

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación Agronómica de Cuatro Genotipos de Chile Pimiento Morrón en el Sureste de Coahuila Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

MICHELANGELO BORTOLOTTI RÍOS

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación Agronómica de Cuatro Genotipos de Chile Pimiento Morrón en el Sureste de Coahuila Bajo Condiciones de Invernadero

Por:

MICHELANGELO BORTOLOTTI RÍOS

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



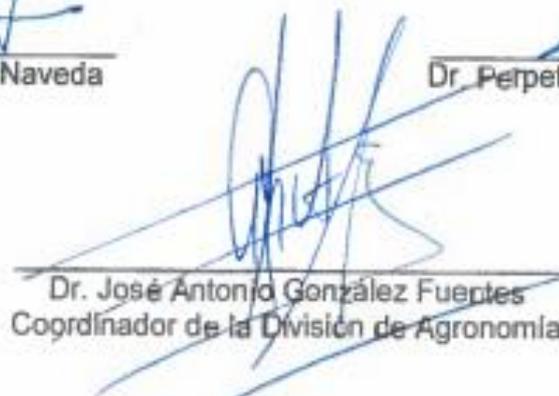
Dr. Neymar Camposeco Montejo
Asesor Principal



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Marzo 2022.

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Michelangelo Bortolotti Ríos

AGRADECIMIENTO

A **DIOS** porque es a él a quien siempre encomiendo mis metas y proyectos, por siempre darme fuerza frente las adversidades o problemas que se presentaran, por darme un lugar dentro de su reino, formarme como gente de bien y guiarme en cada paso que doy dentro de este gran sueño que es la vida.

A mi “**Alma Terra Mater**” la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme sus puertas en su casa de estudios, por brindarme las herramientas necesarias para formarme como un gran profesionalista y por todos los conocimientos aprendidos dentro de sus instalaciones.

A el **Dr. Neymar Camposeco Montejo** por la oportunidad y confianza para desarrollar este proyecto de investigación, por compartir sus conocimientos de la mejor manera, pero sobre todo por su paciencia brindada y dedicación sobre la elaboración de este trabajo.

A los profesores que depositaron sus consejos y confianza sobre mí, y cada uno de los que formaron parte de mi educación dentro de la institución.

DEDICATORIA

A MI PADRE

Antonio Bortolotti Minutti a ti papá por ser el pilar de la familia, acompañarme en cada paso desde pequeño, por siempre sentir un gran amor hacia mí y por ser un ejemplo de nobleza, humildad, fortaleza y enseñarme que la felicidad se encuentra con lo que uno tiene y con quienes te rodean, agradezco cada uno de tus sacrificios y desvelos por darme la oportunidad de estudiar para ver a tu hijo triunfar, pero sobre todo la confianza dedicada en mí. Te amo papá

A MI MADRE

Rebeca Ríos Zúñiga a ti mamá por cada uno de tus consejos, palabras de amor y motivación, gracias por siempre preocuparte de que estuviera lo mejor posible, por cada una de las noches de desvelo y cada uno de tus abrazos para dar consuelo, por cada lagrima al verme salir de casa, las bendiciones y oraciones puestas sobre mí, por acompañarme toda mi vida profesional y enseñarme el gran valor que es la familia y la unión. Te amo mamá.

A MIS HERMANOS

Karla y Antonio por cada uno de sus consejos y apoyo brindado, por ser parte de los momentos más felices de mi vida, porque los veo como una versión de mí, a ti hermano mayor por ser mi un ejemplo de perseverancia y éxito, a ti hermana menor por siempre confiar en mí y todas tus muestras de amor hacia mí. Los amo.

A MIS ABUELOS

Antonio (†) y Adela (†) por el gran amor que les tengo, gracias por cuidarme y guiarme desde el cielo, espero estén orgullosos de mis metas. A **Antonio y María delos Ángeles** por cada una de sus oraciones y bendiciones al partir de casa, por su el gran amor, palabras de aliento y consejos brindados. Los quiero mucho.

A MIS TIAS Y PRIMOS

Por sus consejos, cariño y afecto, por todas sus atenciones presentadas a lo largo de mi carrera, por todos los momentos felices y los días de preocupación por mí. Los quiero.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE CUADROS	X
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo general	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. HIPÓTESIS	15
3.1. Hipótesis nula	15
3.2. Hipótesis alternativa	15
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
4.1. Origen y distribución.....	16
4.2. Descripción botánica	16
4.3. Clasificación taxonomía.....	18
4.4. Morfología del pimiento morrón	18
4.4.1 Raíz	18
4.4.2 Tallo.....	18
4.4.3 Hoja	19
4.4.4 Flores	19
4.4.5 Fruto	19
4.5. Importancia del pimiento morrón a nivel mundial.....	19
4.6. Importancia nacional del pimiento morrón en México	20

4.6.1. Importancia del pimiento morrón en Coahuila.	21
4.7. Evaluación agronómica de genotipos en <i>Capsicum annuum</i> L.....	22
4.8 El pimiento morrón en condiciones de invernadero en México	23
4.9 El mejoramiento genético de pimiento morrón en México	24
4.10 Tipos de pimiento morrón en México	25
5. MATERIALES Y METODOS	27
5.1. Ubicación y localización	27
5.2. Material genético	27
5.3. Descripción de la parcela experimental	28
5.4. Labores culturales y manejo del cultivo	28
5.4.1. Siembra	28
5.4.2. Trasplante	28
5.4.3. Fertilización	29
5.4.4. Riego.....	29
5.4.5. Poda.....	29
5.4.6. Tutorado	30
5.4.7. Control de plagas y enfermedades	30
5.4.8. Cosecha.....	30
5.4.9. Variables agronómicas evaluadas	31
5.5. Diseño experimental y análisis estadístico	32
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
7. CONCLUSIONES	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Material genético seleccionado en los supermercados y el mercado local por su forma, color tamaño, apariencia y peso	27
Figura 2: Plántula de pimiento morrón trasplantadas en bolis de fibra de coco a 15 centímetros de distancia entre planta.	28
Figura 3: Frutos cosechados de acuerdo a madurez, tamaño, color y forma...31	
Figura 4. ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de rendimiento (kg planta^{-1}), de cuatro genotipos de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Barras verticales corresponden a desviación estándar. Usar en gráfica igual tipo y tamaño de letra que el resto del documento.	34
Figura 5. ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable número de frutos por planta, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.	35
Figura 6. ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable peso promedio de fruto, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.	36
Figura 7: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable longitud de fruto (mm), de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.	37
Figura 8: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro ecuatorial de fruto, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar	38
6.6 Grosor de mesocarpio (GM)	39
Figura 9: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor de mesocarpio del fruto, de cuatro genotipos de pimiento morrón	

evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.39

Figura 10: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento calculado en toneladas por hectárea, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.40

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Solución nutritiva de macroelementos y microelemento para el cultivo de pimiento morrón a tres diferentes porcentajes.	29
Cuadro 2: Cosechas realizadas en los cuatro genotipos evaluados después del trasplante.	31

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de cuatro genotipos de pimiento morrón recolectados en los mercados locales seleccionados por su forma, color y peso con la finalidad de observar su potencial genético, y realizar trabajos de mejoramiento genético del cultivo para el sureste de Coahuila. La investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Bajo condiciones de invernadero de baja tecnología donde se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos (genotipos, G1, G2, G3 y G4) y cuatro repeticiones de cada uno, cultivadas en bolis de fibra de coco, y un sistema de fertirrigación por goteo localizado. Las variables evaluadas fueron: rendimiento en gramos por planta, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, longitud de fruto, diámetro ecuatorial del fruto, grosor de mesocarpio y rendimiento calculado en toneladas por hectárea. Para el análisis estadístico (ANOVA $p \leq 0.05$) se utilizó el software SAS 9.0 (sistema de análisis estadísticos) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$. Los resultados que se obtuvieron en el análisis solo una variable obtuvo significancia la cual fue longitud de fruto, en donde el genotipo uno, superó a los demás genotipos. En el resto de las variables no se observaron significancias estadísticas. Por lo tanto, el desempeño de los genotipos en sus variables agronómicas fue muy similar bajo las condiciones probadas, sin embargo, las diferencias porcentuales observadas entre genotipos en la mayoría de las variables cuantificadas, dan la pauta para continuar con el proceso de selección y evaluación de genotipos para observar su comportamiento en ciclos avanzados, a fin de identificar los genotipos con potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos.

Palabras claves: *Capsicum annuum*, accesiones, rendimiento, bell pepper, selección.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con datos de la Organización Mundial del Comercio (OMC), México se posicionó en 2020 como el principal exportador de pimientos por segundo año consecutivo, con una participación de 23.9% en el total de ventas del mundo, que suman mil 453 millones de dólares (mdd). En 2018, México desplazó de la segunda posición global a los Países Bajos en 2018, y al año siguiente superó a España como líder. El año pasado el país ibérico se mantuvo en el segundo puesto, con una participación en el mercado global de 22.8%. A España le siguieron los Países Bajos (18.8%), Canadá (8.3%) y Estados Unidos (4.4%). Cabe señalar que las exportaciones mexicanas de pimiento han tenido una buena racha en el comercio en el último trienio: en 2018 sus exportaciones crecieron 17% y en 2019 subieron 11% y en 2020 se dio un repunte anual de 9% (INCOMEX, 2021).

