UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

CALIDAD DE SEMILLA Y FRUTO DE PIMIENTO MORRÓN CON DISTINTO GRADO DE MADUREZ PRODUCIDOS EN DOS CONDICIONES DE LUMINOSIDAD

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Presenta:

CAMACHO GÓMEZ RITA ROSALBA

Bajo la supervisión de: DR. JUAN MARTÍNEZ SOLÍS

Chapingo, Estado de México. Mayo de 2020.

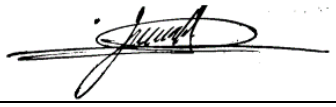
PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PIMIENTO MORRÓN CON DISTINTO GRADO DE MADUREZ DEL FRUTO EN DOS CONDICIONES DE LUMINOSIDAD

Tesis realizada por Rita Rosalba Camacho Gómez bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:

Dr. Juan Martínez Solís

CODIRECTOR: 

Dr. J. Jesús Magdaleno Villar

ASESOR:

Dra. Ma. Teresa Martínez Damián

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS 4

LISTA DE FIGURAS 6

I. INTRODUCCIÓN GENERAL 15

1.1 INTRODUCCIÓN 16

Objetivo 17

Objetivos específicos 17

Hipótesis 17

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA 18

1.2.1 Requerimientos agroclimáticos en el cultivo de pimiento morrón 18

1.2.2 Importancia de la radiación fotosintéticamente activa 19

1.2.3 Ambiente y características fisicoquímicas en el cultivo por efecto de malla sombra 20

1.2.4 Factores que afectan los componentes bioquímicos del pimiento morrón 21

1.2.5 Tipos de madurez en frutos 22

1.2.5.1 Madurez fisiológica de frutos 22

1.2.5.2 Madurez de consumo 22

1.2.6 Frutos climatéricos y no climatéricos 22

1.2.7 Calidad de la semilla 23

1.2.8 Certificación de semillas 23

1.2.9 Análisis de semillas 24

1.2.10 Madurez fisiológica de semilla 24

1.2.11 Factores que determinan la calidad de la semilla 24

1.3. LITERATURA CITADA 25

II. CALIDAD DE PIMIENTO MORRÓN CON DISTINTO GRADO DE MADUREZ PRODUCIDO EN DOS CONDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA 28

INTRODUCCIÓN 31

MATERIALES Y MÉTODOS 32

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36

CONCLUSIÓN 84

LITERATURA CITADA 85

III. CALIDAD DE SEMILLA DE PIMIENTO MORRÓN CULTIVADO BAJO DOS CONDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA 89

INTRODUCCIÓN 92

MATERIALES Y MÉTODOS 93
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 95
CONCLUSIÓN 116
LITERATURA CITADA 117
IV. DISCUSIÓN GENERAL 119
V. CONCLUSIONES GENERALES 122
VI. LITERATURA CITADA GENERAL 123

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de medias de Luz Diaria Integrada (DLI), temperatura y humedad relativa durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón, con y sin malla sombra. 38

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para diámetro de tallo, altura a la primera bifurcación, altura total de planta y número de bifurcaciones de cinco variedades bajo dos condiciones de intensidad luminosa (uso de malla sombra y sin malla sombra)..... 38

Cuadro 3. Comparación de medias del crecimiento de la planta de pimiento morrón cultivado con y sin malla sombra..... 40

Cuadro 4. Comparación de medias del desarrollo de la planta de pimiento morrón por efecto de la variedad. 41

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza para doce parámetros de calidad del fruto evaluados en pimiento morrón. 44

Cuadro 7. Comparación de medias de 12 características fisicoquímicas de frutos en relación a la variedad. 45

Cuadro 8. Comparación de medias de siete características fisicoquímicas de frutos en cinco etapas de desarrollo después de antesis (DDA). 50

Cuadro 9. Comparación de medias de 12 características fisicoquímicas de frutos cultivados bajo dos intensidades luminosas. 56

Cuadro 10. Comparación de medias de 7 características fisicoquímicas de frutos con dos etapas poscosecha. 60

Cuadro 11. Cuadrados medios de siete parámetros de calidad de semilla en pimiento morrón. 96

Cuadro 12. Comparación de 7 parámetros de calidad de semilla de diferentes genotipos de pimiento morrón. 97

Cuadro 13. Comparación de 7 parámetros de calidad en semilla de frutos pimiento morrón cosechados en cinco etapas de desarrollo después de antesis (dda). ... 100

Cuadro 14. Comparación de 7 parámetros de calidad en semilla de pimiento morrón cultivado bajo intensidades luminosas diferentes..... 102

Cuadro 15. Comparación de 7 parámetros de calidad en semilla de frutos de pimiento morrón a dos etapas de poscosecha. 104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida por las plantas de pimiento morrón cultivadas bajo dos condiciones de intensidad luminosa, con y sin malla sombra. Promedios de cinco mediciones ± error estándar. 37

Figura 2. Valores medios de diámetro, altura a la primera bifurcación, altura total y número de bifurcaciones de las plantas de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosasV1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. Promedio de tres mediciones ± error estándar. 42

Figura 3. Peso fresco de fruto de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 64

Figura 4.Firmeza de fruto de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar. 65

Figura 5. Vitamina C en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L:

‘PS1636’ sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 67
Figura 6. Acidez titulable expresada en porcentaje de ácido cítrico en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla, V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla, V2S: ‘Mozart F_1’ con malla, V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla, V3S: ‘Triple F_1’ con malla, V3L: ‘Triple F_1’ sin malla, V4S: ‘Viper F_1’ con malla, V4L: ‘Viper F_1’ sin malla, V5S: ‘PS1636’ con malla, V5L: ‘PS1636’ sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 69
Figura 7. Sólidos Solubles Totales en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla, V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla, V2S: ‘Mozart F_1’ con malla, V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla, V3S: ‘Triple F_1’ con malla, V3L: ‘Triple F_1’ sin malla, V4S: ‘Viper F_1’ con malla, V4L: ‘Viper F_1’ sin malla, V5S: ‘PS1636’ con malla, V5L: ‘PS1636’ sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 71
Figura 8. Carotenoides en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla, V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla, V2S: ‘Mozart F_1’ con malla, V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla, V3S: ‘Triple F_1’ con malla, V3L: ‘Triple F_1’ sin malla, V4S: ‘Viper F_1’ con malla, V4L: ‘Viper F_1’ sin malla, V5S: ‘PS1636’ con malla, V5L: ‘PS1636’ sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 73
Figura 9. Clorofila a en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla, V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla, V2S: ‘Mozart F_1’ con malla, V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla, V3S: ‘Triple F_1’ con malla, V3L: ‘Triple F_1’ sin malla, V4S: ‘Viper F_1’ con malla, V4L: ‘Viper F_1’ sin malla, V5S: ‘PS1636’ con malla, V5L: ‘PS1636’ sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 75

Figura 10. Clorofila b en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 76
Figura 11. Clorofila total en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 77
Figura 12. Clorofila total en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 79
Figura 13. Croma en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar..... 81
Figura 14. Ángulo de tono (Hue) en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart

F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar. 83
Figura 15. Peso de semillas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 107
Figura 16. Porcentaje de germinación de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 109
Figura 17. Velocidad de germinación de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 110
Figura 18. Longitud de tallo de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1'

sin malla; V4S: ‘Viper F_1’ con malla; V4L: ‘Viper F_1’ sin malla; V5S: ‘PS1636’ con malla; V5L: ‘PS1636’ sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 112
Figura 19. Longitud de raíz de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla; V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla; V2S: ‘Mozart F_1’ con malla; V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla; V3S: ‘Triple F_1’ con malla; V3L: ‘Triple F_1’ sin malla; V4S: ‘Viper F_1’ con malla; V4L: ‘Viper F_1’ sin malla; V5S: ‘PS1636’ con malla; V5L: ‘PS1636’ sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 113
Figura 20. Peso fresco de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla; V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla; V2S: ‘Mozart F_1’ con malla; V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla; V3S: ‘Triple F_1’ con malla; V3L: ‘Triple F_1’ sin malla; V4S: ‘Viper F_1’ con malla; V4L: ‘Viper F_1’ sin malla; V5S: ‘PS1636’ con malla; V5L: ‘PS1636’ sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 114
Figura 21. Peso seco de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: ‘Dicaprio F_1’ con malla; V1L: ‘Dicaprio F_1’ sin malla; V2S: ‘Mozart F_1’ con malla; V2L: ‘Mozart F_1’ sin malla; V3S: ‘Triple F_1’ con malla; V3L: ‘Triple F_1’ sin malla; V4S: ‘Viper F_1’ con malla; V4L: ‘Viper F_1’ sin malla; V5S: ‘PS1636’ con malla; V5L: ‘PS1636’ sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar. 115

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Fitotecnia y al Instituto de Horticultura, por la oportunidad de la realización de la maestría.

Al Dr. Juan Martínez Solís, por compartir su conocimiento, por su instrucción y múltiples sugerencias en la realización de la tesis.

Al Dr. J. Jesús Magdaleno Villar por compartir su experiencia, por su dedicación y colaboración en cada una de las etapas del presente trabajo.

A la Dra. María Teresa Martínez Damián por el tiempo dedicado y por el aporte de sus conocimientos en la mejora de este trabajo.

A la laboratorista Itzel Silvestre por los conocimientos compartidos y su apoyo en la realización de las metodologías usadas en esta investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Rita Rosalba Camacho Gómez

Fecha de nacimiento: 22 de mayo de 1990

Lugar de nacimiento: Villa Guerrero, Estado de México

CURP: CAGR900522MMCMMT09

Profesión: Licenciatura en Agronomía en Horticultura Protegida

Cédula profesional: 11098768

Desarrollo académico

Bachillerato: Preparatoria agrícola Chapingo, Universidad Autónoma Chapingo

Licenciatura: Licenciatura en Agronomía en Horticultura Protegida, Universidad Autónoma Chapingo.

Desarrollo laboral

Supervisor en el área de poscosecha de agosto 2015 a mayo de 2017, en Flores Finas Monte Verde, Unión de floricultores los Morales S.A de C.V, empresa dedicada a la producción y exportación de flor de corte.

CALIDAD DE SEMILLA Y FRUTO DE PIMIENTO MORRÓN CON DISTINTO GRADO DE MADUREZ PRODUCIDOS EN DOS CONDICIONES DE LUMINOSIDAD

Con la finalidad de producir buena calidad de semilla y fruto de pimiento morrón, se determinó la oportunidad de cosecha, el tiempo de extracción de semilla de pimiento morrón y la respuesta del cultivo a la variación de la intensidad luminosa durante su crecimiento y desarrollo, y el efecto en la calidad de semilla y fruto. Se cultivaron cinco híbridos y una variedad de pimiento en hidroponía bajo invernadero con dos condiciones de intensidad luminosa modificada con malla sombra. Se cosecharon frutos a los 50, 65, 80, 95 y 110 días después de antesis (dda) y la extracción de semillas se realizó al momento de la cosecha y 10 días después de la misma (EP). Se evaluaron cinco variables morfológicas en planta, doce parámetros fisicoquímicos de calidad en fruto y siete parámetros de calidad en semilla, bajo un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones. El uso de malla sombra redujo temperatura e intensidad luminosa, sin embargo, aumentó la humedad relativa; las plantas desarrolladas bajo esta condición presentaron mayor altura y menor número de bifurcaciones. A medida que el fruto maduró, aumentó la concentración de vitamina C, acidez titulable y sólidos solubles totales, alcanzando la mayor concentración de los mismos entre 80 y 110 dda. La concentración de clorofila disminuyó conforme fue más maduro el fruto, mientras que la concentración de carotenoides aumentó. La firmeza, croma y Hue fueron mayores en las primeras cosechas (50 y 65 dda). La madurez fisiológica en semilla y los mayores resultados de porcentaje de germinación y velocidad de germinación se obtuvieron en semillas de frutos cosechados a los 80 días después de antesis sin malla sombra. La calidad de semilla extraída diez días después de la cosecha mejoró solamente en etapas tempranas de corte (50 y 65 dda).

Palabras clave: calidad de semilla, luz y sombra, días después de antesis, almacenamiento de fruto.

SEED AND FRUIT QUALITY OF SWEET PEPPER HARVESTED AT DIFFERENT RIPENING STAGES PRODUCED UNDER TWO LIGHT CONDITIONS

GENERAL ABSTRACT

In order to produce high seed and fruit quality of sweet pepper, harvest opportunity, time of seed extraction of sweet pepper seed, and the response of the crop to light versus shadow growing conditions were evaluated during its growth and development as well as its effect on seed and fruit quality. Five sweet pepper hybrids and one open pollinated variety were hydroponically cultivated at greenhouse under two light conditions modified using a shade netting. Fruits were harvested at 50, 65, 80, 95 and 110 days after anthesis (dda), and seed extraction was carried out at the time of harvest and 10 days after harvest (EP). Five morphological plant traits, twelve fruit quality physicochemical parameters, and seven seed quality variables were evaluated under a completely randomized experimental design with three repetitions. The use of shadow mesh reduced temperature and luminous intensity; however, it increased relative humidity. Plants grown under this condition had higher height and stem bifurcation. As the fruit matured, the concentration of vitamin C, titratable acidity, and total soluble solids increased, reaching the highest concentration between 80 to 110 dda. Chlorophyll concentration decreased as the fruit ripe, while carotenoids concentration increased. Fruit firmness, chroma, and color Hue ripening index were greater at the early fruit harvests (50 and 65 dda). Physiological seed maturity as well as the highest germination percentage, and speed of germination were obtained by seeds from fruits harvested 80 days after anthesis, cultivated without shadow mesh. Quality of seed extracted ten days after harvest improved only for early picking stages (50 and 65 dda).

Keywords: seed quality, light and shadow, days after anthesis, fruit storage.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón (*Capsicum annumm*) es originario de Bolivia y Perú e incluye alrededor de 25 especies. El pimiento es una de las variedades de chile cultivadas, cuyo éxito en México radica en la demanda de frutos frescos de mercados extranjeros como Estados Unidos y Canadá. Cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018) indican que en México se destinan 8064.97 ha para la producción de pimiento morrón bajo malla sombra, macro túnel e invernadero.

La propagación del pimiento morrón se realiza principalmente por semilla, por lo que disponer de buena calidad de la misma es uno de los factores que determina la rentabilidad de un cultivo (Pittcock, 2008). Por tal motivo es de gran interés el desarrollo de proyectos que permitan la producción masiva de semillas que cuenten con los diferentes parámetros de calidad fisiológica, genética y fitosanitaria. Al respecto, Ayala *et al*. (2014) indican que el grado de madurez del fruto al momento de la cosecha y el momento de extracción de la semilla son factores importantes a tomar en cuenta en la obtención de semillas de calidad física y fisiológica.

Dentro del proceso de producción de semillas surgen dos temas importantes: el manejo de las condiciones bajo las cuales se desarrolle el cultivo y la optimización del tiempo y el espacio utilizado para este fin, con el objeto de satisfacer la demanda de la sociedad de más y mejores semillas. En este sentido, el uso de invernaderos resulta de gran utilidad puesto que permiten incrementos en el rendimiento de los cultivos debido a la manipulación de los factores ambientales. Uno de los factores agroclimáticos más importantes en la producción bajo invernadero es la intensidad luminosa ya que influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, lo que a su vez se relaciona con la producción de materia seca y rendimiento. Una forma de manejar la intensidad luminosa dentro de un sistema de producción bajo cubierta es la utilización de tecnologías como la malla sombra. En pimiento morrón la malla es utilizada para proteger al cultivo de la radiación solar directa y evitar la quemadura de frutos por el sol.

Objetivo

Determinar la oportunidad de cosecha y el tiempo de extracción de semilla de pimiento morrón cultivado con diferente grado de intensidad luminosa, basándose en los días después de antesis, color y tamaño del fruto, y su relación con características fisicoquímicas del fruto.

Objetivos específicos

Determinar si el uso de la malla sombra durante el ciclo de producción, el momento de cosecha y, el almacenamiento del fruto después de la cosecha, tienen influencia sobre los parámetros de calidad del fruto de cinco híbridos de pimiento morrón.

Determinar si el uso de malla sombra durante el ciclo de producción tiene influencia sobre la incidencia de la radiación fotosintéticamente activa, la temperatura y la humedad relativa, dentro del invernadero, así como su relación con algunas características morfológicas de la planta.

Hipótesis

El uso de malla sombra durante el ciclo de producción afecta el tiempo de madurez fisiológica del fruto y otros parámetros de calidad del fruto y semilla.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1 Requerimientos agroclimáticos en el cultivo de pimiento morrón

El ambiente bajo el cual se desarrollen las plantas es de suma importancia en la obtención de un cultivo bien desarrollado, la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar son factores que tienen impacto directo en la producción bajo sistemas protegidos. La modificación de uno o más factores durante el ciclo de producción se realiza de acuerdo al interés de cada productor ya sea para acelerar o atrasar ciclos, obtener mayor calidad y/o incrementar el rendimiento. En este contexto resulta de gran importancia conocer los requerimientos climáticos ideales para cada cultivo, en este caso, del pimiento morrón.

Las plantas de pimiento morrón tienen exigencias de temperatura diferentes dependiendo de su fase vegetativa, de forma general el pimiento es sensible a temperaturas inferiores a 10 ºC y mayores a 35 ºC. En el proceso de germinación la temperatura del suelo debe mantenerse alrededor de 22 a 26 ºC durante el día y no bajar de los 16 a 18 ºC durante la noche, temperaturas por debajo de 12 y encima de los 40 ºC en el suelo la semilla de pimiento no germina. La temperatura del ambiente optima en esta etapa va de los 25 a los 30 ºC. En la fase de crecimiento vegetativo la temperatura optima va de 20 a 25 ºC, en esta fase la temperatura nocturna no debe descender de 16 ºC y la temperatura diurna no debe sobrepasar los 35 ºC. Si la temperatura desciende por debajo de 15 ºC la planta ralentiza su crecimiento. En cuanto a la fase de floración y polinización, la temperatura óptima del ambiente debe estar comprendida entre 26 y 28 ºC durante el día y 18 a 20 ºC durante la noche. Si la temperatura diurna es mayor a 35 ºC la polinización se reduce debido al exceso de transpiración, principalmente y, por consiguiente, el cuajado. Por otro lado, si la temperatura nocturna es menor a 18 ºC, en determinadas variedades, se induce la diferenciación floral y la formación de gran cantidad de flores. Para una buena fecundación la temperatura óptima diurna va de 24 a 26 ºC y la nocturna de 18 a 20 ºC. Si en esta etapa la temperatura nocturna es inferior a 18 ºC disminuye la viabilidad del polen, produciendo frutos de menor tamaño y con pocas semillas. Por debajo de 10 ºC durante la noche y 15 durante el

día se produce un exceso de cuajado con exceso de frutos pequeños y puntiagudos, sin semillas y deformados. Con temperaturas diurnas menores de 10 ºC la floración se afecta, los estambres y pistilos quedan cortos, el ovario se engrosa, el polen no se desarrolla y se reduce su fertilidad, dando como resultado frutos comúnmente llamados “galletas”. Durante la maduración de los frutos, el pimiento prefiere temperaturas entre 26 y 28 ºC, fuera de este rango la madurez fisiológica puede retrasarse o no tomar el color típico de la variedad (Reche, 2010).

