5,37	0,63	b
Dreamliner	5,02	0,62	b
Paraíso	5,01	0,06	b
Kalunga	4,74	0,64	b
Cumlaude RZ	4,49	0,66	b
Paisaje RZ	4,41	0,71	b
Roxinante	3,46	0,24	b
Media general	6,04	0,47	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Esto está estrechamente relacionado con la capacidad total de producción de frutos por planta. A mayor número de frutos totales por planta, se espera obtener mayor número de frutos en cada una de las categorías de calidad.

4.2.5.3 Número de frutos de categoría rechazo por planta

Los genotipos de tipo “pepinillo” igualmente presentaron la mayor cantidad de frutos de tercera calidad o rechazo, con un rango de 10,09 a 10,84 frutos por planta. Todos los demás genotipos no son estadísticamente diferentes entre ellos en cuanto a producción de frutos de rechazo. Los rangos de producción de frutos de rechazo para el resto de los genotipos van desde los 5,11 hasta los 8,48 frutos por planta (Cuadro 15).

Cuadro 15. Número de frutos de categoría de rechazo por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>No de frutos de categoría de rechazo/planta</i>	<i>Error Estándar</i>				
<i>22-20-782</i>	10,84	1,15	a			
<i>22-20-783</i>	10,42	0,92	a	b		
<i>Katrina</i>	10,09	1,73	a	b	c	
<i>Paisaje RZ</i>	8,48	0,50	a	b	c	d
<i>Dreamliner</i>	8,30	1,01	a	b	c	d
<i>Roxinante</i>	7,69	0,65	a	b	c	d
<i>Kalunga</i>	7,41	0,75	a	b	c	d
<i>Cumlaude RZ</i>	6,74	0,31	a	b	c	d
<i>Macario</i>	5,86	0,58		b	c	d
<i>Modan RZ</i>	5,76	0,33		b	c	d
<i>Primavera</i>	5,60	0,59		b	c	d
<i>Paraíso</i>	5,54	0,63			c	d
<i>Corinto</i>	5,15	1,62				d
<i>Arioso F1</i>	5,11	0,59				d
<i>Media general</i>	7,36	0,81				

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Para los tres genotipos tipo “pepinillo”, aproximadamente un 25 % de la cosecha corresponde a frutos de rechazo, y en el caso del genotipo Arioso F1, esta proporción llega al 34 % de los frutos. La causa de un alto porcentaje de fruta de rechazo puede estar relacionada con las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento, tales como altas temperaturas (superiores a 32 °C durante 4-5 horas por día), y una alta conductividad eléctrica en la solución del sustrato en un momento del ensayo, entre otras.



*Fuente: Chacón 2015

Figura 12. Malformación en frutos de genotipos de pepino de tipo “holandés”.

En la semana cinco de cosecha se presentó un incremento inesperado en la conductividad eléctrica del sustrato. La solución de drenaje alcanzó los 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este valor se ajustó inmediatamente, realizando lavados a las pacas, sin embargo muchos frutos abortaron debido a esto, y otros frutos sufrieron una severa deshidratación, provocando una curvatura en las puntas del fruto de la mayoría de los genotipos de tipo “holandés” (Figura 12). Esto pudo haber ocasionado la caída en la producción de los frutos de primera calidad a partir de dicho momento (Figura 9).

Los valores óptimos de conductividad eléctrica para el cultivo del pepino y la mayoría de las hortalizas es de 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Baixauli y Aguilar 2002). Este incremento en la conductividad pudo ocasionar el aborto y la deformación de muchos frutos, lo que reafirma que las plantas de pepino son muy susceptibles a desequilibrios o cambios en las condiciones del cultivo, tales como concentración de sales fertilizantes, luz, CO_2 y humedad, los cuales pueden afectar el cultivo resultando en un decrecimiento de la producción y una baja calidad de los frutos (University of Alaska Fairbanks 2013).

Los genotipos más susceptibles fueron los de cáscara delgada donde se encuentran los genotipos de tipo “holandés” y “pepinillos”. Esto sugiere que posiblemente estos genotipos también son más susceptibles a la alta salinidad y al aborto de frutos por efecto de la deshidratación, que los de tipo “slicer”.

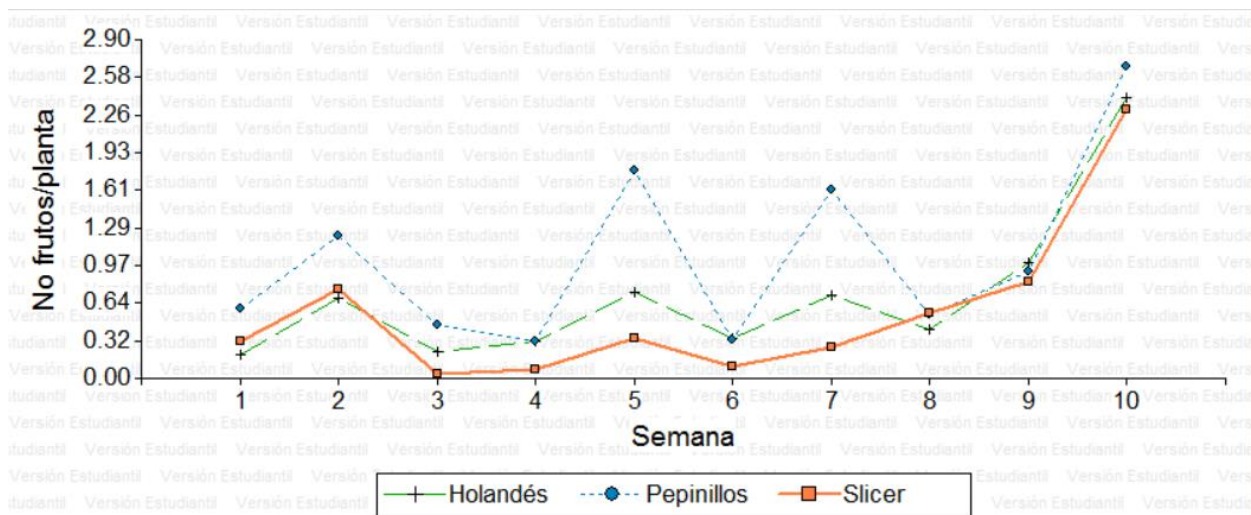


Figura 13. Evolución del número de frutos de categoría de rechazo de 14 genotipos de pepino partenocarpico.

En la Figura 13 se muestra la evolución de la producción de frutos de la categoría de rechazo. Para la mayoría de las semanas, la producción de frutos fue menor para los genotipos de tipo “slicer”, y pudo haber ocurrido que las condiciones de estrés abiótico por alta conductividad eléctrica afectaran mayormente a los de tipo “pepinillo”; sin embargo hay que recordar que estos genotipos, al producir mayor cantidad de frutos en general, también producen más frutos de cada categoría, incluyendo el rechazo. Se evidencia un aumento importante en la cantidad de frutos de rechazo en la última semana de cosecha.

Según Doorenbos y Kassam (1979), mencionados por Ruiz *et al.* (1999), el cultivo de pepino es una especie que no tolera la salinidad, y ellos afirman que se obtiene una reducción del rendimiento proporcional a 10 % para 3300 $\mu\text{S/cm}$, 25 % para 4400 $\mu\text{S/cm}$, 50 % para 6300 $\mu\text{S/cm}$, y 100 % para 10000 $\mu\text{S/cm}$.

Otro aspecto que puede afectar la producción de frutos de rechazo es la cantidad de frutos por planta. En genotipos como los “pepinillos” no se realizaron prácticas de poda de frutos, por lo que algunos frutos apenas alcanzaban los 10 cm de longitud, incorporando mayor cantidad y peso en la categoría de rechazo. Esto demuestra que cuando se desarrollan demasiados frutos en un momento dado, una gran proporción de estos puede llegar a abortar o a presentar malformaciones o mal color, debido a que la planta no proporciona los nutrientes suficientes para el llenado de todos ellos (University of Alaska Fairbanks 2013), por lo que se debe dejar solo un fruto por axila en los pepinos tipo “holandés” o “slicer”, o realizar un raleo de frutos en el caso de los pepinillos que producen varios frutos por nudo.

4.2.6 Peso promedio del fruto

En cuanto a la variable peso promedio total del fruto, el genotipo Kalunga alcanzó el mayor valor (478,33 g) (Cuadro 16). Este genotipo no es significativamente diferente a los genotipos Arioso F1, que alcanzó el mayor peso de fruto en la categoría de primera calidad (Cuadro 17), ni al genotipo Roxinante, que alcanzó el mayor peso de fruto en la categoría de segunda calidad (Cuadro 18). Sin embargo, el genotipo Kalunga fue el que alcanzó el mayor peso de fruto en la categoría de rechazo (Cuadro 19).

Los menores valores para esta variable correspondieron a los de tipo “pepinillo”. No se encontraron diferencias significativas para esta variable entre los pepinos de tipo “pepinillo” y el genotipo tipo “francés” Modan RZ, el cual se comporta como un tipo “pepinillo” en cuanto a esta variable.

En el Cuadro 16 se muestra el peso promedio del fruto de los 14 genotipos evaluados.

Cuadro 16. Peso promedio total del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Peso promedio del fruto (g)</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Kalunga</i>	478,33	29,91	a
<i>Arioso F1</i>	469,75	36,17	a
<i>Roxinante</i>	467,50	33,98	a
<i>Cumlaude RZ</i>	458,42	35,35	a b
<i>Paisaje RZ</i>	452,00	26,34	a b
<i>Dreamliner</i>	451,67	31,13	a b
<i>Macario</i>	350,58	34,62	a b c
<i>Paraíso</i>	342,50	29,46	a b c
<i>Corinto</i>	341,67	28,58	a b c
<i>Primavera</i>	319,17	25,52	b c
<i>Modan RZ</i>	281,67	27,33	c
<i>22-20-783</i>	227,42	14,45	c
<i>Katrina</i>	223,58	13,62	c
<i>22-20-782</i>	215,75	11,52	c
<i>Media general</i>	362,86	27,00	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

En la Figura 14 se muestra la evolución del peso promedio del fruto durante el ensayo. Para el caso de los pepinos de tipo “holandés” se observa un incremento del peso conforme aumentan las semanas de cosecha, hasta alcanzar la semana 5, y luego se produce una reducción en los valores obtenidos. Estos genotipos mantienen los mayores valores en cuanto a esta variable.

Para el caso de los pepinos de tipo “slicer” y “pepinillos”, el peso promedio del fruto se mantiene bastante constante durante las últimas cinco semanas de cosecha.