El volumen de producción en México en el año 2020 fue de aproximadamente 618,210 toneladas con un valor aproximado a los 8,218 millones de pesos. Los estados con mayor superficie sembrada de pimiento en México son Sinaloa con 3,514.68 ha, Sonora con 1,878 ha, Jalisco con 506.38 ha, Guanajuato con 491.34 ha, Baja California Sur con 257 ha y Coahuila con 206.20 ha (SIAP, 2020).

La producción de pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*) en invernadero con hidroponía o en sustratos bajo agricultura protegida, en México, se inició hace cerca de 20 años. Y los productores del país han adoptado sistemas de producción desarrollados en otros países, principalmente de Europa con condiciones climáticas y socioeconómicas diferentes, que eventualmente han funcionado a algunas regiones del país, ya el cultivo del pimiento morrón, del inicio al fin de la cosecha, es largo, por lo que las producciones se obtienen y se ofertan al mercado en épocas cuando los volúmenes de producción son bajos y la demanda aumenta y en consecuencia en los precios se obtienen ventajas competitivas. Así, para los productores de esta hortaliza sería deseable

disponer de variedades mejor adaptadas a la región y de sistemas de producción que permitan concentrar la cosecha cuando los precios son mayores (SIAP, 2020).

Para la obtención de nuevas y mejores variedades, el mejoramiento genético es una herramienta de suma importancia en los cultivos, y en el cultivo de Chile no es la excepción, ya que ha permitido incorporar características deseables procedentes de materiales silvestres a variedades comerciales que carecen de estas, con la finalidad de incrementar su tolerancia a patógenos o resistencia a estrés, para generar nuevas variedades con características sobresalientes, tanto en lo productivo y calidad de la cosecha, como para conseguir resultados económico-productivos elevados y uniformes, es necesario además el estudio genético y la selección de mejores individuos y cultivares, con características estables y muy uniformes en el ámbito de la población o híbridos bajo cultivo comercial (Pinto *et al.*, 2018)

Los pimientos son típicos de la gastronomía mexicana y son de los productos con mayor potencial de mercado en el ámbito internacional como se mencionó previamente, por lo cual, el interés es mayor lo que ha llevado a una gran demanda de la producción, por lo cual los agricultores están deseosos de nuevas variedades, las cuales representen una mayor rentabilidad, que les permitan obtener productos de excelente calidad y con rendimientos superiores a los estandarizados de las variedades actuales (Pinto *et al.*, 2018). Por lo tanto, la finalidad de la evaluación y selección de genotipos promisorios es la de llegar a generar variedades o híbridos con características deseadas para la producción del cultivo en determinadas zonas de producción, debido a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos que se persiguen con esta investigación.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de cuatro genotipos de chile pimiento morrón rojo tipo blocky bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila y determinar su potencial genético, para desarrollar nuevas variedades o híbridos.

2.2. Objetivos específicos

Evaluar rendimiento y componentes de rendimiento de cuatro genotipos de chile pimiento morrón rojo tipo blocky, bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

Seleccionar los genotipos de chile pimiento morrón rojo, tipo blocky con el mejor comportamiento agronómico y potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos para cultivarse en el noreste de México.

3. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis nula

Todos los genotipos de chile pimienta morrón rojo tipo blocky mostrarán un comportamiento agronómico similar bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

3.2. Hipótesis alternativa

Al menos uno de los cuatro genotipos de chile pimienta morrón rojo tipo blocky mostrará un mejor comportamiento agronómico bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen y distribución

El pimiento es originario de América del Sur, de la zona de Bolivia y Perú; al igual que otras especies hortícolas, rápidamente se incorporó al elenco de los productos saborizantes y de las hortalizas del Viejo Mundo. De hecho, en la actualidad, casi la mitad del pimiento del mundo se produce en el área del Mediterráneo. Forma parte de las hortalizas cultivadas en casi todos los lugares del mundo y en España es uno de los países en los que ha tenido resultados más favorables durante los últimos años (Vallespir, 2006).

Respecto al pimiento en fresco, por su carácter perecedero, los intercambios internacionales están concentrados en tres áreas. Una es la ya comentada para abastecer a Europa, básicamente proveniente de países europeos y Cuenca del Mediterráneo. Otra es la que formada por los envíos de México hacia Estados Unidos. Una tercera, la que se produce en el este asiático, con producto proveniente de China e India, para abastecer a países como Singapur o Hong Kong. (Vallespir, 2006)

4.2. Descripción botánica

El pimiento es una hortaliza que se puede hallar en colores, tamaños y formas variables. Puede ser rojo, verde, amarillo, negro o naranja, y en casos aislados puede observarse en tonos azul, morado o marrón. Su nombre científico es *Capsicum annuum*, y dependiendo del país donde se consume o cultive, se le atribuye otras denominaciones como pimentón, ají dulce, chile, morrón, chiltoma, locote, cuchucha, ajicito, y locote, entre otras (Flores , 2016). El pimiento forma parte

de la especie *Capsicum*, una de las más extendidas, conocidas y sembradas a nivel mundial. Pertenece a la familia Solanaceae y proviene de Mesoamérica, que incluye territorios de México, El Salvador, Guatemala, Honduras, Belice, Costa Rica y Nicaragua, donde fue plantado hace aproximadamente 6,000 años, y desde donde se trasladó a otras naciones. China y Europa figuran hoy día como las zonas de mayor producción. (Flores , 2016).

Las plantas de chile pimiento tienen crecimiento simpódico y en cada bifurcación se producen flores, generalmente solitarias. Si las plantas se dejan crecer libremente, las primeras seis a 12 flores amarran fruto, pero la alta demanda de asimilados para su rápido crecimiento ocasiona absorción de un alto porcentaje de flores generadas subsecuentemente. Una vez que estos frutos finalizan su crecimiento y son cosechados, la disponibilidad de asimilados aumenta y permite continuar el crecimiento vegetativo y eventualmente, el amarre y crecimiento de cuatro a ocho frutos más, que, a su vez, ocasionarán el aborto de flores que se forman posteriormente. Entre la cosecha del primer y segundo flujo de frutos, puede haber un intervalo de dos meses (Marcelis *et al.*, 2004; Cruz *et al.*, 2009) lo que causa que en un ciclo de cultivo completo transcurran entre ocho a 10 meses después del trasplante, con rendimientos que oscilan entre 50 y 80 t.ha⁻¹ (Jurado y Nieto, 2003).

La fruta del pimiento se consume mayormente madura, ya sea en su etapa de verde-hecha o cuando ha desarrollado su color característico al madurar. Los pimientos 'dulces' de la especie *C. annum* tienen un sabor considerado no picante. Se pueden comer crudos en ensalada o cocidos de varias formas (ej., al horno, asados, fritos o salteados), frecuentemente rellenos con carne u otros productos alimenticios. Pueden ser preservados en encurtido o enlatados. Se usan también como parte de los ingredientes en sopas, guisos, salsas y en la preparación de sofrito. La fruta completamente madura se puede secar y moler para utilizar este polvo como colorante vegetal y condimento. Tanto a la fruta como a las hojas se le atribuyen propiedades medicinales. En cuanto a su valor nutritivo, sus frutas son una buena fuente de vitamina C (ácido ascórbico) y una de las mejores fuentes de vitamina A, especialmente las frutas maduras. (Fornaris, 2014).

4.3. Clasificación taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Capsicum*

Especie: *annuum*

4.4. Morfología del pimiento morrón

4.4.1 Raíz

La raíz del pimiento es axonomorfa de la que se ramifica un conjunto de raíces secundarias, la superficie explorada es de unos 30 a 50 cm en horizontal y profundiza hasta los 70 a 120 cm, con una mayor densidad de raíces secundarias en la parte superficial entre los 30-60 cm. El sistema radical supone entre el 5 y el 20 % del peso total de la planta y varía entre cultivares y formas culturales o condiciones de cultivo (Rodríguez, 2016).

4.4.2 Tallo

El tallo es erguido, su primera ramificación se origina cuando la plántula ha alcanzado un desarrollo de 15 a 20 cm, donde se produce la primera flor o flor de corona. En el momento en el que se ha formado la flor o vástago floral en la terminación del brote se produce la evolución de otros nuevos axilares a las hojas que lo culminan, creciendo con marcada dominancia apical o acrotomía. La sección transversal del tallo es variable según las zonas de la planta, siendo más redondeado en la base y más angular conforme se va ascendiendo. El desarrollo del tallo se ve muy influenciado por la iluminación diaria total, siendo este efecto más importante que la calidad de la luz y el fotoperiodo. A niveles bajos de iluminación se produce la elongación del tallo por encima de la normalidad, formándose además más delgados y débiles (Rodríguez, 2016).

4.4.3 Hoja

Las hojas son simples, enteras, desde lanceoladas a aovadas dependiendo de los cultivares, con borde entero o muy ligeramente sinuado en la base y pecíolo largo (Rodríguez, 2016).