En referencia a la humedad relativa el mismo autor señala que el nivel óptimo está comprendido entre el 50 y 70 % para el desarrollo vegetativo y del 60 % durante las primeras etapas del desarrollo de la planta , humedad relativa más alta genera vegetación exuberante y por consiguiente mayor incidencia de enfermedades de tipo fúngico además de que se dificulta la fecundación, por otro lado, un porcentaje menor de humedad en el ambiente acompañado de temperatura elevada provoca caída de flores y de frutos recién cuajados en consecuencia de una traspiración excesiva, humedad menor al 50 % se reduce la fotosíntesis, hay caída de flores, incrementa la probabilidad de la aparición de podredumbre apical y aumenta la producción de frutos pequeños y deformes.

Respecto a los requerimientos de luz, el pimiento necesita de 838 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ de radiación mínima para no tener pérdidas en rendimiento (Intagri, 2019). La falta de luz por sombreo excesivo provoca alargamiento de los entrenudos de las plantas, principalmente en estado vegetativo; hay aborto de flores, frutos huecos y manchas en los frutos maduros.

1.2.2 Importancia de la radiación fotosintéticamente activa

Dentro de los factores que más importancia tienen en un sistema de producción bajo condiciones protegidas es la intensidad de la radiación solar que incide sobre el cultivo debido a que influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, lo que a su vez se relaciona con la producción de materia seca y rendimiento. Del total de radiación recibida en un cultivo, del 45 al 50 % es la que favorece el proceso de fotosíntesis (Hernández *et al.,* 2001) llamada Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) que va de los 400 a los 700 nm y es absorbida por pigmentos clorofílicos

principalmente, radiaciones mayores a los 700 nm no favorecen la fotosíntesis, pero generan una acumulación de calor en el invernadero.

1.2.3 Ambiente y características fisicoquímicas en el cultivo por efecto de malla sombra

La utilización de mallas plásticas en la agricultura es una técnica que tiene como fin modificar la humedad relativa, la temperatura y la intensidad de la radiación solar que incide sobre el cultivo. Al usar malla sombra se genera un microclima donde la temperatura disminuye respecto de donde no se utiliza (Ayala *et al.,* 2015). Así mismo la humedad relativa es más alta bajo la malla ya que el cultivo transpira vapor de agua. Al existir una modificación en dichos factores se ven afectados procesos fisiológicos como la transpiración, la fotosíntesis, la respiración y otros procesos de las plantas. El uso de malla sombra afecta la incidencia de la longitud de onda estimulando la diferenciación de algunas respuestas fisiológicas reguladas por la luz como la fotosíntesis y la foto morfogénesis, la cual incluye efectos sobre la elongación del tallo, expansión foliar y síntesis de clorofila (Sahahak *et al.,* 2008). Al existir una reducción en la intensidad luminosa, se propicia un incremento en la altura de las plantas de pimiento morrón ya que hay mayor dominancia apical (Ayala *et al.,* 2015); este cambio morfogenético se debe a la incidencia de distintas longitudes de onda las cuales son percibidas por fitocromos y criptocromos presentes en pequeñas cantidades en las plantas (Decoteau *et al.*, 1993) y, a la participación de giberelinas mediante la conversión de formas activas a inactivas inducidas por la luz roja lejana (RL) que va de 700 a 800 nm y controlada por fitocromos (Hedden y Kamira 1997; Rajapakse *et al.*, 1999). Respecto a la clorofila, se reporta que las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) que crecen bajo malla sombra negra generalmente tienen un contenido mayor de clorofila total, en comparación con las plantas cultivadas bajo un invernadero con película plástica o a campo abierto, debido a que producen clorofila adicional para capturar la luz difusa y producir los carbohidratos necesarios para que la planta crezca (Ilić *et al.,* 2015). A mayores intensidades de luz se inhibe la formación de cloroplastos por lo que la tasa de degradación de clorofila es mayor que la tasa de síntesis, dando como

resultado una disminución en la concentración de clorofila en los tejidos (Fu *et al.,* 2013). En hojas de caléndula expuestas altas intensidades lumínicas (cultivo a cielo abierto) presentan mayor contenido de clorofila, sin embargo, este aumento no es estadísticamente significativo respecto de la concentración encontrada en plantas cultivadas bajo malla sombra, debido a que las plantas que están expuestas a una intensidad luminosa determinada se acondicionan a este factor (Casierra- Posada *et al*., 2012). Además, las hojas de las plantas cultivadas bajo condiciones de baja iluminación presentan una alta proporción de mesófilo esponjoso, lo cual les puede servir para incrementar la dispersión interna y la absorción de la luz bajo esta condición de luminosidad (García *et al.,* 2003). Respecto a los carotenoides, en condiciones de alta iluminación habrá una mayor síntesis de carotenoides que de clorofilas, ya que actúan como agentes fotoprotectores limitando los efectos dañinos de una iluminación alta y protegen los tejidos del estrés oxidativo causado por los radicales libres altamente reactivos de oxígeno (Jhonson *et al.,* 1993). Respecto al contenido de sólidos solubles, la temperatura alta durante la maduración de frutos de jitomate silvestre (*Lycopersicon Esculentum* Mill., cv. Raf) genera un aumento en el contenido de estos, debido a que aumenta la actividad de la enzima biosintética de carbohidratos y la transpiración (Guillen *et al.*,2006). Por otro lado, se reporta que el uso de malla sombra no afecta el contenido de solidos solubles totales del fruto (Ilić *et al.*, 2014). En cuanto a la acidez titulable, ésta disminuye en frutos producidos bajo malla sombra, el menor contenido de acidez bajo condición de sombra puede ser el resultado de la menor actividad fotosintética de la planta y, en consecuencia, una menor acumulación de carbohidratos en los frutos (Ilić *et al.*, 2014).

1.2.4 Factores que afectan los componentes bioquímicos del pimiento morrón

En pimiento morrón el contenido de componentes bioquímicos difiere según la variedad (Ghasemnezhad *et al.*, 2011) y el grado de madurez al momento de la determinación. Respecto al grado de madurez, en frutos verdes de pimiento morrón existen principalmente clorofilas y a medida que el fruto va cambiando de color se encontraran carotenoides en mayor concentración debido a que con la maduración del fruto se va dando una degradación en la clorofila y se van expresando otros

pigmentos como los carotenos que le dan a los frutos la coloración desde amarilla hasta purpura (Borovsky *et al.*, 2008). En cuanto al contenido de sólidos solubles, en pimiento morrón de color rojo en estado de madurez comercial, se reportan valores desde 8 hasta 9.5 ºBrix (Tadesse *et al.,* 2001; Navarro *et al*., 2006; Figueroa *et al*., 2015).

1.2.5 Tipos de madurez en frutos

1.2.5.1 Madurez fisiológica de frutos

La madurez fisiológica es la etapa en la que el fruto ha logrado un estado de desarrollo donde el número de células se mantienen relativamente constante, es decir, donde el fruto alcanza su máximo tamaño y el mayor vigor de las semillas. Esta etapa se encuentra entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia (Dos Santos *et al.,* 2015).

1.2.5.2 Madurez de consumo

Es el estado de desarrollo en que el fruto reúne las características deseables para su consumo, los cambios del fruto incluyen el cambio de color a través de la alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de flavonoides, la modificación de la textura por la alteración de la turgencia celular y de la estructura de la pared celular y por el metabolismo, la modificación de azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que afectan la calidad nutricional, el sabor y el aroma del fruto; y el aumento en la susceptibilidad al ataque de patógenos que están asociados a la pérdida de integridad de la pared celular. La madurez de consumo puede ser considerada como el primer paso de un proceso de muerte celular programada (Dos Santos *et al.,* 2015).

1.2.6 Frutos climatéricos y no climatéricos

Los frutos climatéricos son aquellos que consiguen madurar aun después de la cosecha debido a un marcado incremento en su tasa respiratoria y en la producción de etileno (Obando-Ulloa *et al.,* 2008). Por otro lado, los frutos no climatéricos como el pimiento morrón, solo alcanzan la maduración cuando aún están unidos a la planta, ya que no presentan el aumento en la respiración y en la producción de etileno después de la cosecha (Chervin *et al.,* 2004). Sin embargo, aunque no

desarrollen el aumento en la respiración, biosíntesis de etileno y respuesta auto catalítica a este, muestran algunas respuestas típicas al etileno como cambios en la coloración de verde a amarillo a anaranjado y ablandamiento por la síntesis de enzimas que degradan la pared celular (Dos Santos *et al.,* 2015).

1.2.7 Calidad de la semilla

La calidad de la semilla se puede describir como el valor general de la semilla, resultado de las características genéticas y de todos los demás factores que afectan al desarrollo, maduración y capacidad de almacenamiento de la semilla (OCDE,2012). La calidad se subdivide en calidad genética, fisiológica, fitosanitaria y física. La calidad genética se refiere a la autenticidad o fidelidad de las semillas de una determinada variedad, que asegure la estabilidad del genotipo y su continuidad a través de tiempo, preservando sus características originales. La calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos que permiten a la semilla germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y con altos niveles de viabilidad. Los principales indicadores de la calidad fisiológica son la germinación y el vigor, que dependen del genotipo y del cuidado de su desarrollo en la producción y poscosecha. La calidad fitosanitaria se refiere principalmente a la presencia o ausencia de patógenos (hongos, bacterias, nemátodos y virus) causantes de enfermedades. La calidad física es el grado de pureza física de la semilla y se refiere a la presencia de cualquier contaminante distinto a la semilla deseable, como semillas de otros cultivos o malezas, así como la integridad física de la semilla (semilla quebrada, tamaño, peso y contenido de humedad) (Pérez, 2006).

1.2.8 Certificación de semillas

La certificación de semillas es un proceso que garantiza la calidad de las semillas, en este proceso se controlan las semillas de generaciones anteriores; se realizan inspecciones de campo durante el proceso de multiplicación para asegurar que existe poca contaminación y la variedad es genuina, se cultivan las muestras en las parcelas de control de las semillas conocidas para asegurar que la progenie se ajusta a las características de la variedad y se realizan análisis de calidad de las semillas en los laboratorios. De todas las normas reglamentarias en materia de

leyes de semillas, la certificación es la que más varía en los diferentes países y regiones del mundo. Casi todos los países han desarrollado sus propias normas de certificación. En algunos países la certificación es obligatoria y en otros es opcional. Algunos sistemas de certificación se centran en las características genéticas; en otros, la certificación varietal se complementa con análisis realizados para revisar las normas de laboratorio, como germinación mínima, pureza analítica mínima y sanidad de las semillas (OCDE, 2012).

En México, el organismo encargado de la certificación de semillas es el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

1.2.9 Análisis de semillas

Los análisis de semillas facilitan información sobre la calidad de la semilla antes de su siembra. Los criterios de calidad analizados incluyen la pureza física mínima, la germinación, el contenido de humedad, enfermedades transmitidas por semillas, el peso y el tamaño de la semilla, el vigor, la viabilidad, y la evaluación de la calidad varietal, que puede incluir la detección de organismos genéticamente modificados. Para esta labor fue creada La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA), cuyo objetivo principal es desarrollar y publicar procedimientos estándar para el muestreo y análisis de semillas y fomentar una aplicación uniforme de estos procedimientos para la evaluación de las semillas destinadas al comercio (OCDE, 2012).

1.2.10 Madurez fisiológica de semilla

La madurez fisiológica es la etapa del desarrollo de la semilla en la que alcanza su máximo peso seco, que corresponde con el fin del periodo de acumulación y con la máxima germinación y vigor, a partir de esta etapa comienza el proceso de deterioro de las semillas. en algunas especies la madurez de la semilla coincide con la madurez del fruto, de modo que los frutos cosechados de forma temprana, proporcionan semillas de baja calidad (Bewley *et al*., 2013).

1.2.11 Factores que determinan la calidad de la semilla

Entre los factores que pueden tener efecto en la calidad de la semilla están el grado de madurez al momento de la cosecha, la forma de cosechar y las condiciones de beneficio (Pittcock, 2008). El grado de madurez del fruto al momento de la cosecha

y el momento de extracción de la semilla son factores que intervienen en la obtención de semillas de calidad física y fisiológica (Ayala *et al.*, 2014). La semilla cosechada a los 56 días después de antesis mejora la calidad de la semilla (Ruiz y Parera, 2017) así como la extracción a los 15 días después de la cosecha de frutos con cambio de color (Ayala *et al.*, 2014). Por otro lado, se ha reportado que el porcentaje germinación de semillas, que se extraen entre los 40 y 55 días después de antesis, aumenta con el almacenamiento del fruto, pero sin alcanzar los niveles satisfactorios. La calidad de semillas de pimiento es mejor cuando las frutas se cosechan entre 60 y 70 días después de antesis y se almacenan por nueve días, en esta etapa de cosecha también se obtiene el mayor vigor en plántula, sin embargo, el tratamiento de almacenamiento no mejora esta característica significativamente (Vidigal *et al*., 2009).

1.3. LITERATURA CITADA

Ayala T., F; Sánchez M., R; Partida R., L.; Yañez J., G; Ruiz E., H.; Velázquez A., T.; Valenzuela L., M; Parra D., M. (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista Fitotecnia Mexicana,* 38 (1): 93-99.

Ayala V., M.; Ayala G., O.; Aguilar R., V.; Corona T., T. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37 (1):79-87.

Bewley, J. D.; Bradford, K.; Henk, H.; Nonogaky H. (2013) Physiology of development, germination and dormarcy. *Seed*, Third Edition, (pp. 392). New York, U.S.A.: Springer.

Borovsky, Y.; Paran, I. (2008). Chlorophyll breakdown during pepper fr uit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene. *Theor. Appl. Genet,* 117 (2): 235-240.

Casierra - Posada, F; Ávila - León, O. F; Riascos O., D. H. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo el sol y sombra, *Temas agrarios*, 17 (1): 60-71.

Chervin, C.; El-Kereamy, A; Roustan, J.P.; Latché, A.; Lamon, J.; Bouzayen, M. (2004). Ethylene seems required for the Berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Sci,* 167(6): 1301-1305.

Decoteau, D.R.; Hatt, H. A.; Kelly, J. W.; McMahon, M. J; Rajapakse, N.; Joung, R. E; Pollock, R. K. (1993). Applications of photomorphogenesis research to horticultural systems, *Hortscience, 28 (10): 974-1063.*

Dos Santos S., R.; Pacheco A., L. W.; Irribarem C., S.; Dienes M., N.; De Mello-Farias, P. C; Valmor R., C.; Costa de Oliveira, A. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening, *Plant Omics*, 8(2): 78-88.

Figueroa C., I. E; Martínez D., M. T.; Rodríguez P., J. E.; Cruz A., O.; Colinas L., M. T. B.; Guadarrama V., S.; Ramirez R., S. P. (2015). Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (Capsicum annum L.). *Interciencia*, *40* (10): 696-703.

Fu, W.; Li, P.; Wu, Y. (2012). Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulturae (Amsterdam),* 135: 45-51.

García-Plazaola, J.L.; Hernández, A.; Becerril, J.M. (2003) Antioxidant and pigment composition during autumnal leaf senescence in Woody deciduous species differing in their ecological traits, Plant Biology, 5(5): 557-566

Ghasemnezhad, M.; Sherafati, M.; Payvas, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (Capsicum annum) fruits at two different harvest times. *Journal of functional foods,* 3(1): 44-49.

Guillen, F.; Castillo, S.; Romero M., D.; Serrano, M.; Valero, D. (2006). Efficacy of 1 MCP treatment in tomato fruit 1. Duration and concentration of 1- MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Posharvest Biology and Technology,* 43 (1): 23-27.

Hedden, P.; Kamiya, Y. (1997). Gibberellin biosynthesis: enzymes, genes and their regulation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,* 48 (1): 431-460.

Hernández, J.; Escobar, I.; Castilla, N. (2001). La Radiación Solar en Invernaderos Mediterráneos. *Revista Horticultura*,1:18-27.

Ilić, Z.; Milenković, L.; Unić, L.; Fallik, E. (2015). Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 95 (13): 2660-2667.

Intagri. (2016). La calidad de la semilla en cultivos hortícolas. Horticultura protegida. Disponible en: https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-calidad-de-la-semilla-en-cultivos-horticolas.

Intagri. (2019). Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero.

Johnsons, G. N., Scholes, J. D.; Horton, P; Young, A. J. (1993). Relationship between carotenoid composition and growth habit in British plant species. Plant, cell and environment, 16(1):681-687.

Navarro, M., J.; Flores, P.; Garrido, C.; Martínez, V. (2006). Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem,* 96 (1): 66-73.

Obando-Ulloa, J. M.; Moreno, E.; García-Mas, J.; Nicolai, B.; Lammerty, J.; Monforte, A. J.; Fernandez-Trujillo, J. P. (2008). Climateric or non climateric

behaviour in melon fruit: 1. Aroma volátiles. *Postharvest Biol. Technol,* 49(1): 27-37.

OCDE. (2012). Síntesis de las Normas Internacionales que regulan el comercio de semillas. 7 p. Disponible en: https://www.oecd.org/agriculture/seeds/documents/semillas-comercios-intesis-de-las-normas-internacionales.pdf.

Pittcock, J. (2008) Seed production, processing and análisis, en Plant Propagation Concepts and Laboratory Exercises, CRC Press Taylor & Francis Group. U.S.A. pp: 401-406.

Rajapakse, N. C.; Young, R.E., McMahon, M. J; Oi, R. (1999). Plant height control by photoselective filters: current status and future prospects. *HortTechnology,* 9 (4): 618-624.

Reche M., J. (2010) Cultivo del pimiento dulce en invernadero, Signatura Ediciones de Andalucía, S. L., Sevilla, España, pp: 95-100.

Ruiz, M.; Parera, C. (2017). Effect of harvesting time on seed quality of two bell pepper cultivars (Capsicum annuum). *Revista de la facultad de ciencias agrarias*, 49 (2): 67-77.

Sahahak,Y.; Gal, E.; Offir, Y.; Ben – Yakir, D. (2008). Photoselective shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. *Acta Hort*, 797: 75-80.

SIAP. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola. México. (Consultada en octubre de 2019.) https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Tadesse, T.; Hewet, E. W.; Nichols, M. A.; Fisher, K. J. (2001). Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Scientia Horticulturae,* 93 (2): 91-103.

Vidigal, P.S.; Días, D.C.F.S.; Von Pinho, E.R.V.; Dias, L.A.S. (2008). Sweet pepper quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage, *Seed Science and Technology,* 37,192-201.

