

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Evaluación del Comportamiento de Nueve Híbridos de Bell Pepper (*Capsicum annuum L.*), en Alta Tecnología “High Tech”, Como Respuesta a Rendimiento y Calidad de Fruto

Por:

GREGORIO MENDOZA MEJÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Agosto, 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Evaluación del Comportamiento de Nueve Híbridos de Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.), en Alta Tecnología "High Tech", Como Respuesta a Rendimiento y Calidad de Fruto

Por:

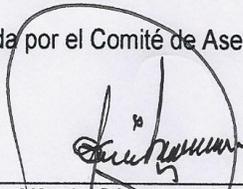
GREGORIO MENDOZA MEJÍA

TESIS

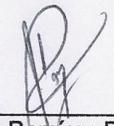
Presentada como requisito parcial para obtener el título de

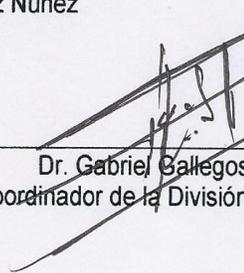
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Alfredo Sánchez López
Asesor Principal


Ing. Humberto Martínez Núñez
Coasesor


Dr. Homero Ramírez Rodríguez
Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía


Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Agosto, 2016

De todas las ocupaciones del hombre que derivan beneficio alguno, no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre libre como la agricultura.

Cicerón

DEDICATORIAS

Dedico el presente trabajo:

Con mucho amor a mis padres, **Ángela Mejía Rodríguez** y **Gregorio Mendoza Bautista**, quienes me han impulsado a seguir adelante, gracias por haberme dado la vida, por cuidarme y por su apoyo incondicional brindado en todo momento.

Con mucho cariño para todos mis hermanos, **Ana Belén, Andrés, Gabriel, Ismael, Sergio y Héctor**. Quienes me han apoyado en todo momento, gracias por cada una de sus palabras de aliento, por sus consejos y por creer en este sueño.

Con cariño para una persona muy especial, te agradezco por compartir momentos de tu vida conmigo, gracias por todos tus consejos, por alentarme a seguir adelante, por creer en mí, siempre te estaré agradecido... **M. Zimaireth J.**

A mis amigos, Fabián Ríos, J. Ramón Munguía, L. Manuel Espinoza, J. Javier Mendoza, Federico Mendoza, Antonio Vargas, Jaime E. Díaz, A. Elizabeth Zúñiga, Juan Arriaga, Alfredo Contreras, Antonio Robledo, Manuel Martínez, Adriana I. Salvador y Liliana de la Cruz. Con quienes he compartido grandes momentos.

Dios, los bendiga siempre.

AGRADECIMIENTOS

Gracias **Dios**, por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida en compañía de mi familia. Por nunca dejarme solo en la lucha de este sueño, por tu sabiduría y fuerza que nunca me negaste, por tus bendiciones. Gracias por haber puesto en mi camino a tantas personas que de una u otra forma han contribuido en la realización de este sueño.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, mi Alma Mater. Por haberme dado la oportunidad de pertenecer a esta gran casa de estudios, por ser mi hogar durante esta grandiosa etapa de mi vida y brindarme tantos conocimientos y experiencias para la realización de este sueño, Gracias.

A mis **Profesores y al Departamento de Horticultura**, quienes con mucha dedicación y empeño me transmitieron sus conocimientos, para desarrollarme profesionalmente.

Al **M.V.Z. J. Jesús Mera Olguín**, gracias por depositar su confianza en mí, por todo el apoyo brindado a lo largo de estos años, por todos sus consejos que me han permitido crecer y ser una mejor persona, siempre le estaré agradecido.

A un gran líder al, **Ing. J. Manuel Magdaleno B**, gracias por todo tu apoyo, consejos y conocimientos que me has brindado a lo largo del proyecto de tesis, por tu dedicación y tiempo, pero sobre todo gracias por tu amistad.

A un gran líder, Al **Ing. Humberto Martínez Ñ**, gracias por permitirme formar parte de su equipo de trabajo, pero sobre todo; por su amistad, consejos, paciencia y conocimientos que me ha transmitido.

Al **M.C. Alfredo Sánchez L**, gracias por su amistad, por creer y confiar en este proyecto, por bríndame todo su apoyo, paciencia y conocimientos.

A la **Empresa FreshMex**, por permitirme realizar mi proyecto de tesis, por brindarme y apoyarme en lo necesario para la conclusión de este proyecto.

ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades del pimiento	4
Origen	4
Clasificación taxonómica	5
Descripción morfológica	5
Planta	5
Raíz	5
Tallo	6
Hojas	6
Flor	6
Fruto	7
Semillas	8
Parámetros de calidad comercial	8
Clases comerciales	9
Clase I	9
Clase II	9
Importancia económica	10
Agricultura protegida	11

Producción en ambientes protegidos	12
Invernaderos para pimiento	13
Niveles tecnológicos de invernaderos para pimiento.....	13
Nivel 1	14
Nivel 2	14
Nivel 3	14
Producción pimiento en alta tecnología.....	15
Híbridos de pimiento cultivados en alta tecnología	16
Descripción de híbridos de pimiento	18
Híbridos rojos	18
Híbridos amarillos	19
Híbridos naranjas	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
Descripción del sitio experimental	21
Material genético	21
Descripción de tratamientos experimentales	23
Descripción del invernadero	23
Preparación del sitio experimental.....	24
Siembra	24
Trasplante	25
Manejo del cultivo	25
Poda de formación	25
Entutorado.....	25
Destallado	26
Aclareo de flores y frutos	26
Polinización	26
Control de clima	27

Riego	28
Soluciones nutritivas	28
Fertilización carbónica	28
Control de plagas y enfermedades	28
Cosecha	30
Variables evaluadas	31
Variables fenológicas	31
Variables de rendimiento	31
Variables de calidad	32
Análisis estadístico	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
Altura de planta	34
Diámetro del tallo	36
Frutos por planta	37
Velocidad de maduración	38
Rendimiento total (1ra, 2da y rezaga)	40
Rendimiento comercial (1ra + 2da)	41
Rendimiento total de rezaga	43
Rendimiento total del ciclo (1ra + 2da)	44
Peso de fruto	46
Grosor de la pared del fruto	47
VI. CONCLUSIONES	50
VII. LITERATURA CITADA	52
APÉNDICE	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales características de nueve híbridos de bell pepper utilizados en el estudio. FreshMex. México. 2016.	22
Cuadro 2. Agrupación de los Tratamientos Experimentales.	23
Cuadro 3. Descripción de productos químicos y agentes de control biológico empleados para el manejo integrado de plagas, durante el ciclo hortícola 2015 - 2016. FreshMex. México.....	29
Cuadro 4. Comparaciones de medias de Altura de Planta, de nueve híbridos de bell pepper. FreshMex. México. 2016.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la empresa FreshMex.	21
Figura 2. Trasplante de bell pepper, FreshMex.	25
Figura 3. Poda de formación y entutorado tipo Holandés.	26
Figura 4. Comportamiento de diferentes variables climáticas registradas dentro y fuera del invernadero, durante el ciclo hortícola 2015–2016. FreshMex. México .	27
Figura 5. Tabla de maduración de frutos de bell pepper.....	30
Figura 6. Altura final registrada a los 355 días después del trasplante, de los diferentes híbridos, de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex. México. 2016.	35
Figura 7. Diámetro del Tallo de diferentes híbridos de bell pepper, en condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.	36
Figura 8. Numero de Frutos por Planta de diferentes híbridos de bell pepper, en condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.	38
Figura 9. Velocidad de Maduración de frutos de bell pepper, cultivados bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.	39
Figura 10. Rendimiento Total (1ra, 2da y rezaga) en t- ha ⁻¹ , “obtenido en los meses de enero a mayo”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.	41
Figura 11. Rendimiento Comercial (1ra + 2da) en t- ha ⁻¹ , “obtenido en los meses de enero a mayo”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.	42

Figura 12. Rendimiento Total de Rezaga en $t\text{- ha}^{-1}$, “obtenido en los meses de enero a mayo”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016. 44

Figura 13. Rendimiento Total del Ciclo (1ra + 2da) en $t\text{- ha}^{-1}$, “obtenido en 40 semanas de cosecha”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016. 45

Figura 14. Peso de Fruto de diferentes híbridos de bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016. 47

Figura 15. Grosor de la Pared del Fruto de diferentes híbridos de bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016. .. 48

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero de alta tecnología, en la empresa FreshMex ubicada en el Estado de Querétaro, durante el ciclo hortícola 2015 - 2016. El objetivo fue evaluar el comportamiento en rendimiento y calidad de fruto de nueve híbridos de bell pepper (*Capsicum annuum L.*), denominados: Triple 5, Fabris RZ y Felicitas para frutos de color rojo, Baselga RZ, Hatrick RZ y Eurix; en frutos de color amarillo y Orangery RZ, Prosperity RZ y Orangela son frutos de color naranja. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental estuvo conformada por veinte plantas (5.9 m²). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro del tallo, número de frutos por planta, velocidad de maduración, rendimiento total (enero – mayo), rendimiento comercial, rendimiento total de rezaga, rendimiento total del ciclo (agosto – mayo), peso fruto y grosor de la pared del fruto. Mismas que fueron analizadas con el paquete estadístico Statical Analysis System (SAS), obteniendo las medias y los análisis de varianza. Los resultados muestran que existen diferencias significativas en: altura de planta, diámetro del tallo, peso de fruto y grosor de la pared del fruto. En cuanto a los rendimientos totales (enero – mayo); en los híbridos de color rojo el rendimiento oscilo entre 11.5 y 13.9 kg·m², en pimientos amarillos fue de entre 15 y 16.7 kg·m², y en pimientos naranja fluctuó entre 12.8 y 13.5 kg·m². Con respecto al rendimiento total del ciclo (agosto – mayo); cada uno de los híbridos logro una producción de alrededor de 28 kg·m².

Palabras clave: Alta tecnología, high tech, híbridos, bell pepper, rendimiento, calidad, invernadero. enigma_21@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo del pimiento ocupa el tercer lugar en superficie cultivada en invernadero, después del tomate y pepino, pero segundo en importancia económica. En México, es el segundo con mayor superficie bajo cubierta y en importancia económica. El cultivo del pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*) puede establecerse en explotaciones de diferentes niveles tecnológicos, desde sistemas convencionales en campo abierto, bajo malla sombra, en invernadero de baja, media y alta tecnología. El rendimiento promedio varía de acuerdo al sistema de cultivo llegando a alcanzar hasta más de 28 kg·m² en invernaderos de alta tecnología.

México es el primer exportador de chile verde en el mundo con 845 mil toneladas, siendo el principal destino del producto: Estados Unidos, Canadá, Alemania, Japón y Reino Unido (SAGARPA, 2014). Ocupa el segundo lugar a nivel mundial en cuanto a producción de chile verde en sus diferentes tipos con 2.7 millones de toneladas después de China, que ocupa el primer sitio, y seguido por Turquía, Indonesia, Estados Unidos y España (FAO, 2014). En México la mayor parte de la producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*), se genera a campo abierto como en invernadero. Se siembran aproximadamente 5,800 hectáreas en todo el país, con rendimientos en campo que pueden llegar hasta 50 t·ha⁻¹·año⁻¹. (Castellanos y Borbón, 2009). La producción en invernadero por lo general se realiza en mediana y alta tecnología, en consecuencia el costo es elevado, por lo que la inversión se justifica cuando el rendimiento por unidad de superficie y/o el precio del producto son altos. En general el pimiento cultivado en invernadero de Alta Tecnología, por su calidad y sanidad, puede alcanzar un precio hasta cinco veces mayor que el proveniente de campo abierto, sobre todo si se comercializa hasta que el fruto toma el color característico del híbrido (rojo, naranja, amarillo, crema, chocolate, morado), (Jovicich et al. 2004).

Los híbridos cultivados bajo estos sistemas tecnológicos, determina en gran medida los rendimientos y la calidad. Estos híbridos son sometidos a pruebas o estudios de validación antes de ser cultivadas comercialmente. Los estudios consisten en cultivar variedades o híbridos en pequeñas superficies o surcos intercalados entre un cultivo tradicional, con el propósito de ver su adaptación, crecimiento, desarrollo, productividad y calidad del producto. Lo cual permite con mayor confianza sustituir o reemplazar los híbridos que se cultivan tradicionalmente (Stoffella et al. 1995).

La amplia y constante diversidad genética de híbridos de chile bell pepper, hace indispensable realizar estudios de validación y se convierte en una estrategia, para conocer y estimar el potencial genético de aquellos materiales promisorios para posteriormente recomendarlos y cultivarlos comercialmente y de esta forma incrementar la calidad y los rendimientos por unidad de superficie. El presente trabajo de investigación se realizó en un invernadero tipo Venlo de alta tecnología (High-Tech), en la empresa FreshMex ubicada en el Estado de Querétaro. Se evaluaron nueve híbridos de bell pepper de habito Semi Indeterminado, con el objetivo de obtener y aportar información sobre su fenología, prácticas de manejo, densidades, fertilización, rendimiento, calidad de fruto y tecnologías aplicadas en su producción.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Evaluar el efecto y manejo de los diferentes Híbridos de bell pepper bajo condiciones de alta tecnología para determinar, su comportamiento en rendimiento y calidad de fruto.

Objetivos específicos

Identificar y seleccionar los mejores Híbridos de bell pepper por color (rojo, amarillo y naranja), que cumplan con los estándares de rendimiento y calidad, para ser cultivados en invernaderos de alta tecnología.

Generar y aportar información a la Comunidad Científica, Tecnológica y Horticultores, sobre el comportamiento y calidad de estos materiales genéticos bajo condiciones de alta tecnología de producción.

Hipótesis

La adaptabilidad de los Híbridos experimentales de chile bell peper (color rojo) en condiciones de High-Tech, superaran al testigo comercial **Triple 5** en rendimiento y calidad de fruto. Y se cultivaran comercialmente en alta tecnología de producción.