4.4.4 Flores

Las flores suelen nacer una por nudo, aunque en ocasiones se pueden presentar más de una. Las flores del pimiento son hermafroditas, están unidas al tallo por un pedúnculo de 10 a 20 mm de longitud. El cáliz está constituido por 5 a 8 sépalos. La corola formada por 5 a 8 pétalos soldados por la base y con un diámetro de 10 a 20 mm. El androceo lo forman de 5 a 8 estambres de 1.8 a 3.5 mm de longitud y en cada extremo llevan una antera de 1.2 mm de anchura y de 2 a 4 mm de larga; cada antera tiene 2 tecas y cada teca 2 sacos polínicos. (Rodríguez, 2016)

4.4.5 Fruto

El grosor del pericarpio varía según el tipo de uso del pimiento. En los pimientos utilizados como especia la «carne» es más delgada y con un contenido en agua inferior a los usados para fresco, que poseen carne gruesa y mayor contenido hídrico. Los colores, por su parte, también presentan gran diversidad. En los frutos inmaduros la gama va desde pálidos verdes casi blancos hasta los más intensos verdes casi marrón. En los frutos maduros la diversificación se aglutina en dos grandes grupos, amarillos y rojos en todas las gamas de tonalidades que pasan por el naranja y, en ciertas variedades, llegan a un rojo tan intenso que se convierte en violeta-marrón. Las semillas se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre 3 y 5 milímetros. (Rodríguez, 2016)

4.5. Importancia del pimiento morrón a nivel mundial

El valor de la producción mundial de pimiento para fresco es de 23,832.5 millones de euros, de los que 1,021.7 millones de euros corresponden a España. Entre sus competidores, el valor del pimiento turco es de 737.45 millones de euros, el de Holanda de 373.27 millones, el de Rumanía de 183'09 y el de Israel de 173.29 millones de euros. (FAOSTAT, 2018)

El valor de la producción mundial de pimiento para fresco alcanza los 2,832.5 millones de euros, según los datos que ha elaborado Hortoinfo procedentes del organismo de estadística de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Haciendo una comparativa entre el valor obtenido por los agricultores españoles por producir pimiento con sus competidores, el valor del pimiento español superó en 2018 en un 38.5 por ciento al de la producción en Turquía y en un 173.72 por ciento al valor que obtuvieron los productores holandeses por producir pimiento. La producción española de pimiento en fresco permitió a los agricultores ingresar en 2018, según la FAO, un total de 1,021.7 millones de euros, mientras que la de Turquía alcanzó en ese año 737.45 millones de euros y la obtenida por los agricultores de Holanda fue en ese año de 373.27 millones de euros. En Israel la producción de pimiento alcanzó un valor en origen de 173.29 millones de euros y en Marruecos de 74.61 millones de euros. (Hortoinfo, 2020)

El país que más valor alcanza es China con 8,999.87 millones de euros. A China le sigue en segunda posición Indonesia con 4,405.02 millones de euros y Corea del Sur en tercer lugar con 2,433.83 millones de euros. La cuarta posición está ocupada por México con un valor de su producción de pimiento en fresco de 1,312.23 millones de euros, apareciendo España en el quinto lugar mundial con el ya citado valor de 1,021.7 millones de euros. (Hortoinfo, 2020). En el marco del mercado global de pimientos, China es el primer productor mundial. Sin embargo, México, España y Holanda tronzaron en el año 2016 el 63% del volumen total de la exportación de pimientos en el mundo. Mientras que en China e India la estrategia de producción se basa en el volumen y bajos precios, Holanda basa su estrategia de producción y exportación en la oferta de un producto de alta calidad y de un producto fresco durante los meses invernales. Además, estos países cuentan con tecnologías avanzadas de procesamiento (Mulderij, 2017).

4.6. Importancia del pimiento morrón en México

Los chiles y pimientos son típicos de la gastronomía mexicana y son de los productos con mayor potencial de mercado en el ámbito internacional. Con una producción anual de 3.2 millones de toneladas y crecimiento anual promedio de 4.82% en el periodo 2003-2016, estos productos mostraron una participación

creciente y estable en la oferta nacional. Actualmente, son cultivos importantes de exportación, ya que 29.71% de la producción total se destina al mercado internacional. En particular, las exportaciones mexicanas representaron un porcentaje muy significativo de las importaciones de chiles y pimientos que hacen los siguientes países: Estados Unidos 77.99%; Canadá, 55.45% y, Guatemala, 52.25 por ciento (SAGARPA, 2017). La mayor parte de la recolección de chile pimiento se obtiene durante el ciclo otoño-invierno, con poco más de 90% del total; el 10 por ciento restante se recaba en primavera verano (SAGARPA, 2015). La mayor parte de la producción de chile pimiento que se comercializó en los principales mercados nacionales provino de seis entidades federativas: las cuales son Sinaloa con 3,514.68 ha, Sonora con 1,878 ha, Jalisco con 506.38 ha, Guanajuato con 491.34 ha, Baja California Sur con 257 ha y Coahuila con 206.20 ha. (SIAP, 2020)

4.6.1. Importancia del pimiento morrón en Coahuila.

Coahuila se encuentra dentro de los seis estados con mayor superficie de pimiento morrón sembrada de las cuales el 37.82 % son a campo abierto con un rendimiento aproximado de 22.08 toneladas por hectárea, con una producción total de 19.45 millones de pesos. El 33.55% corresponde a la superficie de invernadero que presenta un rendimiento de 151 toneladas por hectárea y con un valor de la producción de 172.97 millones de pesos por ciclo. El 28.61% de la superficie total son malla sombras con un rendimiento promedio de 102.50 toneladas por hectárea y con un valor de producción anual de 76.08 millones de pesos (SIAP, 2020).

La producción general de pimiento morrón en Coahuila se divide en 7 municipios los cuales son: Francisco I. Madero con 5,460 toneladas, Viesca produce alrededor de 5,000 toneladas, el tercer productor es Arteaga con 4,576 toneladas, después Matamoros con 1,848.50 toneladas, Parras con 540 toneladas, General Cepeda 414.96 toneladas y Zaragoza 382.48 toneladas, los cuales generan un valor de producción total de 268.50 millones de pesos por estado, de los cuales el 64.42% es producción en invernadero (SIAP, 2020).

4.7. Evaluación agronómica de genotipos en *Capsicum annuum* L.

La evaluación agronómica es una actividad a través de la cual se valoran las características cuantitativas de las accesiones o genotipos que conforman una colección de trabajo con el fin de iniciar un programa de mejoramiento genético que pretende la generación de nuevas variedades o híbridos (Pardey *et al.*, 2006; Palacios y García, 2007). Las evaluaciones agronómicas permiten conocer el potencial productivo que posee un cultivo; no obstante, las evaluaciones fenológicas y fisiológicas son un reflejo de su productividad y permiten relacionar las respuestas de las plantas con el ambiente (Jaimez and Rada, 2016).

Altura de planta: La altura de planta es una característica asociada a mayor rendimiento en la medida que se relacione con mayor cantidad de nudos y con la mayor radiación que pueda interceptar, en algunas ocasiones la altura de la planta es mayor conforme aumenta la densidad de siembra no afecta el peso promedio de los frutos, pero el número total de frutos y el rendimiento por metro cuadrado si puede mostrar cambios (Elizondo, 2017).

Diámetro de tallo: el diámetro del tallo de la planta nos orienta a que, entre mayor sea el valor para esta variable, mayor es la capacidad para transportar fotoasimilados, carbohidratos y savia elaborada, así como soportar el peso de órganos principales como ramas, flores y frutos, y a su vez disminuye el riesgo de que el tallo se quiebre por un exceso de peso de la parte aérea de la planta (Elizondo, 2017).

Diámetro polar y ecuatorial del fruto: el tamaño final del fruto está estrechamente correlacionado con el número de semillas y de lóculos; también se ve influido por la cantidad de asimilados provenientes de las hojas y que se transportan por el tallo, la temperatura ambiental, la temperatura interna del fruto y la luminosidad (Pineda, 2000).

Peso de fruto: las diferencias en el peso de los frutos se atribuyen a la composición genética y al ambiente o su interacción, pues el componente varietal tiene una gran influencia sobre la velocidad de crecimiento, el tamaño final y la forma del fruto (Azcón *et al.*, 1993).

Número de frutos por planta: cuantificar esta característica es de gran importancia, ya que las condiciones agroclimáticas determinan esta variable,

como ejemplo: La temperatura determina el cuajado de frutos; Baja radiación presenta tallos débiles y dificultad en la cosecha; Vientos ocasionan rupturas de ramas; Precipitación presenta condiciones propicias para el desarrollo de hongos; Humedad relativa presenta dificultad en la fecundación (Guato, 2017).

Grosor de fruto: Frutos con mayor grosor de pericarpio para conseguir mayor producción de pulpa o kilos de materia fresca y seca por hectárea siempre serán características buscadas por los fitomejoradores (Galmarini 2000).