II. CALIDAD DE PIMIENTO MORRÓN CON DISTINTO GRADO DE MADUREZ PRODUCIDO EN DOS CONDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA

CALIDAD DE PIMIENTO MORRÓN CON DISTINTO GRADO DE MADUREZ PRODUCIDO EN DOS CONDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA

RESUMEN

El uso de malla sombra en el cultivo de pimiento morrón reduce la radiación solar directa en las plantas y consecuentemente genera un microclima donde la reducción de la temperatura y la humedad relativa beneficia el crecimiento y desarrollo del producto, ya que tienen relación con procesos como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de algunos componentes bioquímicos de las plantas. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de la malla sombra y el almacenamiento sobre la calidad del fruto, además de determinar el momento óptimo de cosecha. El experimento se llevó a cabo en un sistema hidropónico bajo invernadero con dos condiciones de intensidad luminosa modificada con malla sombra. Se evaluaron cinco variables morfológicas en planta con cinco repeticiones y en fruto doce parámetros fisicoquímicos con tres repeticiones. Se cosecharon frutos a los 50, 65, 80, 95 y 110 días después de antesis (dda); la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de calidad se realizó al momento de la cosecha y 10 días después de la misma. El experimento se dispuso bajo un diseño completamente al azar. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Las plantas de pimiento morrón cultivadas con malla sombra incrementaron su altura en 16.17 % y redujeron el número de bifurcaciones en 22 %. Los frutos producidos bajo la malla, presentaron mayor firmeza, pero produjeron menor concentración de vitamina C, carotenoides, clorofila b, clorofila total y luminosidad, lo que indica una reducción en la calidad nutrimental del pimiento. La madurez fisiológica del fruto, además de su mejor calidad y peso se obtuvo a los 95 dda. El almacenamiento por diez días mejora la calidad nutrimental, pero disminuye la calidad física.

Palabras clave: malla sombra, días después de antesis, manejo postcosecha.

FRUIT QUALITY OF SWEET PEPPER WITH DIFFERENT RIPENING STAGE PRODUCED IN TWO CONDITIONS OF LUMINOUS INTENSITY

ABSTRACT

The use of shadow mesh in the sweet pepper crop reduce direct solar radiation in plants and therefore creates a microclimate where the reduction of temperature and relative humidity benefits the growth and development of the product, since they have related to processes such as photosynthesis, respiration and the synthesis of some biochemical components of plants. The objective of this research was to assess the effect of the use of shadow mesh and storage on fruit quality, as well as to determine the optimal harvest time. The experiment was carried out in a hydroponic system under greenhouse with two conditions of light intensity modified with shadow mesh. Five morphological plant variables were evaluated in five repetitions as well as twelve physicochemical fruit parameters with three repetitions. Fruits were harvested at 50, 65, 80, 95 and 110 days after anthesis (dda); the evaluation of the physicochemical quality was carried out at harvest time and 10 days after. The experiment was arranged under a completely randomized design. The data obtained were subjected to an analysis of variance and Tukey mean comparison tests ($P \leq 0.05$). The sweet pepper plants cultivated with shade mesh increased their height by 16.17 % and reduced the number of bifurcations by 22 %. The fruits grown under the shadow mesh had greater firmness, but produced lower concentrations of vitamin C, carotenoids, chlorophyll b, total chlorophyll and luminosity, indicating a reduction in the nutritional quality of the sweet pepper. The physiological fruit maturity as well as its highest fruit quality and weight were obtained at 95 days after anthesis. The storage during ten days improves nutritional quality, but decreases physical quality.

Keywords: shadow mesh, days after anthesis, postharvest

INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón es una planta originaria de Sudamérica, perteneciente al género Capsicum el cual incluye alrededor de 25 especies. En México se destinan 7680.48 ha para la producción de pimiento morrón tanto bajo malla sombra, macro túnel e invernadero (SIAP, 2018). El ambiente bajo el cual las plantas se desarrollan, influye de forma importante en la síntesis de asimilados, balance de la fuente y demanda de la planta y en el crecimiento. Uno de los factores ambientales que mayor influencia tiene sobre los cultivos desarrollados bajo invernadero es la radiación solar, pues influye en procesos biológicos relacionados con la fotosíntesis, con la producción de materia seca y con el rendimiento del cultivo. Una forma de manejarla dentro de un sistema de producción bajo cubierta es la aplicación de tecnologías como la malla sombra la cual, en el cultivo de pimiento morrón es ampliamente utilizada principalmente para evitar el daño por sol, que es uno de los problemas que demerita la calidad visual del fruto.

El contenido de componentes bioquímicos en pimiento morrón difiere según la variedad y el grado de madurez al momento de la determinación; existen principalmente clorofilas y a medida que el fruto va cambiando de color se encontraran carotenoides en mayor concentración debido a que con la maduración del fruto se va dando una degradación en la clorofila y se van expresando otros pigmentos como los carotenos que le dan a los frutos la coloración desde amarilla hasta púrpura (Borovsky *et al.*, 2008). En pimiento morrón rojo (variedad Domino) en estado de madurez comercial el contenido de sólidos solubles es de 8 ºBrix (Tadesse *et al.*, 2002), similar a los resultados obtenidos (9.3 ºBrix) por Navarro *et al.* (2006) para la variedad Orlando de color rojo o por Figueroa *et al*. (2015) en el híbrido Viper (9.5 ºBrix).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar durante el ciclo de producción de pimiento, los cambios en la incidencia de radiación fotosintéticamente activa, temperatura y humedad relativa por el uso de malla sombra en el invernadero, y consecuentemente su efecto en las características morfológicas de la planta y calidad fisicoquímica del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Siembra y manejo agronómico

El cultivo se hizo bajo invernadero tipo túnel con paredes rectas y ventilas laterales, con una superficie de 500 m^2, una altura total de 5 m y una cubierta plástica con un 75 % de sombra, ubicado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo a 19° 29' de latitud norte, 98° 53' de longitud oeste y una altitud de 2,250 m. Para el experimento se utilizaron 250 m^2 del invernadero de los cuales 125 m^2 se acondicionaron con malla sombra tipo “raschel” al 35 % para modificar la intensidad lumínica.

Fueron sembrados cinco híbridos comerciales de pimiento morrón: 'Dicaprio F_1’ (V1) de color amarillo, 'Mozart F_1’ (V2) color anaranjado, Triple 5 F_1’ (V3) color rojo y 'Viper F_1’ (V4) color rojo, los cuatro híbridos tipo blocky (Enza Zaden ®, México) además del híbrido 'PS 1636’ (V5) de fruto tipo 'Lamuyo’, color rojo (Seminis®, México). La siembra se realizó el 24 de marzo de 2018 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, colocando una semilla por cavidad a una profundidad de 3 mm; como sustrato se utilizó una mezcla de peat -moss con perlita, en proporción 2:1 (v/v). El riego en almácigo se realizó con la solución nutritiva compuesta de los elementos y concentraciones ($mg \cdot L^{-1}$) siguientes: 100 de N, 125 de Ca, 125 de K, 22 de Mg, 150 de S, 1.5 de Fe, 0.5 de Mn, 0.25 de B, 0.05 de Cu y 0.05 de Zn.

El trasplante tuvo lugar 56 días después de la siembra. Se utilizó un sistema hidropónico que constó de bolsas de polietileno negro de 16 litros de capacidad rellenas con tezontle rojo de granulometría media (partículas menores de 5 mm de diámetro), las cuales se acomodaron a doble hilera con separación de 50 cm entre ellas, sobre camas de 1.1 m de ancho, 22 m de largo y 0.2 m de alto, también rellenas con arena de tezontle rojo.

En cada maceta se colocó una planta. Se trasplantaron 50 plantas por variedad y se colocó una planta por maceta, de las cuales la mitad se mantuvieron en condiciones de malla tipo “raschel” al 35 % de sombra.

El sistema de riego fue con manguera de poliducto de 16 mm de diámetro y goteros integrados con emisores cada 40 cm, con gasto de 3.8 L h^{-1}. La solución nutritiva empleada (en $mg \cdot L^{-1}$) fue de: 200 de N, 250 de Ca, 250 ppm de K, 50 de P, 45 de Mg, 250 de S, 3 de Fe, 1 de Mn, 0.5 de B, 0.1 de Cu y 0.1 de Zn.

Las plantas se manejaron hasta la cuarta bifurcación con el crecimiento de todos sus tallos; el tutorado se realizó para cada rama de la primera y segunda bifurcación con rafia de polietileno soportada en el alambre de tutoreo sujeto a la estructura del invernadero. El manejo de plagas y enfermedades se dio con productos químicos durante todo el ciclo de producción e inició después del trasplante.

Una vez establecido el cultivo, se registró la radiación fotosintéticamente activa (RFA, $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) cada 30 días bajo el invernadero, tanto en el área sombreada como en el área sin malla sombra. El registro se realizó cada hora entre las 09:00 y 19:00 h con un fotómetro. Con los datos de RFA se calculó la Luz Integrada Diaria (DLI) dada en $mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ que es la cantidad de RFA recibida cada día como función de la intensidad de luz (luz instantánea: $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) y duración (día o 24 horas). La conversión de RFA a DLI se realizó al sumar las lecturas de cada hora de RFA dada en $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ y multiplicar por 0.0036, de acuerdo a lo recomendado por Korczynski *et al.* (2002). Así mismo se llevaron a cabo registros mensuales de temperatura y humedad relativa dentro el invernadero con un datalogger registrador de temperatura y humedad USB EXTECH RHT10 durante un periodo de cinco meses comprendido de junio a octubre de 2018.

En una muestra de cinco plantas por tratamiento y en cinco repeticiones, fueron evaluadas las variables morfológicas: diámetro del tallo registrado en cm con un vernier a 20 cm arriba de la base del tallo de la planta; altura total de la planta (ALTT) y altura a la primera bifurcación (ALTB) en cm, y número de bifurcaciones (NBIF).

Se cuantificó el número de días después de antesis, cuando el 50 % de las plantas presentaron al menos una flor abierta. Para evaluar intensidad luminosa, temperatura y humedad relativa en cada una de las condiciones del invernadero, se realizaron cinco repeticiones cada mes.

Tratamientos y diseño experimental

Para la evaluación de las variables morfológicas de la planta, los diez tratamientos generados de la combinación de cinco híbridos y los dos niveles de radiación, fueron establecidos bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, donde la unidad experimental fue una maceta por planta.

Para las variables fisicoquímicas del fruto, los 10 tratamientos surgieron de la combinación de los cinco híbridos y dos niveles de radiación, cada tratamiento con cinco tiempos de cosecha (50, 65, 80, 95 y 110 dda) y dos tiempos de poscosecha (P1: evaluación inmediata, P2: evaluación diez días después de la cosecha). Se empleó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, en las que se evaluaron tres frutos por tratamiento, siendo la unidad experimental un fruto.

Análisis estadístico

El análisis de varianza se realizó con un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 2 x 5 para variables en campo y 2x5x5x2 para variables en fruto, correspondiente a dos condiciones de intensidad luminosa (IL), cinco híbridos de pimiento morrón (V), cinco etapas de cosecha (dda) y dos etapas poscosecha (P). Los datos obtenidos en porcentaje fueron transformados con la raíz cuadrada del arco seno con la finalidad de tenerlos en una distribución normal y someterlos al análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), para lo cual se utilizó el paquete Statistical Análisis System (SAS).

Variables respuesta en fruto

En una muestra de cinco plantas por tratamiento y en tres repeticiones, se evaluaron las siguientes variables en fruto:

Peso (g). Se determinó con la ayuda de una balanza granataria Ohaus® con aproximación de 0.01 g.

Firmeza (kgf). Para la determinación de firmeza su usó un texturómetro digital marca Compact Gauge (Mecmesin®, EEUU) con punta en forma de cono con

diámetro de 6 mm, con el cual se ejerció presión sobre la zona ecuatorial del fruto hasta la penetración del puntal.

Color (L a b). La determinación de color se realizó inmediatamente después de la cosecha sobre la epidermis del fruto con un colorímetro manual marca colorTec-PMC® el cual mide el color en función de tres variables conocidas como coordenadas o valores triestímulo L, a y b, donde L indica la luminosidad o brillantez y varia de 0 a 100, donde 0 representa el color totalmente oscuro y 100 corresponde al brillo máximo. El parámetro a representa al color rojo si es positivo y al color verde si es negativo, el b representa al color amarillo si es positivo y al azul si es negativo. Con los valores a y b se obtuvo el croma $(\sqrt{a^2 + b^2})$ que mide la pureza del color reportando los datos en base al índice de saturación (croma) y ángulo de tono (Hue= $(tan^{-1}(\frac{b}{a}))$) que va de 0 a 360º; 0º=rojo, 90º= amarillo, 180º= verde, 270º= azul, 360º= violeta (Mc Guire ,1992); Minolta, 2007).

Vitamina C (mg·100 g^{-1} de peso fresco). Para la cuantificación de vitamina c se empleó el método de titulación visual del 2-6 diclofenol indofenol descrito por la AOAC (2005), el cual se basa en la reducción del ácido ascórbico por el 2-6 diclofenol indofenol presentando un vire de coloración rosa. Para ello se tomaron 10 gramos del fruto, se licuaron con 50 mL de ácido oxálico y se midió el volumen del extracto, este se filtró y se tituló con la solución dicloro fenol indol fenol (DCPIP) hasta que permaneció una solución de color rosa.

Acidez titulable (%). Fue determinada por la metodología de la A.O.A.C. (2005), la cual consiste en tomar 10 gramos del fruto, licuarlos con 50 mL de agua destilada y medir el volumen obtenido, filtrar el extracto y medir el volumen final, tomar alícuotas de 10 mL y añadir dos gotas de fenolftaleína como indicador, adicionar NaOH al 0.01 N hasta lograr la neutralización, el porcentaje de acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico, utilizando la fórmula:

$$\%\ \acute{a}cido\ c\acute{i}trico\ \frac{\text{ml NaOH x N x Meq. ácido x V x 100}}{\text{peso muestra x alicuota}}$$

Sólidos solubles totales (ºBrix). Fueron medidos con un refractómetro manual marca ATAGO model PAL con escala de 0 a 53 %. El refractómetro se calibró colocando agua destilada en el prisma; posteriormente se secó y se colocaron de 3 a 4 ml de extracto del fruto en el prisma del equipo y se tomó la lectura. Para cada muestra se lavó el prisma del refractómetro para evitar contaminación.

Clorofila y Carotenoides (µg·100 g^{-1}). Para la determinación de estos pigmentos se utilizaron 10 g de tejido a partir de los cuales se realizó la extracción con 10 ml de acetona al 80 %, según lo descrito por Lichtenthaler (1987). Se realizaron lecturas de absorbancia en tres longitudes de onda (646, 476 y 663 nm) en el espectrofotómetro digital UV-VIS Perkin Elmer®. Para la determinación de la concentración de los pigmentos se utilizaron las fórmulas siguientes:

Clorofila a (C_a)= $12.25A_{663} – 2.79\ A_{647}$

Clorofila b (C_b) $21.50A_{647} – 5.10A_{663}$

Clorofila total (C_{a+b})= $7.15A_{663} + 18.71A_{647}$

Carotenos= $(1000A_{476} -1.82\ C_a -85.02\ C_b)/198$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Radiación Fotosintéticamente Activa

El mayor flujo de radiación fotosintéticamente activa durante el día, medido de las 9:00 a las 19:00 de mayo a octubre de 2018, se registró a las 14:00 h con flujos de 614.48 µmol·m^{-2}·s^{-2} bajo malla sombra y 964.24 µmol·m^{-2}·s^{-2} bajo el área donde no se utilizó malla (Figura 1), es decir el uso de malla propició una reducción en la intensidad luminosa del 36 % lo cual está por debajo de la óptima para el cultivo que es de 838 µmol·m^{-2}·s^{-1} (Intagri, 2019).

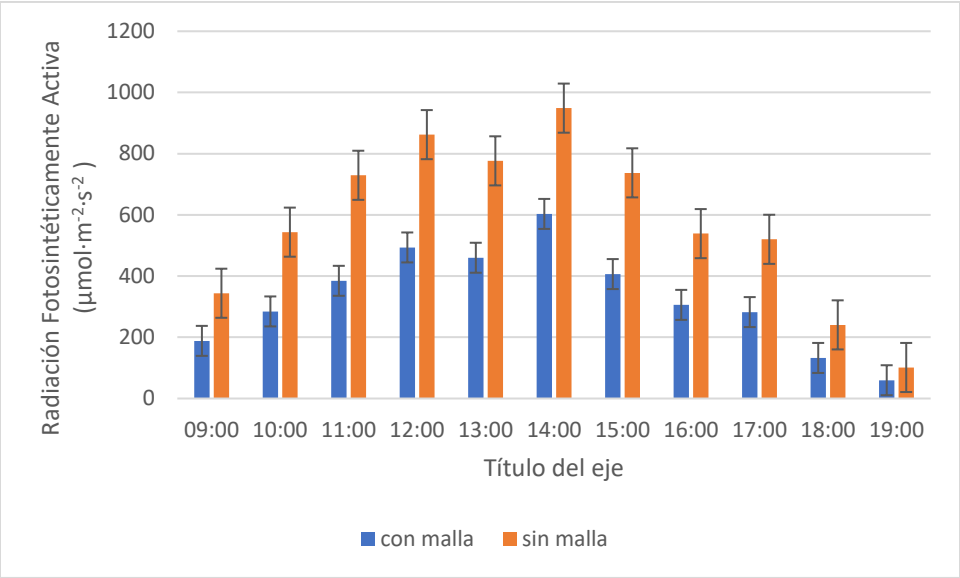


Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida por las plantas de pimiento morrón cultivadas bajo dos condiciones de intensidad luminosa, con y sin malla sombra. Promedios de cinco mediciones ± error estándar.

Luz Diaria Integrada (DLI), Temperatura y HR

La diferencia en la DLI entre las condiciones evaluadas resultó estadísticamente significativa, debido a que el área sombreada registró un valor promedio de 13.39 $mol \cdot m^{2} \cdot d^{-1}$, contra 22.98 $mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ sin malla; además, la temperatura máxima con malla promedió en el invernadero 35.22 °C mientras que sin sombra se obtuvo 41.17 °C, encontrándose una diferencia de 6 ºC entre cada una, que representa el 14.6 %.

Tomando en cuenta que el registro se realizó durante la etapa de floración y fructificación del cultivo de pimiento donde la temperatura máxima permitida es de 35 °C (Reche, 2010), se observó que la malla sombra tuvo un efecto positivo sobre esta variable, ya que redujo la temperatura 6 °C; además, se registró un promedio de humedad relativa de 37.45 % contra 27 % sin sombra (Cuadro 1), sin embargo, el uso de la malla no permitió alcanzar el porcentaje óptimo de HR (50 al 70 %) que se recomienda (Reche, 2010), factores que seguramente influyeron en la fisiología de la planta y en consecuencia en las variables evaluadas.

Cuadro 1. Comparación de medias de Luz Diaria Integrada (DLI), temperatura y humedad relativa durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón, con y sin malla sombra.

Tratamientos	DLI ($mol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$)	Temperatura máxima (ºC)	Humedad Relativa (%)	
			DR	DT
Con malla	13.39 b[t]	35.22 b	37.45	37.79 a
Sin malla	22.98 a	41.17 a	27.00	31.07 b
DMSH	0.55	1.8		2.57

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05); DLI: Luz Diaria Integrada; DR: datos reales; DT: datos transformados; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Desarrollo morfológico de la planta por efecto de sombreado

El cambio en la intensidad luminosa (IL) provocado por el uso de malla sombra generó diferencias en las variables evaluadas en la planta de pimiento, excepto sobre el diámetro del tallo, mientras que todos los parámetros mostraron un comportamiento diferencial (P≤0.05) por efecto de las variedades. El análisis de varianza indicó que la interacción entre variedades e intensidad luminosa tuvo efecto sobre la altura total de la planta y el número de bifurcaciones (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza para diámetro de tallo, altura a la primera bifurcación, altura total de planta y número de bifurcaciones de cinco variedades bajo dos condiciones de intensidad luminosa (uso de malla sombra y sin malla sombra).