Al menos uno de los nuevos Híbridos experimentales de bell pepper (color amarillo o naranja), superara en rendimiento y calidad de fruto, a los Híbridos comerciales **Baselga RZ** y **Orangery RZ**, que son cultivados comercialmente en alta tecnología de producción.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de pimiento morrón

El chile morrón, pimiento, pimentón, chile Bell o Bell Pepper, es una de las solanáceas más cultivada en el mundo, especialmente por los países del área mediterránea. Es un fruto muy importante en muchos países hispanoamericanos, sobre todo las variedades picantes. Sus frutos son bayas de sabor dulce o picante, de carne gruesa o delgada, según la variedad, están huecos y se diferencian por su tamaño y por su color: verde, rojo, amarillo o naranja (Consumer Eroski, 2016).

Origen

El género *Capsicum* tiene cerca de 30 especies, de ellas unas 10 cultivadas y el resto silvestres con flores de color púrpura y blancas. Hasta ahora la clasificación del este género ha sufrido numerosas modificaciones por los investigadores y botánicos, la mayoría de ellos mantienen los Centros de Origen del género *Capsicum* en Centroamérica, en el área andina Central con los países de Bolivia, Perú y Ecuador desde donde se extendió más al Norte, concretamente a México. Y es allí donde se han encontrado restos arqueológicos de la utilización del pimiento, siendo hoy en día la fuente de una gran variabilidad genética la que visitan científicos y mejoradores del pimiento. Desde muy antiguo se conoce el pimiento en México como un alimento para salsas y comidas a base de tomates y chiles. Los investigadores admiten que por la gran diversidad de especies silvestres encontradas en México pudo ser un centro importante de origen del pimiento.

Según Nuez et al. (1996), fue en México hacia los años 7000-5000 a.c. cuando se inició la domesticación de plantas de pimiento seleccionándolas por su color, forma y por su sabor, separando los pimientos dulces de los picantes.

Una vez domesticado se extendió por Europa y Asia. Fue Colón en el año 1493, en su primer viaje, quien llevo el pimiento a España y posteriormente, a partir del siglo XVI, su cultivo se difundió, principalmente, por el Sur de Europa y por el resto del mundo (Reche, 2010).

Clasificación taxonómica

El pimiento pertenece a la familia *Solanácea*, la cual incluye otras plantas de gran importancia económica. Sin embargo, casi todas las variedades cultivadas se engloban dentro de *Capsicum annum* L.

Milla, (1996). Considera la siguiente clasificacion taxonómica: Reino; *Plantae*, División; *Magnoliophyta*, Clase; *Magnoliopsida*, Orden; *Solanales*, Familia; *Solanaceae*, Género; *Capsicum*.

Descripción morfológica

Planta

Planta herbácea perenne, de ciclo de cultivo anual con porte variable que va desde 0.5 m para las variedades de crecimiento determinado y de más de 2 m para cultivo en invernadero principalmente híbridos (Lucero et al. 2012).

Raíz

El sistema radicular es pivotante y profundo, según la textura y profundidad del suelo; con raíces adventicias que crecen horizontalmente y pueden alcanzar entre 0.5 y 1 metro de longitud (Nuez et al. 1996).

Tallo

Al principio es un fuste erecto que, a una determinada altura (“cruz”), se bifurca en dos o tres tallos hijos; después de brotar varias hojas, cada uno de estos tallos se bifurca (“cruces”) en otros nuevos tallos “nietos” y así sucesivamente va desarrollando (Labastida, 2011).

Hojas

Tiene hojas simples, lampiñas y lanceoladas, con un ápice muy pronunciado y peciolo largo. El haz es glabro y de color verde más o menos intenso dependiendo de la variedad, y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del peciolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Nuez et al. 1996).

Flor

Tiene flores hermafroditas las cuales aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas, en ocasiones aparecen en pares o racimos. Son pequeñas y constan de una corola blanca. Su polinización es autógena, aunque en algunos casos puede presentarse un porcentaje de alogamia el cual no supera el 10 % (Nuez et al. 1996).

Fruto

Los pimientos son técnicamente una Baya hueca la cual se encuentra dividida de dos a cuatro costillas verticales, semi cartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde pocos gramos hasta más de 500 g, la forma depende de la variedad pudiendo ser cubico, cónico o esférico (Lucero et al. 2012).

Martin, (2009). Menciona la siguiente clasificación para la forma del fruto de pimiento dulce:

- a) Tipo California.- Corresponde a frutos cortos y anchos de sección cuadrada, cuya longitud es similar a la anchura, carne más o menos gruesa y ciclo semiprecoz, con hombros muy marcados y pronunciados, prácticamente al mismo nivel que el cáliz y el pedúnculo. Se recolectan en color rojo, amarillo, naranja y verde.
- b) Tipo Lamuyo.- Son frutos, de gran tamaño, largos, de sección cuadrada, rectangulares y de longitud mayor que la anchura, de carne gruesa. Vira a rojo intenso cuando está maduro. Se recolecta en verde (antes de la madurez fisiológica), y rojos cuando maduran, predominan los colores rojos y verdes; aunque también se comercializan de color amarillo, principalmente para encurtidos.
- c) Tipo Dulce Italiano.- Son frutos de forma alargada, estrechos, puntiagudos, sección triangular, de color verde brillante que vira ligeramente a rojo al madurar, superficie irregular, de carne fina.

Semillas

Las semillas se encuentran insertas en la placenta cónica de disposición central; son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 mm (Lucero et al. 2012).

Parámetros de calidad comercial

La calidad es un concepto muy complejo y que depende de muchos factores; aunque de forma sencilla entendemos por calidad al conjunto de características de una variedad que hace que sus frutos sean demandados por los consumidores, estando muy relacionada con el clima, el agua y suelo de la zona de cultivo.

Existen diferentes parámetros que nos indican el nivel de calidad del pimiento;

Color. Es lo que antes se aprecia del fruto e indica su estado de madurez, en los pimientos de sabor dulce destacan los colores: verde brillante, amarillo, naranja y rojo intenso.

Tamaño. Actualmente se prefieren frutos grandes de sección cuadrangular.

Sabor. Depende de la concentración de azúcares y ácidos y de los niveles de capsicina que en los pimientos dulces apenas tiene presencia.

Daños exteriores. Los frutos afectados por insolaciones, necrosis apical, rajado del fruto o el ataque de bacterias y hongos poscosecha influyen también en la calidad del fruto, depreciándolos y, a veces, no siendo aptos para su venta (Reche, 2010).

Clases comerciales

Clase I. Los pimientos de esta clase deberán ser de buena calidad y presentarán, según su estado de madurez, las características de desarrollo, forma y color propias de su variedad o tipo comercial al que pertenezcan. Además deben de estar:

- Firmes
- Prácticamente exentos de manchas
- El pedúnculo podrá hallarse ligeramente dañado o cortado siempre y cuando el cáliz se mantenga intacto.

Clase II. Esta clase comprenderá los pimientos dulces que no podrán clasificarse en la clase I, pero que cumplan con los requisitos mínimos de calidad establecidos. Siempre que conserven sus características esenciales de calidad, conservación y presentación, podrán tener los defectos siguientes:

Malformaciones y defectos de desarrollo

- Quemaduras de sol o heridas leves cicatrizadas, siempre y cuando sean inferiores a:
 - 2 cm para defectos de forma alargada
 - 1 cm² de superficie total para otros defectos
- Ligeras grietas secas y superficiales que no tengan, sumadas más de 3 cm de longitud.
- Podrán hallarse menos firmes que los de la clase I, aunque no marchito.
- El pedúnculo podrá estar dañado o cortado (Ucdavis, 2016).

Importancia económica

En 2012, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de pimienta fue de 31,171.57 millones de kilos, siendo principal productor China con una producción de 16.000 millones de kilos, el 51,33 por ciento del total. El segundo lugar lo ocupa México con 2.379 millones de kilos (7,63%), apareciendo Turquía en tercera posición con una producción de 2.072 millones de kilos, el 6,65 por ciento del total.

La cuarta posición está ocupada por Indonesia, que produce 1.657 millones de kilos, el 5,31 por ciento del total. Le sigue en quinto lugar Estados Unidos con 1.064'8 millones de kilos (3,42%), España en sexta posición con 1,023.7 millones de kilos (3,28%), Egipto en séptimo lugar con 650,05 millones de kilos (2,08%), Nigeria en el número ocho con 500 millones (1'60%), Argelia en el noveno lugar con 426,57 millones de kilos (1,37%) y Etiopía en décima posición, con 402,11 millones de kilos, lo que le supone el 1,29 por ciento de la producción mundial de pimienta (FAO, 2014).

En México se cultivan 148,968.51 ha⁻¹ de chile en sus diferentes tipos con una producción cerca de 19.05 toneladas por hectárea en fresco. Ocupa el segundo lugar a nivel mundial en producción, con 2.7 millones de toneladas y es líder en exportación de chile, con 845 mil toneladas, lo que generó divisas por alrededor de 560 millones de dólares en 2014 (SIAP, 2015).

Agricultura protegida

La agricultura protegida es un sistema agrícola especializado en el cual se lleva a cabo un cierto control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento humedad y composición atmosférica). Mediante estas técnicas de protección se cultivan plantas modificando su entorno natural para prolongar el periodo de recolección, alterar los ciclos convencionales, aumentar los rendimientos y mejorar su calidad, estabilizar las producciones y disponer de productos cuando la producción al aire libre se encuentre limitada (Castilla, 2007).

El invernadero es la herramienta clave de la horticultura protegida. Un invernadero es una construcción agrícola con una cubierta traslúcida que tiene por objetivo reproducir o simular condiciones climáticas adecuadas para el crecimiento y desarrollo de plantas de cultivo establecidas en su interior, con cierta independencia del medio exterior. La finalidad de los invernaderos es proteger cultivos de los factores y elementos adversos a su desarrollo; como son altas y bajas temperaturas, granizadas, vientos, lluvias torrenciales, cantidad y calidad de energía luminosa. Estos factores y elementos pueden ser modificados y controlados eficientemente mediante el diseño, equipamiento y manejo apropiado de cada invernadero, considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos de cada especie agrícola a cultivar dentro de ellos (Juárez et al. 2011).

De acuerdo con Rijk (2008), el nivel de tecnificación de invernaderos, se divide en tres grupos en función de lo siguiente:

- 1) Tecnología baja: es 100% dependiente del ambiente, al hacer uso de tecnologías simples similares a las utilizadas en cultivo a intemperie.
- 2) Tecnología media: corresponde a estructuras modulares o en batería que están semi-climatizadas, con riegos programados, y pueden ser en suelo o

hidroponía. Por lo general la productividad y calidad es mayor que en el nivel anterior.

3) Tecnología alta: en este nivel se incluyen instalaciones que cuentan con control climático automatizado (mayor independencia del clima externo), riegos, computarizados y de precisión, inyecciones de CO₂, para ello cuentan con sensores y dispositivos que operan los sistemas de riego y ventilación, pantallas térmicas para el control de la iluminación y cultivo en sustratos.

Producción en ambientes protegidos

A nivel mundial China es el país que tiene más superficie dedicada a la producción en ambientes protegidos, alrededor de 2.76 millones de hectáreas, seguida por Corea del Sur y España con 57,444 y 52,170 ha, respectivamente; México ocupa el 6° lugar con 11,759 ha (Kacira, 2011).

Aunque en México se había practicado la producción agrícola en ambientes protegidos desde hace al menos 40 años, la superficie nunca fue de importancia. El crecimiento de la superficie dedicada a esta actividad se incrementó vertiginosamente en los últimos 15 años. Para 1970 existían menos de 100 ha de agricultura protegida, en 2001 se registraron 1,200 ha en esta condición; no obstante, 10 años después se reportaron 11,700 ha (Nieves et al. 2011).

De acuerdo con SAGARPA, (2012). En 2011 existían 21,531 ha de producción agrícola bajo algún tipo de estructura; dentro de éstas predominaban los invernaderos de diferente tecnología (45%), las casas sombra (29%) y los macro túneles (16%). Los estados de la República Mexicana donde se tiene registrada la mayor cantidad de superficie de agricultura protegida son: Sinaloa con 4,743 ha; Jalisco con 3,310 y Baja California con 2,647 ha.

Los principales productos hortícolas que se cultivan bajo este sistema de producción son: tomate (70% de la superficie cultivada), pimiento (16%) y pepino (10%).

En la última década el cultivo de pimiento en invernadero, se ha posicionado el segundo lugar tanto en superficie cultivada como en el mercado debido a la gran derrama económica que ha generado. Esta situación ha permitido un gran desarrollo y crecimiento en tecnologías desarrolladas para su producción.

Invernaderos para pimiento

El pimiento es un cultivo que ha tenido una evolución muy favorable con la intensificación. A ello le han ayudado los condicionantes generales causantes de la expansión de los invernaderos, como son los avances en la plasticultura y el consiguiente abaratamiento de los plásticos, y también la demanda continua de los consumidores, la cual sólo es posible satisfacer si se modifican las condiciones naturales de las zonas productoras. Además han tenido una fuerte incidencia las características propias del pimiento, una especie que agradece cada uno de los detalles tecnológicos empleados en su cultivo, pero que manifiesta mucha sensibilidad ante determinados patógenos, lo que obliga a cultivarle en ambientes muy controlados. El resultado de todo esto ha tenido su reflejo en las innovaciones tecnológicas para su producción, con el objetivo de obtener mayores niveles en la productividad y mejores calidades (Fernández et. al. 2006).

Niveles tecnológicos de invernaderos para pimiento

De acuerdo con Fernández et al. (2006). Los principales saltos tecnológicos en los invernaderos de pimiento se dan al instalar algún tipo de calefacción (con menor o mayor regulación de la temperatura) y al pasar de cultivo en suelo a sustrato y posteriormente se derivan infinidad de modelos en función de los

accesorios o elementos que se añadan a la estructura básica. A pesar de que el pimiento es muy exigente, a su vez responde muy bien a las mejoras tecnológicas.

Nivel-1

Se trata del modelo más sencillo y corresponde a un invernadero frío, sin calefacción y con cultivo en suelo. La estructura es tipo túnel básica, con soportes metálicos, una altura a la canal de alrededor de 2 metros y recubrimiento de plástico flexible tanto en laterales como en techo. El sistema de ventilación es lateral y de accionamiento manual. El riego es localizado, por goteo y de alta frecuencia, regulado por un equipo muy básico, aunque posibilita la fertirrigación.