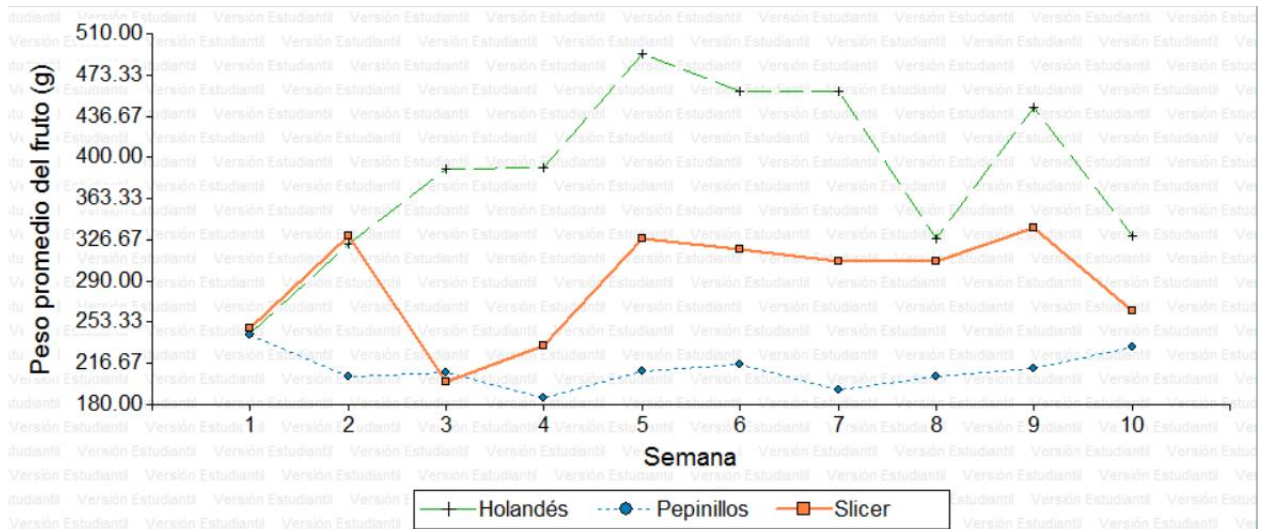


Figura 14. Evolución del peso promedio del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

4.2.6.1 Peso promedio del fruto de primera calidad

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes genotipos, para el peso promedio del fruto de primera calidad (Cuadro 17).

Los genotipos de pepino tipo “holandés” alcanzaron los mayores valores, con un rango desde 523,25 g hasta 606,50 g.

Los genotipos tipo “slicer” Macario, Paraíso y Corinto tuvieron un peso del fruto de primera calidad similar al de algunos tipo “holandés”, como Paisaje RZ y Dreamliner.

Los genotipos de tipo “pepinillo” alcanzaron el menor valor de peso del fruto de primera calidad, con rangos que van desde 257,25 g hasta 281,50 g. El genotipo tipo “francés” Modan RZ presentó un peso promedio del fruto de primera calidad significativamente inferior a los genotipos de pepino tipo “slicer” y “holandés”, excepto en el caso del genotipo Primavera.

Es importante destacar que, aunque el híbrido Arioso F1 produjo los frutos de primera calidad con mayor peso, también fue el genotipo que produjo la menor cantidad de frutos de primera (sólo 4,54 frutos/planta).

De igual forma, los genotipos de pepino de tipo “holandés” obtuvieron un peso promedio más alto, pero también un menor número de frutos de primera calidad por planta, en comparación con los de tipo “slicer” y “pepinillo”.

Cuadro 17. Peso promedio del fruto de primera calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Peso del fruto de primera calidad (g)	Error Estándar	
<i>Arioso F1</i>	606,50	6,86	a
<i>Kalunga</i>	599,00	22,64	a
<i>Roxinante</i>	575,75	10,63	a
<i>Cumlaude RZ</i>	574,75	16,12	a
<i>Dreamliner</i>	566,75	33,68	a b
<i>Paisaje RZ</i>	523,25	22,18	a b
<i>Macario</i>	483,00	6,65	b
<i>Paraíso</i>	447,25	13,77	b c
<i>Corinto</i>	446,25	5,51	b c
<i>Primavera</i>	417,25	14,36	c d
<i>Modan RZ</i>	382,50	0,96	d
<i>22-20-783</i>	281,50	5,33	e
<i>Katrina</i>	275,50	3,75	e
<i>22-20-782</i>	257,25	5,28	e
Media general	459,75	11,98	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

4.2.6.2 Peso promedio del fruto de segunda calidad

En el Cuadro 18 se presentan los valores de peso promedio del fruto de segunda calidad, para los diferentes genotipos evaluados. Para el caso de esta variable, los genotipos presentan el mismo comportamiento a la variable longitud del fruto, en donde cada genotipo se agrupa claramente por tipo de pepino, en las tres categorías principales anteriormente establecidas (tipos “holandés”, “slicer” y “pepinillo”), y donde el tipo “francés” Modan RZ se comporta como un tipo “slicer”, y el “japonés” Arioso se comporta como un tipo “holandés”.

En esta categoría se encontraron diferencias significativas entre los genotipos de pepino de tipo “holandés” (los de valores mayores), “slicer” y “pepinillo” (los de valores

menores). El genotipo tipo “holandés” Roxinante es el que mantiene los valores de peso de fruto de segunda calidad más altos. Sin embargo, esto contrasta con el hecho de que este genotipo produjo la menor cantidad de frutos de segunda calidad por planta. Este mismo patrón también ocurre en los genotipos tipo “holandés” Paisaje RZ y Cumlaude RZ.

Cuadro 18. Peso promedio del fruto de segunda calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Peso del fruto de segunda calidad (g)</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Roxinante</i>	497,50	28,08	a
<i>Paisaje RZ</i>	497,25	14,94	a
<i>Cumlaude RZ</i>	489,75	20,54	a
<i>Arioso F1</i>	478,25	13,73	a
<i>Kalunga</i>	467,50	14,33	a
<i>Dreamliner</i>	456,50	11,11	a
<i>Macario</i>	357,75	19,72	b
<i>Corinto</i>	355,25	8,98	b
<i>Paraíso</i>	355,25	5,85	b
<i>Primavera</i>	319,50	11,61	b
<i>Modan RZ</i>	297,50	1,50	b
<i>22-20-783</i>	233,25	8,31	c
<i>Katrina</i>	227,75	5,48	c
<i>22-20-782</i>	222,00	6,26	c
<i>Media general</i>	375,36	12,17	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

4.2.6.3 Peso promedio del fruto de categoría rechazo

En el Cuadro 19 se presentan los valores del peso promedio de los frutos de categoría de rechazo. En esta categoría, también los genotipos con mayor peso son los pepinos de tipo “holandés”.

Los genotipos con menor peso promedio de los frutos de rechazo son los de tipo “pepinillo”, y el Modan RZ. Es importante rescatar que para el caso de Modan RZ, alcanzó el menor peso de esta categoría.

El efecto de la alta temperatura sobre los cultivos hortícolas ya ha sido ampliamente estudiado. En cultivos como el tomate, una especie termosensible al igual que el pepino, las temperaturas por encima del óptimo pueden provocar frutos deformes por fecundación defectuosa o nula. Las altas temperaturas pueden ocasionar también precocidad en la maduración y variaciones en la coloración, derivando tonalidades amarillentas (Monardes 2009).

El incremento en la temperatura promedio es uno de los efectos del cambio climático más perjudiciales para la agricultura, por su efecto estresante en los cultivos. El estrés por calor limita el crecimiento de muchas especies, y esta supresión está relacionada con procesos fisiológicos como la apertura estomática, transpiración, respiración y fotosíntesis. También puede ocasionar el desarrollo de plantas anormales, con deformaciones en sus órganos reproductores, afectando directamente la producción de frutos (Morales *et al.* 2006; Berry y Raison 1981, citado por Madhava *et al.* 2006).

Cuadro 19. Peso promedio del fruto de categoría de rechazo de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Peso del fruto de categoría rechazo (g)	Error Estándar			
<i>Kalunga</i>	368,50	14,53	a		
<i>Paisaje RZ</i>	335,50	4,37	a	b	
<i>Dreamliner</i>	331,75	13,59	a	b	
<i>Roxinante</i>	329,25	34,98	a	b	c
<i>Arioso F1</i>	324,50	29,36	a	b	c
<i>Cumlaude RZ</i>	310,75	31,00	a	b	c
<i>Paraíso</i>	225,00	31,80		b	c d
<i>Corinto</i>	223,50	22,68			c d
<i>Primavera</i>	220,75	19,66			c d
<i>Macario</i>	211,00	19,80			c d
<i>22-20-782</i>	168,00	6,72			d
<i>Katrina</i>	167,50	6,59			d
<i>22-20-783</i>	167,50	3,93			d
<i>Modan RZ</i>	165,00	14,28			d
Media general	253,46	18,09			

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Los cambios en la fenología de la planta producidos por un incremento en la temperatura, ocasionan pérdidas en el rendimiento y calidad de los frutos (Morales *et al.* 2006, Ortiz *et al.* 2007).

4.3 Variables de rendimiento

4.3.1 Rendimiento por planta

4.3.1.1 Rendimiento de la cosecha de primera calidad en g/planta

En el Cuadro 20 se presentan los rendimientos de la cosecha de primera calidad de los 14 genotipos evaluados. Se observaron diferencias significativas, siendo Katrina el genotipo con mayor rendimiento para esta categoría (6057,25 g/planta).

El genotipo tipo “holandés” Roxinante obtuvo un alto rendimiento (5628,00 g/planta); sin embargo, no es estadísticamente diferente de genotipos tipo “slicer” como Primavera (5501,00 g/planta), o de genotipos tipo “pepinillo” como 22-20-782 (4791,25 g/planta). Katrina es estadísticamente superior, en cuanto a esta variable, con respecto a los genotipos de tipo “holandés” Cumlaude y Paisaje RZ.