FV	GL	DT	ALTB	ALTT	NBIF
V	4	0.061*	167.69*	145.63*	9.67*
IL	1	0.02	492.35*	1981.98*	13.41*
V x IL	4	0.014	0.88	165.19*	7.30*
CV		7.24	8.2	9.25	7.63

FV: fuente de variación; GL: grados de libertad; V: variedades; IL: intensidad luminosa; CV: coeficiente de variación; *Significativo a P≤0.05; DT: diámetro de tallo; ALTB: altura a la primera bifurcación, ALTT: altura total de planta, NBIF: número de bifurcaciones.

No se encontró diferencia significativa (P≤0.05) en el diámetro de tallo por efecto de las condiciones de luminosidad (Cuadro 3), resultado que coincide con lo reportado

por Ayala *et al.* (2015); no obstante, la altura de planta a la primera bifurcación si fue afectada (P≤0.05) por el sombreo del cultivo, debido a que se obtuvo un promedio de 31.57 cm de altura a la primera bifurcación con menos intensidad luminosa, mientras que sin acondicionamiento de malla, se promedió 25.3 cm, es decir la sombra propició un incremento en la altura de la base a la primera bifurcación del 19.9 %, respecto de donde no se empleó la malla, lo que es posiblemente debido al requerimiento de luz que de manera natural busca la planta. Resultados similares se observaron en la altura total de la planta, pues se registró 77.86 cm de altura con malla sombra, contra 65.27 cm sin sombra, lo que implica un incremento de 16.17 % (P≤0.05) por el uso de la malla; resultados similares son reportados por Ayala *et al.* (2015), quienes encontraron un incremento en la altura total del 12.4 % en plantas de pimiento morrón desarrolladas bajo malla sombra de color negro. La mayor altura de las plantas bajo la condición de sombra se debe a una mayor dominancia apical que se genera por la incidencia de distintas longitudes de onda las cuales son percibidas por fitocromos y criptocromos presentes en pequeñas cantidades en las plantas (Decoteau *et al*., 1993) y a la participación de giberelinas mediante la conversión de formas activas a inactivas inducidas por la luz roja lejana (recibida en mayor proporción en plantas con sombra)(RL) que va de 700 a 800 nm y controlada por fitocromos (Rajapakse *et al*.,1999).

El uso de la malla también propició diferencias estadísticamente significativas en el “número de bifurcaciones”, mientras que en el área sombreada se promediaron siete bifurcaciones por planta, en el área sin sombra se registró un promedio de nueve bifurcaciones por planta (Cuadro 3). Con relación al número de bifurcaciones en función de la radiación solar, la información es escasa, sin embargo, es sabido que varios procesos fisiológicos de la planta se ven afectados por el tipo de luz que intercepta sobre ella y que, a mayor radiación solar, la planta tiende a desarrollar puntos de crecimiento extra (García *et al.,* 2017), lo cual puede explicar el mayor número de bifurcaciones cuando el cultivo se desarrolló sin malla sombra.

Una mayor altura en planta tiene un efecto positivo en la tasa fotosintética mientras que un número mayor de bifurcaciones permite una mayor producción de frutos, sin

embargo, esto último implica la distribución de una misma cantidad de asimilados entre más frutos, lo que representa la obtención de frutos de menor peso (Moreno *et al.,* 2018).

Cuadro 3. Comparación de medias del crecimiento de la planta de pimiento morrón cultivado con y sin malla sombra.

TRATAMIENTOS	DT (cm)	ALTB (cm)	ALTT (cm)	NBIF	
				DR	DT
Con malla	1.252 a[t]	31.57 a	77.86 a	7.00	15.98 b
Sin malla	1.292 a	25.3 b	65.27 b	9.00	17.01 a
DMSH	0.527	1.3343	3.788		0.7199

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05); DT: diámetro de tallo; ALTB: altura a la primera bifurcación, ALTT: altura total de planta, NBIF: número de bifurcaciones; DR: datos reales, DT: datos transformados; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Desarrollo morfológico de la planta por efecto de variedad

Se encontraron diferencias (P≤ 0.05) en el diámetro de tallo entre genotipos, donde 'Dicaprio F_1' y 'Triple 5 F_1' promediaron 1.38 y 1.31 cm, respectivamente; no obstante, solo 'Dicaprio F_1' superó a 'Mozart F_1', 'Viper F_1' y 'PS1636', donde los resultados promedios de diámetro obtenidos fueron 1.25 cm para los primeros dos y 1.17 cm para el híbrido 'PS1636' (Cuadro 4).

Los mayores valores de altura a la primera bifurcación se observan en los genotipos 'PS1636', 'Dicaprio F_1' y 'Mozart F_1', con valores de 32.31, 31.29 y 29.45 cm, respectivamente, no obstante, solo los dos primero superan (P≤0.05) a 'Viper F_1' (27.12 cm) y 'Triple 5 F_1', siendo este último de híbrido con la menor altura (22.02 cm). Situación similar se presenta para la altura total de planta, ya que si bien numéricamente 'PS1636', 'Dicaprio F_1' y 'Mozart F_1', también presentan los mayores valores, solo el último supera (P≤0.05) a los dos híbridos restantes, los cuales a su vez estadísticamente se comportan igual que 'PS1636' y 'Dicaprio F_1'.

En relación al número de bifurcaciones por planta, 'Dicaprio F_1' muestra el menor valor (P≤0.05), particularmente al contrastarlo con 'Viper F_1', 'Triple 5 F_1' y 'Mozart F_1', quienes lo superan con al menos dos bifurcaciones.

Cuadro 4. Comparación de medias del desarrollo de la planta de pimiento morrón por efecto de la variedad.

VARIEDAD	DT (cm)	ALTB (cm)	ALTT (cm)	NBIF
'Dicaprio F_1'	1.38 a[t]	31.29 a	71.39 ab	14.89 b
'Mozart F_1'	1.25 bc	29.45 ab	77.09 a	17.27 a
'Triple 5 F_1'	1.31 ab	22.02 c	67.59 b	17.23 a
'Viper F_1'	1.250 bc	27.120 b	68.550 b	16.818 a
'PS1636'	1.170 c	32.310 a	73.240 ab	16.275 ab
DMSH	0.1178	2.98	8.46	1.6086

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05); DT: diámetro de tallo; ALTB: altura a la primera bifurcación, ALTT: altura total de planta, NBIF: número de bifurcaciones; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

Desarrollo morfológico de la planta por efecto de la interacción variedad x intensidad luminosa

El diámetro de tallo no fue diferente significativamente (P≤0.05) en cada uno de los tratamientos (Figura 2). Estos resultados son congruentes con los reportados por Ayala *et al.* (2015) quienes, en pimiento morrón cultivado bajo distintas intensidades luminosas, no encontraron diferencia significativa en el diámetro del tallo.

La altura a la primera bifurcación no fue diferente estadísticamente (P≤0.05) en la interacción V x IL, no así la altura total, donde se observó que los tratamientos que presentaron mayor altura fueron los desarrollados bajo malla sombra, además entre las diferentes variedades también se observa una diferencia en la altura, lo que indica que los genotipos responden de manera diferente a la intensidad luminosa. El alargamiento de las plantas cultivadas bajo sombra, se da debido a que la malla incrementa la proporción de luz roja lejana, respecto de la luz roja o azul, la luz roja lejana induce la conversión de la forma inactiva a activa de las giberelinas, hormonas responsables de la elongación celular (Ayala *et al.,* 2015).

En cuanto al número de bifurcaciones, se observa una tendencia a aumentar mientras el cultivo se desarrolla sin sombreado, probablemente porque las plantas bajo condiciones de alta radiación solar tienden a desarrollar puntos de crecimiento extra (García *et al.,* 2017).

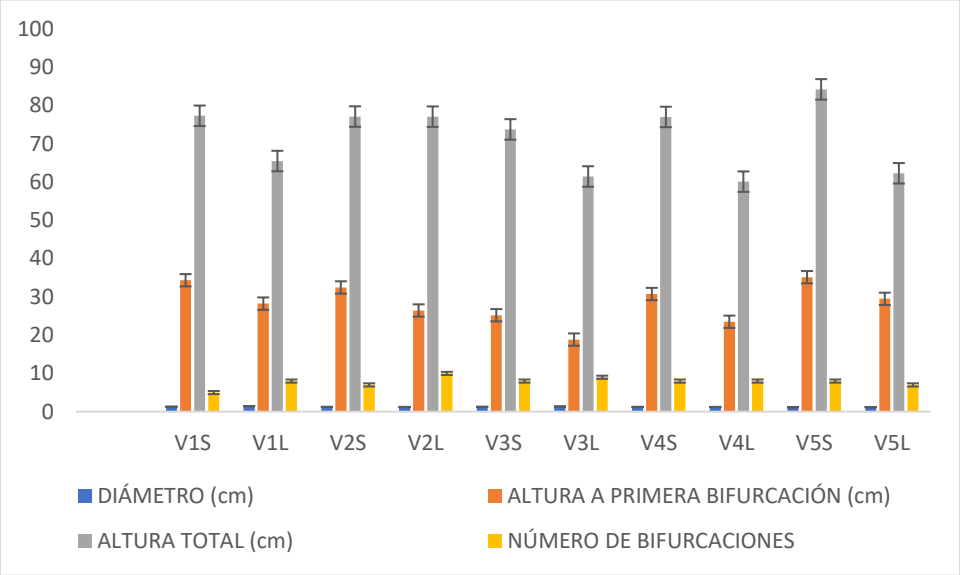


Figura 2. Valores medios de diámetro, altura a la primera bifurcación, altura total y número de bifurcaciones de las plantas de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosasV1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Características fisicoquímicas del fruto

Los resultados del análisis de varianza muestran que la mayoría de las propiedades fisicoquímicas del pimiento morrón fueron afectadas por cada uno de los factores de variación principales involucrados en el experimento, así como por sus respectivas interacciones salvo algunos casos, como el de la intensidad luminosa (IL) que no afectó el peso de fruto, vitamina C, acidez titulable, así como el contenido de clorofila a, el croma y el Hue, mientras que variedades (V) y días a cosecha (dda) solo no influyeron en la acidez titulable. Finalmente, el manejo poscosecha (P) promovió cambios en todas las características excepto en los valores L y croma del color de fruto.

En el análisis de las dobles interacciones, es importante destacar que el contenido de Vitamina C, Acidez titulable y Carotenoides fueron afectados significativamente (P≤0.05) en todos los casos, en donde, además, los Sólidos Solubles totales solo se comportan de diferente forma en la interacción Variedad por días a cosecha (VAR*dda). Los resultados para peso de fruto solo muestran efecto significativo en las interacciones IL*dda y V*dda, no así en firmeza de fruto en donde, exceptuando IL*V e IL*P, las dobles interacciones restantes mostraron un efecto significativo en dicha variable. Por otra parte, con respecto a las variables relacionadas con el color de fruto, en la mayoría de los casos hubo diferencias significativas, siendo la clorofila a, la menos afectada, lo que lleva a concluir que la intensidad luminosa, la variedad, la oportunidad de cosecha y el grado de madurez, afectan en mayor medida al color de fruto. Finalmente, la interacción de los cuatro factores principales de variación, tuvieron un efecto estadístico (P≤0.05) en todas las características, exceptuando la firmeza de fruto y los Sólidos Solubles titulables.

Los resultados de coeficiente de variación para todas las variables están en un rango de 5.53 a 25.65 %, lo que indica que los resultados obtenidos tienen una buena confiabilidad como lo han declarado muchos investigadores, quienes establecen que valores de CV menores a 25 %, denotan un buen manejo experimental (Cuadro 6).

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza para doce parámetros de calidad del fruto evaluados en pimiento morrón.

FV	GL	PF	F	Vit C	AT	SST	CR
IL	1	1290.02	0.57*	268144.39*	0.02	1.08	2.85*
V	4	19979.24*	0.74*	393963.64*	1.31*	7.34*	25.44*
dda	4	5840.34*	18.34*	172946.27*	7.07*	60.92*	69.78*
P	1	143563.43*	122.62*	488283.43*	5.58*	44.85*	10.68*
IL*V	4	681.65	0.18	10587.38*	0.13	0.89	3.57*
IL*dda	4	1877.85*	0.55*	29649.80*	0.26*	0.04	1.80*
IL*P	1	2350.32	0.33	33172.49*	0.33*	1.08	3.74*
V*dda	16	2918.81*	0.24*	18737.15*	0.26*	2.66*	8.58*
V*P	4	539.28	0.47*	82935.13*	0.25*	1.26	1.17*
P*dda	4	815.7	7.05*	59392.95*	0.29*	0.81	6.94*
IL*V*dda*P	56	855.39*	0.11	24731.13*	0.18*	0.91	2.94*
CV		18.11	17.2	6.42	7.25	14.94	10.05
		CLOROFILA			L	Croma	Hue
		a	b	t			
IL	1	0.007	0.12*	0.07*	215.96*	0.57	237.38
V	4	14.83*	3.82*	33.68*	1720.97*	1177.07*	3624.70*
dda	4	62.92*	13.46*	134.61*	207.45*	462.93*	85311.57*
P	1	40.17*	9.67*	89.41*	6.08	19.36	38790.80*
IL*V	4	0.26	0.10*	0.42*	104.85*	818.63*	38790.75*
IL*dda	4	0.03	0.10*	0.20*	218.38*	236.11*	763.05
IL*P	1	0.42	0. 0065	0.42*	256.05*	115.35	1877.96*
V*dda	16	5.71*	1.28*	12.38*	226.63*	961.87*	4110.73*
V*P	4	0.28	0.08*	0.65*	63.42*	935.08*	9619.02*
P*dda	4	15.70*	3.63*	34.40*	44.33*	280.20*	8234.21*
IL**dda*P	56	1.57*	0.48*	3.71*	91.81*	861.41*	4780.40*
CV		15.56	23.67	12.04	5.53	6.23	25.65

*Significativo a P≤0.05; FV: fuentes de variación; IL :Intensidad luminosa; V: variedad; dda: días después de antesis; P: poscosecha; GL: grados de libertad; PF: peso fresco; F: firmeza; Vit C: Vitamina A; AT: acidez titulable; SST: sólidos solubles totales; a: clorofila a; b: clorofila b; t: clorofila total; CR: carotenoides; L: luminosidad; Hue: ángulo de tono; croma: pureza de color; CV: coeficiente de variación.

Características fisicoquímicas del fruto en relación a la variedad

Peso

Los frutos con mayor peso fueron registrados en los híbridos 'Mozart F_1' (139.64 g), 'Viper F_1' (140.58 g) y 'Dicaprio F_1' (150.51 g), de los cuales éste último superó (P≤0.05) a 'Triple 5 F_1' y particularmente a 'PS1636', el cual mostró el menor peso, es decir casi 48 gramos menos que el mejor ('Dicaprio F_1'), por lo que también fue superado estadísticamente por los híbridos restantes (Cuadro 7).

Cuadro 6. Comparación de medias de 12 características fisicoquímicas de frutos en relación a la variedad.

VAR	PF (g)	F (kgf)	Vit C (mg ácido ascórbico ·100 g^{-1})	AT (% ácido cítrico)		SST (°Brix)	CR (µg·100 g^{-1})
				DR	DT		
'Dicaprio F_1'	150.51a[t]	1.79bc	616.49 c	0.19	2.51 c	5.67 c	2.08 e
'Mozart F_1'	139.64ab	1.86abc	750.17 a	0.22	2.70 b	6.60 a	2.48 d
'Triple 5 F_1'	129.20 b	2.00 a	547.07 e	0.24	2.81 a	6.06bc	3.77 a
'Viper F_1'	140.58ab	1.91ab	590.03 d	0.25	2.87 a	5.95 bc	2.93 c
'PS1636'	102.82 c	1.71 c	689.51 b	0.24	2.85 a	6.30ab	3.18 b
DMSH	12.07	0.16	20.63		0.1	0.45	0.14
	Clorofila (µg·100 g^{-1})			L	Croma	Hue	
	a	b	t				
'Dicaprio F_1'	0.35 d	0.17 d	0.52 d	36.76 a	45.43 a	63.78 c	
'Mozart F_1'	0.47 c	0.24 c	0.71 c	34.18 b	45.67 a	68.74 bc	
'Triple 5 F_1'	0.35 d	0.20 cd	0.56 d	25.07 d	36.61 c	60.28 c	
'Viper F_1'	0.70 b	0.38 b	1.08 b	28.13 c	37.12 c	79.66 a	
'PS1636'	1.53 a	0.78 a	2.32 a	25.13 d	43.10 b	74.01 ab	
DMSH	0.05	0.04	0.06	0.83	1.3	8.93	

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05); VAR: variedades; PF: peso fresco; F: firmeza; Vit C: Vitamina C; AT: acidez titulable; SST: sólidos solubles totales; a: clorofila a; b: clorofila b; t: clorofila total; CR: carotenoides; L: luminosidad; Hue: ángulo de tono; Croma: pureza de color; ; DR: datos reales, DT: datos transformados; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

El peso de los frutos tipo blocky de esta investigación es parecido al obtenido por Figueroa *et al.* (2015), quienes reportaron valores de 116 a 170 g en frutos 'Triple 5

F_1' y 'Viper F_1', respectivamente. En cuanto al peso cuantificado en frutos de 'PS1636', el resultado se atribuye a la diferencia de la forma del fruto (lamuyo). Bajo estas circunstancias, es evidente que las diferencias de peso en los genotipos evaluados se pueden atribuir a la composición genética de cada uno y al ambiente bajo el cual se desarrollaron, ya que el componente varietal tiene mucha influencia sobre la velocidad de crecimiento, el tamaño final y la forma del fruto (Méndez *et al.*, 2004).

Firmeza

Los híbridos con mayor firmeza fueron 'Mozart F_1', 'Viper F_1' y 'Triple 5 F_1', de los cuales solo el último superó (P≤0.05) a los genotipos restantes, 'Dicaprio F_1' y 'PS1636', en 10.5 y 14.5 %, respectivamente (Cuadro 7). Dicha variación en la firmeza puede deberse a la diferencia en la estructura y composición de la cutícula de los frutos, ya que la cutícula tiene una serie de funciones biológicas que podrían tener impacto en la firmeza del fruto, tales como, la capacidad de mantener la integridad de la piel de la fruta y la restricción a la transpiración cuticular (Gapper *et al.,* 2013). Los resultados de este experimento son similares a los encontrados por Figueroa *et al.* (2015), quienes para frutos de distintos híbridos reportan valores de entre 12.54 y 24.63 N, lo que equivale a 1.28 y 2.51 kgf, respectivamente.

Vitamina C

Los frutos de 'Mozart F_1' presentaron la mayor concentración de vitamina C con 750.17 mg ácido ascórbico 100 g^{-1} (Cuadro 7), mientras que 'Viper F_1' registró el dato más bajo, es decir 160.14 mg ácido ascórbico·100 g^{-1} menos que el mejor de las variedades; asimismo, cabe destacar que entre todos los genotipos hubo diferencias estadísticas (P≤0.05), por lo que esta variable podría utilizarse como un sello característico para distinguir entre variedades, tal y como lo han declarado Bae *et al.* (2014), quienes en diferentes estudios indicaron que la concentración de vitamina C depende del cultivar, lo cual posteriormente se verificó en un estudio realizado por Figueroa *et al.* (2015) con variedades amarillas, anaranjadas y rojas, donde se reportaron valores máximos de 355.5 mg ácido ascórbico, esto es 43.16 % menos de ácido que el reportado en el híbrido de menor calidad de este estudio.