4.8 El pimiento morrón en condiciones de invernadero en México

De acuerdo con el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SADER, México pasó de sembrar 132 hectáreas bajo esquemas protegidos en el 2003 a 18,000 hectáreas en el 2018. Los invernaderos (27%) y malla sombras (45%) representan el 71% de la superficie de agricultura protegida en México, mientras que los macrotúneles (29%) son la tecnología que muestra mayor crecimiento del 2017 al 2018. Sinaloa, Jalisco y Michoacán aglomeran el 50% de toda la superficie protegida en México, sin embargo, en estos estados predominan las mallas sombras y macrotúneles, que son sistemas de baja tecnología, mientras en la mayor parte del país predominan los invernaderos. Sinaloa sigue siendo el principal productor de horticultura protegida, con 9,745 hectáreas sembradas en el 2018, superando por más del 50% al estado de Sonora, que se encuentra en segundo lugar con 4,217 hectáreas.

En el año 2020 la producción de pimiento morrón bajo el esquema de agricultura protegida en México abarco alrededor de 5,635.08 ha de las cuales 1,800.08 ha son invernaderos, 3,835 ha malla sombra y el resto en macro túnel. (SIAP, 2020). Por cuarto año consecutivo, la superficie protegida destinada a la producción de pimiento en México superó a la de campo abierto con relación a que 1,813.41 ha son producidas a campo abierto y 5,635.08 ha bajo esquema de agricultura protegida que representa un 75% de la producción. Con lo anterior se registró una producción que supera las 618 mil toneladas de pimientos producidos en México en el 2020, de los cuales más del 78% es en agricultura protegida. (SIAP, 2020). Los 5 estados con mayor producción de toneladas de pimiento morrón bajo agricultura protegida en México son Sinaloa con un 45.76%, Sonora con un

22.2%, Jalisco con el 9.3%, Guanajuato 6.75% y Querétaro con 5% (SIAP, 2020).

Los pimientos demuestran un alto valor, con poco más de 8,000 hectáreas cultivadas en total, y superan los 7 mil millones de pesos de valor reportado, lo que representa 871 mil pesos por hectárea. En contraste, los tomates representan 630 mil pesos y los pepinos 322 mil pesos/ha. (Gallegos, 2020). Los pimientos se reportan como una variedad dentro del cultivo de Chile en México, por lo que al compararlo con las demás variedades, podemos observar que en producción es la segunda variedad más popular y prácticamente la única en la que predomina la horticultura protegida y sobre todo de exportación. (Gallegos, 2020).

4.9 El mejoramiento genético de pimiento morrón en México

Las plantas autógamas se llaman así porque su reproducción se da por autofecundación, se encuentran conformadas por una mezcla única de homocigotos, estas especies presentan un porcentaje muy bajo de fecundación cruzada de forma natural. En este tipo de plantas no se encuentra presente el cruzamiento genético, es decir no realizan el intercambio de sus genes con otras plantas por lo que tienen un genotipo permanente, es por ello, que cuando se requiere realizar mejoramiento, existe un mayor interés por evaluar las frecuencias genotípicas de la población. Las plantas autógamas se consideran como líneas puras porque descienden de sí mismas por autofecundación, obteniendo líneas homocigotas para todos sus caracteres (Vallejo *et al.*, 2016).

Los principales objetivos del mejoramiento genético en pimiento a nivel mundial se focalizan mayoritariamente en variedades tipo Bell y Lamuyo, en sus colores rojo y amarillo, abordando calidad, rendimiento y resistencia a problemas fitosanitarios. Todas las compañías semilleras coinciden en que el rendimiento es crucial para que el productor sea competitivo. Sin embargo, éste debe estar de la mano con la calidad del fruto y un buen paquete de resistencia a plagas y enfermedades para reducir el uso de plaguicidas y asegurar un buen rendimiento al productor (Hein 2017). Para mejorar la competitividad del pimiento en la industria es necesario contar con variedades con mayor producción de pulpa y materia seca por hectárea. En los últimos años se han logrado importantes

avances obteniendo líneas avanzadas (candidatas a variedades), que además de reunir las características requeridas por la industria tienen incorporada la resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades. Asimismo, la generación de estas líneas avanzadas permitirá en el corto tiempo ofrecer variedades que estén adaptadas a las condiciones de suelo y clima del país. (Pino, 2018)

4.10 Tipos de pimiento morrón en México

Pueden considerarse tres grupos varietales en pimiento:

- Variedades dulces: son las que se cultivan en los invernaderos. Presentan frutos de gran tamaño para consumo en fresco e industria de conservera.
- Variedades de sabor picante: muy cultivadas en Sudamérica, suelen ser variedades de fruto largo y delgado.
- Variedades para la obtención de pimentón: son un subgrupo de las variedades dulces

Dentro de las variedades de fruto dulce se pueden diferenciar tres tipos de pimiento:

Tipo california (Blocky): frutos cortos (7-10 cm), anchos (6-9 cm), con tres o cuatro cascos muy marcados, con el cáliz y la base del pedúnculo por debajo o a nivel de los hombros y de mesocarpo más o menos grueso (3-7 mm). Son los cultivares más exigentes en temperatura, por lo que la plantación se realiza temprano (desde mediados de mayo a comienzos de agosto, dependiendo de las condiciones climáticas), para alargar el ciclo productivo y evitar problemas de cuajado con el descenso excesivo de las temperaturas nocturnas (ABCAGRO, 2012).

Tipo Lamuyo: denominados así en honor a la variedad obtenida por el INRA francés, con frutos largos y cuadrados de carne gruesa. Las variedades pertenecientes a este tipo suelen ser más vigorosas (de mayor porte y entrenudos más largos) y menos sensibles al frío que los tipos california, por lo que es frecuente cultivarlos en ciclos más tardíos (ABCAGRO, 2012).

Tipo dulce italiano: frutos alargados, estrechos, acabados en punta, de carne fina, más tolerantes al frío, que se cultivan normalmente en ciclo único, con

plantación tardía en septiembre u octubre y recolección entre diciembre y mayo, dando producciones de 6 a 7 kg por metro cuadrado (ABCAGRO, 2012).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación y localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, que se encuentra localizado cerca al departamento de Fitomejoramiento, con las siguientes coordenadas geográficas 25° 21' 15'' Latitud Norte y 101° 02' 03'' Longitud Oeste y una altitud de 1774 msnm, con una temperatura promedio anual de 16.4 °C, con precipitaciones de 370 mm anuales, con un clima cálido-templado semidesértico.

5.2. Material genético

El material genético utilizado se colectó en los supermercados y el mercado local, se tomó en cuenta para la selección, la procedencia del fruto que se comercializa, las características deseadas como color, forma, tamaño, apariencia y peso (Figura 1). Después se realizó el proceso de extracción de la semilla F₂ que se identificó como genotipo 1 (G1), genotipo 2 (G2), genotipo 3 (G3) y genotipo 4 (G4).



Figura 1. Material genético seleccionado en los supermercados y el mercado local por su forma, color tamaño, apariencia y peso

5.3. Descripción de la parcela experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de tipo gótico de baja tecnología, con un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. La distancia entre plantas fue de 15 cm y entre surcos fue 1.8 m, generando así una densidad de población de 33,300 plantas por hectárea aproximadamente.

5.4. Labores culturales y manejo del cultivo

5.4.1. Siembra

La siembra se realizó el día diecinueve de febrero del año 2021, se sembró en una charola de polietileno con 200 cavidades y su respectivo sustrato para germinación de peat moss a un 70% y perlita a un 30% respectivamente, se sembraron 100 semillas de cada genotipo, estas fueron colocadas dentro del mismo invernadero, para su germinación, desarrollo de la plántula y posteriormente trasplante.

5.4.2. Trasplante

El trasplante se realizó el 24 de abril de 2021, cada plántula se trasplantó de forma manual en bolis de fibra de coco (Figura 2), se colocaron cuatro bolis de fibra de coco por surco, cada uno con 6 plantas de un solo genotipo, cada surco consto de 24 plantas respectivamente. Posteriormente se realizó el cuidado de la planta con la finalidad de tener una planta ya establecida sana, sin enfermedades y plagas.



Figura 2: Plántula de pimiento morrón trasplantadas en bolis de fibra de coco a 15 centímetros de distancia entre planta.

5.4.3. Fertilización

Se realizó fue a través de soluciones nutritivas constantes, una semana después de haber realizado el trasplante, se prosiguió a la aplicación de la solución nutritiva para el desarrollo y crecimiento de la planta, con la finalidad de tener un alto vigor, buen crecimiento y desarrollo y rendimiento en el cultivo, por lo cual se dio diferente aporte nutricional; el primero fue la solución al 50%, posteriormente al 75 % y finalmente al 100% (Cuadro 1), manteniendo un rango de pH de 5.9-6.1 y una conductividad eléctrica de 1.5 a 2.7 dS/m en la solución nutritiva esto dependiendo la etapa fenológica en la que se encontraba.

Cuadro 1. Solución nutritiva de macroelementos y microelemento para el cultivo de pimiento morrón a tres diferentes porcentajes.