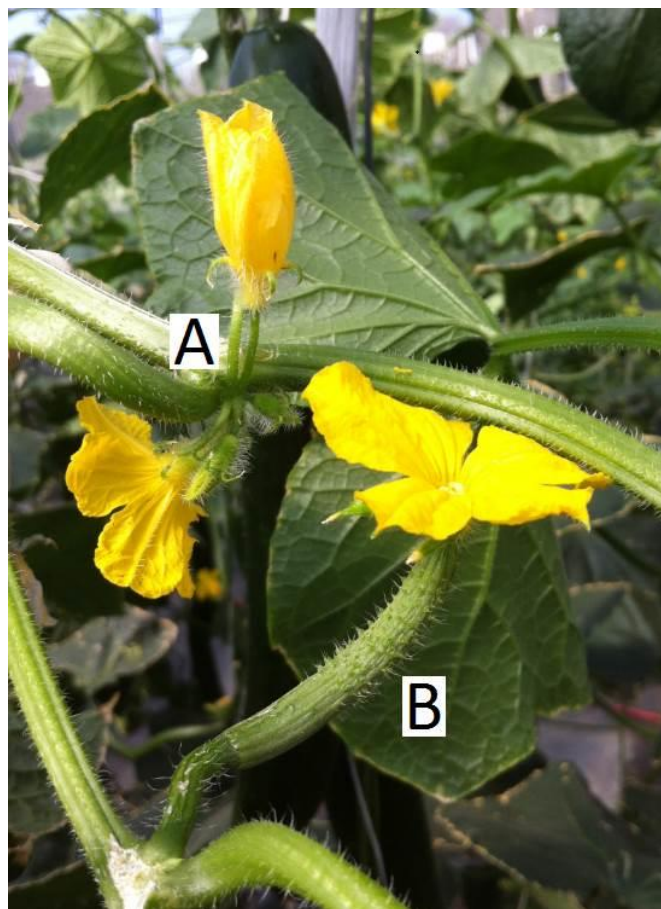
Estos resultados concuerdan parcialmente con los obtenidos por Shaw y Cantliffe (2001), quienes encontraron que los híbridos Beta-Alfa producían más en comparación con los pepinos tipo “holandés”, concluyendo que cuando las temperaturas aumentan, los rendimientos de los híbridos Beta-Alfa se incrementaban debido a la buena tolerancia al calor, mientras que los rendimientos de los tipo “holandés” se mantenían constantes; en este caso, el híbrido Beta-Alfa 22-20-782 produce más que los pepinos tipo “holandés” Cumlaude y Paisaje, pero menos que el pepino tipo “holandés” Roxinante, aunque estadísticamente sólo difiere de Cumlaude RZ.

Cuadro 20. Rendimiento de la cosecha de primera calidad en g/planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Rendimiento (g/planta)	Error Estándar	
<i>Katrina</i>	6057,25	196,94	a
<i>Roxinante</i>	5628,00	420,50	a b
<i>Primavera</i>	5501,00	279,73	a b
<i>Corinto</i>	4999,75	350,43	a b
<i>Macario</i>	4973,00	172,68	a b
<i>Paraíso</i>	4965,50	346,86	a b
<i>22-20-782</i>	4791,25	358,63	a b
<i>Dreamliner</i>	4215,00	880,31	a b c
<i>Modan RZ</i>	4079,25	178,33	a b c
<i>Kalunga</i>	4073,50	434,42	a b c
<i>22-20-783</i>	3858,25	249,44	b c
<i>Paisaje RZ</i>	3852,00	379,00	b c
<i>Cumlaude RZ</i>	3720,75	213,16	c
<i>Arioso F1</i>	2724,00	334,59	c
Media general	4531,32	342,50	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

El genotipo Arioso F1 mostró el menor valor en esta variable, con 2724,00 g/planta. Es importante anotar que este mismo genotipo fue el que presentó el menor número de frutos de primera calidad por planta, y a la vez el genotipo que alcanzó los valores más altos en cuanto a peso promedio del fruto de primera calidad (606,50 g/fruto). Este comportamiento pudo deberse a que este genotipo, a pesar de ser un genotipo partenocárpico, produjo flores de tipo masculinas. La presencia de flores masculinas en plantas gineceas puede estar relacionada con altas temperaturas ambientales y estrés abiótico, dado que los días largos y temperaturas altas favorecen la producción de flores masculinas (FDA 1992). Una disminución en la producción de flores femeninas afecta negativamente el rendimiento total de la planta, ya que solo las flores femeninas presentan frutos. En la Figura 16 se observa las estructuras florales del genotipo Arioso F1.



*Fuente: Chacón 2015.

Figura 15. Estructuras florales del genotipo Arioso F1: A-Flor masculina; B- Flor femenina.

Las altas temperaturas pueden afectar negativamente al cultivo y la producción de frutos de primera calidad. El aumento en la temperatura también puede ocasionar una depresión en la conductividad hidráulica de las raíces y un incremento de la temperatura foliar provocando el cierre estomático, con lo que se afecta la absorción de agua por la planta. Al aumentar la temperatura de forma paulatina, se produce un menor flujo de CO₂, afectando la fotosíntesis y la respiración (Morales *et al.* 2006).

Otro aspecto importante es que las temperaturas promedio nocturnas casi siempre se mantuvieron por debajo de los 23 °C. Algunos autores como Fersini y Hayase (1973), citados por FDA (1992), afirman que el pepino es sensible a cambios

drásticos de temperatura en oscilaciones superiores a los 8 °C, lo cual fue un fenómeno que se presentó en varios días a lo largo del ciclo del cultivo. Además, dichos autores indican que las bajas temperaturas nocturnas pueden afectar negativamente la calidad de los frutos y la productividad. Estudios realizados por Morales *et al.* (2006) en otras hortalizas como el tomate, determinaron el efecto de altas temperaturas en algunas variables del crecimiento y en el intercambio gaseoso en las plantas; en estos estudios se evidenció un efecto depresivo de las diferentes variables de rendimiento evaluadas al elevarse la temperatura ambiental.

Ensayos realizados por Mansour *et al.* (2009), en donde se estudió el efecto de las altas temperaturas en diferentes cultivares de tomate, indican que las plantas que crecen bajo estrés por calor redujeron el número de frutos producidos y por lo tanto el rendimiento total. Estos estudios también concuerdan con otros (Al-Khatib y Paulsen 1999; Hall y Ziska 2000; Hall 2001), citados por Mansour *et al.* (2009).

Moll *et al.* (2013), evaluaron la respuesta fisiológica al estrés por calor en tomate, mediante la aplicación de ciclos de estrés por calor, seguidos por períodos de recuperación de las condiciones normales, y demostraron que el estrés por calor induce alteraciones metabólicas y trastornos que pueden conducir al acortamiento de la vida de la planta, y la reversibilidad de la respuesta a este estrés depende del nivel de estrés y de la adaptación de la planta. Según dichos autores, la fotosíntesis es el proceso fisiológico más sensible al estrés por calor, afectando principalmente el fotosistema II, y cuando las plantas se someten a una temperatura 5 °C por encima de la temperatura óptima, la síntesis de ARNm y proteínas se ve fuertemente afectada (Moll *et al.* 2013).

La fotosíntesis es un proceso muy sensible al estrés en cualquier etapa de crecimiento. El estrés por calor puede causar un declive en la asimilación de carbono por la planta. De la misma forma, la acumulación de azúcares en las hojas se puede ver inhibida debido a una disminución de transporte del floema hacia las partes superiores de la planta (Madhava *et al.* 2006).

4.3.1.2 Rendimiento de la cosecha de segunda calidad en g/planta

En el Cuadro 21 se presenta el rendimiento de la cosecha de segunda calidad de los 14 genotipos evaluados. No se encontraron diferencias significativas entre los genotipos, lo que sugiere que la capacidad biológica de producción de frutos de segunda calidad es similar en todos los genotipos evaluados.

Cuadro 21. Rendimiento de la cosecha de segunda calidad en g/planta de 14

genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Rendimiento (g/planta)</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Arioso F1</i>	2564,25	316,31	a
<i>Dreamliner</i>	2370,75	225,07	a
<i>Kalunga</i>	2257,00	325,58	a
<i>Paisaje RZ</i>	2181,25	309,72	a
<i>Cumlaude RZ</i>	2179,75	290,86	a
<i>22-20-783</i>	2158,75	199,87	a
<i>Katrina</i>	2075,50	89,92	a
<i>22-20-782</i>	2057,00	85,97	a
<i>Corinto</i>	2034,00	38,90	a
<i>Primavera</i>	1828,50	224,27	a
<i>Paraíso</i>	1790,75	34,63	a
<i>Roxinante</i>	1765,50	185,44	a
<i>Modan RZ</i>	1740,50	114,24	a
<i>Macario</i>	1731,00	254,07	a
<i>Media general</i>	2052,46	192,49	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Se debe tomar en cuenta que para la variable número de frutos de segunda calidad por planta, se encontraron diferencias solo en los genotipos de tipo “pepinillo”, con respecto a los demás genotipos (excepto Macario); sin embargo, estos genotipos, al tener un menor tamaño, no alcanzan un rendimiento por planta estadísticamente diferente al resto de los genotipos en estudio. Esto quiere decir que, aunque los genotipos de tipo “pepinillo” producen mayor cantidad de frutos de segunda calidad, el rendimiento por planta en esta categoría no alcanza a superar el valor obtenido por el resto de genotipos.

4.3.1.3 Rendimiento de la cosecha de la categoría rechazo en g/planta

En el Cuadro 22 se presentan las medias para la variable rendimiento de la cosecha de la categoría de rechazo de los 14 genotipos evaluados. Se encontró que los genotipos de tipo “holandés” alcanzaron los mayores valores para esta variable, y que además todos estos genotipos superan la media general (1787,88 g/planta). Los menores rendimientos de cosecha de categoría de rechazo fueron alcanzados por los genotipos de tipo “slicer” y “francés”.

Cuadro 22. Rendimiento de la cosecha de categoría de rechazo en g/planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Rendimiento (g/planta)</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Paisaje RZ</i>	2834,75	164,42	a
<i>Dreamliner</i>	2670,25	166,60	a
<i>Kalunga</i>	2619,50	265,59	a
<i>Roxinante</i>	2513,00	470,27	a
<i>Cumlaude RZ</i>	2071,75	236,16	a b
<i>22-20-782</i>	1789,00	166,89	a b
<i>22-20-783</i>	1700,25	159,32	a b
<i>Arioso F1</i>	1652,25	300,67	a b
<i>Katrina</i>	1587,00	230,03	a b
<i>Paraíso</i>	1216,50	155,27	b
<i>Primavera</i>	1210,75	130,96	b
<i>Macario</i>	1186,00	103,18	b
<i>Corinto</i>	1050,75	297,84	b
<i>Modan RZ</i>	928,50	47,68	b
<i>Media general</i>	1787,88	213,92	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Es posible que los genotipos se hayan visto afectados también por el tipo de tutorado. El tutorado tipo “sombrija” tiene la desventaja que utiliza cables de hierro galvanizado o acero como soporte superior. Dado las condiciones de altas temperaturas que presenta el invernadero, es posible que las plantas se hayan estresado por estar colgando de un cable que se mantiene a alta temperatura, y por el daño mecánico producido por la tensión de la planta y los frutos que cuelgan de ella. Es

recomendable cambiar el tipo de tutorado y utilizar el de tipo “descuelgue”, para evitar daños a las plantas por el cable de soporte superior.



*Fuente: Chacón 2015.

Figura 16. Fruto abortado cercano al cable de soporte superior del invernadero.

En los frutos que se encontraban cerca del cable de soporte superior, ocurrió un daño que afectó a todos los genotipos, y se mostró con mayor incidencia en las últimas semanas de cosecha, cuando los frutos se encontraban en las partes superiores del invernadero; este daño fue más evidente en los genotipos de tipo “holandés”. En la Figura 16 se muestra un ejemplo de un fruto cercano al cable de soporte superior que abortó y no se desarrolló normalmente.