Acidez titulable

Entre los híbridos 'Viper F_1', PS1636' y 'Triple 5 F_1' no hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) (Cuadro 7) respecto al porcentaje de acidez titulable expresado como porcentaje de ácido cítrico; en dichos híbridos se obtuvieron 0.25, 0.24 y 0.23 % de ácido cítrico, respectivamente; en el híbrido 'Mozart F_1' se encontró un 0.22 % y la menor concentración se obtuvo de 'Dicaprio F_1' con una concentración del 0.19 %. Al respecto Ghasemnezhad *et al.* (2011) indican que existen variaciones en el contenido de acidez titulable entre los cultivares de pimiento morrón de diferentes colores.

Sólidos Solubles Totales

Se encontraron diferencias significativas entre los genotipos estudiados para el contenido de ºBrix (Cuadro 7), siendo 'Mozart F_1' (naranja) y 'PS1636' (rojo) los de mayor valor, con 6.60 y 6.30 ºBrix, respectivamente, al mismo tiempo que 'Dicaprio F_1' (amarillo) presentó el resultado más bajo. Cabe mencionar que los frutos rojos tuvieron el mismo comportamiento ($P \leq 0.05$), por lo que este podría ser un indicador de la preferencia por los consumidores; estos datos son similares a los reportados por Chávez *et al.* (2015) en cuanto a contenido de sólidos solubles, quienes obtuvieron valores de 6.5 a 6.9 ºBrix en frutos rojos y amarillos cultivados bajo malla sombra. A pesar de que se reportan valores bajos de ºBrix en este estudio, la tendencia de dicha variable en función del color es similar a la obtenida por otros autores (Tadesse *et al.,* 2002; Navarro *et al*., 2006; Figueroa *et al*., 2015), quienes en frutos de color rojo han reportado contenidos de sólidos solubles de 8 a 9.5 ºBrix, mayores a los amarillos. En este contexto, la concentración de sólidos solubles totales, expresados en ºBrix, difiere en cada híbrido debido a que el contenido de azúcares depende de la especie, el estado de nutrición, la cantidad de frutos y el estado de desarrollo (Méndez *et al*., 2004). En esta investigación, el híbrido con mayor cantidad de sólidos solubles totales fue 'Mozart F_1', resultado que puede deberse a que en este híbrido hubo una mayor traslocación de sacarosa, producto de la fotosíntesis, desde las hojas hacia los frutos durante el periodo precosecha y

por una mayor acumulación de azúcares sencillos originados por hidrólisis a partir de polímeros de reserva de cadena larga.

Carotenoides

La mayor concentración de carotenoides se obtuvo en 'Triple 5 F_1' con 3.77 µg·100 g^{-1}, superando al resto de los genotipos, los cuales entre sí mostraron comportamiento diferencial (P≤0.05), lo que hace suponer que no solo el color de fruto puede ser un factor influyente en los carotenoides, a pesar de que 'Dicaprio F_1', la única variedad de fruto amarillo, expresó el menor resultado (2.07 µg·100 g^{-1}) de este parámetro. La concentración de carotenoides en tejidos vegetales depende de la intensidad luminosa bajo la cual se desarrolle el cultivo (Jhonson *et al*., 1993), el grado de madurez (Méndez *at al.,* 2004) el genotipo y el color del fruto.

Clorofila

La mayor concentración de clorofila a, b y t se obtuvo en 'PS1636' con un valores de 1.53, 0.78 y 2.32 µg·100 g^{-1}, respectivamente, el cual superó (P≤0.05) a los demás genotipos en las tres variables; asimismo, los híbridos 'Triple 5 F_1' y 'Dicaprio F_1' reportan los resultados más bajos en todos los tipos de clorofila, al mismo tiempo que 'Viper F_1' y 'Mozart F_1' muestras valores intermedios. Estos resultados contraponen parcialmente a los encontrados por Figueroa *et al*. (2015) quienes reportan que, en frutos rojos, la concentración de clorofila es mayor respecto a los frutos naranjas y amarillos, lo que hace suponer que además del color de fruto, debe existir otro factor que influya en la acumulación de clorofila (Cuadro 7).

Luminosidad (L)

El color de fruto fue determinante en los valores del parámetro L debido a que 'Dicaprio F_1' (fruto amarillo) y 'Mozart F_1' (fruto anaranjado) tuvieron mayores valores (P≤0.05) que los genotipo de fruto color rojo, patrón que también fue observado por Sánchez *et al*. (2015), no obstante de que las variedades evaluadas por dichos investigadores reportaron valores de L de 55 a 56 en frutos amarillos, mientras que para frutos rojos encontraron valores de 40 a 42, es decir parámetros numéricamente mayores a los encontrados en el presente estudio.

Pureza de color (Croma)

La tendencia de los valores de croma son similares a los de L, debido a que los resultados obtenidos indican que los frutos con mayor pureza de color (P≤0.05) son los amarillos (‘Dicaprio F_1’) y naranja (‘Mozart F_1’), mientras que los frutos de coloración roja (‘PS1636’, ‘Viper F_1’ y ‘Triple 5 F_1’) presentaron menor pureza; dicha tendencia de pureza de color coincide con lo reportado por Sánchez *et al.* (2015), quienes también encontraron mayor pureza en frutos amarillos que en rojos, en donde las diferencias entre éstos tres últimos puede ser debida a otros factores propios de cada genotipo y su respuesta al manejo.

Ángulo de tono (Hue)

El mayor valor de Hue se encontró en ‘Viper F_1’ y ‘PS1636’, con resultados de 79.66 y 74.01, respectivamente, al mismo tiempo que ‘Mozart F_1’ y ‘Dicaprio F_1’, híbridos con frutos naranja y amarillos, tienden a presentar los valores más bajos, por lo que la diferencia en esta variable se debe a la naturaleza del color del fruto de cada variedad (Espinosa *et al.,* 2010; Sánchez *et al.,* 2015).

Características fisicoquímicas del fruto en relación al tiempo de cosecha (dda)

Peso

El mayor peso se obtuvo de frutos con corte a 95 dda con un peso de 146.45 g, sin embargo, este peso no fue superado por frutos cosechados a 110 dda y 80 dda donde se obtuvieron pesos de 135.27 y 134.94 g, respectivamente, a su vez estos últimos no resultaron ser diferentes a los frutos cosechados a los 65 dda donde se obtuvo un promedio por fruto de 124.57 g, el menor peso se obtuvo de frutos cosechados a 50 dda con 121.62 g (Cuadro 8). Al respecto, Navarro *et al.* (2006) indican que esta característica varia con su estado de madurez, si el fruto se cosecha en estado inmaduro tendrá un menor tamaño y un menor peso, sin embargo, si la cosecha se realiza con una madurez más avanzada, el peso será mayor. Es decir, el peso del fruto depende del estado de madurez al momento de la cosecha. Por otro lado, de acuerdo a la definición de madurez fisiológica de los

frutos, dada por Dos Santos *et al.* (2015), en donde se indica que dicha madurez se alcanza cuando se ha logrado un estado de desarrollo donde el número de células se mantienen relativamente constante, lo que se traduce a un máximo tamaño; se concluye que en este experimento, los frutos alcanzaron su madurez fisiológica a los 95 dda, por lo que se sugiere que la cosecha deberá realizarse en esta etapa de desarrollo.

Cuadro 7. Comparación de medias de siete características fisicoquímicas de frutos en cinco etapas de desarrollo después de antesis (DDA).

C	P (g)	F (kgf)	Vit C (mg ácido ascórbico·100 g^{-1})	AT (% ácido cítrico)		SST (°Brix)	CR (µg·100 g^{-1})
				DR	DT		
50 dda	121.62 c	2.48 a	548.28 c	0.14	2.14 c	4.44 c	1.46 e
65 dda	124.57 bc	2.20 b	631.61 b	0.23	2.78 b	6.15 b	2.41 d
80 dda	134.94 ab	1.98 c	661.34 a	0.25	2.91 a	6.84 a	2.97 c
95 dda	146.45 a	1.52 d	677.49 a	0.25	2.91 a	6.96 a	3.22 b
110 dda	135.27 ab	1.09 e	674.57 a	0.26	2.98 a	6.20 b	4.39 a
DMSH	12.07	0.16	20.63		0.1	0.45	0.14
	Clorofila (µg·100 g^{-1})			L	Croma	Hue	
	a	b	t				
50 dda	2.40 a	1.14 a	3.55 a	32.73 a	38.35 e	135.04 a	
65 dda	0.87 b	0.45 b	1.33 b	30.53 b	45.45 a	67.13 b	
80 dda	0.05 c	0.05 c	0.10 c	28.26 d	39.79 d	48.76 c	
95 dda	0.05 c	0.06 c	0.12 c	29.42 c	41.28 c	45.25 c	
110 dda	0.04 c	0.06 c	0.10 c	28.32 d	43.06 b	50.29 c	
DMSH	0.05	0.04	0.06	0.83	1.3	8.93	

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; C: cosecha; PF: peso fresco; F: firmeza; Vit C: Vitamina C; AT: acidez titulable; SST: Sólidos Solubles Totales; a: clorofila a; b: clorofila b; t: clorofila total; CR: carotenoides; L: luminosidad; Hue: ángulo de tono; croma: pureza de color; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Firmeza

La firmeza de fruto fue estadísticamente diferente (P≤0.05) entre cada una de las épocas de cosecha (Cuadro 8), de modo que la mayor firmeza, 2.48 kgf, se registró en el primer corte (50 dda), y a medida que avanzó la madurez, los valores de

firmeza disminuyeron, teniendo el valor más bajo a los 110 dda (1.09 kgf). Este comportamiento es el resultado del deterioro al que todos los organismos vivos se someten (Gapper *et al*., 2013), es decir que en el presente estudio esta característica depende principalmente del estado de madurez en que se realice la cosecha, pues a medida que el fruto madura, la consistencia disminuye (Rapuj *et al.,* 1998). Esto se explica porque cuando los frutos se cosechan en grados tempranos de maduración, la actividad enzimática que desnaturaliza los compuestos que les confieren rigidez a los frutos, como los polisacáridos de hemicelulosa, es menor que en aquellos frutos cosechados en estados tardíos de desarrollo Mendoza *et al*. (2018).

Vitamina C

El mayor contenido de vitamina C se obtuvo en frutos cosechados a partir de los 80 dda, donde se reportan valores entre 631.61 y 677.49 mg ácido ascórbico·100 g^{-1}, por lo que, en frutos inmaduros, particularmente a los 50 dda, se registró 568.28 mg ácido ascórbico ·100 g^{-1}, que representa el promedio más bajo del estudio (Cuadro 8). Estos datos indican que a medida que el fruto maduró la concentración de vitamina C permaneció sin cambios significativos, tal y como lo reportaron Howard *et al.* (2000), quienes indicaron que en cultivares de pimiento el contenido de vitamina C aumenta o permanece constante a medida que el fruto madura. Los resultados obtenidos en este experimento también son consistentes con los reportados por Navarro *et al.* (2006), Fuentes *et al*. (2010), Bae *et al.* (2014) y Rahman *et al.* (2014), quienes indican que la concentración de ácido ascórbico es menor en frutos verdes que en frutos con cambio de color. En este contexto, con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda realizar la cosecha a partir de los 80 y a hasta los 110 dda, para obtener frutos con alto contenido de vitamina C.

Acidez Titulable

Referente a la AT (porcentaje de ácido cítrico), este fue mayor en los cortes realizados a los 110 (0.26 %), 95 (0.25 %) y 80 (0.25 %) dda, sin encontrarse diferencia significativa; en los frutos cosechados a los 65 dda, se obtuvo 0.23 % de

ácido cítrico en tanto que los cosechados a 50 dda fue de 0.14 %, encontrándose diferencia significativa (P≤0.05) entre estos últimos (Cuadro 8). El porcentaje de acidez titulable aumentó conforme aumentaron los dda. Este comportamiento se debe a que durante el proceso de maduración existe un aumento de reacciones metabólicas y un aumento en la concentración de ácidos orgánicos que intervienen en el ciclo de Krebs (Ghasemnezhad *et al.*, 2011). Valores altos de AT, representan una ventaja, por causar menor deterioro del fruto, por los resultados obtenidos en el presente estudio, se sugiere realizar la cosecha a partir de los 80 dda.

Sólidos Solubles Totales

La mayor concentración de sólidos solubles se obtuvo en los cortes a los 95 y 80 dda, con valores de 6.96 y 6.86 ºBrix, respectivamente (P≤0.05); una menor concentración de sólidos solubles se obtuvo en frutos cosechados a 110 y 65 dda con 6.20 y 6,15 ºBrix, quienes entres si no presentaron diferencias estadísticas; finalmente, el corte a los 50 dda fue donde se obtuvo la menor (P≤0.05) concentración de sólidos solubles en los frutos con 4.44 ºBrix (Cuadro 8). Los resultados obtenidos indican que desde los 50 y hasta los 80 a 95 dda hay un aumento en la concentración de sólidos solubles, y a partir de los 95 dda la concentración disminuye. El primer incremento puede deberse a una acumulación de almidón que da origen a azúcares, por la actividad de las enzimas α-amilasa, β-amilasa y almidón fosforilasa, la concentración de azúcares posteriormente disminuye debido a que dichos azúcares pasan a ser sustrato respiratorio y además su síntesis disminuye (Ghasemnezhad *et al.*, 2011), lo que explicaría la disminución de los grados brix en el último corte. Los resultados obtenidos en esta investigación oscilan entre los 4.44 y 6.20 ºBrix, valores menores a los obtenidos por Tadesse *et al.* (2002), Navarro *et al*. (2006) y Figueroa *et al*. (2015), quienes reportan para frutos rojos en estado de madurez comercial, datos de entre 8 y 9.5 ºBrix. Por lo anterior, se deduce, que la mejor etapa para obtener frutos con más sólidos solubles es de los 80 a los 95 dda.

Clorofila y carotenoides

El contenido de clorofila a tuvo un comportamiento descendente conforme aumentaron los dda; su mayor concentración se obtuvo en frutos cosechados a 50 dda con 2.40 µg·100 g^{-1}, seguido de frutos cosechados a 65 dda, donde la concentración del pigmento disminuyó a 0.87 µg·100 g^{-1}, de los 80 a los 110 dda los valores oscilaron de 0.04 a 0.05 µg·100 g^{-1} y no hubo diferencia significativa (P≤0.05) entre ellos. El comportamiento de la clorofila b entre los dda fue similar al de la clorofila a, aunque con valores menores. La mayor concentración (P≤0.05) de clorofila b se obtuvo en frutos cosechados a 50 dda (1.14 µg·100 g^{-1} y a partir de los 80 la concentración fue de 0.05 a 0.06 µg·100 g^{-1}, sin diferencia estadística entre los últimos tres cortes (Cuadro 8).

En cuanto a la concentración de clorofila total, por ser la suma de la concentración de clorofila a y clorofila b, la tendencia de la concentración en el fruto fue la misma, es decir a los 50 dda se obtuvo la mayor concentración de clorofila total (P≤0.05) con 3.55 µg·100 g^{-1}, que disminuyó a 1.33 µg·100 g^{-1} a los 65 dda; a partir de los 80 dda se encontraron valores entre 0.10 y 0.12 µg·100 g^{-1} sin haber diferencia significativa de los 80 a los 110 dda (Cuadro 8).

Por otro lado, la concentración de carotenoides fue diferente (P≤0.05) entre todos los muestreos, y los valores fueron mayores conforme aumentaron los dda, tal como lo indican Howard *at al.* (2000). De este modo la menor concentración fue 1.46 µg·100 g^{-1} obtenida en frutos cosechados a 50 dda, mientras que la mayor concentración se reportó en frutos cosechados a 110 dda con 4.39 µg·100 g^{-1} (Cuadro 8). El comportamiento de la concentración de clorofila fue inverso al comportamiento de la concentración de carotenoides, es decir conforme el fruto madura fisiológicamente, la cantidad de clorofila disminuye, mientras que la de carotenoides aumenta. Esta respuesta se debe a que, en frutos inmaduros fisiológicamente, los plastidios contenidos en las células del mesocarpio, usualmente contienen clorofila; conforme el fruto va alcanzando la madurez, la clorofila se degrada debido al cambio de pH ocasionado por los ácidos orgánicos de la vacuola, los sistemas oxidativos y las clorofilazas. Durante este proceso los cloroplastos se transforman en cromoplastos que contienen a los carotenoides, los

cuales son responsables del cambio de color (Méndez *at al.* 2004). Los resultados en este sentido, indican que los frutos inician su cambio de color a los 65 dda.

Luminosidad (L)

La luminosidad tuvo el mayor (P≤0.05) valor en frutos cosechados a 50 dda (32.73), parámetro que disminuye a medida que el fruto es maduro y envejece, de modo que a los 65 dda se registró 30.53, y a los 80 (28.26) y 110 (28.32) dda los resultados estadísticamente más bajos (Cuadro 8). Valores altos de L indican frutos más brillantes (Minolta, 2007). El brillo es la luz reflejada por los frutos y se da por la presencia de ceras en la cutícula del mismo (Abbott, 1999), en frutos inmaduros la cantidad de ácidos grasos, uno de los principales componentes químicos de las ceras (Kunst y Samuels, 2009), es más abundante que en frutos maduros, por lo que la diminución de luminosidad conforme la maduración del fruto es debida a la disminución de los ácidos grasos de la cutícula.

Pureza de color (croma)

El croma, parámetro que indica la pureza o intensidad del color, tuvo diferencias significativas (P≤0.05) en cada una de las etapas de cosecha; el mayor valor se obtuvo en el corte a 65 dda, donde se registró un valor de 45.45, a 110 dda se obtuvo el segundo valor más alto con 43.06, en frutos con corte a 95 dda el valor fue de 41.28, a los 80 dda de 39.79 y el valor más bajo se obtuvo en frutos cortados a 50 dda (Cuadro 8). Las diferencias en cromaticidad pueden atribuirse al aumento en la concentración de carotenoides que generan el cambio de color (Ceballos y Vallejo, 2012)

Ángulo de tono (Hue)

El valor de Hue o ángulo de tono descendió conforme aumentaron los dda, por lo que el mayor valor (P≤0.05) se obtuvo en el primer corte a los 50 dda (135.04), y el valor disminuyó a 67.13 a los 65 dda; a partir de los 80 y hasta los 110 dda los valores fueron menores, sin embargo, hubo un comportamiento estadístico similar entre los últimos tres muestreos (Cuadro 8). Tomando en cuenta que una disminución en el valor de Hue indica una tendencia de cambio de color de verde a

rojo (Tadesse *et al.,* 2002) y considerando los resultados obtenidos del contenido de clorofila, carotenos y croma, se llega a la conclusión de que el fruto logró en este estudio, un cambio de color completo a los 65 dda, puesto que en esta etapa se observó una disminución en el contenido de clorofila y un aumento en la concentración de carotenoides, además en esta etapa se obtuvo el mayor porcentaje de pureza de color.