Macroelementos										
SN	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻ y CO ₃ ⁻²	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	NH ₄ ⁺	Na ⁺
(%)	Miliequivalentes L ⁻¹									
100	3.26	12	1	7	1	7	4	11	2	3
75	3.26	8.6	0.75	5.25	1	5.25	3	8.25	1.5	3
50	3.26	6	0.5	3.5	1	3.5	2	5.5	1	3
Microelementos										
SN	Fe ⁺³	Mn ⁺²	H ₃ BO ₃	Zn ⁺²	Cu ⁺²	MoO ₄ ⁻²	CE	Ph		
(%)	Partes por millón (ppm)						dS/m			
100	3	1.48	0.28	0.24	0.12	0.08	2.7	5.9-6.1		
75	2.25	1.11	0.21	0.18	0.09	0.06	2.1	5.9-6.1		
50	1.5	0.74	0.14	0.12	0.06	0.04	1.5	5.9-6.1		

5.4.4. Riego

El riego se empezó desde el trasplante, la primer semana fue solo agua, posteriormente mediante un sistema de fertirrigación, se preparaba un tanque de 200 litros donde de almacenaba la solución nutritiva, se utilizó una bomba de riego conectada a un temporizador digital para tener el suministro de la solución nutritiva de manera periódica y programada, la solución nutritiva se aplicó por planta mediante una piqueta que se conectaba a una línea principal proporcionando la misma cantidad de solución nutritiva a cada planta.

5.4.5. Poda

Las plantas de pimiento morrón cultivadas en invernadero muestran crecimiento indeterminado (Jovicich *et al.*, 2004) y ramificación de sus tallos, por lo que el tallo principal se divide en dos o más ramas. Cada una desarrolla una a tres

hojas, se ramifica de nuevo, y este crecimiento se repite sucesivamente; en cada ramificación se forma un fruto. Dos sistemas de producción de pimiento se manejan convencionalmente con base en este crecimiento. Uno consiste de podas, para mantener cada planta con dos tallos (poda en V o sistema holandés). En este sistema se establecen densidades de población de 2 o 3 plantas m⁻² (Heuvelink *et al.*, 2004).

La poda se realizó 40 días después del trasplante, donde se eliminaron los tallos laterales con menor vigor y solo se dejaron dos por planta, esto se realizó en cada una de las plantas con todos los genotipos, para la realización de esta actividad se utilizaron tijeras lavadas y desinfectadas con cloro a 200 ppm.

5.4.6. Tutorado

Las plantas de pimiento son de tipo indeterminado, por lo tanto, se condujeron a doble tallo cada una, cada tallo se alineó de manera vertical mediante una rafia de una densidad de 1g.m⁻², de color negro tipo agrícola, hatada a los cables tutores dentro del invernadero. La actividad de tutoréo se realizó cada 15 días.

5.4.7. Control de plagas y enfermedades

Se efectuó un control correspondiente a la incidencia de plaga y enfermedad en el cultivo tomando como referencia los resultados de monitoreos semanales, en este caso se realizaron aplicaciones de Confidor® 350 SC con ingrediente activo Imidacloprid 30.2% a 1ml L⁻¹ para el control de Trips, y para control de enfermedades radicales se aplicó Busan30® i.a TCMTB 30%, a una dosis de 0.2 ml L⁻¹, para la alta incidencia de plaga (trips y mosquita blanca) se aplicó Muralla Max® 300 OD cuyo ingrediente activo es imidacloprid 19.6% + betacyflutrin 8.4%, a una dosis de 0.5 a 1 ml L⁻¹ alternado de Sivanto® i.a flupyradifurone 17.09%, a una dosis de 1 ml L⁻¹.

5.4.8. Cosecha

Los frutos se cosecharon cuando mostraron una coloración externa superior al 50%, se recolectaron todos los frutos de cada genotipo, marcados y separados en bolsas y cajas diferentes (Figura 3). Se realizaron 7 cosechas durante el ciclo de cultivo la primera fue el a los 108 días posteriores al trasplante con fecha 11 de agosto de 2021 y la última fue el día 19 de octubre de 2021 con 177 días después del trasplante (Cuadro 2).

Cuadro 2: Cosechas realizadas en los cuatro genotipos evaluados después del trasplante.

Cosecha	Días después del trasplante	Fecha de cosecha
1	108	11 de agosto de 2021
2	135	07 de septiembre de 2021
3	145	17 de septiembre de 2021
4	152	24 de septiembre de 2021
5	159	01 de octubre de 2021
6	167	09 de octubre de 2021
7	177	19 de octubre de 2021



Figura 3: Frutos cosechados de acuerdo a madurez, tamaño, color y forma.

5.4.9. Variables agronómicas evaluadas

Rendimiento (kg planta⁻¹)

Para determinar esta variable, se pesaron en una báscula marca Torrey® modelo LPCR40, los frutos de cada planta en cada repetición y de cada genotipo la suma del rendimiento de cada planta, en cada una de las cosechas dio como resultado el rendimiento total por planta.

Número de frutos por planta (NFP)

Se contabilizaron y sumaron los frutos cosechados por planta, en cada una de las cosechas.

Peso promedio de frutos (PPF)

El peso promedio de frutos resulto de dividir el rendimiento de cada planta entre el número total de fruto cosechados de las mismas.

Longitud del fruto (LF)

Para obtener la variable de longitud del fruto, se midió cada fruto cosechado con un vernier digitalizado marca Truper® modelo 14388 desde la base del cáliz hasta el ápice del mismo, de acuerdo a cada genotipo evaluado.

Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)

Esta variable se cuantificó con un vernier digital marca Truper® modelo 14388, tomando la medida de cada fruto cosechado en el diámetro ecuatorial del mismo, y de acuerdo a sus respectivos genotipos.

Grosor de mesocarpio (GM)

Para la obtención de esta variable se cortaron los frutos por su parte ecuatorial y con la ayuda de un vernier digital marca Truper® modelo 14388 se tomó la medida del grosor.

Rendimiento calculado (t ha⁻¹)

El resultado de este valor surgió de la multiplicación de los valores obtenidos de kilogramos por planta, multiplicados por la densidad de plantas calculada (33,300 plantas ha⁻¹).

5.5. Diseño experimental y análisis estadístico

Los genotipos se evaluaron bajo un diseño y modelo experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, con la finalidad de detectar diferencias significativas entre genotipos. Los datos se analizaron con el software SAS 9.0 (sistema de análisis estadísticos) con análisis de varianza al $p \leq 0.05$ y se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ para la comparación de medias, esto se llevó a cabo bajo el modelo estadístico.

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

Donde:

Y_{ij} = variable observada del i -ésimo repetición del j -ésimo tratamiento.

μ = efecto de la media general

T_j = efecto del *j*-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = efecto del error experimental.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Rendimiento (kg planta⁻¹)

De acuerdo a los resultados que mostro el análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y la prueba de medias de Tukey $p \leq 0.05$, no detectó significancia estadística entre genotipos, en la variable de kilogramos por planta cosechados, no obstante, el genotipo 3 y 4, superaron en 24% al genotipo 2 y en 16% al genotipo 1 (Figura 4). Los resultados obtenidos para la variable kilogramos de frutos por planta, concuerdan con los reportes realizados por Moreno *et al.* (2019), ya que encontraron rendimientos de 1.62 kilogramos por planta, inferiores a los resultados encontrados en los genotipos tres y cuatro.

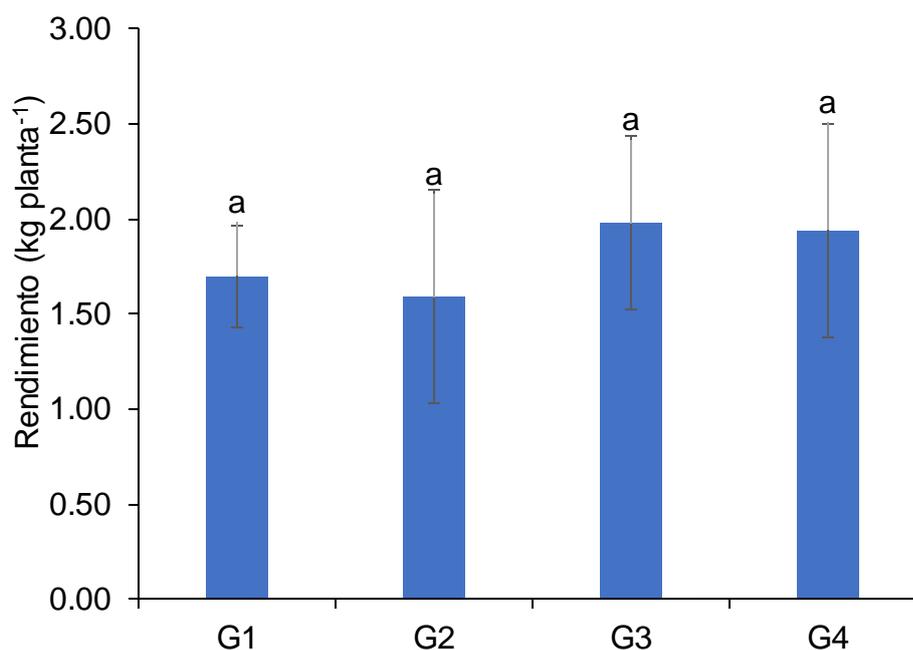


Figura 4. ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de rendimiento (kg planta⁻¹), de cuatro genotipos de pimiento morrón, evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila. Barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.2 Número de frutos por planta (NFP)

En el análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$), para la variable de número de frutos por planta, no presentó ninguna significancia en relación a los valores medios obtenidos de los cuatro genotipos evaluados, cuyos resultados son mostrados en la Figura 5. No obstante, el genotipo cuatro mostró un incremento porcentual de 42 % respecto del genotipo 2 y de 40 % respecto al genotipo 1. Los resultados encontrados en los genotipos evaluados se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Moreno *et al.* (2019), en donde el número potencial de frutos por planta oscila de 7.4 a 12 frutos dependiendo su manejo, similares también a lo que reporta Elizondo *et al.* (2017) donde se obtuvieron de 10.6 a 14 frutos totales por planta, por lo tanto, se infiere que los genotipos tiene potencial en cuanto a esta variable.