Nivel-2

Un primer salto de tecnología lleva a un tipo túnel mejorado, en el que aumenta la altura de la canal a unos 4 metros, y de alrededor de 5,5 metros en el centro. El cultivo sigue siendo en suelo, con estructura de acero galvanizado y un recubrimiento total de plástico flexible. Ventilación lateral accionada de forma manual. El sistema de riego y fertirrigación es algo más complejo que en el nivel 1. Dispondría de una calefacción básica que, usada puntualmente los días con riesgo de heladas, posibilita que la temperatura mínima no descienda de 8-10°C; el calor se distribuye mediante generadores de aire caliente.

Nivel-3

Supone el paso al sustrato, lo que aún en su nivel más básico, ocasiona un salto tecnológico sustancial. El sustrato más habitual en la zona es fibra de coco o perlita, y sólo en menor medida la lana de roca. Se trata de invernaderos de estructura metálica con recubrimientos de vidrio o plástico rígido. Con alturas

que superan los 4 metros al canal de y cerca de los 11 metros en el centro. Cuentan con mecanismos y equipos necesarios para controlar la humedad ambiental y del sustrato, ventilación, aireación y aporte de CO₂. Suele tener pantalla térmica enrollable con la que se reducen las pérdidas energéticas en los días más fríos. Dispone de una calefacción permanente por agua caliente, con temperatura mínima de 14-16°C. El sistema de riego es localizado y la fertirrigación con la complejidad que el cultivo en sustrato requiere.

Producción de pimiento en alta tecnología

La producción de pimiento en este nivel tecnológico se realiza en invernaderos con cubierta de plástico o vidrio. Son acondicionados con mecanismos y equipos necesarios para controlar temperatura, luminosidad, humedad ambiental y del sustrato, ventilación, aireación, aporte de CO₂, riegos y fertilización.

La producción inicia con las labores de eliminación de los residuos del cultivo anterior, limpieza y desinfección del inmueble, generalmente desde finales de mayo a principios de agosto. La plantación se efectúa sobre canaletas de cultivo y se realiza entre los meses de junio a septiembre, se colocan los cepellones en slabs de sustrato (generalmente de fibra de coco) con una densidad media de 4 plantas/m².

La poda se realiza de manera muy frecuente y se utilizan carros elevadores (éstos se desplazan a través de los raíles para la calefacción). El pimiento requiere de entutorado continuo según crecen las plantas, y de distintos tratamientos fitosanitarios (en algunos casos se Integra control biológico), riegos y su correspondiente fertirrigación.

Finalmente, una vez maduros los frutos, sólo queda la recolección, que es escalonada y según la conveniencia comercial, siendo lo más frecuente dos pases por semana. Se cosechan cuando el fruto toma el color característico de la variedad (rojo, amarillo o naranja), si se elige cortar en color verde, el

pimiento se recoge al inicio de la maduración. La recolección es manual y muy cuidadosa; si se utiliza tijera se deja un pedúnculo muy corto, mientras que en las calidades de máxima excelencia, la denominada *wonder*, se emplea el cuchillo y dejando el pedúnculo lo más largo posible.

Híbridos de pimiento cultivados de en alta tecnología

La mayoría de las plantas de pimiento cultivadas en invernadero para consumo en fresco son variedades híbridas procedentes de mejora genética, más caras pero más productivas, de gran vigor, uniformidad de planta y frutos, alta producción y calidad y a las que algunas de ellas se les ha incorporado resistencia a determinadas plagas y enfermedades y, lo que es muy importante, calidad nutricional.

Existe una gran gama de variedades de pimiento que abarca cualquier fecha de plantación y que normalmente comprende desde mayo hasta septiembre como fechas más habituales. Se utilizan principalmente variedades híbridas, por su gran disponibilidad de semillas de los diferentes tipos de pimientos, por sus elevados rendimientos y adaptación a las condiciones del cultivo (Reche, 2010).

De acuerdo con Martin (2009). La variedad híbrida a sembrar, aparte de asegurar una buena aceptación en el mercado se justifica por las siguientes características:

- 1.- La planta debe ser equilibrada en fase vegetativa-reproductiva, de buen porte, rustica, sin demasiados tallos para que facilite el entutorado, la poda, la recolección y aumente la eficiencia de los productos fitosanitarios.
- 2.- La flor debe fuerte y versátil para cuajar en condiciones de adversas de temperatura (frio o calor) para evitar la formación de frutos “galleta”.

Por otra parte Reche en (2010), menciona que las variedades híbridas deben cumplir las exigencias tanto del productor como el consumidor.

El agricultor exige:

- Resistencia o tolerancia a plagas, enfermedades por hongos y contra virus; así como adaptación a condiciones adversas de suelo, agua y clima, y sobre todo a la salinidad del suelo y a la del agua de riego.
- Plantas vigorosas y precoces con altos rendimientos y buen cuaje, sobre todo en épocas frías
- Frutos homogéneos, color según variedad y época de recolección y según la demanda de los mercados.
- Resistencia a la conservación y al transporte
- Firmeza de la carne, sin ablandamientos ni grietas.
- Semillas económicas y libres de enfermedades y virus
- Frutos que no estén en contacto con el suelo, por lo que la “cruz” o el inicio de las ramificaciones deben de estar lo suficientemente altas, pero sin exceso, pues redundaría en entutorados más complejos y con mayores exigencias de mano de obra.
- Plantas con entrenudos cortos que produzcan tallos rígidos y fuertes que no se tronchen con facilidad.

Por otra parte el consumidor desea:

- Frutos con aspecto externo atractivos en color y forma
- Que posean buena vida de anaquel y textura
- Precio accesible
- Valor nutricional con altos contenido en vitaminas
- Ausencia de residuos fitosanitarios.

Descripción de híbridos de pimiento

Híbridos rojos



Triple 5. Pimiento de color rojo oscuro. Planta Semi abierta con gran fuerza y vitalidad, de tipo más generativo y fácil de amarrar sus sets. Crece bien en condiciones de calor. Los frutos mantiene el formas Blocky durante todo el ciclo, no hace puntas en clima frio (invierno) y sus frutos son de color rojo intenso de alta calidad con promedios de 85 a 90 cms de grosor, lo que la convierte en altamente exportable. Resistencias: AR: Tm: 0-3 RM: Ma/Mi/Mj. (ENZA ZADEN, 2016).

Fabris RZ. Pimiento rojo brillante. Planta con alta tendencia generativa de porte abierto con fuerte crecimiento y hojas de muy buen tamaño, lo que evita quemadura de frutos. Los frutos se adaptan muy bien para ser empacados en bolsas (semáforos), son de forma blocky de calidad fina, pared gruesa y pesan entre 180 y 220 gramos. Resistencias: AR: Tm: 0-3 IR: TSWV, IR: Lt (RIJK ZWAAN, 2016).

Felicitas. Planta vigorosa con buena cobertura foliar, produce fruta de alta calidad con una estructura de planta muy estable, fruta blocky, cuatro lóbulos de color rojo oscuro brillante y pared gruesa. Resistencia: HR: Tm 0-2/IR: Lt. (SYNGENTA, 2016).

Híbridos amarillos



Baselga RZ. Planta muy vigorosa, con alta tendencia generativa, muy productiva y de gran calidad de fruta, buen equilibrio, fuerte crecimiento y cuaje fácil durante todo el año. Se recomienda el manejo de poda a dos tallos. Fruta de tamaño L y XL, muy adaptable a las condiciones de alta tecnología y poca calefacción. (RIJK ZWAAN, 2016).

Hattrick RZ. Pimiento blocky amarillo brillante, para producción en invernadero de alta y media tecnología, con excelente calidad de fruta, pared gruesa y consistencia en forma, aun durante época de calor. Planta de altura media, con buen vigor y área foliar maderada, lo que permite una buena entrada de luz sin dejar los frutos expuestos al sol. Gran tendencia generativa (RIJK ZWAAN, 2016).

Eurix. Pimiento de color amarillo claro de forma característica blocky, mantiene los tamaños XL con una pared muy firme y gruesa. Planta De porte abierto con excelente vigor para hacer ciclos largos, sus cuajes son fáciles y continuos con madurez precoz. Resistencia AR: TM: 0-2. (ENZA ZADEN, 2016).

Híbridos naranjas



Orangery RZ. Pimiento tipo california naranja. Variedad de entrenudo medio, de porte abierto, de fácil cuajado en épocas de calor, así como en los meses de invierno, teniendo un alto rendimiento en los meses de Diciembre a Febrero Pimiento de calibre L-XL, muy uniforme a lo largo del ciclo, destaca su postcosecha y maduración uniforme. Recomendado para trasplantes medios-tardíos en invernadero en ciclo de verano-otoño, y para entutorado tradicional (RIJK ZWAAN, 2016).

Prosperity RZ. Pimiento blocky color naranja intenso para cultivos de invernaderos en México. Planta de gran vigor y muy buen balance, muy productiva, muy precoz y con frutos de buen tamaño (RIJK ZWAAN, 2016).

Orangela. Pimiento premium reconocido por su amarre precoz y excepcional calidad de fruta. Su tamaño extra grande, calidad y color intenso generan la oportunidad de obtener un precio premium para el productor. Pared gruesa que protege la calidad del fruto y alarga la vida de anaquel. Amarre de fruta constante que permite cumplir mejor con los contratos de producción (SYNGENTA, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización Geográfica del Sitio Experimental

El presente trabajo de investigación fue realizado durante el ciclo hortícola 2015 - 2016, en las instalaciones de la empresa FreshMex, localizada en el municipio de Ajuchitlán, Colon, en Querétaro, México; ubicada en las siguientes coordenadas geográficas 20°41'09" latitud Norte y 100°00'38" longitud Oeste, a una altitud de 1,950 msnm (Figura 1).

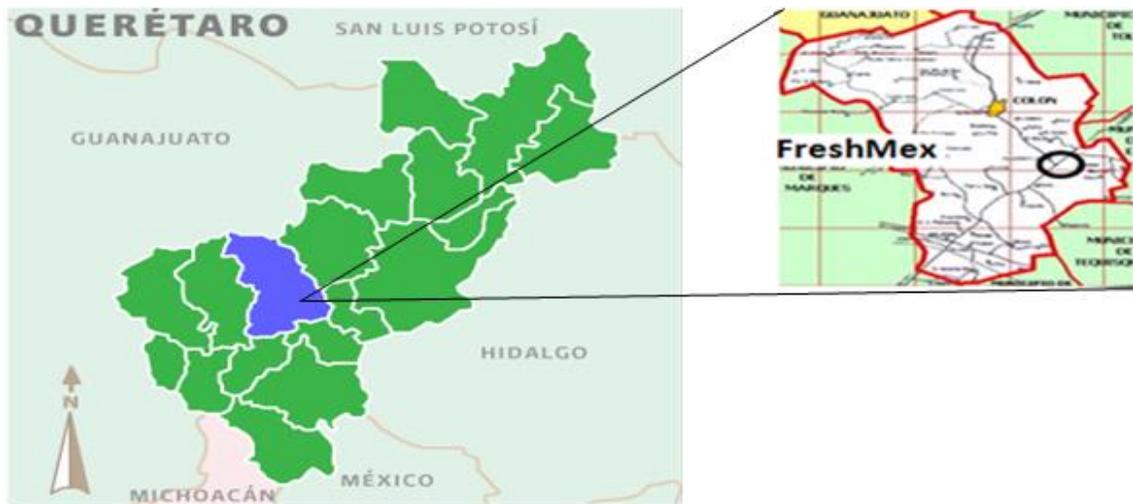


Figura 1. Ubicación de la empresa FreshMex.

Material genético

Se utilizaron nueve híbridos de chile bell pepper, tipo california de hábito semi-indeterminado de distintas casas semilleras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales características de nueve híbridos de bell pepper utilizados en el estudio. FreshMex. México. 2016.

Hibrido	Compañía	Descripción
Triple 5	Enza Zaden	Pimiento blocky color rojo oscuro. Planta semi abierta con gran fuerza y vitalidad. Frutos de alta calidad y con buen grosor de pared.
Fabris RZ	Rijk Zwaan	Pimiento rojo brillante. Planta de porte abierto con fuerte crecimiento. Frutos de forma blocky de calidad fina y pared gruesa pesan entre 180 y 220 gramos.
Felicitas	Syngenta	Pimiento color rojo oscuro brillante. Planta muy vigorosa con buena cobertura foliar. Fruta de alta calidad de cuatro lóbulos y pared gruesa.
Baselga RZ	Rijk Zwaan	Pimiento blocky color amarillo. Planta vigorosa de porte alto. Fruta de gran calidad de tamaño L y XL.
Hattrick RZ	Rijk Zwaan	Planta de porte medio, con buen vigor. Pimiento tipo blocky color amarillo brillante de pared gruesa y de exente calidad.
Eurix	Enza Zaden	Planta de porte abierto, vigorosa. Fruto de tipo blocky de color amarillo claro, con pared gruesa y de tamaños XL.
Orangery RZ	Rijk Zwaan	Pimiento tipo california color naranja. Planta de porte abierto. Frutos de buena calidad, con buen grosor de pared y excelente vida de anaquel.
Prosperity RZ	Rijk Zwaan	Pimiento blocky color naranja intenso. Planta de gran vigor y muy buen balance, muy precoz y con frutos de buen tamaño.
Orangela	Syngenta	Pimiento blocky color naranja intenso. Planta de porte abierto muy vigorosa. Fruta de excepcional calidad de pared gruesa y tamaño XL.

Descripción de tratamientos Experimentales

Se evaluaron nueve híbridos de chile bell pepper (tratamientos), que fueron clasificados en tres grupos de acuerdo a su color con un testigo por agrupación (Cuadro 2). En un diseño de bloques completamente al azar con 4 repeticiones de 5 plantas, cada tratamiento consto de 20 unidades experimentales.

Cuadro 2. Agrupación de los Tratamientos Experimentales.