Características fisicoquímicas del fruto con relación a la condición de cultivo (IL)

Peso

El peso fresco por fruto, obtenido bajo invernadero sin acondicionamiento de malla, fue de 130.50 g mientras que el obtenido con malla sombra fue de 134.64 g (Cuadro 9), aunque bajo esta última condición hay una tendencia de mayor peso, esta diferencia no fue significativa (P≤0.05), sin embargo, en un estudio realizado por Ávila *et al.* (2016) en tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) se observó que el sombreado generado por la malla reduce el peso del fruto.

Firmeza

La firmeza del fruto fue 4.73 % menor (P≤0.05) en frutos cultivados sin sombra en comparación con los desarrollados bajo el sistema sombreado lo que indica que la disminución de la intensidad luminosa permitió el desarrollo de frutos con mayor turgencia y con una macroestructura más fuerte (Rodríguez y Morales, 2015), por lo que esta técnica puede ser utilizada para incrementar el valor agregado del producto, debido a que la firmeza de fruto es un indicador muy importante de calidad (López, 2003).

Cuadro 8. Comparación de medias de 12 características fisicoquímicas de frutos cultivados bajo dos intensidades luminosas.

IL	P (g)	F (kgf)	Vit C (mg ácido ascórbico·100 g^{-1})	AT (% ácido cítrico)		SST (°Brix)	CR (µg·100 g^{-1})
				DR	DT		
Luz	130.50 a	1.81 b	668.55 a	0.23	2.75 a	6.06 a	2.99 a
Sombra	134.64 a	1.90 a	608.76 b	0.22	2.74 a	6.18 a	2.79 b
DMSH	5.46	0.07	9.34		0.04	0.2	0.06
	Clorofila (µg·100 g^{-1})			L	Croma	Hue	
	a	b	t				
Luz	0.68 a	0.37 a	1.06 a	30.70 a	41.63 a	68.40 a	
Sombra	0.69 a	0.33 b	1.02 b	29.00 b	41.54 a	70.18 a	
DMSH	0.02	0.01	0.02	0.37	0.59	4.04	

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; IL: Intensidad luminosa; PF: peso fresco; F: firmeza; Vit C: Vitamina C; AT: acidez titulable; SST: sólidos solubles totales; a: clorofila a; b: clorofila b; t: clorofila total; CR: carotenoides; L: luminosidad; Hue: ángulo de tono; croma: pureza de color; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Vitamina C

El contenido de vitamina C tuvo diferencias significativas (P≤0.05) bajo cada condición de cultivo. Los frutos desarrollados bajo el área sin sombra, presentaron mayor concentración de vitamina C (668.55 mg ácido ascórbico·100 g^{-1}) respecto de los frutos cultivados bajo la influencia de la malla sombra, donde la concentración de vitamina C disminuyó a 608.76 mg ácido ascórbico·100 g^{-1} (Cuadro 9), lo que representa una reducción del 8.94 %. Los resultados en esta investigación indican que una disminución en la intensidad luminosa, generan una disminución también en el contenido de vitamina C en el fruto, del mismo modo que lo indicaron Howard *et al.* (2000) y Dumas *et al*. (2003). La síntesis de vitamina C, se deriva de los azucares de hexosa a través de tres diferentes rutas, siendo la de Smirnoff-Wheeler la ruta principal (Smirnoff, 2001), la hexosa es uno de los monosacáridos simples que se obtienen como resultado de la fotosíntesis, al haber una disminución en la RFA por efecto del sombreado, la eficiencia fotosintética disminuye y se ve afectada

la síntesis de hexosas, lo que puede explicar la reducción en la concentración de vitamina C bajo condiciones de baja intensidad luminosa.

Acidez Titulable

En relación al porcentaje de acidez titulable, este no se vio afectado (P≤0.05) por la modificación de la intensidad luminosa; numéricamente en la condición sin malla el porcentaje de ácido cítrico fue del 0.23 % y bajo la condición de malla sombra de 0.22 % (Cuadro 9). Estudios realizados por Ilić *et al.* (2014), en tomate (*Solanum lycopersicum* 'Vedeta'), a cielo abierto y bajo malla sombra reportan que los frutos desarrollados bajo un ambiente protegido tienen menos contenido de acidez, como resultado de una menor actividad fotosintética de la planta y, en consecuencia, una menor acumulación de carbohidratos en los frutos. Sin embargo, en este caso, el estudio se realizó bajo dos condiciones de intensidad luminosa, pero ambas influenciadas por la cubierta plástica del invernadero, razón por la cual, la diferencia pudo no ser significativa entre cada condición

Sólidos Solubles Totales

Los resultados del contenido de sólidos solubles totales en los frutos, no mostraron diferencia significativa (P≤0.05) bajo ninguna de las dos condiciones de intensidad luminosa, obteniéndose 6.18 ºBrix bajo la influencia de la malla y 6.06 ºBrix bajo la condición sin malla (Cuadro 9). Estos resultados coinciden con los reportados por Ilić *et al.* (2014) y Márquez-Quiroz *et al*. (2014) quienes indican que el uso de malla sombra no afecta el contenido de sólidos solubles en el fruto.

Clorofila

La diferencia de luminosidad no generó un cambio estadísticamente significativo en la concentración de clorofila a de los frutos, no así para la clorofila b, donde la mayor concentración (P≤0.05) se observó en frutos que recibieron más iluminación durante su desarrollo; los valores encontrados fueron, para la primera condición 0.37 µg·100 g^{-1} y 0.33 µg·100 g^{-1} para la segunda condición resultando significativamente diferentes (P≤0.05). El mismo comportamiento de la clorofila b se observó respecto a la concentración de clorofila total, de modo que, sin malla se obtuvo una

concentración de 1.06 µg·100 g^{-1}, mientras que bajo la malla dicho pigmento disminuyó a 1.02 µg·100 g^{-1}, lo que se traduce a una reducción del 3.77 % (Cuadro 9). Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la disminución de intensidad luminosa, abatió la concentración del pigmento. Estudios realizados por Ilić *et al.* (2015) en el cultivo de tomate reportan que la malla sombra genera un mayor contenido de clorofila total, contrario a lo encontrado en este experimento. Por otro lado, estudios realizados por Casierra *et al*. (2019) reportaron que hojas de caléndula expuesta a altas intensidades lumínicas (cultivo a cielo abierto) presentan mayor contenido de clorofila, sin embargo, este aumento no es estadísticamente significativo respecto de la concentración encontrada en plantas cultivadas bajo malla sombra, debido a que las plantas que están expuestas a una intensidad luminosa determinada, se acondicionan a este factor, lo que puede explicar los resultados encontrados en este estudio.

Carotenoides

La condición de sombra en el invernadero generó una reducción (P≤0.05) en la concentración de carotenoides en el fruto. El uso de malla generó una concentración de 2.99 µg·100 g^{-1}, mientras que, con el área sombreada, la concentración fue de 2.79 µg·100 g^{-1} (Cuadro 9), lo que representa una disminución del 6.68 %. Estos resultados concuerdan con Jhonson *et al*. (1993) quienes indican que en condiciones de alta iluminación habrá una mayor síntesis de carotenos que de clorofilas, ya que actúan como agentes fotoprotectores limitando los efectos dañinos de una iluminación alta y protegen los tejidos del estrés oxidativo causado por los radicales libres altamente reactivos de oxígeno.

Luminosidad (L)

El uso de malla sombra disminuyó (P≤0.05) 5.53 % la luminosidad de los frutos. Los pimientos con mayor luminosidad (30.70) se obtuvieron del área sin sombra, en cambio cuando los frutos se desarrollaron bajo el sistema sombreado la luminosidad de estos disminuyo a 29.0, es decir, el color fue más oscuro (Cuadro 9). La malla sombra disminuye la intensidad luminosa que intercepta en el cultivo (Valera *et al.,* 2001), por otro lado, la luz reflejada por los frutos es lo que percibimos como

brillantez (Abbott. 1999), de tal modo que, al haber una reducción en la intensidad luminosa, la brillantez del fruto también se ve reducida, es por eso que los frutos cultivados sin malla tuvieron más brillo que aquellos cultivados bajo la malla sombra.

Pureza de color (croma) y ángulo de tono (Hue)

En cuanto a los valores de croma y Hue no se encontraron diferencias significativas (P≤0.05) entre cada una de las condiciones de cultivo (Cuadro 9), por lo que probablemente el cambio de intensidad luminosa dentro del invernadero, por poseer una capa adicional de plástico, generó un efecto adicional que no permitió ver de manera clara el efecto del sombreado sobre el color del fruto.

Características fisicoquímicas del fruto en relación a su poscosecha (P)

Peso

La poscosecha generó un cambio significativo (P≤0.05) en el peso del fruto, debido a que cuando se realizó la evaluación inmediatamente después del corte, se obtuvo 154.44 g por fruto (Cuadro 10), valor que se redujo a 110.69 g una vez pasados 10 días (P2), lo que representa una disminución de 28.32 % por almacenarlo. Esta reducción de peso se atribuye principalmente a la pérdida de agua por transpiración; una vez que se cosecha el fruto, éste continúa perdiendo agua hacia la atmosfera, al igual que lo hacía antes de la cosecha, por una diferencia de presión de vapor de agua en el interior y exterior del fruto, esta diferencia entre presiones provoca un desplazamiento de agua desde el protoplasma de las células a través de las membranas hasta la superficie del tejido de los vegetales (FAO, 1987); además, durante el almacenamiento la respiración de los vegetales genera un aumento en su temperatura superficial, trayendo como resultado pérdida de peso asociada a la generación de CO_2 (Orrego, 2001).

Firmeza

El almacenamiento en este estudio provocó una diminución (P≤0.05) en la firmeza del fruto del 51.40 %, ya que los frutos valorados en P1 presentaron mayor firmeza (2.49 kgf) que aquellos evaluados en P2 (1.21 kgf) (Cuadro 10). En la poscosecha la firmeza disminuye por una pérdida de agua (Fuentes *et al.*, 2010) que se da por

cambios en la cutícula del fruto (Gapper *et al.*, 2013); en este mismo sentido Dos Santos *et al.* (2015), indican que después de la cosecha hay un ablandamiento del fruto como resultado de la hidrólisis de varios componentes de la pared celular como la celulosa, hemicelulosa, pectina y proteínas (Pasayi *et al.*, 2009), dicha hidrólisis se produce por la acción de enzimas como las poligalacturonasas, α-arabinofuranosidasa, ramnogalacturonasa A, xiloglucano endotransglucosilasa, glicosidasas, mananasas, pectato liasas, pectina metil esterasas y expansinas (Gapper *et al.*, 2013).

Cuadro 9. Comparación de medias de 7 características fisicoquímicas de frutos con dos etapas poscosecha.

P	P	F	Vit C	AT		SST	CR
	(g)	(kgf)	(mg ácido ascórbico·100 g^{-1})	(% ácido cítrico)		(°Brix)	(µg·100 g^{-1})
				DR	DT		
P1	154.44 a	2.49 a	598.31 b	0.20	2.61 b	5.73 b	2.70 b
P2	110.69 b	1.21 b	679.00 a	0.25	2.88 a	6.50 a	3.08 a
DMSH	5.46	0.07	9.34		0.03	0.2	0.06
	Clorofila (µg·100 g^{-1})			L	Croma		Hue
	a	b	t				
P1	1.05 a	0.53 a	1.59 a	29.71 a	41.63 a		80.66 a
P2	0.32 b	0.17 b	0.49 b	29.99 a	41.54 a		57.92 b
DMSH	0.02	0.01	0.02	0.37	0.59		4.04

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; P: poscosecha; P1: frutos sin tiempo de almacenamiento, P2: frutos con almacenamiento por 10 días; PF: peso fresco; F: firmeza; Vit C: Vitamina C; AT: acidez titulable; SST: sólidos solubles totales; a: clorofila a; b: clorofila b; t: clorofila total; CR: carotenoides; L: luminosidad; Hue: ángulo de tono; croma: pureza de color; ; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Vitamina C

La concentración de vitamina C tuvo diferencia estadísticamente significativa (P≤0.05) entre cada uno de los tratamientos poscosecha. En P1 se obtuvo una concentración de 598.31 mg ácido ascórbico·100 g^{-1}, mientras que en P2, la

concentración aumentó a 679.0 mg ácido ascórbico·100 g^{-1} (Cuadro 10), cambio que equivale a un aumento del 11.88 %; al respecto Espinosa *et al.* (2010) en estudios con chile manzano también encontraron que la concentración de vitamina C aumenta 32 % durante el almacenamiento, lo que representa mayor valor nutricional. En este sentido, Bae *et al.* (2014) indican que los niveles altos de ácido ascórbico en los frutos pueden deberse a una reducción específica del cultivar en la capacidad de reciclaje o la tasa de descomposición del ácido ascórbico en frutas completamente maduras.

Acidez Titulable

La mayor acidez titulable (% de ácido cítrico) fue de 0.25 % y se obtuvo de P2, mientras que en P1 el valor obtenido fue de 0.20 %, lo que implica que en frutos almacenados el porcentaje de acidez es 20 % más alto. En estudios realizados en uchuva, se encontró que durante los primeros seis días de almacenamiento el porcentaje de acidez titulable aumenta considerablemente para posteriormente disminuir, indicando una maduración lenta del producto (Novoa *et al.,* 2006)

Sólidos Solubles Totales

La concentración de solidos solubles totales (SST) aumentó 11.84 % cuando el fruto se almacenó por 10 días; en P1 el contenido de SST fue de 5.73 ºBrix y en P2 aumentó a 6.50 ºBrix, resultado que puede deberse a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares (Dayron *et al.,* 2006).

Clorofila y Carotenoides

La concentración de los tres tipos de clorofila fue diferente (P≤0.05) en cada etapa poscosecha. La mayor concentración tanto de clorofila a (1.05 µg·100 g^{-1}), clorofila b (0.53 µg·100 g^{-1}) y clorofila total (1.59 µg·100 g^{-1}) se obtuvo en frutos con P1, mientras que en frutos con P2 dicha concentración disminuyó a 0.32, 0.17 y 1.59 µg·100 g^{-1}, respectivamente (Cuadro 10). Los datos referentes a la concentración de carotenoides en el fruto, mostraron diferencia estadísticamente significativa (P≤0.05) en cada etapa poscosecha. En P1 la concentración fue de 2.70 µg·100 g^{-1} y en P2 aumentó a 3.08 µg·100 g^{-1} (Cuadro 10). Los resultados obtenidos indican

que, durante el periodo de almacenamiento, se genera un aumento de estos pigmentos del 9.41 %. El comportamiento de los pigmentos se explica debido a que después de la cosecha, los pimientos, a pesar de ser frutos no climatéricos, muestran algunas respuestas típicas al etileno como el cambio de coloración de verde amarillo o anaranjado (Dos Santos *et al.,* 2015).

Luminosidad (L), Pureza de color (Croma) y ángulo de tono (Hue)

En los valores de luminosidad (L) y pureza de color (croma), no se encontraron diferencias significativas (P≤0.05) entre las etapas poscosecha. Los valores encontrados para L fueron 29.71 en frutos con P1 y 29.99 en frutos con P2, inferiores a los reportados por Fuentes *et al.* (2010), quienes para pimiento morrón reportan valores de 37.8 a 41.5. Por otro lado, los valores de croma fueron 41.63 en frutos con P1 y 41.54 en frutos P2 (Cuadro 10). Finalmente, se observó que durante el almacenamiento disminuyó (P≤0.05) el tono (Hue) de los frutos encontrado en P1 tuvieron un valor de 80.66 y en P2 57.92 (Cuadro 10); tomando en cuenta que el Hue es un indicador del cambio de color de verde a rojo o amarillo (Mc Guire.,1992; Minolta, 2007), los valores encontrados indican una tendencia hacia el color rojo, la cual se debe a que durante el almacenamiento hay actividad de clorofilasas que inducen a un cambio de color y hay un cambio de cloroplastos a cromoplastos durante el proceso de maduración, que conllevan a una mayor síntesis de carotenoides responsables de la coloración roja (Espinosa *et al.,* 2010).

Características fisicoquímicas de fruto en la interacción variedad x intensidad luminosa a diferentes dda y dos tiempos poscosecha

De acuerdo con el análisis de varianza, la interacción variedad por intensidad luminosa fue significativa para las variables vitamina C, carotenoides, clorofila b, clorofila total, luminosidad (L), croma y Hue.

Peso

El peso del fruto en la interacción variedad por intensidad luminosa (V x IL) no generó cambios significativos (Cuadro 6), no obstante, dicha variable tiende a

aumentar conforme el fruto fue más maduro, obteniéndose numéricamente los frutos más pesados a 90 dda, tanto en frutos evaluados al momento del corte (P1) como en los evaluados diez después (P2); de P1 a P2 se observa numéricamente una pérdida de 28.32 % de peso. Finalmente, se observa diferencia entre variedades (Figura 3). El peso del fruto depende del estado de madurez al momento de la cosecha (Navarro *et al.,* 2006) y del genotipo (Méndez *et al.*, 2004).

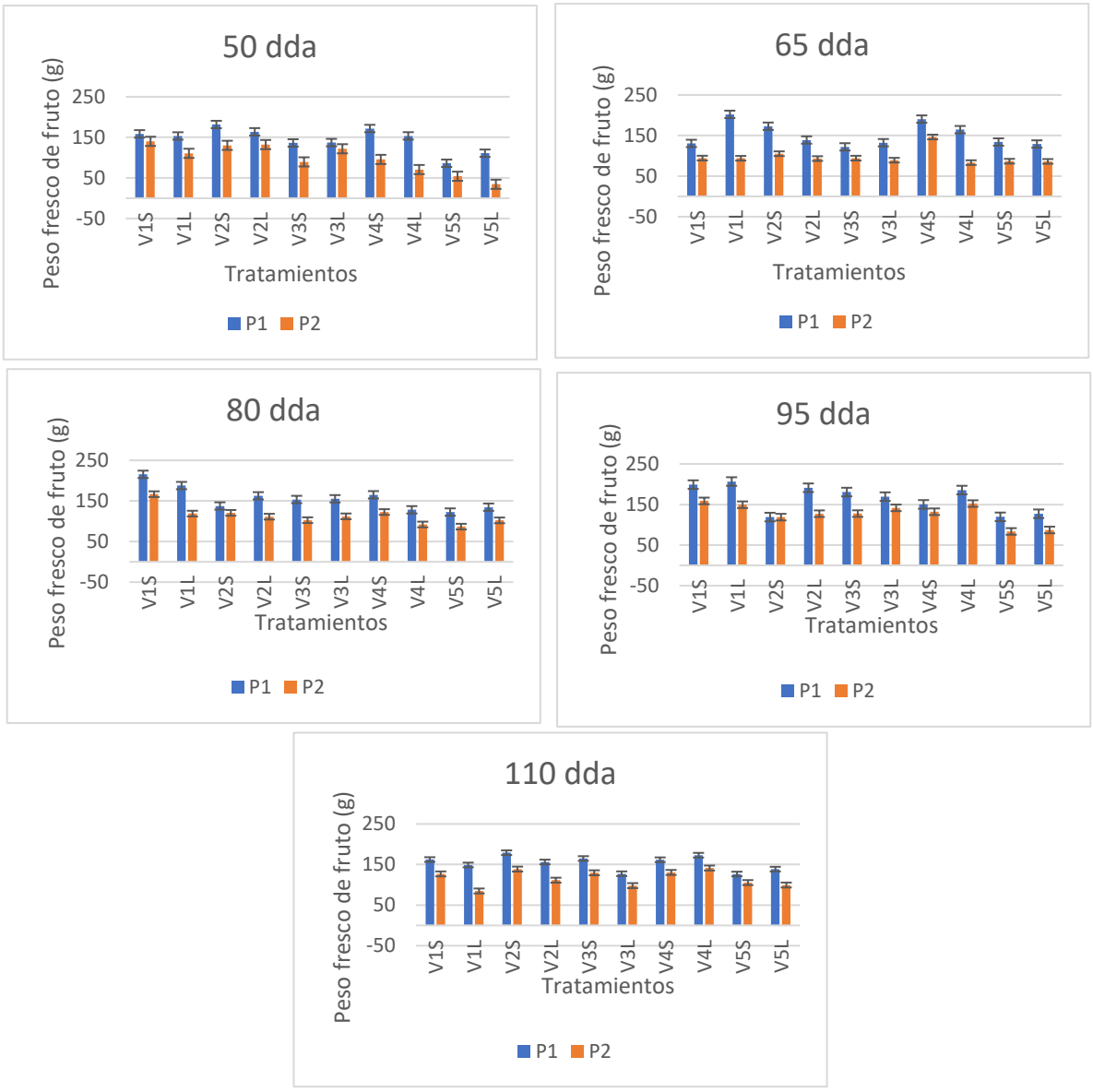


Figura 3. Peso fresco de fruto de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Firmeza

La interacción IL x V no generó diferencia significativa en la firmeza del fruto, por lo que la disminución hasta de 51.40 % en dicho parámetro pimientos cosechados con mayor madurez, así como aquellos evaluados diez días después del corte, son

inherentes a otros factores (Figura 4). En P2 la firmeza disminuye por una pérdida de agua (Fuentes *et al.*, 2010) que se da por cambios en la cutícula del fruto (Gapper *et al.,* 2013) y por el ablandamiento de este debido a la hidrólisis de varios componentes de la pared celular por la acción de enzimas (Dos Santos *et al.,* 2015).