Otro factor ya antes mencionado fue el aumento en la conductividad eléctrica de los sacos de fibra de coco que sirvieron como sustrato para las plantas. La reducción de la cosecha fue evidente en todos los genotipos evaluados, resultando en una menor cantidad de frutos cuajados, y por consiguiente un menor rendimiento total.

4.3.2 Rendimiento por área

4.3.2.1 Rendimiento de la cosecha de primera calidad en kg/m²

En la Figura 17 se observa el comportamiento de la cosecha de primera calidad para los diferentes tipos de pepino. Los genotipos de tipo “slicer” y “holandés” tienen su pico de producción en la cuarta semana de cosecha, y luego se presenta un descenso en la misma hasta la décima semana. Para el caso de los pepinillos, el pico de producción se presenta en la quinta semana de cosecha.

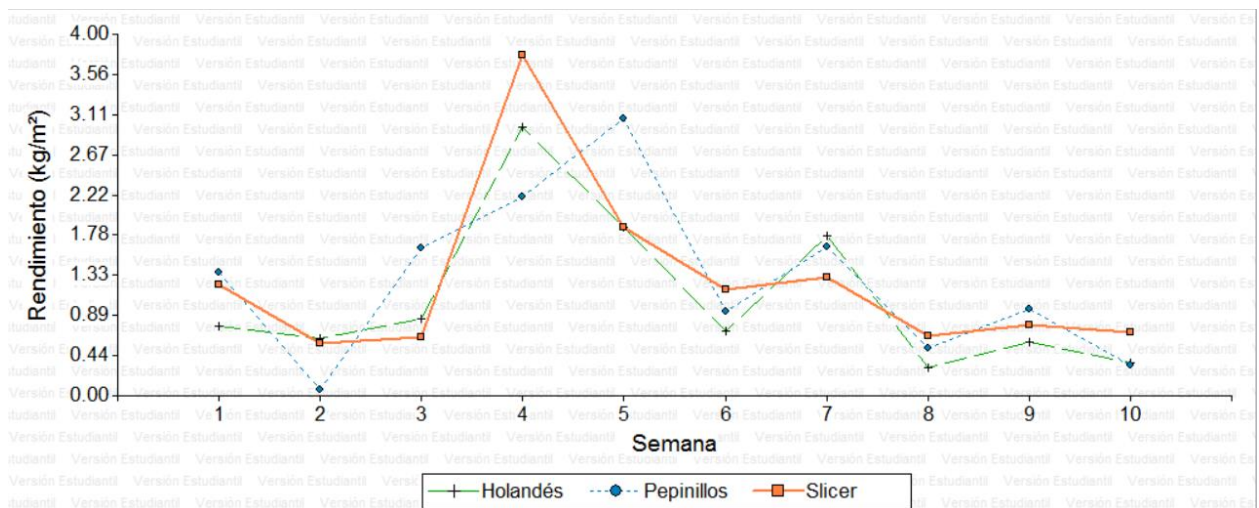


Figura 17. Evolución del rendimiento promedio de primera calidad por tipo de pepino.

En el Cuadro 23 se presentan las medias del rendimiento de la cosecha de primera calidad, para los diferentes genotipos evaluados durante todo el ensayo.

Cuadro 23. Rendimiento por área de la cosecha de primera calidad (kg/m²) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Rendimiento (kg/m²)	Error Estándar			
<i>Katrina</i>	15,78	0,93	a		
<i>Roxinante</i>	14,66	0,65	a	b	
<i>Primavera</i>	14,33	0,87	a	b	
<i>Corinto</i>	13,03	0,91	a	b	
<i>Macario</i>	12,95	0,55	a	b	
<i>Paraíso</i>	12,93	2,29	a	b	
<i>22-20-782</i>	12,48	1,13	a	b	
<i>Dreamliner</i>	10,98	0,51	a	b	c
<i>Modan RZ</i>	10,63	0,45	a	b	c
<i>Kalunga</i>	10,61	0,46	a	b	c
<i>22-20-783</i>	10,05	0,99		b	c
<i>Paisaje RZ</i>	10,03	0,90		b	c
<i>Cumlaude RZ</i>	9,69	0,73		b	c
<i>Arioso F1</i>	7,09	1,09			c
Media general	11,80	0,89			

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

El mayor valor correspondió al tipo “pepinillo” Katrina (15,78 kg/m²), seguido del tipo “holandés” Roxinante (14,66 kg/m²). Entre los genotipos tipo “slicer”, aunque Primavera obtuvo el mayor valor para esta variable (14,33 kg/m²), no hay diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El menor valor correspondió al tipo “japonés” Arioso F1 (7,09 kg/m²).

4.3.2.2 Rendimiento de la cosecha de segunda calidad en kg/m²

En el Cuadro 24 se observan las medias de rendimiento de la cosecha de segunda calidad. Algunos genotipos de tipo “holandés” y el tipo “japonés” Arioso F1 presentaron las medias de rendimiento más altas; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos.

Cuadro 24. Rendimiento por área de la cosecha de segunda calidad en kg/m² de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

<i>Genotipo</i>	<i>Rendimiento (kg/m²)</i>	<i>Error Estándar</i>	
<i>Arioso F1</i>	6,68	0,82	a
<i>Dreamliner</i>	6,18	0,59	a
<i>Kalunga</i>	5,88	0,85	a
<i>Paisaje RZ</i>	5,68	0,81	a
<i>Cumlaude RZ</i>	5,68	0,76	a
<i>22-20-783</i>	5,62	0,52	a
<i>Katrina</i>	5,41	0,23	a
<i>22-20-782</i>	5,36	0,22	a
<i>Corinto</i>	5,30	0,10	a
<i>Primavera</i>	4,76	0,58	a
<i>Paraíso</i>	4,66	0,09	a
<i>Roxinante</i>	4,60	0,48	a
<i>Modan RZ</i>	4,53	0,30	a
<i>Macario</i>	4,51	0,66	a
<i>Media general</i>	5,35	0,50	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

4.3.2.3 Rendimiento de la cosecha de la categoría rechazo en kg/m²

En el Cuadro 25 se observa el comportamiento de los diferentes genotipos en cuanto a rendimiento de rechazo. Los genotipos que obtuvieron mayor producción de frutos en esta categoría fueron los de tipo “holandés”. Esto pudo ocurrir, como ya se mencionó antes, por efecto de las altas temperaturas del invernadero. Estos genotipos fueron los más afectados, dado que su llenado requiere mayor tiempo en la planta (15 días), por lo que son más susceptibles a daños mecánicos y efectos adversos del estrés abiótico.

Otro factor que puede estar influyendo en la calidad de los frutos de rechazo es que los frutos de los genotipos de tipo “holandés” tienen la cáscara suave y delgada, mientras que los pepinos de tipo “slicer” tienen la cáscara dura y firme, lo que ayuda a que resistan más los daños mecánicos (University of Alaska Fairbanks 2013).

Los pepinos tipo “slicer” y “francés” fueron los que produjeron los menores rendimientos de rechazo; el genotipo Modan fue el que obtuvo el menor rendimiento y el menor peso promedio de fruto en esta categoría de rechazo.

Cuadro 25. Rendimiento por área de la cosecha de la categoría rechazo en kg/m² de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Rendimiento (kg/m²)	Error Estándar	
<i>Paisaje RZ</i>	7,38	0,43	a
<i>Dreamliner</i>	6,96	0,70	a
<i>Kalunga</i>	6,82	0,69	a
<i>Roxinante</i>	6,54	1,22	a
<i>Cumlaude RZ</i>	5,39	0,62	a b
<i>22-20-782</i>	4,66	0,43	a b
<i>22-20-783</i>	4,43	0,42	a b
<i>Arioso F1</i>	4,30	0,78	a b
<i>Katrina</i>	4,13	0,60	a b
<i>Paraíso</i>	3,17	0,41	b
<i>Primavera</i>	3,15	0,34	b
<i>Macario</i>	3,09	0,27	b
<i>Corinto</i>	2,74	0,77	b
<i>Modan RZ</i>	2,42	0,12	b
Media general	4,66	0,56	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

4.3.2.4 Rendimiento comercial

En el Cuadro 26 se presentan los resultados de rendimiento comercial obtenido para cada uno de los genotipos evaluados.

El genotipo Katrina es estadísticamente superior en cuanto a rendimiento comercial con 21,19 kg/m², respecto al genotipo Arioso F1 (13,77 kg/m²), que fue el que mostró el menor valor en esta variable. El promedio general de producción de fruta comercializable fue de 17,15 kg/m²; para los tipo “pepinillo”, la media general no fue superada solamente por el genotipo 22-20-783, y para el caso de los tipo “slicer” o “francés”, solo el genotipo Modan RZ no la superó; entre los tipo “holandés”, únicamente el genotipo Roxinante superó ampliamente el promedio general de esta variable.

Cuadro 26. Rendimiento comercializable (kg/m²) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Rendimiento comercializable (kg/m²)	Error Estándar	
<i>Katrina</i>	21,19	0,30	a
<i>Roxinante</i>	19,26	1,11	a b
<i>Primavera</i>	19,09	1,00	a b
<i>Corinto</i>	18,32	0,99	a b
<i>22-20-782</i>	17,84	0,95	a b
<i>Paraíso</i>	17,59	0,86	a b
<i>Macario</i>	17,46	0,42	a b
<i>Dreamliner</i>	17,16	2,85	a b
<i>Kalunga</i>	16,49	1,19	a b
<i>Paisaje RZ</i>	15,71	0,76	a b
<i>22-20-783</i>	15,67	1,13	a b
<i>Cumlaude RZ</i>	15,37	1,27	a b
<i>Modan RZ</i>	15,16	0,74	a b
<i>Arioso F1</i>	13,77	1,10	b
Media general	17,15	1,05	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

El genotipo 22-20-783 presentó la particularidad de que una vez que la planta se agota, ésta se determina, produciendo un fruto terminal en el meristemo apical. Este proceso acorta el ciclo de la planta, inhibiendo el crecimiento de la misma y la fructificación. Este comportamiento también ocurre en plantas como el tomate cuando son sometidas a estrés por calor, por lo que puede estar estrechamente relacionado con las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento (ver Figura 5). Páez *et al.* (2000), demostraron que la alta temperatura a la que están expuestas las plantas de tomate durante periodos de altas temperaturas influye en la inhibición de la fase reproductiva, por lo que las plantas no producen flores ni frutos.

4.3.3 Rendimiento biológico

4.3.3.1 Rendimiento total de la cosecha en ton/ha

En el Cuadro 27 se muestran los valores de rendimiento total por hectárea para los 14 genotipos de pepino partenocárpico evaluados.