Grupo	Tratamientos
1. Rojos	1. Triple 5 (*T). 2. Fabris RZ. 3. Felicitas.
2. Amarillos	4. Baselga RZ (*T). 5. Hattrick RZ. 6. Eurix.
3. Naranjas	7. Orangery RZ (*T). 8. Prosperity RZ. 9. Orangela.

*T: Testigos comerciales.

Descripción del invernadero

El invernadero es de alta tecnología tipo Venlo (Holandés) de estructura metálica, con una superficie de 7.5 hectáreas, compuesto por 33 naves. Tiene una altura de 5,5 m a la canaleta pluvial, el techo está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales cada módulo es de 9,6 m de ancho y la separación entre postes en el sentido longitudinal es de 2,5 m.

Cuenta con ventanas cenitales, alternadas en su apertura (una hacia un lado y la siguiente hacia el otro) cuyas dimensiones son de 1,5 m de largo por 0,8 m de ancho. Cuenta con canaletas de cultivo de tipo MK, suspendidas a 50 cm del suelo, sujetas por un soporte triangular que se encuentra fijado a la estructura metálica superior.

El invernadero está equipado con controlador climático, pantalla térmica; para la regulación de temperatura y luminosidad, estación meteorológica; para monitoreo de variables climáticas, sensores de humedad relativa, sistema de calefacción de agua caliente proveniente de calderas; para regulación de temperatura a través de una red de tubería, sistema dosificador de CO₂, sistema de riego y fertirriego por goteo automatizado y computarizado, sistema de recirculación de solución nutritiva y malla cubre piso (Ground Cover).

Preparación del sitio experimental

Se colocaron los slab's de fibra de coco (Jiffy Growbag 100 x 15 x 12), sobre las canaletas de cultivo. Se saturaron con 18 litros de agua por slab y se dejaron reposar por un día, con el objetivo de descomprimir las partículas del sustrato. Posteriormente se realizaron pequeños cortes lineales en la parte inferior de la bolsa para drenar el exceso de agua. Y se regaron con agua corriente para lixiviar el exceso de sales, hasta alcanzar una CE de 3.4 dS/m.

Siembra

La siembra se realizó el día 7 de mayo del 2015, se instalaron bandejas de poliestireno (200/19ml) especiales para la producción de plántulas, utilizando Peat-Most como sustrato. Cuando las plántulas alcanzaron 10 cm de altura se colocaron en blocks de lana de roca (Grodan Delta 3").

Trasplante

Se realizó el 10 de junio de 2015, cuando las plantas tenían una altura promedio de 15-20 cm. Se colocaron sobre los slab's de fibra de coco a una distancia de 0.16 m entre plantas y 1.6 m entre canaletas (densidad de 3.4 plantas/m²). Figura 2.



Figura 2. Trasplante de bell pepper, FreshMex. México.

Manejo de cultivo

Poda de formación

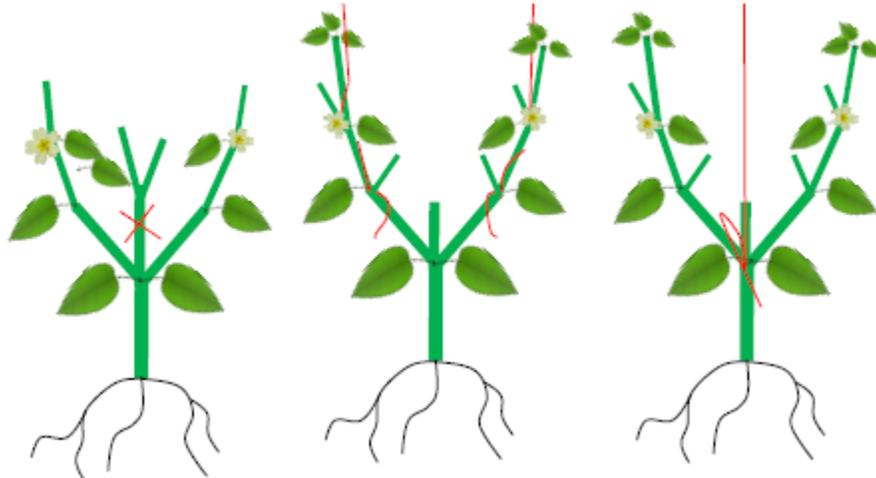
De tipo "V" u holandés, inicio cuando los tallos de la primera bifurcación, tenían una longitud aproximada de 20 cm. Esta práctica consiste en seleccionar 2 tallos principales o guías más fuertes, con el objetivo de tener plantas más equilibradas, vigorosas y aireadas. Figura 3.

Entutorado

Con el objetivo de facilitar las operaciones culturales, y favorecer la luminosidad y aireación del cultivo. Se utilizó el tutoreo tipo Holandés, el cual consistió en

conducir los tallos principales de la planta, a través de una rafia de polipropileno que se encontraba sujeta al emparrillado del invernadero. Figura 3.

Figura 3. Poda de formación y entutorado tipo Holandés a dos tallos.



Destallado

A lo largo del ciclo de cultivo se podaban los tallos interiores cuando estos alcanzaban una longitud de 20 a 30 cm, para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta.

Aclareo de flores y frutos

Consistió en eliminar las flores que aparecieron en la primera cruz o frutos recién cuajados en las primeras cruces. Con el objetivo de favorecer el desarrollo de la planta y obtener frutos de mayor calidad. El raleo de flores y frutos se realizaba cuando existía una excesiva fructificación, así mismo se eliminaban aquellos frutos dañados por plagas, enfermedades o fisiopatías.

Polinización

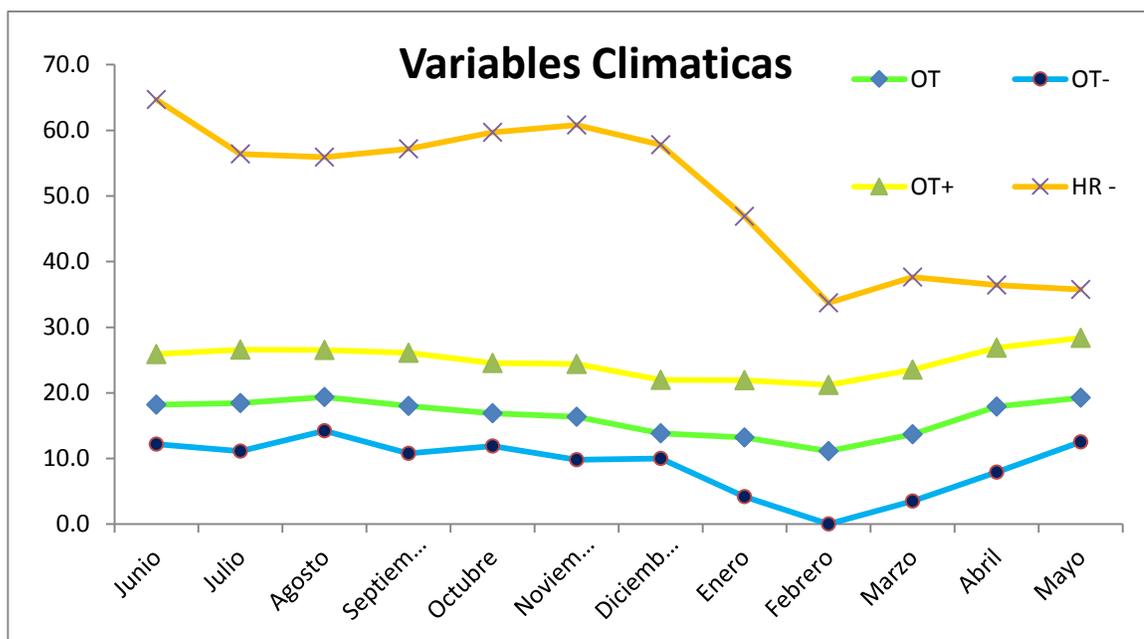
Se utilizaron abejorros (*Bombus terrestris*), durante los meses de agosto a diciembre, se trabajó a una densidad de 8 colonias/hectárea. Que eran

distribuidas de manera estratégica dentro del invernadero, cada colonia contenía entre 50 y 60 colmenas (NATUPOL KOPPERT), y vivían entre 8 y 12 semanas.

Control de clima

El control de climático se realizaba a través de la apertura y cierre de la pantalla térmica y de las ventanas cenitales, además se utilizaban los sistemas de calefacción y riego. Este control se realizaba en base a las condiciones climáticas exteriores (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento), estas lecturas se tomaban a través de los sensores de una estación meteorológica colocada en el techo del invernadero, mientras que las lecturas y control de las condiciones climáticas interiores realizaba gracias a sensores distribuidos estratégicamente en la zona de cultivo (Figura 4).

Figura 4. Comportamiento de diferentes variables climáticas registradas dentro y fuera del invernadero, durante el ciclo hortícola 2015 - 2016. FreshMex. México.



** OT = Temperatura del invernadero (°C), OT- = Temperatura mínima exterior (°C), OT+ = Temperatura máxima exterior (°C), HR- = Humedad Relativa invernadero (%).

Riego

Se estableció bajo un sistema de riego localizado en espaguete y piquetas con gasto de 2 L/hora. La frecuencia y duración de los riegos dependía de variantes como: etapa fenológica del cultivo, tiempo, radiación, temperatura del ambiente, humedad relativa, bandejas de demanda, radiación acumulada según tasa de drenaje, transpiración acumulada y máxima frecuencia de riego.

Soluciones nutritivas

Se utilizó un programa de nutrición compuesto por 14 formulas solubles especialmente diseñadas para el correcto desarrollo de cada etapa fenológica del cultivo de bell pepper, elaborado por (Magdaleno, 2016), (Apéndice 1).

Fertilización carbónica

La dosificación de CO₂ se realizó a través de una red de distribución dentro del invernadero, compuesta por pequeños conductos micro perforados. La concentración oscilaba entre 150 a 250 kg de CO₂/hora/hectárea. Esta dependía de diversas variantes como; condiciones exteriores de radiación, velocidad del viento, posición de la ventilación, humedad relativa, etapa fenológica del cultivo, hora del día, intensidad lumínica y temperatura.

Control de plagas y enfermedades

La aplicación de insecticidas, fungicidas y liberación de insectos benéficos. Se realizó en base a un programa de manejo integrado de plagas (MIP), (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de productos químicos y agentes de control biológico empleados para el manejo integrado de plagas, durante el ciclo hortícola 2015 - 2016. FreshMex. México.

Plagas y Enfermedades	Producto	Ingrediente Activo	Dosis	
Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>)	Kanamite	Kanamite	0.75	lt/ha
	Agrimec	Abamectina	1	lt/ha
	Impide	Sales potásicas	0.5	lt/100H ₂ O
	Avolant	Fenpyroximate	0.75	lt/ha
	Sunfire	Clorfenapir	1.25	ml/lt H ₂ O
	* SPIDEX	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	6	/m ²
	* SPICAL	<i>Neoseiulus californicus</i>	100	/m ²
Pulgón (<i>Aphis gossypii</i>)	Sivanto	Flupyradifurone	0.5	lt/ha
	Plenum	Pymetrozine	2	lt/ha
	Oberon	Spiromesifen	0.6	lt/ha
	* APHIPAR	<i>Aphidius colemani</i>	1	/m ²
Picudo (<i>Anthonomus eugenii</i>).	Actara	Thiametoxam	600	gr/ha
Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>)	Exalt	Spinetoram	600	ml/ha
	*SWIRSKI-MITE	<i>Amblyseius swirskii</i>	2	/m ²
	*THRIPOR-L	<i>Orius laevigatus</i>	1	/m ²
Minador de la hoja (<i>Liriomyza spp</i>)	Trigard	Cyromazina	100	gr/ha
Oídio (<i>Leveillula taurica</i>).	Kumulus	Azufre elemental	1.5	gr/lt
<i>Pythium spp.</i>	Previcur Energy	Propamorcab + Fosetil	1.5	lt/100 H ₂ O
*Agentes de control biológico.				

Cosecha

La cosecha se realizó manual, se inició entre los 80 y 90 días después del trasplante, cuando los frutos alcanzaron una madurez comercial con al menos un 90% de pigmentación (Figura 5).



Figura 5. Tabla de maduración de frutos de bell pepper.

Variables evaluadas

Variables Fenológicas

Se tomaron 5 plantas con 4 repeticiones por tratamiento, con manejo a dos tallos. Y se realizaron las siguientes mediciones.

Altura de Planta (cm). Se midió con un flexómetro, de la base de la planta hasta el ápice.

Diámetro del Tallo (mm). Se tomó con un vernier de la marca truper modelo CALDI-6MP, se midió el grosor del ápice donde se encontraba la última flor abierta.

Numero de Frutos por Planta. Se cuantificaron todos los frutos de cada repetición y se dividió entre el número de plantas.

Velocidad de Maduración. Se cuantifico el número de días transcurridos que requería un fruto para alcanzar la maduración comercial (de flor a fruto), por repetición.

Variables de Rendimiento

Se realizaron cortes de pimiento morrón los días lunes y viernes de cada semana, durante todo el ciclo de cultivo. Los frutos se cosechaban cuando alcanzaban un 90 % de pigmentación, estos eran colocados en una caja de plástico al momento de cortarlos y se pesaban por tratamiento.

Rendimiento Total (1ra, 2da y rezaga), en t- h⁻¹. Se obtuvo al sumar los rendimientos de las tres calidades y se reportó en toneladas por hectárea.

Rendimiento Comercial (1ra + 2da), en t- h⁻¹. Se obtuvo al sumar de los rendimientos de 1ra y 2da calidad y se reportó en toneladas por hectárea.

Rendimiento Total de Rezaga, en t- h⁻¹. Se obtuvo al sumar el rendimiento total de frutos de rezaga o desecho y se reportó en toneladas por hectárea.

Rendimiento Total del Ciclo (1ra + 2da), en t- h⁻¹. Se obtuvo al sumar los rendimientos totales de cosecha durante los meses de agosto a mayo (40 semanas), y se reportó en toneladas por hectárea.

Variables de Calidad

Se utilizaron los frutos cosechados, de cada tratamiento. Y se tomó una lectura por semana de las siguientes variables:

Peso de Fruto (gr). Se obtuvo de dividir los kilogramos cosechados entre el número de frutos recolectados en cada repetición.