Figura 4.Firmeza de fruto de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Vitamina C

La concentración de vitamina C fue mayor en frutos maduros (80, 95 y 110 dda) y en frutos almacenados (P2); asimismo, se observa el efecto de la interacción de la luminosidad y variedades, debido a que sistema sin sombreado generó de manera general frutos con menor cantidad de vitamina C, no obstante, cada valor es diferente en función de la variedad evaluada. En este contexto, definir la condición oportuna para cosecha de frutos con los parámetros s de vitamina deseados, no solo involucra considerar el grado de madurez (Navarro *et al.*, 2006; Fuentes *et al*., 2010 y Rahman *et al.,* 2014), sino también el cultivar (Bae *et al.,* 2014) y finalmente la condición de cultivo (Howard *et al.*, 2000), donde se incluye la luminosidad y otras estrategias de manejo.

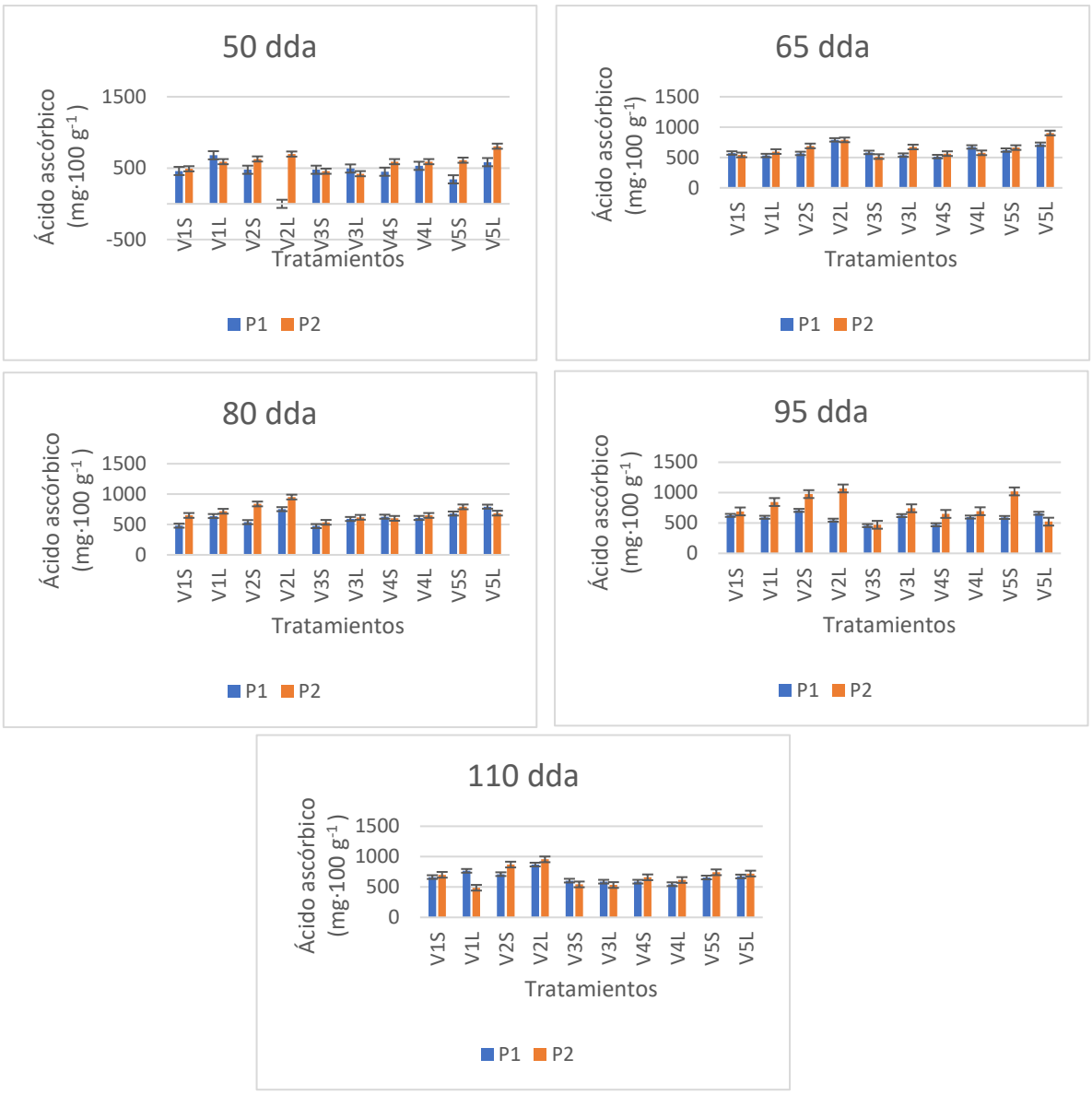


Figura 5. Vitamina C en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Acidez titulable

La interacción entre la variedad y la condición de cultivo (IL x VAR) no generó cambios significativos en la acidez (Cuadro 6), sin embargo, se aprecia que entre variedades hay diferencia así como en los frutos con diferente días a madurez y almacenamiento (Figura 6), en el primer caso comportamiento específico de cada genotipo, mientras que en los últimos dos por los cambios en la fisiología del fruto, argumentos que coinciden con lo establecido en estudios previos de Ghasemnezhad *et al.* (2011), quienes concluyen que de la misma manera que en este estudio, la acidez titulable dada por el porcentaje de ácido cítrico aumentó conforme aumentaron los días a cosecha (dda) al igual que con el almacenamiento del fruto (P2).

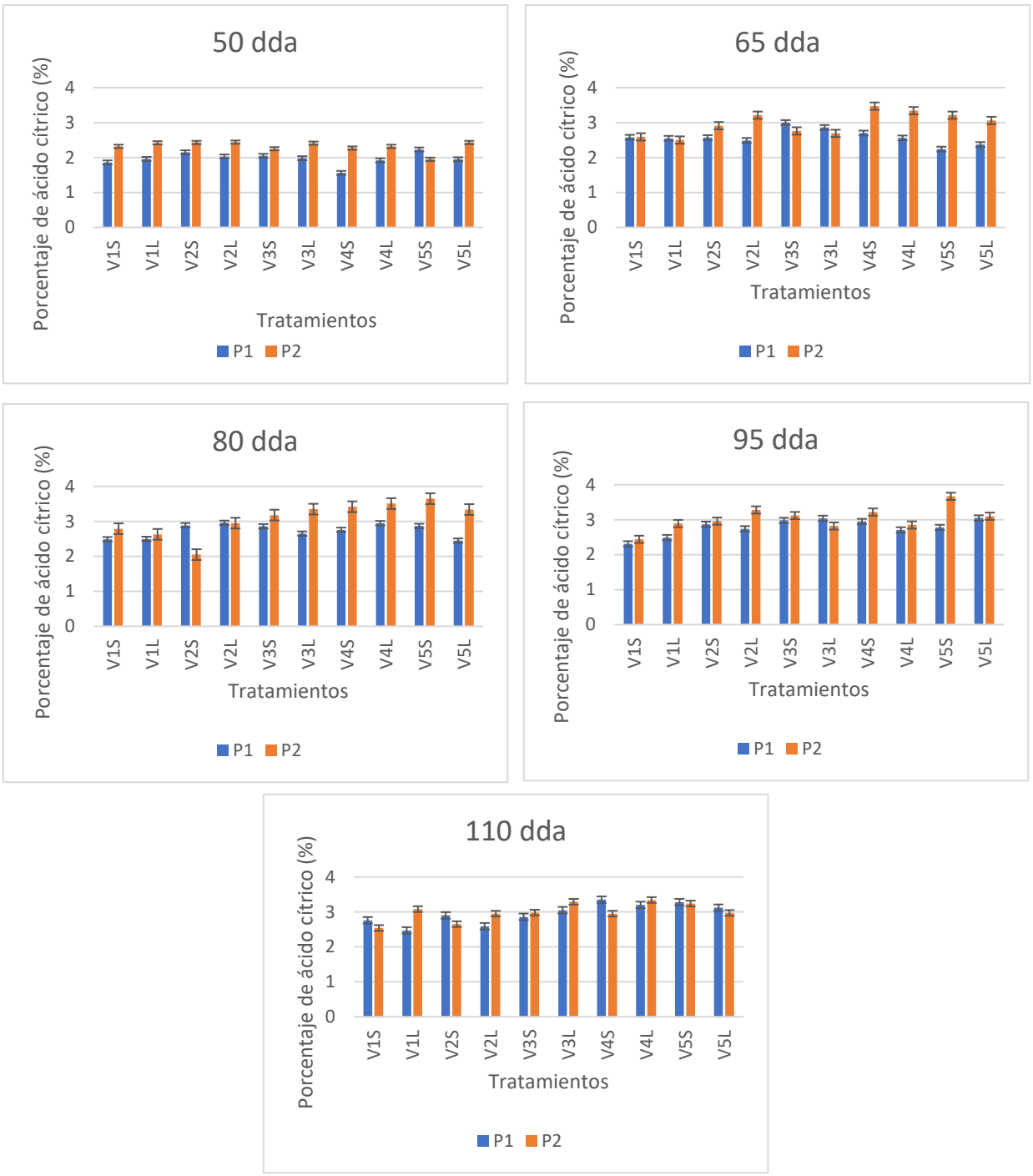


Figura 6. Acidez titulable expresada en porcentaje de ácido cítrico en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Sólidos Solubles Totales

La interacción de luminosidad y variedad tampoco promovió un efecto significativo en los sólidos solubles totales (Figura 7), y aunque la variedad juega un rol importante en dicha variable en virtud de que cada genotipo se caracteriza por rangos particulares de SST, las diferencias también pueden ser debidas a otros factores de estudio como el grado de madurez, por ello exceptuando algunos tratamientos, la concentración de sólidos solubles totales fue mayor a los 80 y 95 dda, incremento debido a una acumulación de almidón que da origen a azúcares, por la actividad enzimática (Ghasemnezhad *et al.*, 2011).

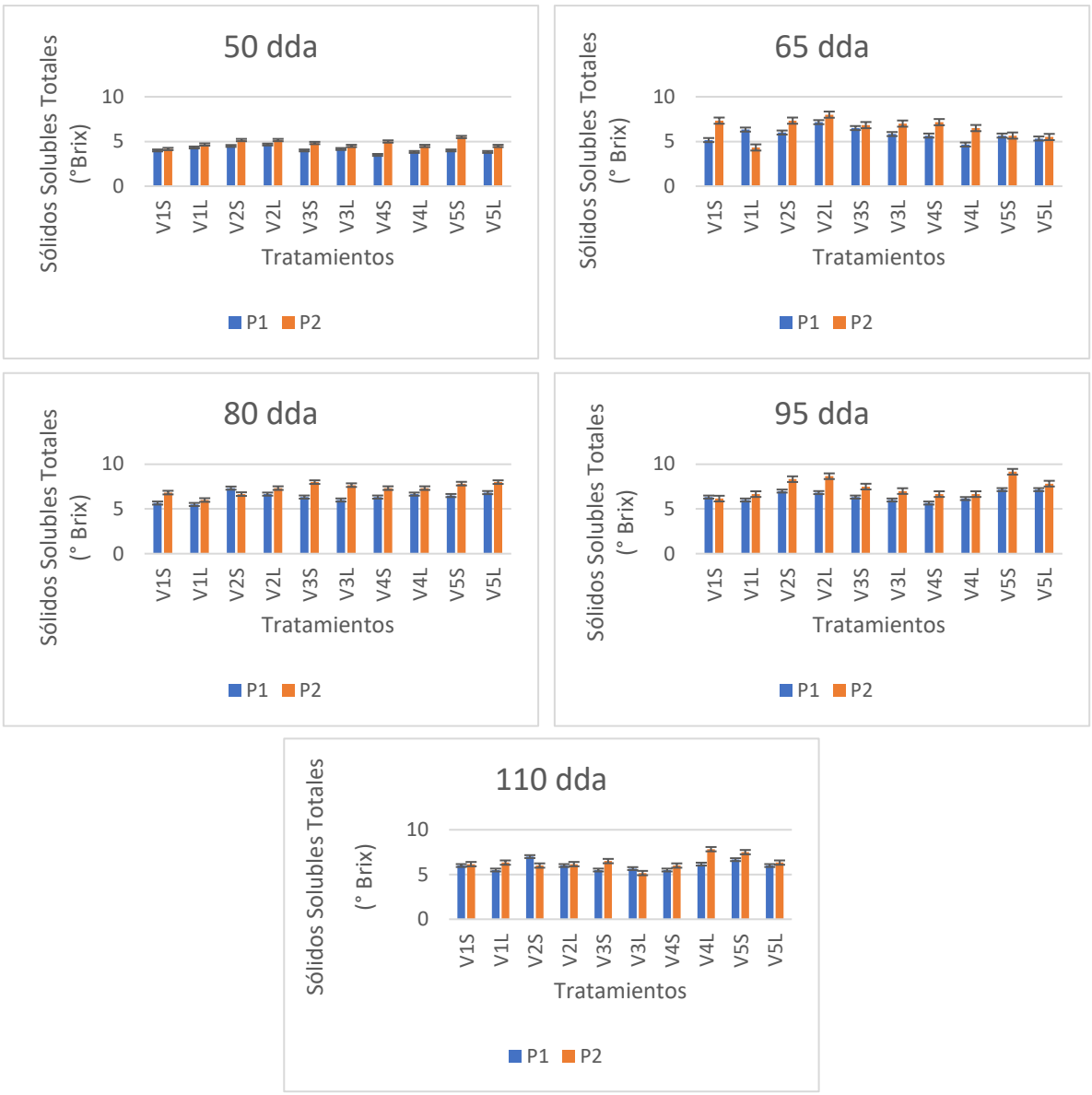


Figura 7. Sólidos Solubles Totales en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Carotenoides

La interacción entre variedades y luminosidad promovieron efecto significativo en la cantidad de carotenoides en los frutos, concentración que aumenta conforme aumentan los días a cosecha y también con el almacenamiento del fruto (P2),

factores afectados directamente por la variedad y la cantidad de luz que recibe el cultivo, por lo cual el contenido de carotenoides fue mayor cuando el fruto se desarrolló sin sombreado, (Figura 8), donde además dicha variación se relaciona con el tipo de cultivar, el estado de madurez del fruto, las condiciones de crecimiento de las plantas y el almacenamiento de los frutos (Espinosa *et al.,* 2010). En este contexto, Jhonson *et al*. (1993) mencionan que en condiciones de alta iluminación habrá una mayor síntesis de carotenos que de clorofilas, ya que actúan como agentes fotoprotectores limitando los efectos dañinos de una iluminación alta y protegen los tejidos del estrés oxidativo causado por los radicales libres altamente reactivos de oxígeno, por otro lado, se tiene que durante el proceso de maduración del fruto hay un cambio de cloroplastos a cromoplastos por lo que la síntesis de carotenoides incrementa (Espinosa *et al.,* 2010).