Los mayores valores los alcanzó el genotipo Roxinante con una producción de 258,03 ton/ha. Este genotipo fue el que se utilizó en el proyecto que se desarrolló hace varios años en la zona de Zarcero; la cantidad de exportación proyectada en dicho proyecto rondaba entre 90-120 ton/ha. El total de kilogramos exportados para el primer ciclo de producción fue inferior al mínimo proyectado; para el segundo ciclo se alcanzó un rendimiento de 74 ton/ha, en el tercer ciclo el rendimiento disminuyó a 61 ton/ha, y aumentó para el cuarto ciclo a 92 ton/ha (Valenciano *et al.* 2013). Todos estos rendimientos fueron superados ampliamente por los 14 genotipos evaluados en la EEAFBM, tanto en el rendimiento biológico como comercializable, e inclusive en el rendimiento de primera calidad (excepto para el híbrido Arioso F1).

Cuadro 27. Rendimiento total por área (ton/ha) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	Rendimiento (ton/ha)	Error Estándar	
<i>Roxinante</i>	258,03	9,19	a
<i>Katrina</i>	253,17	6,89	a
<i>Dreamliner</i>	241,09	24,96	a b
<i>Kalunga</i>	233,11	13,88	a b
<i>Paisaje RZ</i>	230,97	7,05	a b
<i>22-20-782</i>	224,97	13,60	a b
<i>Primavera</i>	222,44	7,97	a b
<i>Corinto</i>	210,57	17,39	a b
<i>Paraíso</i>	207,66	10,82	a b
<i>Cumlaude RZ</i>	207,64	10,82	a b
<i>Macario</i>	205,50	4,80	a b
<i>22-20-783</i>	201,00	14,24	a b
<i>Arioso F1</i>	180,77	17,47	b
<i>Modan RZ</i>	175,76	7,42	b
Media general	218,05	48,95	

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) según la prueba de Bonferroni

Meneses (2013) realizó una valoración de sustratos, obtenidos a partir de diferentes materias primas, en el cultivo de pepino tipo “holandés” (híbrido Fuerte) en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. En este estudio el mejor tratamiento mostró un rendimiento total de 5,99 kg por planta, lo que equivale a 15,57 kg/m² y a 155,7 ton/ha. Este valor fue superado por todos los genotipos evaluados en esta investigación.

Los genotipos que menor rendimiento presentaron fueron el genotipo de tipo “francés” Modan RZ, con una producción de 175,76 ton/ha, y el tipo “japonés” Arioso F1 con 180,77 ton/ha, los cuales produjeron significativamente menos que los genotipos Roxinante y Katrina.

La partenocarpia le confiere a algunas especies de plantas la capacidad de producir frutos sin previa polinización y fecundación. Estos frutos sin semillas por lo general mantienen un contenido de auxinas lo suficiente elevado para continuar solos su crecimiento. Estas reacciones, que incluyen la actividad de reguladores de crecimiento en el fruto, son producidas generalmente por los tejidos en crecimiento, y dependen básicamente de la capacidad de competir con otras partes de la planta por la provisión de alimentos (Taiz y Zeiger 2006).

Estudios realizados por Ortiz *et al.* (2007) en tomate, demostraron que algunos genotipos híbridos son más afectados negativamente por las altas temperaturas que otros de polinización abierta; todos los genotipos evaluados en dicha investigación correspondieron a híbridos comerciales y plantas gineceas. Según Kuo y Tsai (1984), citado por Ortiz *et al.* (2007), la producción de frutos es muy susceptible a las altas temperaturas, disminuyendo los niveles de auxinas y giberelinas principalmente en los brotes y los frutos en desarrollo, reduciendo el cuajado (Sasaki *et al.* 2005, citado por Ortiz *et al.* 2007).

Es posible que el efecto de la temperatura sobre los diferentes genotipos evaluados haya involucrado una disminución en los niveles de auxinas en las plantas, provocando una reducción en la capacidad de cuaje de los diferentes genotipos. Condiciones de altas temperaturas incrementan los niveles de etileno en las plantas, por lo que los niveles de auxinas disminuyen (Burg 1973).

Los estudios realizados por Ortiz *et al.* (2007) demostraron una reducción del rendimiento de fruta comercializable bajo condiciones de altas temperaturas. Otros autores como Dinar y Rudich (1985), citados por Ortiz *et al.* (2007), encontraron que varios procesos fisiológicos y bioquímicos pueden ser afectados, tales como la actividad de las enzimas en la fotosíntesis, la integridad de la membrana, la fosforilación oxidativa, el transporte de electrones en el cloroplasto, la difusión del CO₂ en el estoma, y la translocación de fotoasimilados.

4.3.4 Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix)

En el Cuadro 28 se presentan los valores de porcentaje de sólidos solubles totales de los 14 genotipos evaluados.

Cuadro 28. Porcentaje de sólidos solubles totales (°Brix) de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Genotipo	°Brix	Error Estándar			
<i>Macario</i>	3,89	0,09	a		
<i>Corinto</i>	3,71	0,09	a	b	
<i>Cumlaude RZ</i>	3,68	0,21	a	b	c
<i>Kalunga</i>	3,67	0,03		b	c
<i>Paisaje RZ</i>	3,59	0,04		b	c
<i>Arioso F1</i>	3,58	0,05		b	c
<i>Paraíso</i>	3,58	0,05		b	c
<i>Dreamliner</i>	3,49	0,07		b	c
<i>Primavera</i>	3,46	0,08			c
<i>Modan RZ</i>	3,40	0,08			c
<i>Roxinante</i>	3,38	0,06			c
<i>22-20-782</i>	3,09	0,04			d
<i>Katrina</i>	3,04	0,04			d e
<i>22-20-783</i>	2,97	0,04			e
Media general	3,47	0,07			

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) según la prueba de Bonferroni

Se presentaron diferencias significativas entre varios de los genotipos para esta variable. El valor más alto lo consiguió el genotipo Macario con 3,89 °Brix. Los

genotipos de pepino de tipo “pepinillo” alcanzaron los valores más bajos de porcentaje de sólidos solubles totales, con un rango de 2,97 a 3,09 °Brix. Aunque la dulzura no es una variable que busque el consumidor en el fruto de pepino, generalmente en la mayoría de las hortalizas una alta concentración de sólidos solubles totales en el fruto es una característica que le confiere calidad.

4.4 Correlaciones entre las variables evaluadas

En el Cuadro 29 (Anexo 5), se presenta el análisis o matriz de correlación entre algunas de las diferentes variables evaluadas para los 14 genotipos evaluados.

Presentan una correlación lineal alta y positiva (Figura 18) la variable peso promedio del fruto con respecto a longitud del fruto ($r = 0,9442$); también presentan una alta correlación negativa, la variable número de frutos totales por planta con el peso promedio del fruto ($r = -0,8062$).

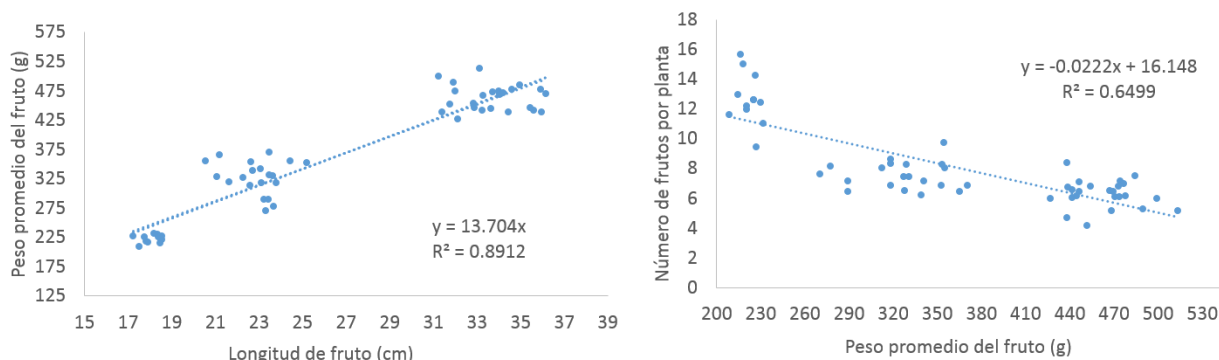


Figura 18. Correlación lineal de Pearson entre el peso promedio del fruto y las variables longitud del fruto y número de frutos por planta de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Asimismo, el número de frutos totales por planta tiene una alta correlación negativa con las variables longitud del fruto ($r = -0,7308$) y diámetro del fruto ($r = -0,7451$), de forma que a mayor tamaño del fruto, ya sea de largo o ancho, se producirá un menor número de frutos por planta. Esto evidencia por qué los genotipos tipo

“holandés”, al tener los mayores valores en longitud del fruto, presentan el menor número de frutos por planta.

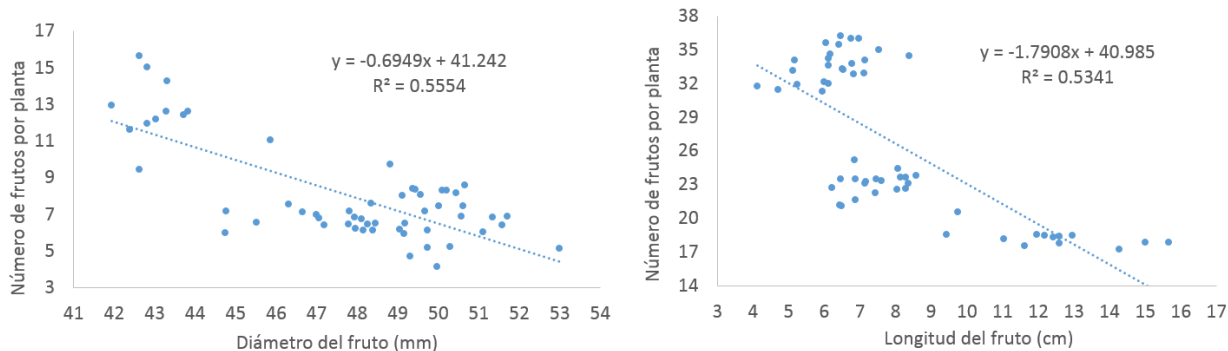


Figura 19. Correlación lineal de Pearson entre el número de frutos por planta y las variables diámetro del fruto y longitud del fruto de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

En el Cuadro 30 (Anexo 5), se presentan las correlaciones de cada variable para la categoría de primera calidad.

La variable número de frutos por planta de primera calidad arrojó una alta correlación negativa con las variables peso promedio del fruto ($r = -0,8413$) y longitud del fruto ($r = -0,8065$).