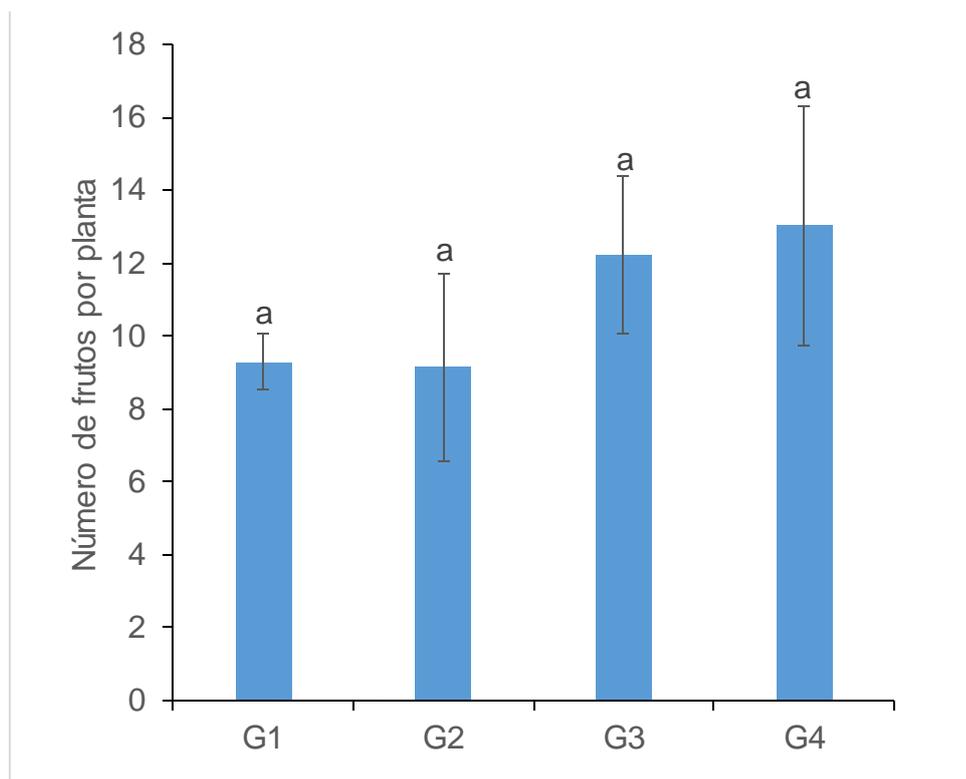


Figura 5. ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable número de frutos por planta, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.3 Peso promedio de frutos (PPF)

Con relación a la variable peso promedio de fruto, el análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$), no presentó ninguna significancia estadística, en relación a los valores medios obtenidos de los cuatro genotipos evaluados (Figura 6), no obstante, el genotipo uno mostró un incremento porcentual de 22% respecto del genotipo 2, un 15% respecto al genotipo 3 y 23% respecto al genotipo 4. De acuerdo con los resultados obtenidos en el desempeño agronómico de la variable peso promedio de fruto, concuerda con lo que señalan Elizondo *et al.* (2017) donde reporta un peso promedio del fruto de 179.4 g en la calidad de primera, 146.5 g en la calidad de segunda, y 100.7 g, sin duda, valores muy similares a los obtenidos en la presente investigación, y similares también a lo que indicó Elizondo *et al.* (2017) donde los valores del peso promedio de los frutos van de 164 a 180g.

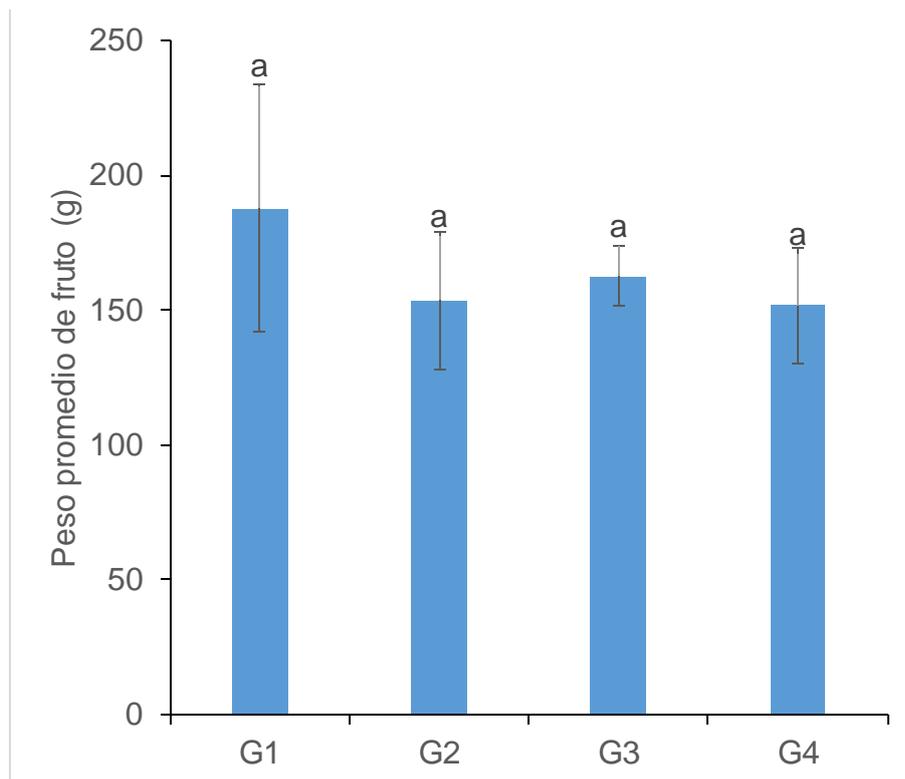


Figura 6. ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable peso promedio de fruto, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.4 Longitud del fruto (LF)

De acuerdo a los datos del análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$), se observaron diferencias significativas en la variable longitud de fruto, en donde el genotipo número uno resultó superior, ya que superó en 16 % al genotipo 2, en 11% al genotipo 3 y 12 % al genotipo 4 (Figura 7). Los resultados obtenidos en longitud de frutos son similares en relación con lo descrito por Elizondo *et al.* (2017) en los frutos de forma cuadrada con valores de 77 a 95 mm, pero distinto en los genotipos con frutos de forma rectangular donde los valores oscilan de 119 a 131 mm.

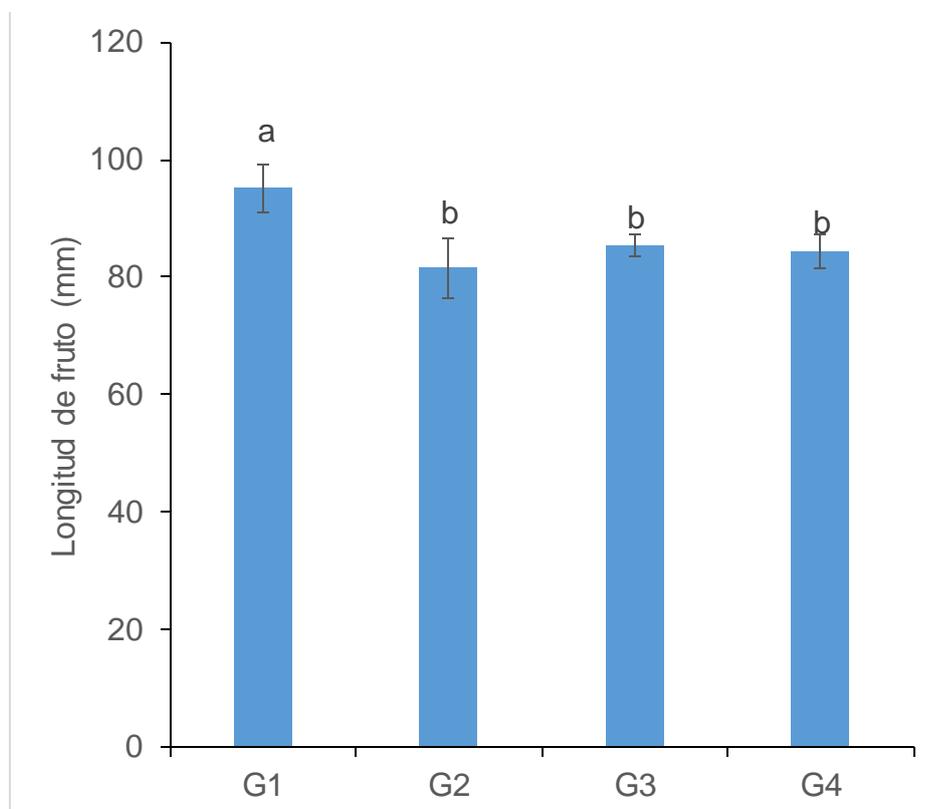


Figura 7: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable longitud de fruto (mm), de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.5 Diámetro ecuatorial del fruto (DEF)