Grosor de la Pared del Fruto (mm). Este dato se tomó con un vernier de la marca truper modelo CALDI-6MP. Consistió en seleccionar un fruto por tratamiento, con un peso promedio de 200 gr, y hacerle un corte ecuatorial para realizar la medición.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó bajo el diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento; la parcela útil estuvo compuesta por 20 plantas de cada híbrido (5.9 m²). Las variables evaluadas fueron: Altura de Planta, Diámetro del Tallo, Numero de Frutos por Planta, Velocidad de Maduración, Rendimiento Total (1ra, 2da y rezaga), Rendimiento Comercial (1ra + 2da), Rendimiento Total de Rezaga, Rendimiento Total del Ciclo (1ra + 2da), Peso Fruto y Grosor de la Pared del Fruto. Con la información obtenida se realizó análisis de varianza (ANVA) y una prueba de comparación de medias Tukey, con un nivel de confiabilidad de 95 % ($\alpha= 0.05$) para cada una de las variables, mediante el uso del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS versión 9).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de Planta

Para la evaluación de esta variable se tomaron cinco lecturas; a los 240, 270, 300, 330 y 325 días después del trasplante.

En los híbridos de color rojo el mejor tratamiento para Altura de Planta, fue Felicitas, el cual presentó diferencias significativas a una ($p < 0.05$), alcanzando una altura de 397 cm, a los 355 días después del trasplante, superando al testigo comercial Triple 5 en las cinco lecturas registradas y analizadas (Cuadro 4 y Figura 6).

Cuadro 4. Comparaciones de medias de Altura de Planta, de nueve híbridos de bell pepper. FreshMex. México. 2016.

Tratamientos	240 DDT	270 DDT	300 DDT	330 DDT
1. Triple 5	b 264.5	c 290.2	c 312	c 339.5
2. Fabris RZ	a 282.5	b 307.5	b 329	b 361
3. Felicitas	a 282.5	a 313	a 341.5	a 372.5
4. Baselga RZ	b 261.5	b 285.5	b 320.5	b 345
5. Hattrick RZ	b 259.5	b 282.5	c 307.2	c 333
6. Eurix	a 306.2	a 331.5	a 358	a 388
7. Orangery RZ	b 273	b 300	b 324	b 352
8. Prosperity RZ	b 274.7	b 300.5	b 326.5	b 349.5
9. Orangela	a 308.2	a 342.2	a 368	a 407

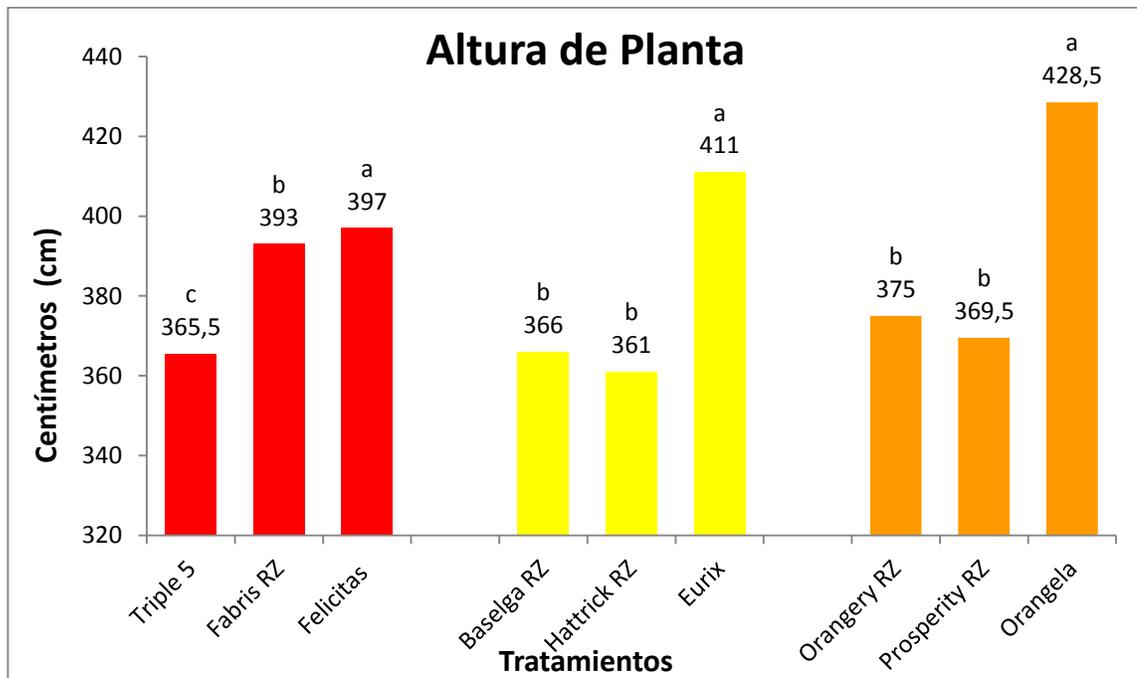
z Medias con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

* DDT. Días Después del trasplante.

En los tratamientos de color amarillo el mejor híbrido fue Eurix, con una altura de 411.5 cm, a los 355 días después del trasplante. Superando al testigo comercial Baselga RZ, en las cinco lecturas registradas y analizadas a una ($p < 0.05$), (Cuadro 4 y Figura 6).

El mejor tratamiento para los híbridos de color naranja fue Orangela, el cual presentó una altura de 428.5 cm, a los 355 días después del trasplante, superando al testigo comercial Orangery RZ, y presentó diferencias significativas a una ($p < 0.05$), en las cinco lecturas registradas (Cuadro 4 y Figura 6).

Figura 6. Altura final registrada a los 355 días después del trasplante, de los diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex. México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

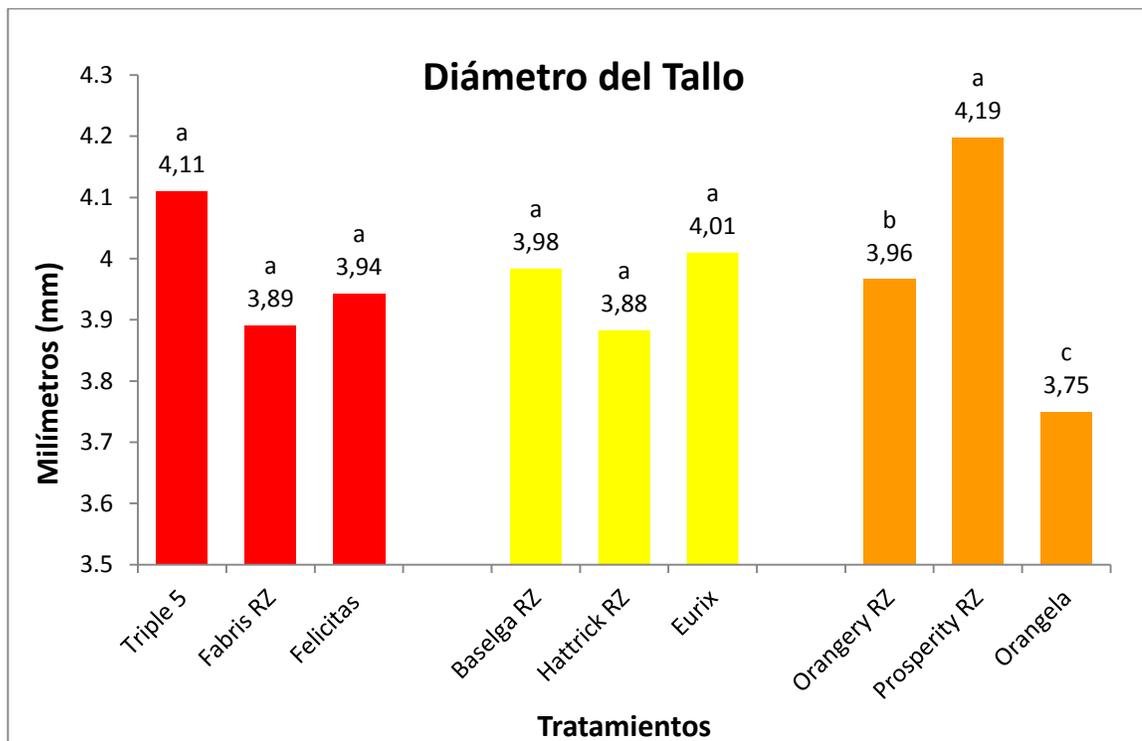
La altura de las plantas de los diferentes híbridos de chile bell pepper oscila entre 3.61 y 4.28 m, estos resultados confirman a Lucero et al. (2012), quienes mencionan que las variedades híbridas de pimiento morrón cultivadas en invernadero puede alcanzar una altura de más de 2 m.

Diámetro del Tallo

La valoración de esta variable se realizó mediante la toma de lecturas por semana durante los meses de enero a mayo (21 semanas). Utilizando 20 plantas por tratamiento.

En híbridos de color rojo; el análisis de varianza presentó que no existe diferencia significativa, entre los tratamiento. El híbrido que obtuvo el mayor valor fue Triple 5 con 4.11 mm, seguido de Felicitas con 3.94 mm y Fabris RZ con 3.89 mm, (Figura 7).

Figura 7. Diámetro del Tallo de diferentes híbridos de bell pepper, en condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para los tratamientos de color amarillo; el análisis de varianza demostró que no existe diferencia significativa, entre estos. El híbrido que obtuvo mayor valor fue Eurix con 4.01 mm, seguido de Baselga RZ con 3.98 mm y Hattrick RZ con 3.88 mm, para la variable Diámetro de Tallo (Figura 7).

De acuerdo con el análisis de varianza, en los tratamientos de color naranja el mejor híbrido fue Prosperity RZ, con un Diámetro de Tallo de 4.19 mm. Superando al testigo comercial Orangery RZ con un valor de 3.96 mm y a Orangela con 3.75 mm (Figura 7).

Numero de Frutos por Planta

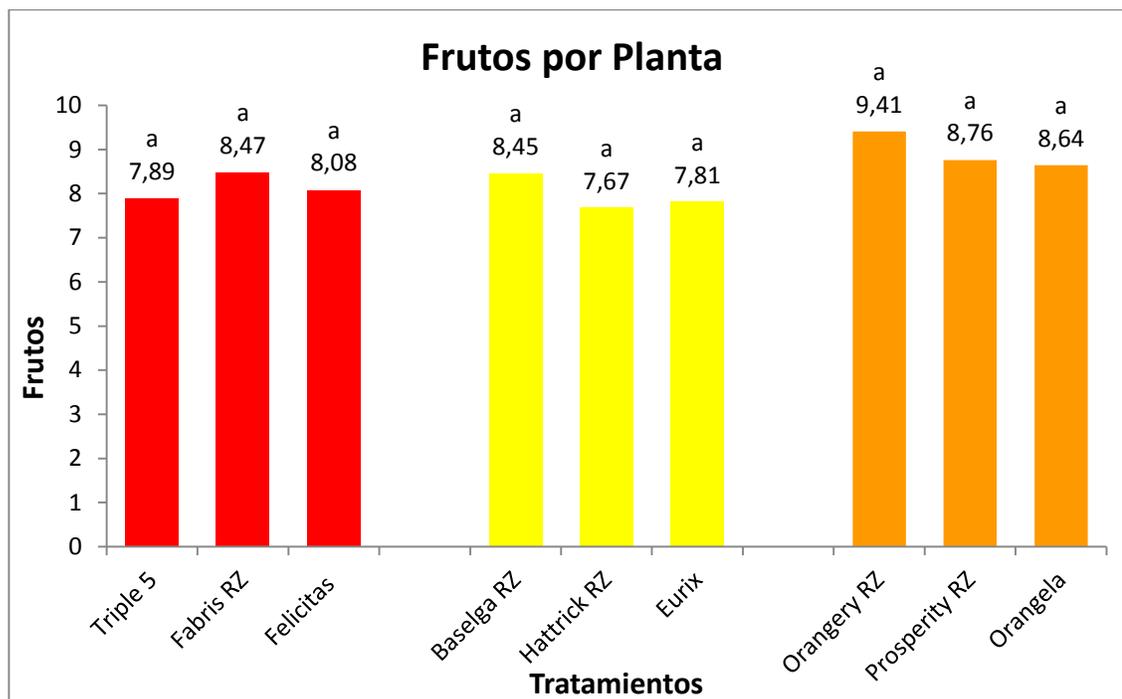
La toma de datos para esta variable se realizó una vez por semana durante los meses de enero a mayo, se contaban los frutos presentes en cada planta.

En los tratamientos de color rojo; el análisis de varianza demostró que no existe diferencia significativa, entre tratamientos. Fabris RZ, fue el híbrido que obtuvo el mayor valor para esta variable con 8.47 frutos, seguido de Felicitas con 8.08 frutos y por Triple 5 con 7.89 frutos (Figura 8).

De acuerdo con el análisis de varianza, en los tratamientos de color amarillo, no existió diferencia significativa, entre tratamientos. El híbrido que obtuvo el valor más alto fue Baselga RZ con 8.45 frutos, seguido por Eurix con 7.81 frutos y por Hattrick con 7.67 frutos (Figura 8).

En los híbridos color naranja; no existió diferencia significativa entre tratamientos, de acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta variable. El tratamiento Orangery RZ, obtuvo el valor más alto con 9.41 frutos, seguido por Prosperity RZ con 8.76 frutos y por Orangela con 8.64 (Figura 8).

Figura 8. Numero de Frutos por Planta de diferentes híbridos de bell pepper, en condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El número de frutos por planta no fue estadísticamente afectado por el material genético. Los valores oscilaron entre 7.67 a 9.41 frutos por planta. Estos resultados coinciden con los reportados por Moreno et al. (2010), quienes reportan valores que van desde los 7.1 hasta 11.1 frutos por planta.