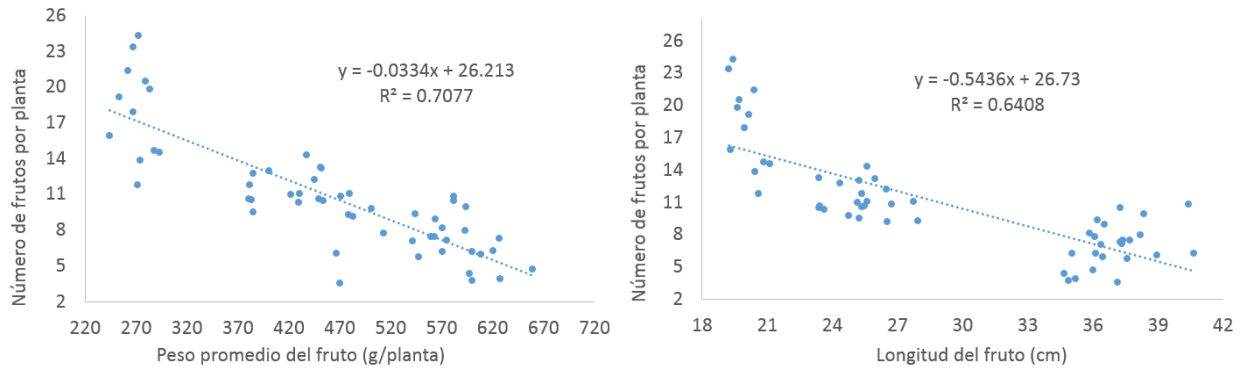


Figura 20. Correlación lineal de Pearson para la categoría de primera calidad entre la variable número de frutos y su relación con las variables peso promedio del fruto y longitud del fruto.

También es evidente la fuerte correlación que tiene la variable longitud del fruto de primera calidad con el peso promedio del fruto ($r = 0,9073$). A medida que aumenta la longitud también aumenta el peso promedio del fruto.

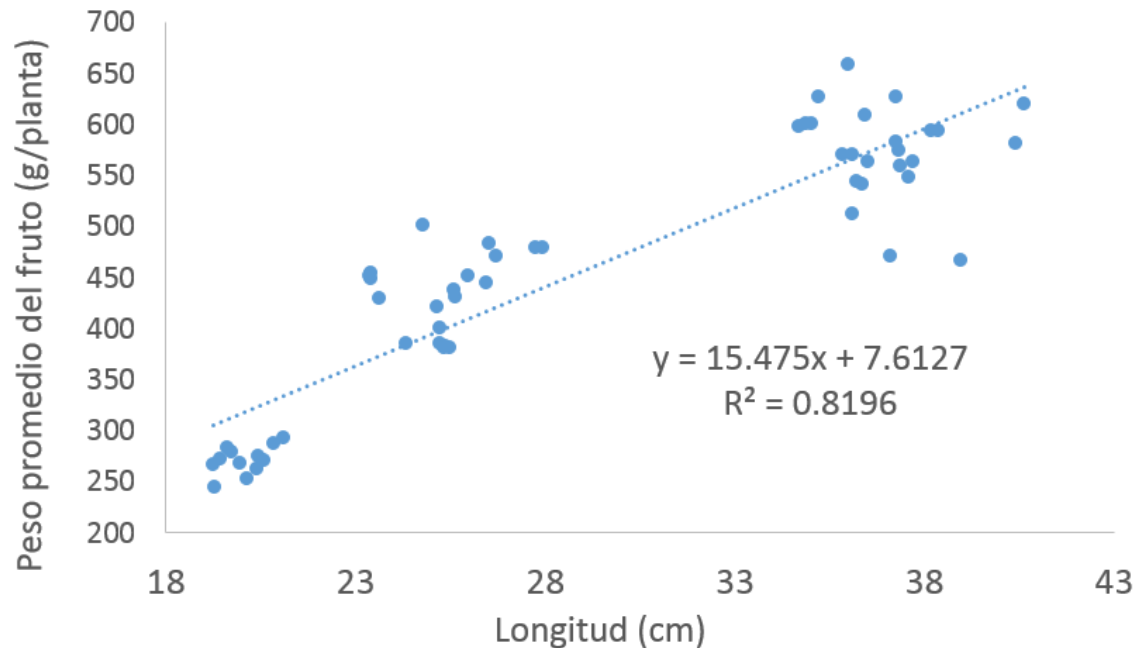


Figura 21. Correlación lineal de Pearson para la categoría de primera calidad entre las variables peso promedio del fruto en función de la longitud del fruto.

Según el análisis de Correlación de Pearson para la categoría de rechazo (Cuadro 31, Anexo 5), la relación entre la variable peso promedio del fruto y las variables longitud y rendimiento en kg/m² presentaron una correlación lineal positiva ($r=0,8436$ y $0,7213$ respectivamente) y altamente significativa ($p<0,0001$) para ambas variables (Figura 22).

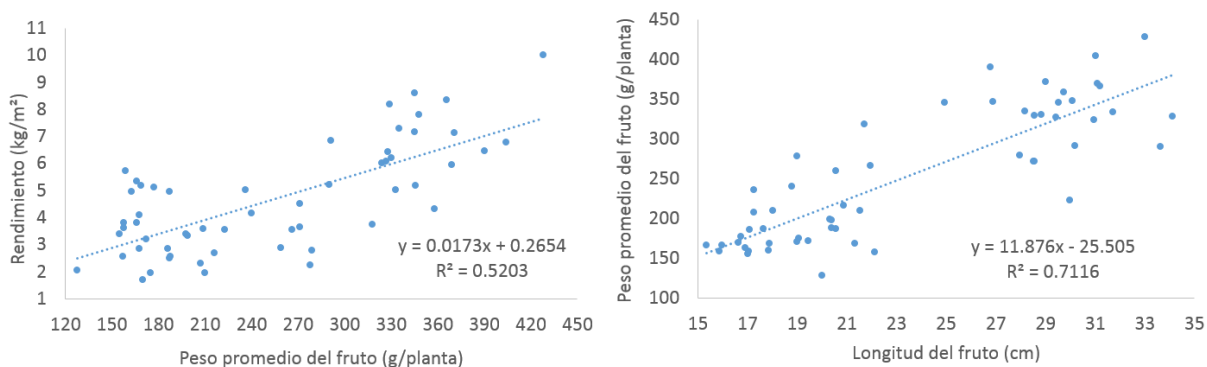


Figura 22. Correlación lineal de Pearson para la categoría de rechazo entre la variable peso promedio del fruto y su relación con las variables rendimiento y longitud del fruto.

Esto demuestra como los genotipos de pepino holandés presentan un mayor valor de peso de frutos de rechazo.

El análisis demuestra que existe una fuerte correlación significativa ($p<0001$ y $r = 0,8013$) entre las variables de rendimiento comercial y biológico (Figura 23).

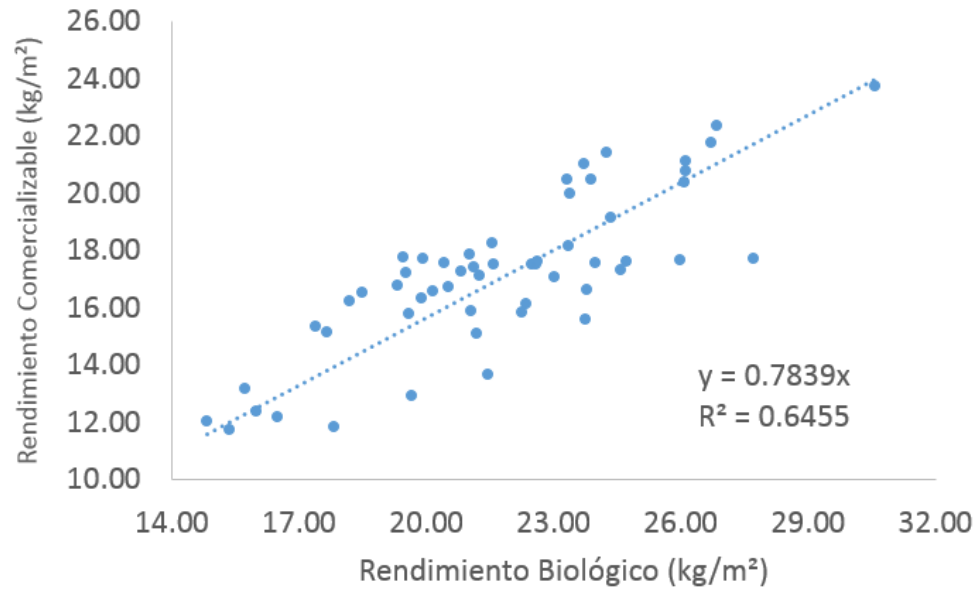


Figura 23. Correlación lineal de Pearson de la variable rendimiento comercial en función del rendimiento biológico.

Esto podría apuntar a seleccionar variedades con mayor rendimiento y por esto la importancia de realizar pruebas de diferentes genotipos de cultivos para determinar los que producen mayor rendimiento comercializable y así, hacer más eficiente el sistema productivo.

5 CONCLUSIONES

La caracterización agronómica de genotipos de hortalizas es importante para tomar decisiones en cuanto a cuál variedad utilizar, el manejo de la plantación, y las labores que requiere el cultivo. Además permite generar información acerca del rendimiento esperado y los estándares de calidad que se pueden llegar a producir, y permite la selección de los genotipos mejor adaptados a cada zona de producción.

Se encontraron diferencias significativas entre genotipos en muchas de las variables evaluadas.

Los valores de longitud son característicos de cada tipo de pepino. Los pepinos tipo “holandés” pueden alcanzar longitudes medias que van desde los 33 hasta casi los 36 cm. Los genotipos tipo “slicer” pueden abarcar longitudes medias desde los 21 hasta los 24 cm, y los genotipos tipo “pepinillo” pueden llegar a medir de 17,0 a 18,5 cm.

Los valores de diámetro pueden llegar a ser muy variables para los diferentes genotipos; estos valores se encuentran en un rango que va desde los 42,5 hasta los 50,0 mm.

Básicamente la presencia de espinas está asociada al tipo de cáscara de cada genotipo. Los pepinos de tipo “holandés” y los “pepinillos” son de cáscara suave y delgada, con estrías o arrugas levemente marcadas, y no poseen espinas. Los genotipos de tipo “slicer” y “francés” tienen un nivel intermedio de espinas, y solo el genotipo tipo “japonés” Arioso F1 presentó muchas espinas.

Todos los genotipos evaluados iniciaron cosecha a los 31 ddt. El desarrollo del cultivo en condiciones ambientales de alta temperatura y alta radiación puede acortar el tiempo requerido para el inicio de cosecha de los genotipos evaluados, en relación a otras condiciones.

Los genotipos que presentan un mayor número de frutos de primera calidad son los de tipo “pepinillo”; entre estos, Katrina y 22-20-782 son estadísticamente superiores a todos los demás genotipos. Entre los 14 genotipos evaluados, Katrina alcanzó el mayor rendimiento de cosecha de primera calidad (15,78 kg/m²) y fue el que produjo el mayor rendimiento comercial (21,19 kg/m²), siendo estadísticamente superior respecto al genotipo tipo “japonés” Arioso F1, el cual mostró el menor valor en esta variable con

13,77 kg/m². El promedio general de producción de fruta comercializable de todos los genotipos fue de 17,15 kg/m².

Entre los pepinos tipo “slicer”, los genotipos Primavera, Corinto y Paraíso presentaron un mayor número de frutos de primera calidad por planta. Entre los pepinos tipo “holandés”, el genotipo Roxinante presentó el mayor número de frutos de primera calidad por planta; por lo tanto, se puede considerar que estos son genotipos que presentaron un buen comportamiento en las condiciones de esta investigación.