Con relación a la variable de diámetro ecuatorial del fruto el análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$), no presentó ninguna significancia en relación a los valores medios obtenidos de los cuatro genotipos evaluados, cuyos resultados se muestran en la Figura 8, no obstante, el genotipo dos mostró un incremento porcentual de 6.13 respecto del genotipo 4 y de 3.66 respecto del genotipo 1. Los resultados en diámetro ecuatorial son similares con respecto a las evaluaciones realizadas por Elizondo *et al.* (2017) donde describen que frutos forma rectangular, al utilizar una densidad de siembra baja se obtiene un diámetro del fruto que puede variar entre 41 y 90 mm, y los genotipo que presentan el mayor valor para esta característica son genotipo con frutos de forma cuadrada con valores de hasta 98 mm, este valor por encima de los genotipos evaluados.

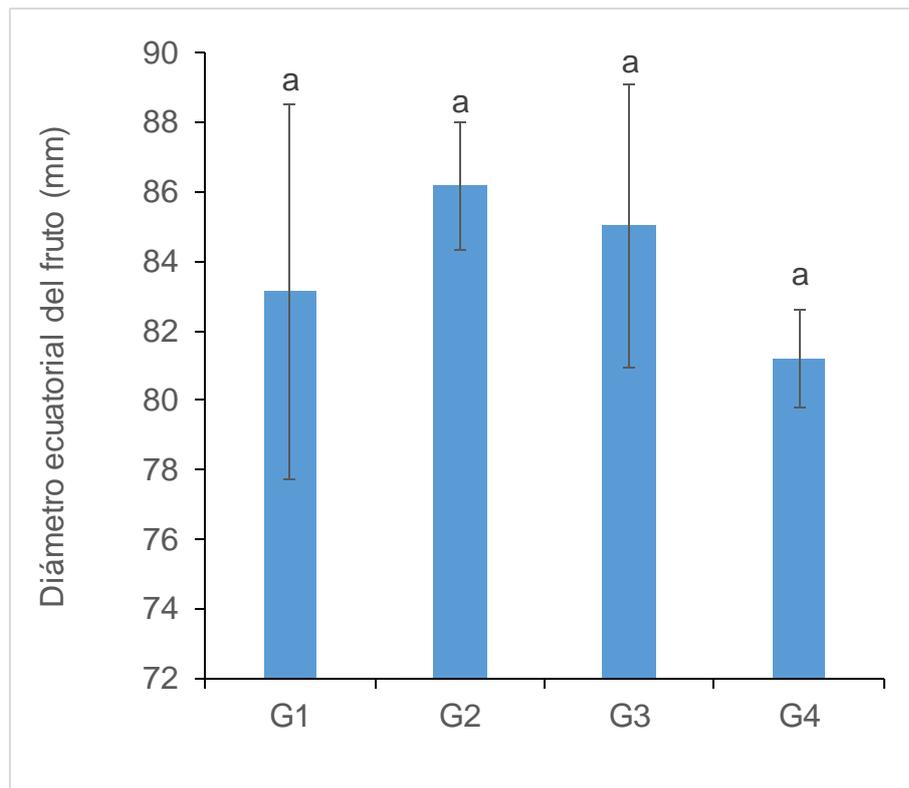


Figura 8: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable diámetro ecuatorial de fruto, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.6 Grosor de mesocarpio (GM)

En el análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$), para la variable grosor de mesocarpio del fruto, no presentó ninguna significancia en relación a los valores medios obtenidos de los genotipos evaluados, cuyos resultados se muestran en la Figura 9, no obstante, el genotipo tres mostró un incremento porcentual de 11% respecto del genotipo 2 y de 5% respecto al genotipo 1. Referente a la variable grosor de mesocarpio, los resultados son superiores a los descritos por Elizondo *et al.*, (2017) quienes registran valores entre 4.84 y 6.31 mm. Por otra parte, Macua *et al.*, (2010) señala que, en pimientos con frutos de forma cuadrada, se ha encontrado que el espesor de la pared del fruto puede variar entre 5.0 y 8.4 mm, y los genotipos evaluados en esta investigación se encuentran dentro de ese rango.

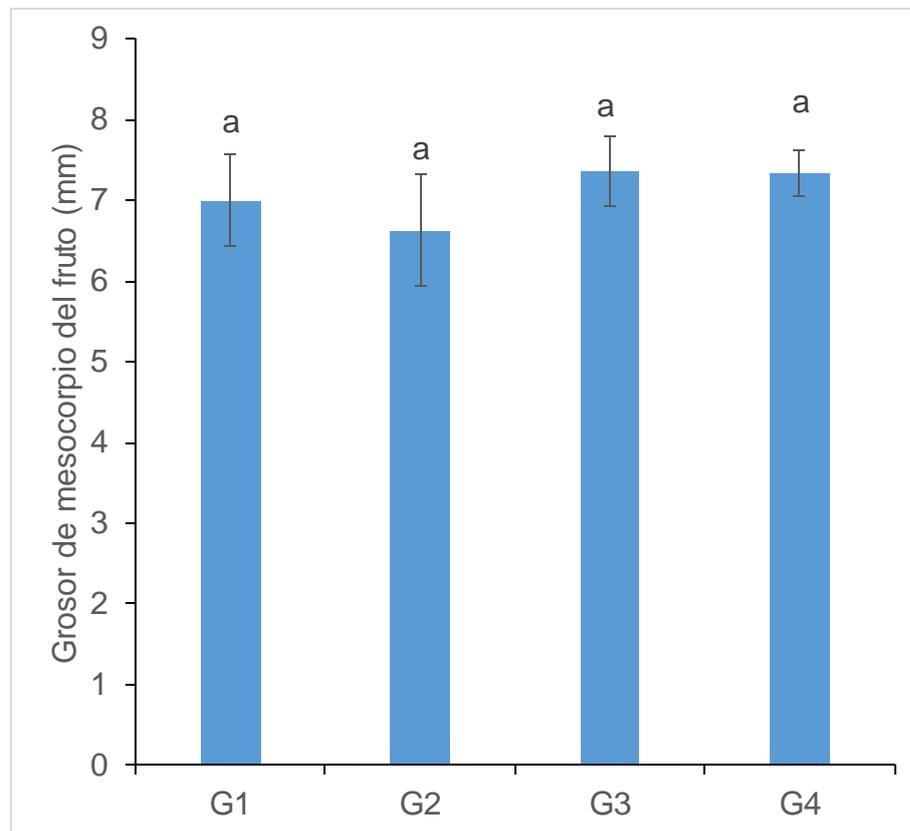


Figura 9: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) de la variable grosor de mesocarpio del fruto, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

6.7 Rendimiento calculado ($t\ ha^{-1}$)

En los resultados del análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y prueba de medias de Tukey (Tukey $p \leq 0.05$), representado en la Figura 10, no detectó significancias estadísticas en la variable de rendimiento calculado en toneladas por hectárea, a lo que podemos inferir que, todos los genotipos mostraron un similar comportamiento en del rendimiento bajo las mismas condiciones de evaluación. No obstante, el genotipo 3 mostro un incremento porcentual en relación a los otros genotipos, ya que superó en 24% al genotipo 2 y en 16% al genotipo 1, en tanto que el genotipo 4 fue muy similar al genotipo 3. La producción calculada por hectárea en esta investigación, esta muy por debajo de las 151 toneladas reportadas para el estado de Coahuila SIAP (2020), y aun mas inferiores a las 200 toneladas en Queretaro y Nuevo León. La diferencia puede ser debido a que el ciclo de producción no se extendió en el número de meses que normalmente se cultivan a nivel comercial, por lo cual existe la posibilidad de estar dentro de la media de producción nacional de 83 toneladas que reporta el SIAP (2020).