Velocidad de Maduración

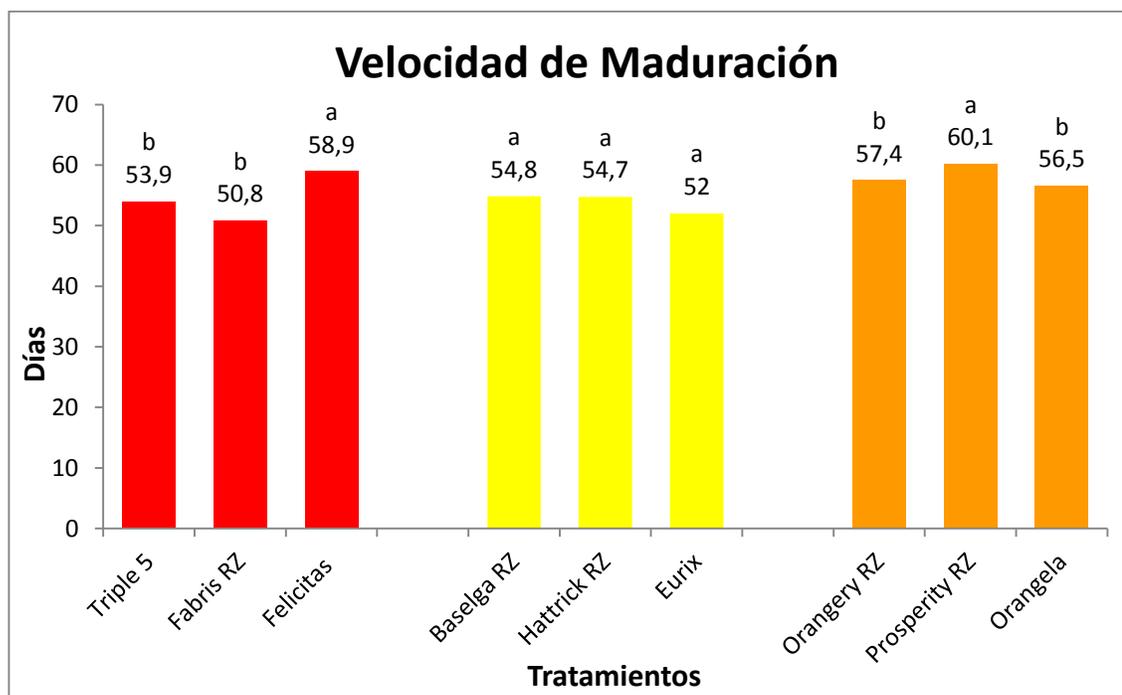
Para la valoración de esta variable se evaluaron frutos de cada repetición, durante los meses de enero a mayo.

De acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta variable, en los tratamientos de color rojo; el mejor tratamiento fue Felicitas con 58.9 días, superando al testigo comercial Triple 5 con 53.9 días y, a Fabris RZ con 50.8 días (Figura 9).

En los híbridos color amarillo; no existió diferencia significativa entre tratamientos, de acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta variable. El tratamiento Baselga RZ, obtuvo el valor más alto con 54.8 días, seguido por Hattrick RZ con 54.7 frutos y por Eurix con 52 días (Figura 9).

Para los híbridos color naranja; el análisis de varianza demostró que si existe diferencia significativa, entre los tratamientos, siendo el híbrido Prosperity RZ el que obtuvo el mayor valor para esta variable con 60.1 días. Superando al testigo Orangery RZ con 57.4 días, el cual se comportó de manera similar a Orangela con 56.5 días (Figura 9).

Figura 9. Velocidad de Maduración de frutos de bell pepper, cultivados bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).

Estadísticamente los mejores los tratamientos son aquellos que registraron el mayor número de días para alcanzar la maduración comercial.

Estos resultados se invierte a nivel a nivel comercial, es decir los mejores tratamientos son aquellos que registran el menor número de días para lograr su maduración, debido a que se trata de una variable que influye directamente con el rendimiento.

Estos resultados coinciden con los reportados por Silva et al. (2013) quienes mencionan que un fruto de pimiento necesita entre 7 y 10 semanas para lograr su madurez comercial incluyendo las etapas de floración y cuajado de fruto.

Rendimiento Total (1ra, 2da y rezaqa) en t- ha⁻¹

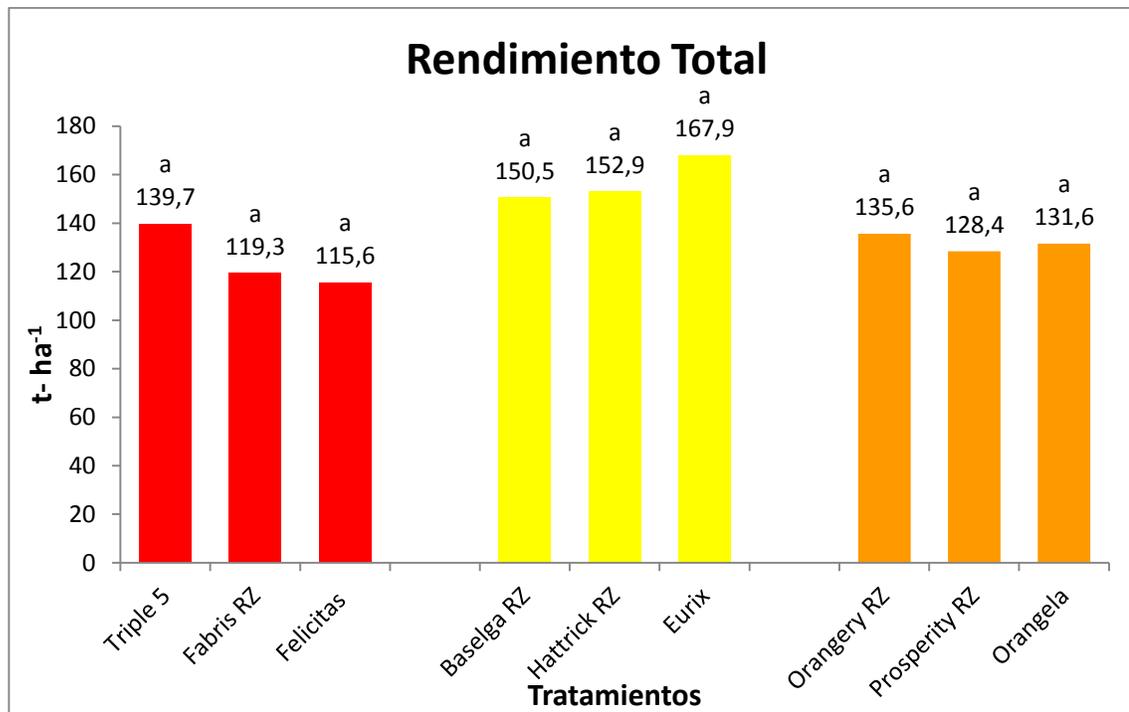
Para obtener los resultados de esta variable, se sumaron los rendimientos obtenidos durante 21 semanas de cosecha. En el periodo enero – mayo de 2016.

El análisis estadístico no detecto diferencia significativa entre los tratamientos de color rojo. El mayor rendimiento entre pimientos rojos lo obtuvo Triple 5 con 139.7 t- h⁻¹, seguido por Fabris RZ con 119.3 t- h⁻¹, y por Felicitas con 115.6 t- h⁻¹ (Figura 10).

El análisis de varianza para Rendimiento Total muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos de color amarillo. El híbrido con mayor producción fue Eurix con 167.9 t- h⁻¹, superando al testigo comercial Baselga RZ con 150.5 t- h⁻¹, y a Hattrick RZ con 152.9 t- h⁻¹ (Figura 10).

Con respecto a los tratamientos de color naranja. El análisis estadístico no encontró diferencias significativas entre tratamientos. Siendo superior el híbrido Orangery RZ con 135.6 t- h⁻¹, seguido por Orangela con 131.6 t- h⁻¹, y por Prosperity RZ con 128.4 t- h⁻¹ (Figura 10).

Figura 10. Rendimiento Total (1ra, 2da y rezaga) en t- ha⁻¹, “obtenido en los meses de enero a mayo”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).

Aunque estadísticamente el análisis de varianza no presente diferencias significativas, entre los tratamientos, comercialmente si existe una gran diferencia significativa y económica debido a los altos precios que puede alcanzar una tonelada de chile bell pepper en mercado de exportación.

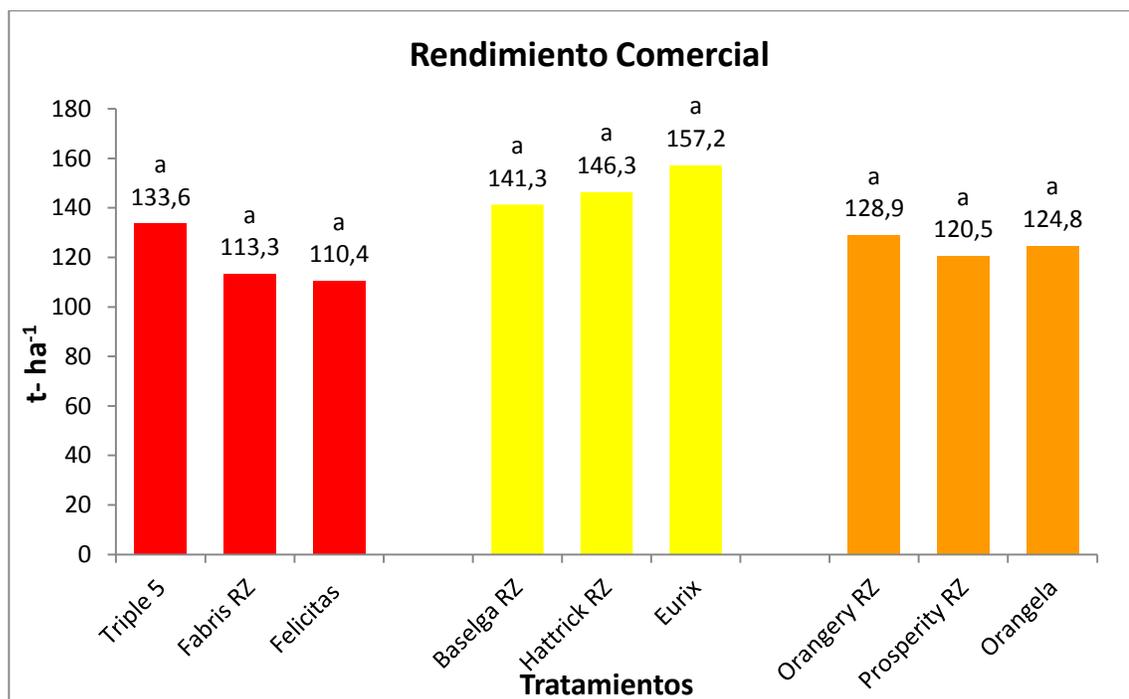
Rendimiento Comercial (1ra + 2da) en t- ha⁻¹

Para obtener los resultados de esta variable, se sumaron los rendimientos de las calidades 1ra y 2da, obtenidas durante 21 semanas de cosecha. En el periodo enero – mayo de 2016.

En los tratamientos de color rojo; el análisis de varianza demostró que no existe diferencia significativa, entre tratamientos. Triple 5 fue el híbrido que obtuvo el mayor rendimiento para esta variable con 133.6 t- h⁻¹, seguido por Fabris RZ con 113.3 t- h⁻¹, y por Felicitas con 110.4 t- h⁻¹ (Figura 11).

En los híbridos de color amarillo; el análisis de varianza para la variable de Rendimiento Comercial muestra que no existe diferencia significativa, entre tratamientos. El híbrido con mayor producción para esta variable fue Eurix con 157.2 t- h⁻¹, superando al testigo comercial Baselga RZ con 141.3 t- h⁻¹, y a Hatrick RZ con 146.3 t- h⁻¹ (Figura 11).

Figura 11. Rendimiento Comercial (1ra + 2da) en t- ha⁻¹, “obtenido en los meses de enero a mayo”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).

En los híbridos color naranja; no existió diferencia significativa entre tratamientos, de acuerdo con el análisis de varianza realizado para esta variable. El tratamiento Orangery RZ, obtuvo el rendimiento más alto con 128.9 t- h⁻¹, seguido por Orangela con 124.8 t- h⁻¹, y por Prosperity RZ con 120.5 t- h⁻¹ (Figura 11).

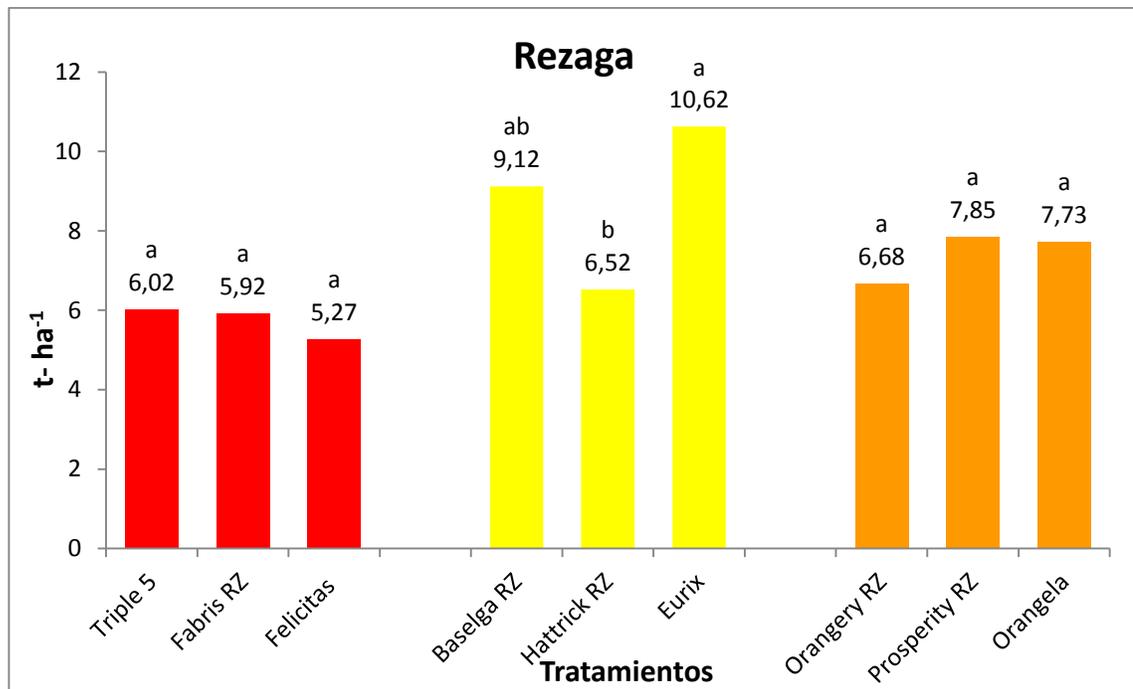
Aunque estadísticamente el análisis de varianza no presento diferencias significativas, entre los diferentes tratamientos, comercialmente si existe una gran diferencia significativa y económica, debido a los altos precios que puede alcanzar una tonelada de chile bell pepper en mercado de exportación.