El pepino tipo “japonés” Arioso F1 produjo los frutos de primera calidad con mayor peso promedio (606,50 g), pero también fue el genotipo que produjo la menor cantidad de frutos de primera por planta (4,54); este genotipo pudo ser afectado por las condiciones de altas temperaturas que presentó el invernadero, induciendo la producción de flores masculinas y una disminución de la producción; por lo tanto, se considera un híbrido que no se adaptó adecuadamente a las condiciones en que se desarrolló esta investigación.

Los genotipos de pepino de tipo “holandés” obtuvieron los rangos de peso promedio de fruto más altos para todas las categorías de calidad, pero por otra parte también presentaron el menor número de frutos de primera calidad por planta. El genotipo Roxinante obtuvo el primer lugar en cuanto a rendimiento total o biológico, con 258,03 ton/ha.

El porcentaje de sólidos solubles totales en el fruto de pepino alcanzó un promedio de 3,47 °Brix. Los genotipos de pepino de tipo “pepinillo” alcanzaron los valores más bajos de esta variable, con un rango de 2,97 a 3,09 °Brix. El valor más alto lo obtuvo el genotipo Macario, con 3,89 °Brix.

Presentan una correlación lineal alta y positiva la variable peso promedio del fruto vs longitud ($r = 0,9442$) y una alta correlación negativa, la variable número de frutos por planta con el peso promedio del fruto ($r = -0,8062$).

La variable número de frutos por planta de primera calidad arrojó una alta correlación negativa con las variables peso promedio y longitud del fruto ($r = -0,8413$ y $-0,8065$ respectivamente). También es evidente la fuerte correlación que tiene la variable longitud del fruto de primera calidad con el peso promedio del mismo ($r =$

0,9073). A medida que aumenta la longitud del fruto también aumenta su peso promedio.

En el caso de la categoría de rechazo, las relaciones entre la variable peso promedio del fruto y las variables longitud y rendimiento en kg/m², presentaron una correlación lineal positiva ($r = 0,8436$ y $0,7213$ respectivamente) y altamente significativa ($p < 0,0001$) para ambas variables

6 RECOMENDACIONES

- 1 Realizar un monitoreo constante de la conductividad eléctrica del sustrato, con el fin de evitar el aumento de ésta. El cultivo de pepino es muy susceptible a la alta salinidad, por lo que se recomienda mantener siempre una conductividad eléctrica menor a 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la solución de drenaje.
- 2 Implementar el tutorado de tipo “descuelgue”, adelantando la cosecha de los genotipos de tipo “holandés”. El descolgado provocará menor daño en el meristemo apical de las plantas.
- 3 Si no es posible realizar el tutorado de tipo “descuelgue”, entonces utilizar cable cubierto para evitar el daño provocado a los tallos de las plantas y el aborto de frutos.
- 4 Realizar dos cosechas por semana, esto estimulará la producción de frutos.
- 5 Realizar investigación en cuanto a poda o raleo de frutos en los genotipos de tipo “pepinillo” y “holandés”, para determinar su efecto en el rendimiento de primera calidad.

7 BIBLIOGRAFÍA

- All-Bizz. 2015. *Pepino Roxinante*. Consultado en línea. Disponible en: <http://santiago.all.biz/semilla-de-pepino-roxinante-g62225>
- Arias, S. 2007. *Manual de producción de pepino*. United States, Agency International Development. La Lima. Honduras. 31 p.
- Baixauli, C.; Aguilar, J. 2002. *Cultivo sin suelo de hortalizas: aspectos prácticos y experiencias*. Serie Divulgación Técnica. Editorial Generalitat Valenciana. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Valencia, España. 110 p.
- Burg, S. P. 1973. Ethylene in plant growth. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 70(2): 591-597.
- Cerkauskas, R. 2001. *Fusarium stem and root rot of greenhouse cucumber*. Fact sheet, order No. 01-081. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Canadá. 3 p. Disponible en: www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-081.pdf
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. 2014. *InfoStat versión 2014*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: www.infostat.com.ar
- Enza Zaden. 2015. *Descripción de híbridos de pepino partenocárpico*. Consultado en línea el 3 de febrero de 2015. Disponible en: <http://www.enzazaden.com/Products/fruitvegets/Cucumber/>
- FAO. 2013. *Pepino, cultivos, producción nacional* (FAOSTAT). Food and Agriculture Organization. Consultado en línea el 8 de febrero de 2015. Disponible en: <http://data.fao.org/dataset-data-filter?entryId=29920434-c74e-4ea2-beed-01b832e60609&tab=data>
- FAO. 2014. *Adaptación de la agricultura al cambio climático*. Food and Agriculture Organization. Consultado en línea el 8 de mayo de 2015. Disponible en: www.fao.org/fileadmin/templates/tci/pdf/backgroundnotes/webposting_SP.pdf
- FDA. 1992. *Cultivo de pepino*. Boletín técnico No. 15. Fundación de Desarrollo Agropecuario. Santo Domingo, República Dominicana. 15 p.

- Haifa. 2014. *Nutritional recommendations for cucumber*. Consultado en línea el día 14 de julio de 2015. Disponible en: http://www.haifa-group.com/knowledge_center/crop_guides/cucumber/
- Hernández, M.; Chailloux, M; Ojeda, A. 2006. Cultivo protegido de las hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. *Medio ambiente y sociedad*. 30: 25-31.
- IMN. 2015. *Temperatura promedio, máxima y mínima en la EEAFBM*. Comunicación personal. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. La Garita, Alajuela, Costa Rica.
- Johnny's Selected Seeds. 2014. *Cucumber types and terminology*. Consultado el 22 de enero de 2015. Disponible en: www.johnnyseeds.com
- Jordán, M., Casaretto, J. 2006. Hormonas y reguladores del crecimiento: auxinas, giberelinas y citocininas. En: *Fisiología vegetal*. F. A. Squeo y L. Cardemil (eds.)
- Known-You Seed. 2015. *Pepino Arioso F1*. Comunicación personal. 26 Chung-Cheng 2nd Rd, Kaohsiung, Taiwan, R. O. C. Correo electrónico: www.knownyou.com
- López-Elías, J.; Rodríguez, J.; Huez, M.; Garza, S.; Jiménez, J.; Leyva, E. 2011. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *IDESIA* (Chile). 29(2): 21-27.
- Madhava, K.; Raghavendra, A.; Janardhan, K. 2006. *Physiology and molecular biology of stress tolerance in plants*. Holanda. 351 p.
- MAG. 2007. *Caracterización de la agrocadena de pepino holandés*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Alajuela. Costa Rica. 19 p.
- Mansour, A.; Ismail, H.; Ramadan, M.; Gyulai, G. 2009. Variations in tomato (*Lycopersicon esculentum*) cultivars grown under heat stress. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 4(2009): 118–127.
- Marín, F. 2010. *Cuantificación y valoración de estructuras y procesos de producción agrícola bajo ambientes protegidos en Costa Rica*. Programa Nacional Sectorial de Producción Agrícola Bajo Ambientes Protegidos. San José, Costa Rica. 34 p.
- Meneses, C. 2013. *Valoración de sustratos obtenidos a partir de diferentes materias primas en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) tipo holandés, en*

- invernadero*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 89 p.
- Moll, C.; Ramm, A.; Valmor, C.; Bacarin, M. 2013. Physiological response to heat stress of tomato 'Micro-Tom' plants expressing high and low levels of mitochondrial sHSP23.6 protein. *Plant Growth Regul.* 70: 175-185.
- Monardes, H. 2009. *Manual de cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Consultado en línea 26 de abril de 2015. Disponible en: www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Morales, D.; Rodríguez, P.; Dell' Amico, J.; Torrecillas, A.; Sánchez, M. 2006. Efecto de las altas temperaturas en algunas variables del crecimiento y el intercambio gaseoso en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Amalia). *Cultivos Tropicales*. 27(1): 45-48.
- Municipalidad de Alajuela. 2012. *Plan de desarrollo cantonal: "Alajuela cantón inclusivo y solidario" 2013-2023*. Consultado en línea el 21 de mayo de 2015. Disponible en: www.munialajuela.go.cr/app/contenido/documentos/PLANDESARROLLOCANTONAL2013-2023.pdf
- Nicodemo, D.; Braga, E.; De Jong, D.; Nogueira, R. 2013. Enhanced production of parthenocarpic cucumbers pollinated with stingless bees and africanized honey bees in greenhouses. *Semina: Ciências Agrárias* (Londrina, Brasil). Suplemento 1. 34(6): 3625-3634.
- Ortiz, R.; Crossa, J.; Vargas, M.; Izquierdo J. 2007. Studying the effect of environmental variables on the genotype x environment interaction of tomato. *Euphytica*. 153: 119-134.
- Páez, A.; Paz, V.; López, J. C. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 17: 173-184.
- PanDia Seeds. 2015. *Descripción de pepinos partenocárpicos*. Comunicación personal. P.O. Box 1599, Ojai, California 93024, EE. UU.
- Punja, Z. K.; Parker, M.; Rose, S.; Louie, D.; Ng, K. 1998. *Occurrence of Fusarium crown and root rot, a new disease on greenhouse cucumbers in British Columbia*,

- and methods for disease control.* Cucurbitaceae. Disponible en: www.cuke.hort.ncsu.edu/cgc/conferences/cuc98/Punja.html
- Ramírez, C.; Nienhuis, J. 2012. Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 25(2): 10-20.
- Ramírez, R.; Aguilar, J.; León, R. 2010. *Introducción a los cultivos protegidos bajo cobertura plástica en Costa Rica*. MAG. San José, Costa Rica. 130 p.
- Reche, J. 1996. *Poda de hortalizas en invernadero (calabacín, melón, pepino y sandía)*. Hojas divulgadoras No. 1-2. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 95 p.
- Reche, J. 2011. *Cultivo del pepino en invernadero*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Madrid. 50 p.
- Rijk Zwaan. 2015. *Descripción de pepinos partenocárpicos*. Consultado el 2 de febrero de 2015. Disponible en: www.rijkszwaan.es/wps/wcm/connect/RZ+ES/Rijk+Zwaan/Products_and_Services/Products/Crops/Pepino
- Ruiz, A.; Medina, G.; González, I.; Ortiz, C.; Flores, H.; Martínez, R.; Byerly, K. 1999. *Pepino*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Consultado el 5 de junio de 2015. Disponible en: www.tradecorp.com.mx/tradecorp/cultivos/hortalizas/pepino/
- Shaw, N.; Cantliffe, D. 2001. *Beit Alpha cucumber: a new greenhouse crop for Florida*. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 5 p.
- Shaw, N.; Cantliffe, D.; Rodríguez, J.; Taylor, S.; Spencer, D. 2000. *Beith-Alpha cucumber - an exciting new greenhouse crop*. Florida Agricultural Experiment Station Journal (University of Florida). 5 p.
- Taiz, L.; Zeiger, E. 2006. Auxinas. En: *Fisiología vegetal*. Publicaciones de la Universitat Jaume. Traducción del libro *Plant physiology*, 3 ed. 581 p.
- Talanova, V.; Akimova, T.; Titov, A. 2003. Effect of whole plant and local heating on the ABA content in cucumber seedling leaves and roots and on their heat tolerance. *Russian Journal of Plant Physiology*. 50(1): 90–94.
- Tatlioglu, T. 1993. Cucumber: *Cucumis sativus* L. En: *Genetic improvement of vegetable crops*. pp. 197-234.