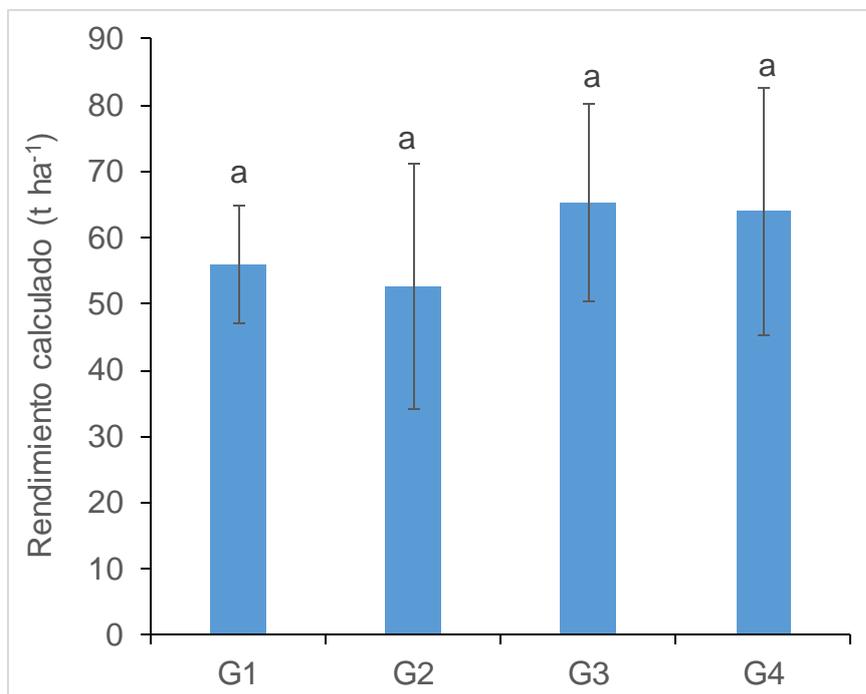


Figura 10: ANOVA ($p \leq 0.05$) y prueba de medias (Tukey $p \leq 0.05$) del rendimiento calculado en toneladas por hectárea, de cuatro genotipos de pimiento morrón evaluados bajo condiciones de invernadero en el sureste de Coahuila, barras verticales corresponden a desviación estándar.

7. CONCLUSIONES

El comportamiento de los genotipos en sus variantes agronómicas fue similar bajo las condiciones probadas, sin embargo, las diferencias porcentuales observadas entre genotipos en la mayoría de las variables cuantificadas, dan la pauta para continuar con el proceso de selección y evaluación de genotipos para la observación de su comportamiento en ciclos avanzados, a fin de identificar los genotipos con potencial genético para el desarrollo de nuevas variedades o híbridos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ABCAGRO. 2012. El cultivo del pimiento. Obtenido de: <http://www.abcagro.com/hortalizas/pimiento7.asp>. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- Azcón-Bieto, J. y M. Talón. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial McGraw-Hill Interamericana, Madrid. 581 p. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- Elizondo, E. 2017. Caracterización morfológica de 15 genotipos de pimiento (*Capsicum annuum*) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. InterSedes. 18(37): 2-27. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- Fornaris, P. G. (20 de 03 de 2014). *PIMIENTO- Características de la Planta*. Obtenido de Conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento: Obtenido de: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2005.pdf>: Fecha de consulta (24 de enero de 2022).
- FAOSTAT. (Base de datos estadísticos corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación) 2018. Cultivos y productos de ganadería. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>. Fecha de consulta (08 de diciembre de 2021)
- Galmarini, C. R. (2000). El género *Capsicum* y las perspectivas del mejoramiento genético de pimiento en Argentina. *Avances en Horticultura*, 4(1), 31-39. Fecha de consulta (02 de febrero de 2022).
- Guato, C. M. J. 2017. Evaluación del rendimiento de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) a las condiciones agroclimáticas de la comunidad la Clementina, Parroquia Pelileo, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua. Tesis de ingeniería. Universidad Técnica de Ambato,

- Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cevallos, Ecuador. 87 p. Fecha de consulta (09 de enero de 2022).
- Elizondo, M. (18 de 03 de 2017). Evaluacion de rendimiento en 15 genotipos de pimiento. Costa Rica. Fecha de consulta (01 de febrero de 2022).
- Flores . (17 de Noviembre de 2016). Obtenido de <https://www.flores.ninja/pimiento/> Fecha de consulta (18 de enero de 2022).
- Fornaris, P. G. (20 de 03 de 2014). *PIMIENTO- Características de la Planta*. Obtenido de Conjunto Tecnológico para la Producción de Pimiento: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/PIMIENTO-Character%C3%ADsticas-de-la-Planta-v2005.pdf> Fecha de consulta (16 de enero de 2022).
- Gallegos, H. M. (2020). *Fundamentos basicos para la produccion de pimiento bajo agricultura protegida*. Chihuahua: Aldea Global. Fecha de consulta (18 de diciembre de 2022).
- Hein, T. (2017). A Closer Look at Sweet Pepper Breeding and Its Challenges. In European Seed Newsletter Vol. 4 Issue 4 <http://european-seed.com/closer-look-sweet-pepper-breeding-challenges/> (último acceso diciembre 2017). Fecha de consulta (12 de Diciembre de 2021).
- Heuvelink, E., Marcelis L. F. M., and O. Körner, 2004. How to reduce yield fluctuations in sweet pepper. *Acta Horticulturae* 633: 349-355. Fecha de consulta (16 de enero de 2022).
- Hortoinfo. (2020). *La producción mundial de pimiento*. España: Edican Media, S.L. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- INCOMEX. (14 de Julio de 2021). México se afianza como líder mundial en exportaciones de pimientos. Obtenido de <https://incomex.org.mx/index.php/2021/07/14/mexico-se-afianza-como-lider-mundial-en-exportaciones-de-pimientos/> Fecha de consulta (10 de enero de 2022).

- Jaimez, R. E. and F. Rada. 2016. Gas exchange, growth, flowering and fruit production in sweet pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) along a thermal gradient determined by altitudinal differences in a tropical region. *Experimental Agriculture*. 52:251-265. Fecha de consulta (20 de diciembre de 2021).
- Jovicich, E., Cantliffe, D. J ., and P. J. Stoffella. 2004. Fruit yield and quality of greenhouse-grown bell pepper as influenced by density, container and trellis system. *HorTechnology* 14: 507-513. Fecha de consulta (02 de enero de 2022).
- Jurado, R.; Nieto, N. M. 2003. El Cultivo de Pimiento bajo Invernadero, pp. 541–568. In: *Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos*. CAMACHO, F. (ed.). Cajamar. Almería, España. Fecha de consulta (19 de enero de 2022).
- Marcelis, L. F. M.; Heuvelink, E.; Hofman-eijer, L. R. B.; Bakker, J. D.; Xue, L. B. 2004. Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany* 55: 2261–2268. Fecha de consulta (02 de enero de 2022).
- Moreno, F. F. (05 de 08 de 2019). Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) por poda floral selectiva y despunte en la cuarta biofortificación. *Artículo*.
- Mulderij R. (2017). Overview global pepper market. Julio 2017. Obtenido de:<http://www.freshplaza.com/article/178545/OVERVIEW-GLOBAL-PEPPER-MARKET>. Fecha de consulta (24 de enero de 2022).
- Palacios, C. S. y García, D. M. A. 2007. Caracterización morfológica de accesiones de *Capsicum* spp. *Acta Agron. (Palmira)*. 55(3):247-252. Fecha de consulta (18 de enero de 2022).
- Pardey, R. C. y García D. M. A. 2006. Caracterización morfológica de cien accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)*. 55(3):1-9. Fecha de consulta (10 de diciembre de 2021).

- Pineda, H. 2000. Evaluación del comportamiento agronómico de diez cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en las condiciones de Roldanillo (Valle del Cauca). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 73 pRodriguez, L. F. (17 de Febrero de 2016). *Cultivos horticolas al aire libre*. Obtenido de :<https://publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-horticolas-al-aire-libre/18-cultivos-horticolas-al-aire-libre.pdf>. Fecha de consulta (19 de enero de 2022).
- Pinto, M. T. y Savedra, J. (2018) *Origen y desafíos del mejoramiento genetico del pimiento a nivel mundial y nacional* [en línea]. Santiago: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 360. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6650> Fecha de consulta (17 de febrero de 2022).
- Rodriguez, L. F. (17 de Febrero de 2016). *Cultivos horticolas al aire libre*. Obtenido de <https://publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-horticolas-al-aire-libre/18-cultivos-horticolas-al-aire-libre.pdf> Fecha de consulta (12 de enero de 2022).
- SAGARPA.(Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (23 de 09 de 2015). *Márgenes de comercialización. Pimiento Morron* : Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67461/MC_chilpimi_julio_2015.pdf Fecha de consulta (18 de enero de 2022).
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (12 de Septiembre de 2017). *Potencial-Chiles_y_Pimientos*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf Fecha de consulta (25 de enero de 2022).
- SIAP. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2020). *Cierre de la produccion agricola*. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> Fecha de consulta (29 de enero de 2022).

Vallejo, F. y Estrada, E. (2016). Mejoramiento Genético de Plantas: Segunda Edición. Universidad Nacional de Colombia. Fecha de consulta (12 de enero de 2022).

Vallespir, A. N. (14 de Marzo de 2006). *El pimiento en el mundo*. Obtenido de <http://www.horticom.com/tematicas/pimientos/pdf/capitulo1.pdf> Fecha de consulta (10 de enero de 2022).