Rendimiento Total de Rezaga en t- ha⁻¹

Para obtener los resultados de esta variable, se sumaron los rendimientos totales de rezaga, obtenidos durante 21 semanas de cosecha. En el periodo enero – mayo de 2016.

Los resultados para la variable Rendimiento Total de Rezaga, muestran que no existe diferencia significativa, entre los tratamientos de color rojo. El híbrido con mayor rendimiento fue Triple 5 con 6.02 t- h⁻¹. En los híbridos de color amarillo si existió diferencia significativa, el tratamiento que reporto mayor rendimiento fue Eurix con 10.62 t- h⁻¹, superando al testigo comercial Baselga RZ. Con respecto a los tratamientos de color naranja, el análisis estadístico no presento diferencias significativas, el híbrido que obtuvo el mayor rendimiento fue Prosperity RZ con 7.85 t- h⁻¹ (Figura 12).

Figura 12. Rendimiento Total de Rezaga en $t \cdot ha^{-1}$, “obtenido en los meses de enero a mayo”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El análisis estadístico presenta como mejores tratamientos ha aquellos híbridos que reportan los rendimientos más altos de Rezaga. Comercialmente estos resultados se invierten, es decir los mejores tratamientos pasan a ser los peores y viceversa, debido a que este carácter no es deseable para el productor porque es producto que no se comercializará y no generara ingresos económicos.

Rendimiento Total del Ciclo (1ra + 2da)

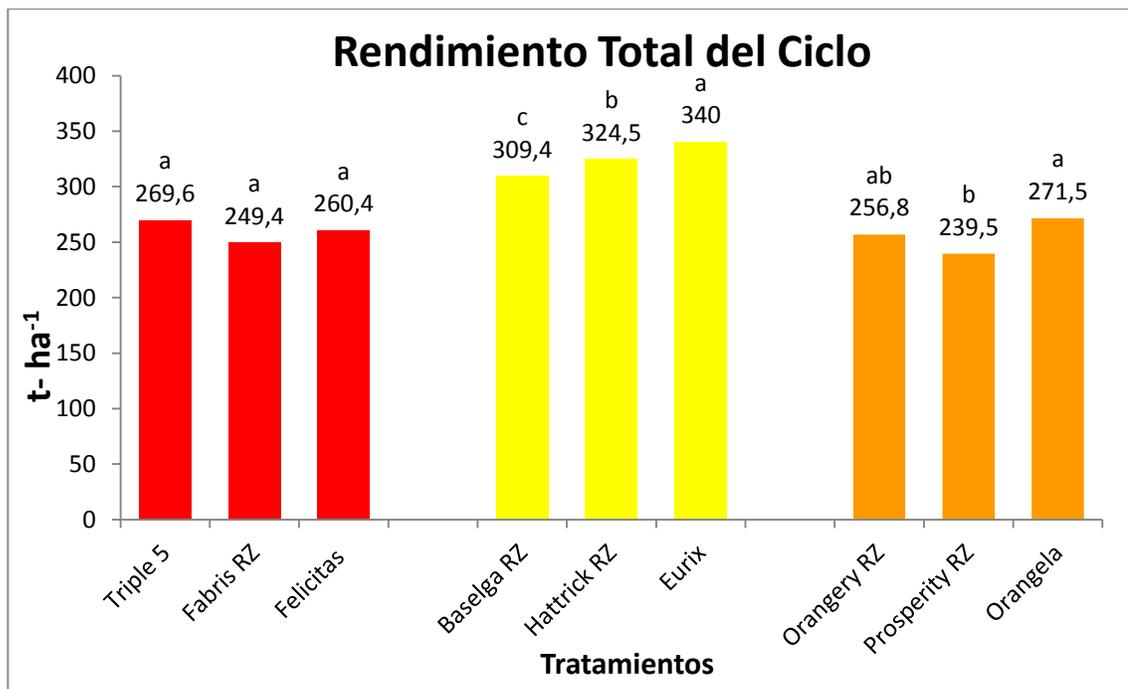
Para obtener los resultados de esta variable, se sumaron los rendimientos totales de 1ra y 2da calidad, obtenidos durante el ciclo hortícola 2015 – 2016. El análisis estadístico no detecto diferencia significativa entre los tratamientos de color rojo. El mayor rendimiento lo obtuvo el híbrido Triple 5 con $269.6 t \cdot h^{-1}$,

seguido por Felicitas con 260.4 t- h⁻¹, y por Fabris RZ con 249.4 t- h⁻¹ (Figura 13).

Para los híbridos color amarillo, el análisis de varianza demostró que si existe diferencia significativa, entre los tratamientos, en el primer sitio se encontró el híbrido Eurix con rendimiento de 340 t- h⁻¹, en segunda posición se situó Hattrick RZ con una producción de 324.5 t- h⁻¹. Ambos tratamientos superan al testigo comercial Baselga RZ el cual reporto una producción de 309.4 t- h⁻¹ (Figura 13).

El mejor tratamiento para los híbridos de color naranja fue Orangela, el cual presentó un rendimiento de 271.5 t- h⁻¹, superando al testigo comercial Orangery RZ que alcanzó una producción de 256.8 t- h⁻¹, a su vez este híbrido supero a Prosperity RZ que obtuvo un rendimiento de 239.5 t- h⁻¹ (Figura 13).

Figura 13. Rendimiento Total del Ciclo (1ra + 2da) en t- ha⁻¹, “obtenido en 40 semanas de cosecha”. De diferentes híbridos de chile bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).

En los tratamientos de color rojo se logró un rendimiento promedio entre híbridos de 25.98 kg·m², en amarillos un rendimiento de 32.46 kg·m², y en pimientos naranjas se registró una producción de 25.59 kg·m². Para lograr un rendimiento en conjunto de 28.01 kg·m². Estos resultados son superiores a los reporta Reséndiz (2010), quien menciona que el cultivo de pimiento morrón en invernadero de alta tecnología, con densidades 4 plantas·m² y manejadas bajo el sistema de poda tipo “V” u holandés se logran rendimientos de hasta 26 kg·m².

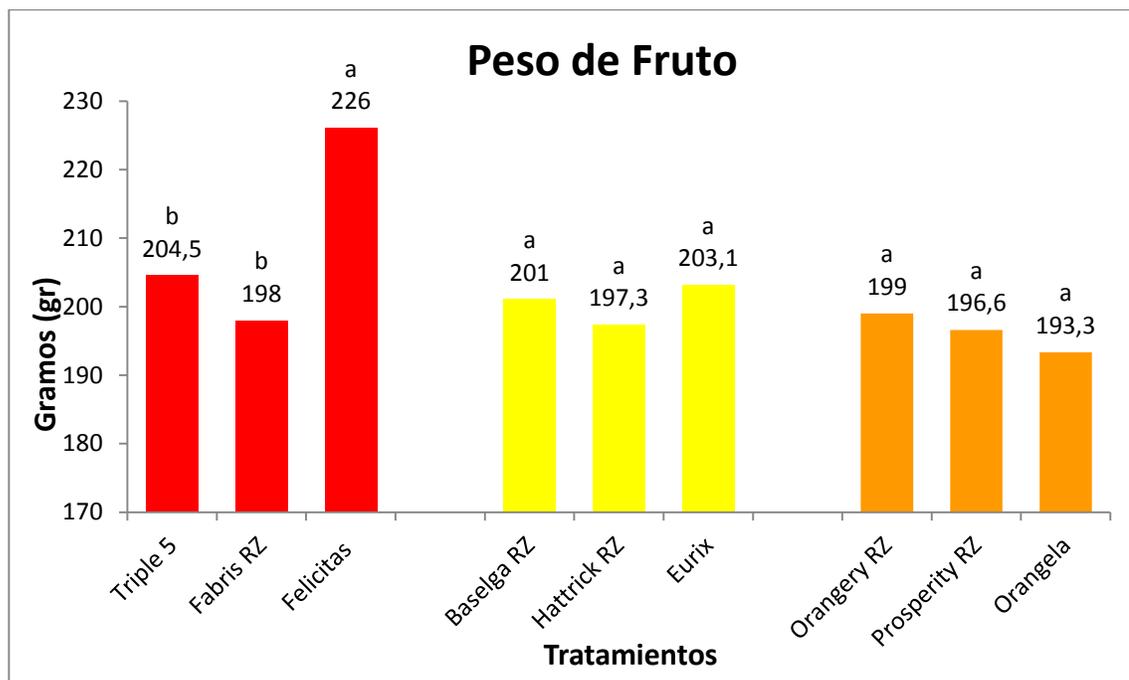
Peso de Fruto

Los resultados para la valoración de esta variable se obtuvieron utilizando el peso promedio de fruto, que resulto de la división entre kilogramos y número de frutos cosechados. A través de 21 semanas de recolección en el periodo enero – mayo de 2016.

En los híbridos color rojo, el análisis de varianza demostró que si existe diferencia significativa, entre tratamientos, el híbrido Felicitas obtuvo el mayor valor para esta variable con 226 gr. Superando al testigo comercial Triple 5 el cual reporto 204.5 gr, y a Fabris RZ que presento un peso de 198 gr (Figura 14).

Con respecto a los tratamientos de color amarillo y naranja el análisis estadístico no encontró diferencia significativa, entre tratamientos. Los híbridos que obtuvieron los valores más altos fueron; Eurix con 203.1 gr en colores amarillos y Orangery RZ con 199 gr para colores naranja (Figura 14).

Figura 14. Peso del Fruto de diferentes híbridos de bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

El peso del fruto fue estadísticamente afectado por el material genético. En pimientos rojos se registraron valores que van desde los 198 hasta 226 gr. En pimientos amarillos los valores oscilaron entre 197.3 y 203.1 gr. Con respecto a los híbridos naranjas los valores se encontraron entre 193.3 y 199 gr. Estos resultados son superiores a los reportados por Moreno et al. (2010), quienes al realizar un estudio sobre la fenología y el rendimiento de 13 híbridos de bell pepper de diferentes colores, reportan un peso promedio de 178 gr para pimientos rojos, 154 gr para amarillos y 114 gr para naranjas.

Grosor de la Pared del Fruto

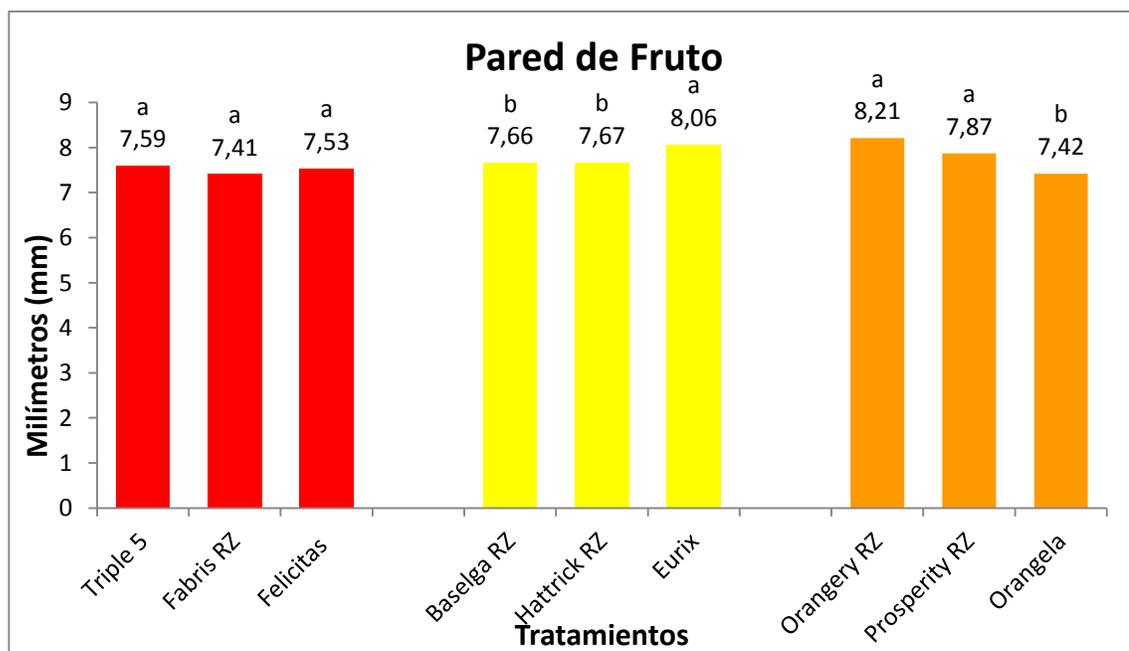
Para la valoración de esta variable se tomó una lectura por semana durante los meses de enero a mayo (21 semanas), utilizando un fruto por tratamiento.

En los híbridos de color rojo; el análisis de varianza demostró que no existe diferencia significativa, entre tratamientos. Los híbridos Triple 5, Fabris RZ y Felicitas, se comportaron estadísticamente de forma similar con 7.59, 7.41 y 7.53 mm, respectivamente (Figura 15).

Para los híbridos color amarillo, el análisis de varianza demostró que si existe diferencia significativa, entre los tratamientos, siendo el híbrido Eurix el que obtuvo el mayor valor para esta variable con 8.06 mm. Superando al testigo comercial Baselga RZ con 7.66 mm, el cual se comportó de manera similar a Hattract RZ con 7.67 mm (Figura 15).

En los tratamientos color naranja, los mejores híbridos para esta variable fueron Orangery RZ con 8.21 mm y Prosperity RZ con 7.87 mm, los cuales mostraron diferencias significativas, y superaron a Orangela con 7.42 mm (Figura 15).