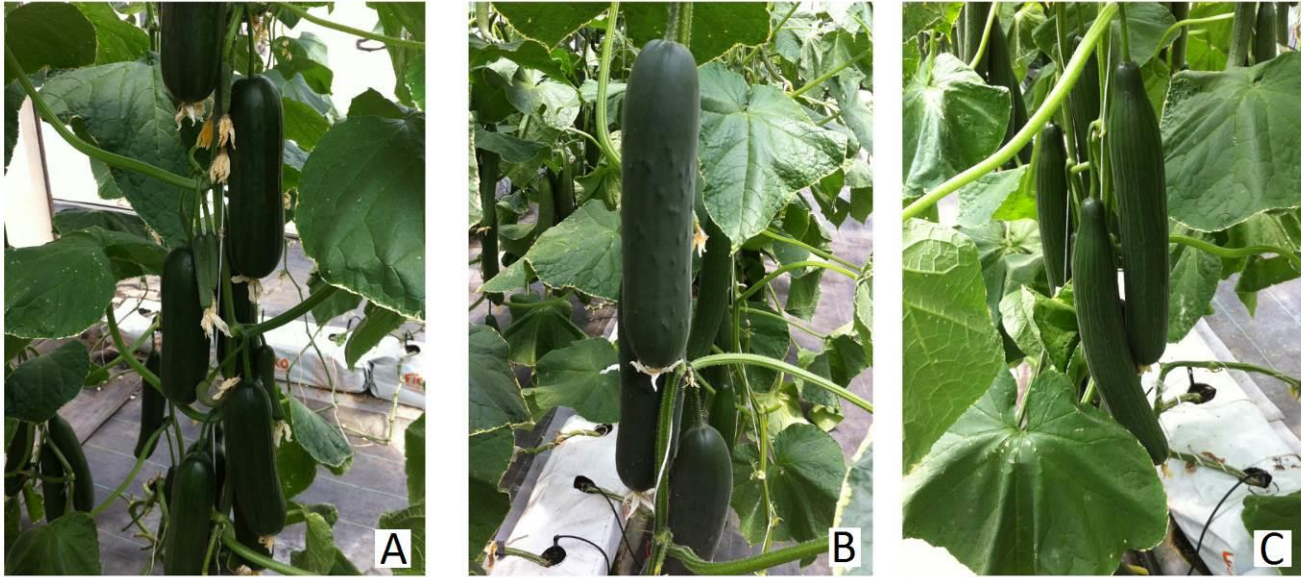
UC Davis. 2015. *Cucumber (Cucumis sativus)*. Vegetable Research and Information Center. Home Vegetable Gardening. Universidad de California, Davis. 5 p. Consultado el 22 de enero de 2015. Disponible en: www.vric.ucdavis.edu/pdf/cucumber.pdf

University of Alaska Fairbanks. 2013. *Cucumber production in greenhouses*. University of Alaska Fairbanks. Cooperative Extension Service. Consultado el 15 de junio de 2015. Disponible en: www.uaf.edu/ces

Valenciano, J.; Salas, M.; Díaz, R. 2013. Sistemas de financiamiento en cadenas agrícolas rurales: un caso no exitoso en la producción de pepino en Zarcero, Costa Rica. Universidad Nacional. *Revista ABRA*. 33(46): 13-29.

8 ANEXOS

Anexo 1



*Fuente: Chacón 2015.

Figura 24. Tipos de pepinos: A- “Pepinillos”; B- “Slicer”; C- “Holandés”.

Anexo 2



Figura 25. Genotipos de pepino partenocárpico en campo.

Anexo 3



Figura 26. Genotipos de pepino partenocárpico.

Anexo 4

1	G3R3	G5R1	G8R1	G11R4	G11R1	G15R2	G3R4	G4R4	G11R3	G1R1
2										
3	G5R3	G1R3	G5R2	G9R3	G2R2	G14R4	G4R2	G10R3	G15R4	G5R4
4										
5	G11R2	G6R3	G13R4	G2R1	G12R2	G10R1	G13R1	G10R2	G14R1	G3R2
6										
7	G12R3	G12R1	G8R2	G14R3	G13R3	G13R2	G6R1	G15R1	G7R1	G4R1
8										
9	G14R2	G2R3	G1R2	G9R1	G15R3	G3R1	G6R4	G8R4	G7R2	G9R2
10										
11	G6R2	G7R3	G8R3	G1R4	G7R4	G2R4	G4R3	G12R4	G10R4	G9R4
12										

Figura 27. Croquis y distribución espacial de los tratamientos en el invernadero de la EEAFBM.

Anexo 5

Cuadro 29. Matriz de correlación de Pearson entre variables evaluadas de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Correlación de Pearson	Longitud del fruto (cm)	No frutos/planta	Diámetro del fruto (cm)	Peso promedio del fruto (g)	Rendimiento Comercial (kg/m ²)	Rendimiento Biológico (kg/m ²)	Porcentaje de sólidos solubles totales
Longitud del fruto (cm)	1						
No frutos/planta	-0,7308	1					
Diámetro del fruto (cm)	0,4400	-0,7451	1				
Peso promedio del fruto (g)	0,9442	-0,8062	0,5700	1			
Rendimiento Comercial (kg/m ²)	-0,2300	0,5100	-0,1100	-0,2400	1		
Rendimiento Biológico (kg/m ²)	0,1600	0,4000	-0,1900	0,1200	0,8013	1	
Porcentaje de sólidos solubles totales	0,4200	-0,6500	0,6200	0,5700	-0,2700	-0,1900	1

Cuadro 30. Matriz de correlación de Pearson entre variables evaluadas a la categoría de primera calidad de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Categoría de Primera Calidad	Rendimiento (kg/m²)	No frutos/planta	Peso promedio del fruto (g)	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Porcentaje de sólidos solubles totales
Rendimiento (kg/m²)	1					
No frutos/planta	0,6741	1				
Peso promedio del fruto (g)	-0,2692	-0,8413	1			
Longitud del fruto (cm)	-0,3377	-0,8065	0,9073	1		
Diámetro del fruto (cm)	-0,0281	-0,5121	0,5481	0,2959	1	
Porcentaje de sólidos solubles totales	-0,2187	-0,5955	0,6187	0,4505	0,5828	1

Cuadro 31. Matriz de correlación de Pearson entre variables evaluadas a la categoría de rechazo de 14 genotipos de pepino partenocárpico.

Categoría de rechazo	Rendimiento (kg/m ²)	No frutos/planta	Peso promedio del fruto (g)	Longitud del fruto (cm)	Diámetro del fruto (cm)	Porcentaje de sólidos solubles totales
Rendimiento (kg/m ²)	1					
No frutos/planta	0,5554	1				
Peso promedio del fruto (g)	0,7213	-0,1321	1			
Longitud del fruto (cm)	0,6127	-0,1668	0,8436	1		
Diámetro del fruto (cm)	0,1282	-0,2956	0,4502	0,5125	1	
Porcentaje de sólidos solubles totales	-0,0215	-0,3650	0,2594	0,2291	0,0865	1

Anexo 6

Cuadro 32. Características de 14 genotipos de pepino partenocárpico en la EEAFBM.

Tratamiento	Genotipo	Tipo	Características más evidentes
1	22-20-782	Pepinillo	Multifruto, frutos verde oscuro, sin brotes laterales, hojas verde pálido, hojas muy susceptible a trips y daño mecánico por el viento, vigor medio más que Katrina.
2	22-20-783	Pepinillo	Multifruto, frutos menos oscuros, largos y delgados, con hojas color verde oscuro, menos susceptible a trips, con brotes que producen frutos terminales, frutos muy susceptibles a daños por trips, plantas agotadas se determinan al final de su ciclo.
3	44-20-50	Holandés	Eliminado por posible contagio con asociación entre hongo <i>Fusarium</i> y <i>Pythium</i> ; <i>Fusarium</i> es transmitido por semilla.
4	Arioso F1	Japonés	Frutos brillantes, largos y con muchas espinas blancas, muy susceptible a daños mecánicos, con flores masculinas, planta excesivamente vigorosa, con brotes laterales.
5	Corinto	“Slicer”	Plantas muy vigorosas, frutos muy susceptibles a estrés por calor produciendo torceduras, hojas verde oscuro, poco susceptible a trips.
6	Cumlaude RZ	Holandés	Frutos menos rectos y cilíndricos, hojas verde oscuro, poco susceptible a trips y mildiú polvoso, plantas muy vigorosas en el eje central pero no en los brotes laterales
7	Dreamliner	Holandés	Planta medianamente vigorosa, muy susceptible a trips, frutos curvos y algunos deformes.
8	Kalunga	Holandés	Frutos cilíndricos, muy susceptible a mildiú polvoso, con brotes laterales muy vigorosos, poco susceptible a trips
9	Katrina	Pepinillo	Multifruto, sin brotes laterales, los frutos son más gruesos, con 2 o 3 hojas por nudo y hasta 5 frutos por nudo, plantas poco vigorosas, hojas y frutos verde oscuro, susceptible a trips.
10	Macario	“Slicer”	Hojas verde oscuro, plantas muy vigorosas, frutos menos rectos, brotes poco vigorosos, poco susceptible a mildiú polvoso.
11	Modan RZ	Francés	Planta muy vigorosa en el eje central, frutos muy uniformes y rectos, brotes poco vigorosos, poco susceptible a mildiú polvoso
12	Paisaje RZ	Holandés	Hojas verde oscuro, plantas muy vigorosas, frutos menos rectos, brotes poco vigorosos, poco susceptible a mildiú polvoso.
13	Paraíso	“Slicer”	Frutos con ligeras líneas verde claro y ligeramente curvos, hojas verde oscuro, frutos muy uniformes, plantas medianamente vigorosas en el eje principal, con brotes

			laterales muy vigorosos.
14	Primavera	"Slicer"	Hojas verde oscuro, poco susceptible a trips, con brotes laterales, frutos amarillos en la base con líneas verde claro, plantas en extremo vigorosas en el eje principal pero no en los brotes laterales.
15	Roxinante	Holandés	En extremo susceptible a mildiú polvoso, frutos muy rectos, plantas muy vigorosas, con brotes laterales también muy vigorosos y zarcillos muy fuertes.