Figura 15. Grosor de la Pared del Fruto de diferentes híbridos de bell pepper, bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México. 2016.



z Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05)

El grosor de la pared del fruto fue estadísticamente afectado por el material genético. Los pimientos amarillos y naranjas tuvieron frutos con grosor de pared similar (7.79 y 7.76 mm respectivamente), pero fueron superiores en grosor a los frutos de color rojo (7.51 mm). Estos resultados fueron inferiores a los reportados por Villa et al. (2009), quienes reportan un grosor de pared; de 8.3, 8.0 y 7.6 mm para pimientos amarillos, naranjas y rojos respectivamente. Esta disimilitud entre resultados pudo ser afectada por el material genético, época (meses de producción) en que fueron tomados los datos y condiciones ambientales prevalecientes en el experimento.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación permiten establecer las siguientes conclusiones:

Bajo un invernadero con nivel de tecnología alta “High Tech”, acondicionado y equipado para la producción de bell pepper de diferentes colores, en densidades de 3.4 plantas·m², es posible alcanzar un rendimiento de alrededor de 28 kg·m², con calidad de exportación, en un periodo de recolección de 40 semanas.

Dentro de los nueve híbridos evaluados Orangela (naranja) registro la mayor altura de planta con 428.5 cm, por lo contrario el híbrido Hattrick RZ (amarillo) fue el que presentó la menor altura con 361 cm.

En general los nueve tratamientos de bell pepper tuvieron un comportamiento similar en las variables de; velocidad de maduración y número de frutos por planta. En la variable diámetro de tallo; sobresalen los híbridos; Triple 5 para pimientos rojos, Eurix en amarillos y en naranjas Prosperity RZ.

Con respecto a las variables de calidad; peso de fruto y grosor de la pared del fruto. Los nueve híbridos de bell pepper cumplieron con los estándares de calidad establecidos para poder ser exportados.

En pimientos de color Rojo el híbrido Triple 5, fue el mostro el rendimiento comercial más alto pero también registro la mayor cantidad de toneladas de Rezaga. Mientras que los híbridos Fabris RZ y Felicitas registraron menor Rendimiento Comercial y menos toneladas por hectárea de Rezaga.

En pimientos de color Amarillo los híbridos Eurix y Hattrick RZ, presentaron los mayores rendimientos comerciales, ambos superaron al testigo comercial Baselga RZ. Por otra parte el híbrido Hattrick RZ fue el que registro la menor cantidad de toneladas por hectárea de Rezaga, dentro de este grupo.

En los pimientos de color Naranja el híbrido Orangery RZ registro el mayor rendimiento comercial, y el menor rendimiento de rezaga. En tanto los híbridos Orangela y Prosperity RZ, presentaron menor rendimiento comercial y mayor rendimiento de rezaga.

Los tratamientos que presentaron mayor rendimiento a lo largo del ciclo productivo fueron; Triple 5 con 26.96 kg·m² para colores rojos, en colores amarillos Eurix reporto el mayor rendimiento con 34 kg·m², y en pimientos color naranja; Orangela reporta la mayor producción con 27.15 kg·m².

LITERATURA CITADA

CARRILLO N.C, VALLEJO F.A., ESTRADA E.I. 1991. Adaptabilidad y estabilidad fenotípica de líneas e híbridos de pimentón. *Capsicum annum*. L. Acta Agronómica 41(1-4) 21-36.

CASTELLANOS, J. Z.; BORBÓN, C. M. 2009. Panorama de la Horticultura protegida en México, pp. 1–18. In: *Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. CASTELLANOS, J. Z. (ed.). Intagri. Guanajuato, México.

CASTILLA, N. 2007. *Invernadero de Plástico Tecnología y Manejo*. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa, 2ª. ed. 2007. pp. 25

ENZA ZADEN. 2016. Chile bell de invernadero. [Consultado el 21 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www.enzazaden.com.mx/products/fruitvegets/sweetpepper/>

EROSKI CONSUMER. 2016. Hortalizas y verduras. Página de la fundación Eroski Consumer. . [Consultado el 12 de junio de 2016]. Disponible en: <http://verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/pimiento/intro.php>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. Informe Estadístico. [Consultado el 16 de junio de 2016]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/search/pimiento/S>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. Informe Estadístico. [Consultado el 30 de mayo de 2016]. Disponible en: www.faostat.fao.org.

FERNÁNDEZ, Z. M. A.; PEREZ, A.; CABALLERO, P. 2006. Costes de tecnología en invernaderos de pimiento. *Horticultura Internacional*. pp. 20-26 [Consultado el 10 de junio de 2016]. Disponible en: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi51/020_027.pdf

FFlugsa. 2003. El cultivo del Pimiento (BELL PEPPER). FFLUGSA, S.A. de C. V. [Consultado el 12 de junio de 2016]. Disponible en: <http://fflugsa.tripod.com/pimiento.htm>.

JOVICICH, E.; CANTLIFFE, D. J.; VANSICKLE, J. J. 2004. U.S. imports of colored bell peppers and the opportunity for greenhouse production of peppers in Florida. *Acta Horticulturae* 659: 81–85.

JUÁREZ, L. P.; MONTOYA, B. R.; CASTRO, B. R.; SÁNCHEZ, M. A.; CRUZ, C. E.; JUÁREZ, R. C.; ALEJO, S. G.; BOLOIS, M. R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. *Revista Fuente* 0713: 21-22. [Consultado el 1 de junio de 2016]. Disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>.

Kacira, M. 2011. Greenhouse production in US: Status, challenges, and opportunities. Conference on Sustainable Bioproduction. WEF 2011, September 19-23. Tower Hall Funabori, Tokyo, Japan.

LABASTIDA V.J.F, (2011). Manejo del Cultivo de Pimiento Morrón (*Capsicum annum* L). Monografía de licenciatura en Horticultura. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. pp. 5-6.

LUCERO-FLORES, J.M. Y SÁNCHEZ-VERDUGO, C. 2012. Inteligencia de mercado de pimiento morrón verde. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México. pp. 83

Magdaleno, B. J. M. 2016. Production Manager. Empresa FreshMex. mmagdaleno@freshmex.com.mx. <http://www.freshmex.com.mx>.

MARTIN, R. 2009. Portagrano. *Vademécum de Variedades Hortícolas*. Ecir. Edit. pp. 229-237.

MILLA, A. 1996. *Capsicum de capsá, cápsula: el pimiento*. En *pimientos*. Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura, S. L. Ed; (Reus. España), pp. 21-31.

MORENO, P. E.; MORA, A. R.; SÁNCHEZ, C. F.; GARCÍA, P. V. 2010. Phenology and yield of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) hybrids grown hydroponically. Chapingo Horticult vol.17.

Nieves, G.V. O. Van der Valk, and A. Elings. 2011. Mexican protected horticulture; production and market of Mexican protected horticulture described and analyzed. Wageningen UR. Rapport GTB_1126.

NUEZ, F., GIL, R., y J. COSTA, 1996. El cultivo de pimientos, Chiles y Ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid; España.

PÉREZ, C. L. M; N. CASTAÑÓN, G.; P. MAYEK, N. 2008. Diversidad morfológica de chiles (*Capsicum* spp.) de Tabasco, México. Cuadernos de biodiversidad. pp.12.

RECHE, J. 2010. *CULTIVO DEL PIMIENTO DULCE EN INVERNADERO*. Sevilla. Editorial: Andalucía, S.L. pp.26, 41, 42, 48

RESÉNDIZ MELGAR. R. C. 2010. Evaluación Agronómica de Variedades Chile Morrón Manejadas con Diferentes Tipos de Poda y Densidades de Población. Tesis doctoral. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo.1-2.

Rijk, P. 2008. "Evolución de la agricultura protegida en México, 2008". Programa de ejecución directa 2009. Agricultura protegida. SAGARPA, Secretaria de Agricultura. Presentación en Power point. www.amhpac.org. Consultado: 19 de junio de 2016.

RIJK ZWAAN. 2016. Products & services products/crops/sweet pepper. [Consultado el 21 de mayo de 2016]. Disponible en: http://www.rijkszwaanusa.com/wps/wcm/connect/RZ+USA/Rijk+Zwaan/Products_and_Services/Products/Crops/Sweet+Pepper

SAGARPA. 2014. Secretaria de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México líder en exportación de chile. [Consultado el 12 de junio de 2016].

Disponible en:
<http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B721.aspx>.

SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. [Consultado el 12 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

SILVA, J. C.; ALAY, M.; NEGRÓN, G.N. 2013. Characteristics of eight pepper experimental hybrids (*Capsicum annuum L.*) in Valle de Azapa. **Idesia vol.31**. [Consultado el 24 de junio de 2016]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292013000300015>

STOFFELLA P.J., LOCASCIO S.J., OLSON S.M., SHULER K.D., VAVRINA CH.S. 1995. Yield and fruit size stability differs among bell pepper cultivars. J. Amer. Hort Sci. 120(2): 325-328. [Consultado el 31 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://journal.ashspublications.org/content/120/2/325.full.pdf>.

SYNGENTA. 2016. Cultivos/ pimiento/ semillas/ california /Paginas/ california. [Consultado el 21 de mayo de 2016]. Disponible en: <http://www3.syngenta.com/country/es/sp/cultivos/pimiento/semillas/california/Paginas/california.aspx>

UCDAVIS. 2016. Pimiento: (Pimentón, Chile dulce). Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. [Consultado el 21 de junio de 2016]. Disponible en: <http://postharvest.ucdavis.edu/Hortalizas/PimientoLégumes/Pimentón/>

VILLA, C. M.; CATALÁN V. M. A.; INSUSA, I. A, LÓPEZ, R. A.; GONZÁLEZ, L. L.; VALDEZ, A. J. 2009. CULTIVARES Y NUTRICIÓN DE CHILE PIMIENTO (*Capsicum annuum L.*) EN INVERNADERO DE CLIMA CONTROLADO. *BIOtecnia XI*. pp. 18-19 [Consultado el 23 de junio de 2016]. Disponible en: <http://biotecnia.ojs.escire.net/index.php/biotecnia/article/view/59/54>

APÉNDICE

Apéndice 1. Descripción de las soluciones nutritivas (cantidades de fertilizante), empleadas para la fertilización del cultivo de bell pepper. FreshMex. México. 2016.

Fertilizante	Numero de Formula														Unidades
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	90	115	115	105	70	95	90	90	95	95	100	75	80	85	kg/m ³
Nitrato de potasio KNO_3	30	30	30	30	50	50	55	60	60	60	50	40	40	35	kg/m ³
Fosfato monopotásico KH_2PO_4	10	15	17	15	15	20	20	20	15	15	15	10	10	10	kg/m ³
Nitrato de magnesio $(\text{MgNO}_3)_2$	0	0	0	0	0	15	5	0	0	0	5	4	4	5	kg/m ³
Sulfato de magnesio MgSO_4	50	50	35	35	25	25	30	40	40	45	40	30	25	25	kg/m ³
Sulfato de potasio K_2SO_4	0	0	0	2,5	3,5	3,6	5	5	5	5	2,5	2	2	1	kg/m ³
EDDAH Fe 6%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3400	3000	gr/m ³
Sulfato de manganeso MnSO_4	170	170	220	220	220	275	275	290	290	290	240	180	180	180	gr/m ³
Bórax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	150	150	360	380	380	380	380	400	400	400	300	225	220	200	gr/m ³
Sulfato de zinc $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	150	150	160	160	160	180	180	185	185	185	150	112	112	112	gr/m ³
Sulfato de cobre CuSO_4	20	20	20	20	20	20	20	23	23	24	20	15	15	16	gr/m ³
molibdato de sodio Na_2MoO_4	15	15	15	15	15	15	15	18	18	18	18	13,5	13,5	14	gr/m ³

Apéndice 2. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable; Altura de Planta registrada a los 355 DDT, en híbridos de bell pepper color rojo. Bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México, 2016.

Variable dependiente: **Altura**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	1749.000000	349.800000	61.73	<.0001
Error	6	34.000000	5.666667		
Total correcto	11	1783.000000			

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	393.000	4	3
B	379.000	4	2
C	365.500	4	1

Apéndice 3. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable; Altura de Planta registrada a los 355 DDT, en híbridos de bell pepper color amarillo. Bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México, 2016.

Variable dependiente: **Altura**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	6444.166667	1288.833333	176.42	<.0001
Error	6	43.833333	7.305556		
Total correcto	11	6488.000000			

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	411.500	4	6
B	365.250	4	4
B	360.250	4	5

Apéndice 4. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable; Altura de Planta registrada a los 355 DDT, en híbridos de bell pepper color naranja. Bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México, 2016.

Variable dependiente: **Altura**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	8476.416667	1695.283333	264.20	<.0001
Error	6	38.500000	6.416667		
Total correcto	11	8514.916667			

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	428.500	4	9
B	375.250	4	8
B	369.500	4	7

Apéndice 5. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable; Rendimiento Total del Ciclo, en frutos de bell pepper color rojo. Bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México, 2016.

Variable dependiente: **Rendimiento Total del Ciclo**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	1514.829167	302.965833	2.65	0.1332
Error	6	684.913333	114.152222		
Total correcto	11	2199.742500			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RTC Media
0.688639	4.112869	10.68420	259.7750

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	269.625	4	1
A	260.425	4	3
A	249.275	4	2

Apéndice 6. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable Rendimiento Total del Ciclo, en frutos de bell pepper color amarillo. Bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México, 2016.

Variable dependiente: **Rendimiento Total del Ciclo**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	2149.830833	429.966167	9.60	0.0079
Error	6	268.731667	44.788611		
Total correcto	11	2418.562500			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RTC Media
0.888888	2.061905	6.692429	324.5750

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	340.025	4	6
B	324.250	4	5
C	309.450	4	4

Apéndice 7. Análisis de varianza y comparación de medias para la variable Rendimiento Total del Ciclo, en frutos de bell pepper color naranja. Bajo condiciones de invernadero de alta tecnología. FreshMex, México, 2016.

Variable dependiente: **Rendimiento total del Ciclo**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	2644.751667	528.950333	3.42	0.0834
Error	6	929.175000	154.862500		
Total correcto	11	3573.926667			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	RTC Media
0.740013	4.861718	12.44438	255.9667

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	271.575	4	9
B A	256.800	4	7
B	239.525	4	8