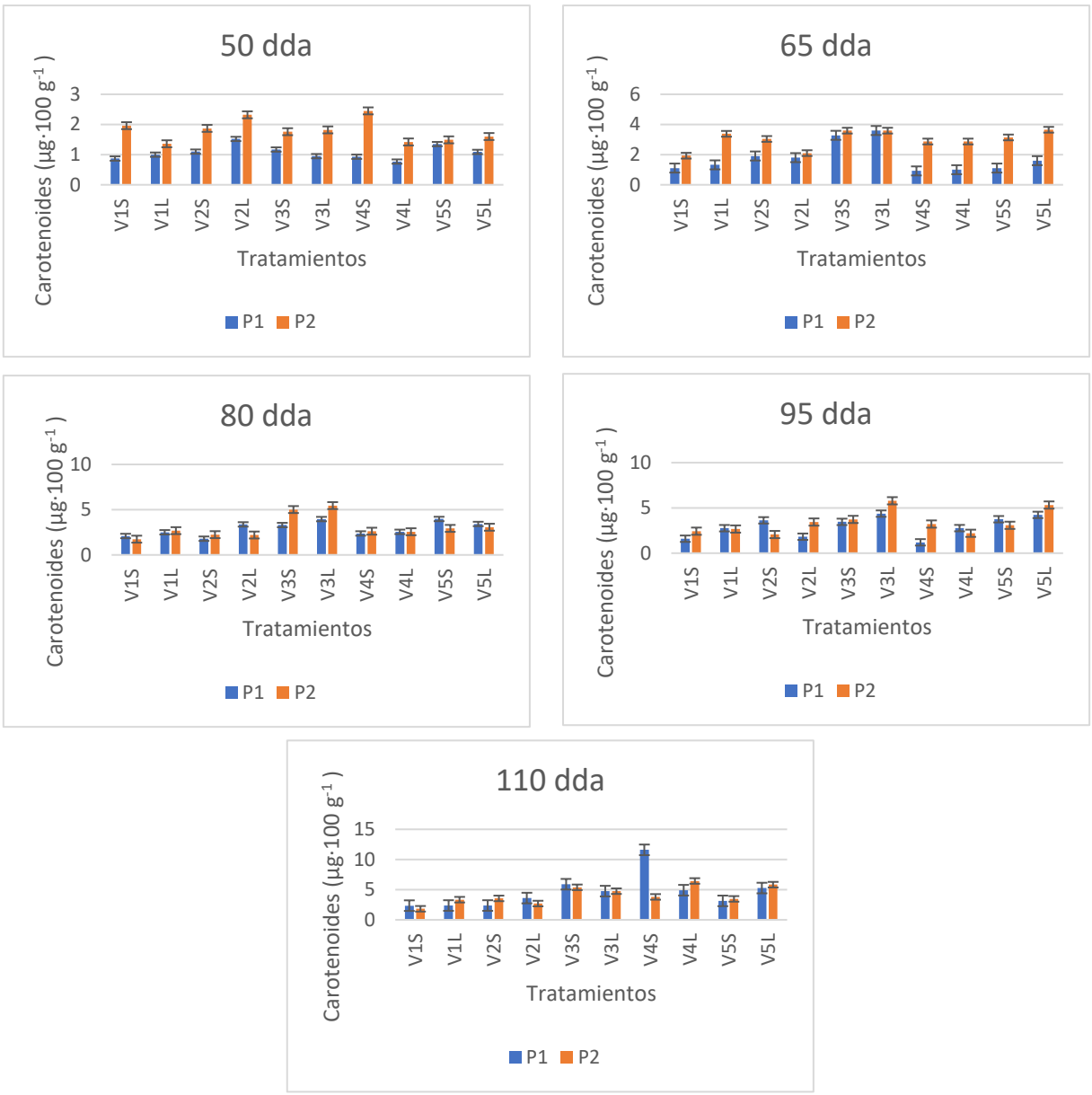


Figura 8. Carotenoides en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Clorofila a, b y total

En la interacción de sombreado con variedad sobre la acumulación de clorofila, se aprecia una mayor influencia de la variedad no habiendo una tendencia clara del sombreado sobre la concentración del pigmento. De este modo en la variedad ‘PS1636’ a los 80 dda aún se encontró una cantidad alta de clorofila, comparada con otras variedades, lo que indica que el cambio de color en esta variedad es más tardío (Figuras 9, 10 y 11). Con la madurez del fruto la clorofila se degrada por un cambio de pH ocasionado por los ácidos orgánicos de la vacuola, los sistemas oxidativos y las clorofilazas (Méndez *et al.,* 2004), dando lugar a la síntesis de carotenoides, la concentración de clorofila también depende del cultivar, se ha encontrado qué en frutos rojos, la clorofila es mayor respecto a los frutos con coloración naranja y amarilla (Figueroa *et al*.,2015).

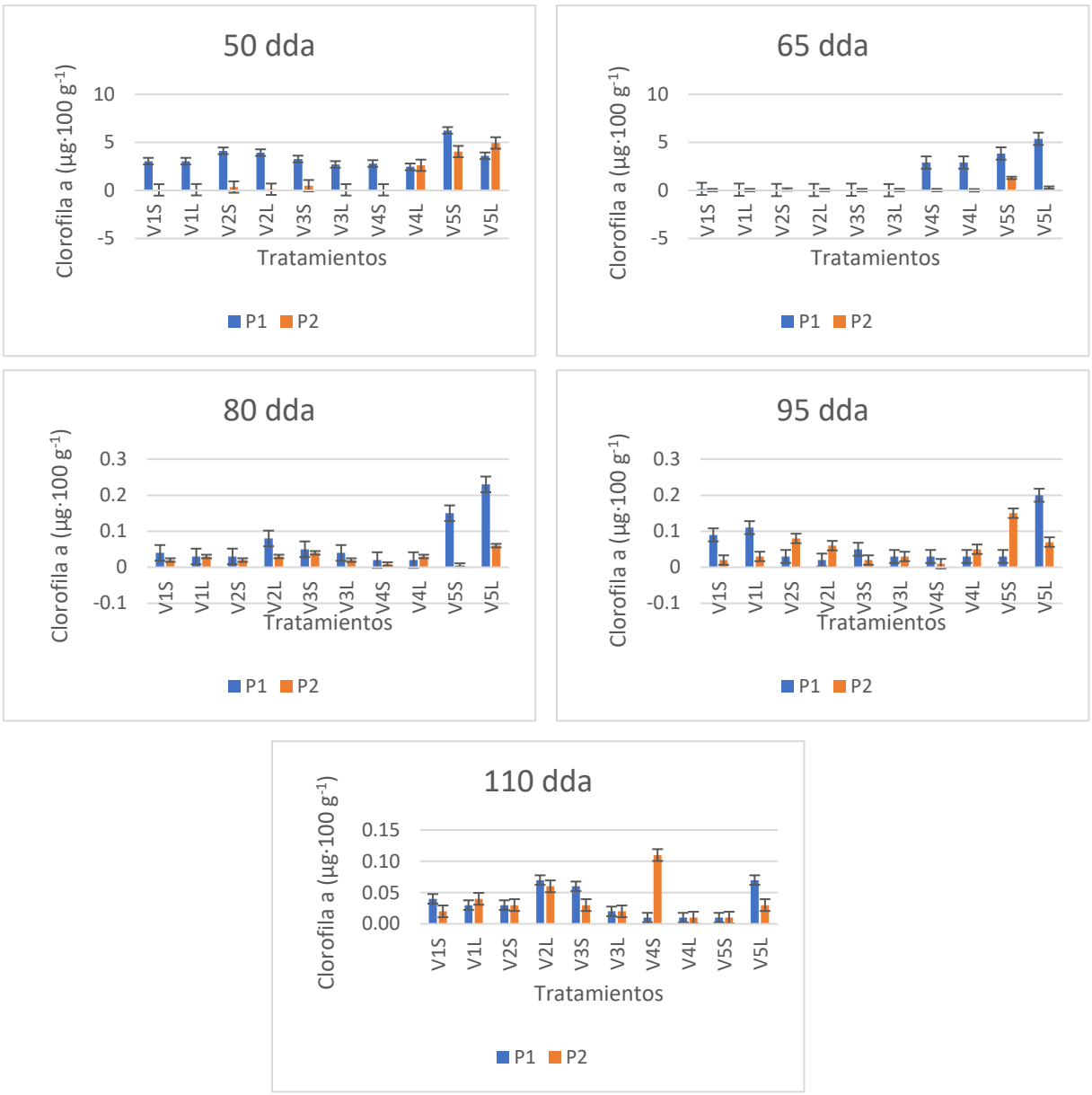


Figura 9. Clorofila a en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

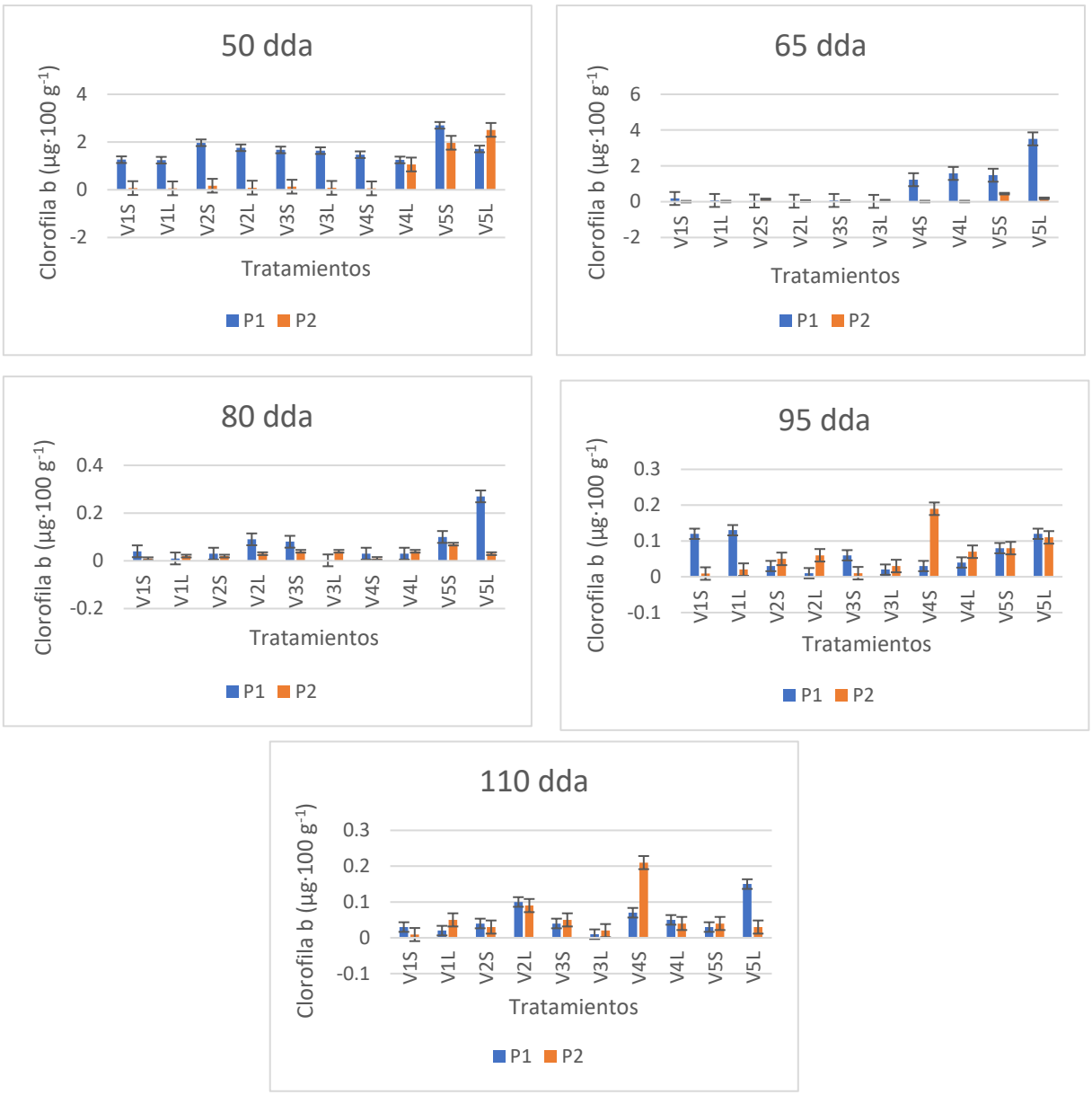


Figura 10. Clorofila b en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

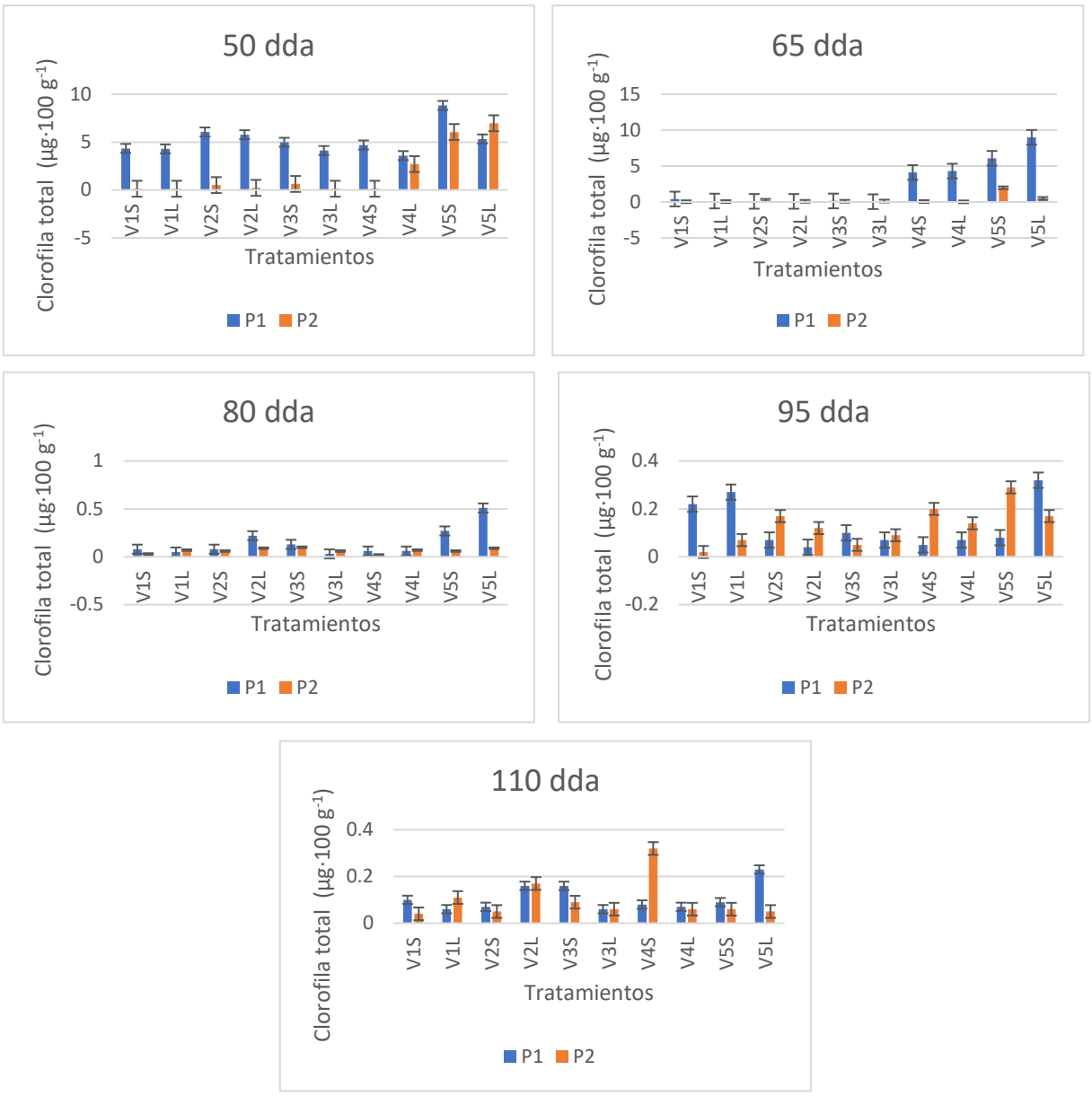


Figura 11. Clorofila total en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Luminosidad (L)

La luminosidad del fruto fue mayor en cortes tempranos (50 dda) y se mantuvo constante a partir de los 80 dda y hasta los 110 dda; el almacenamiento (P2) no generó cambios notorios en este parámetro a excepción de algunos tratamientos; a partir de los 65 y hasta los 110 dda se observan diferencias notorias entre variedades (Figura 12), que se deben al color de cada genotipo, puesto que se ha encontrado que en variedades amarillas y naranjas los valores de luminosidad son mayores respecto de frutos de color rojo (Sánchez *et al*., 2015); sin embargo, la interacción con la luminosidad hace más evidente el comportamiento potencial de cada variedad, por lo que es necesario definir para cada genotipo los niveles óptimos de requerimiento de luz.

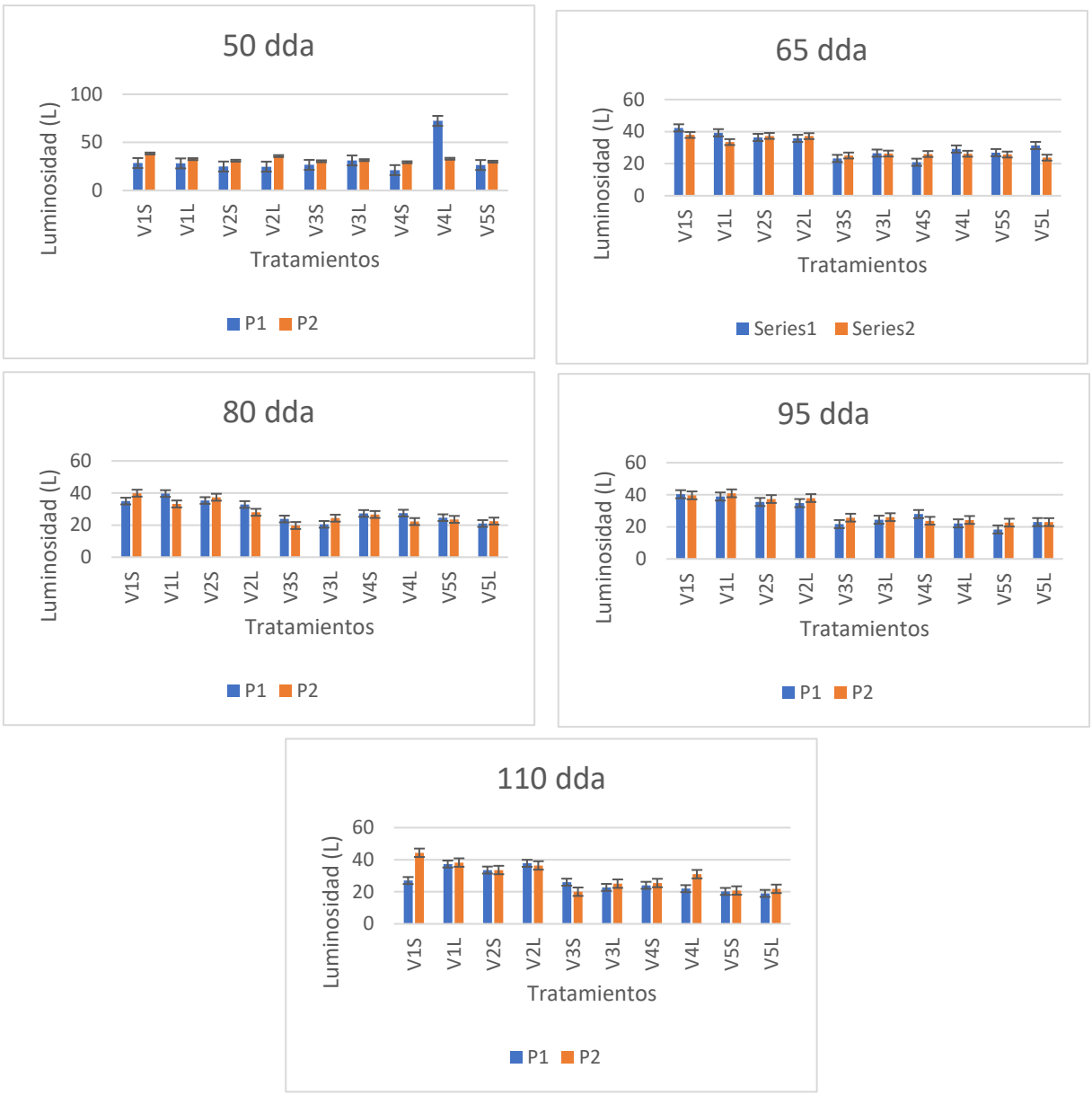


Figura 12. Clorofila total en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Pureza de tono (Croma)

El comportamiento del croma fue afectado por diversos factores de estudio, no obstante en la interacción significativa del uso de sombra por variedades (Figura 13), no se aprecia claramente la influencia del primer factor, motivo por el cual la variedad tuvo un rol de mayor importancia que a su vez también pudo haber cambiado la expresión de su genotipo por una mayor o menor intensidad de luz recibida durante el cultivo, ya que finalmente el cambio en el croma se atribuye en mayor medida a los genotipos, por lo que se ha reportado que frutos de color amarillo la pureza de color es mayor que en frutos con coloración roja (Sánchez *et al.*, 2015).

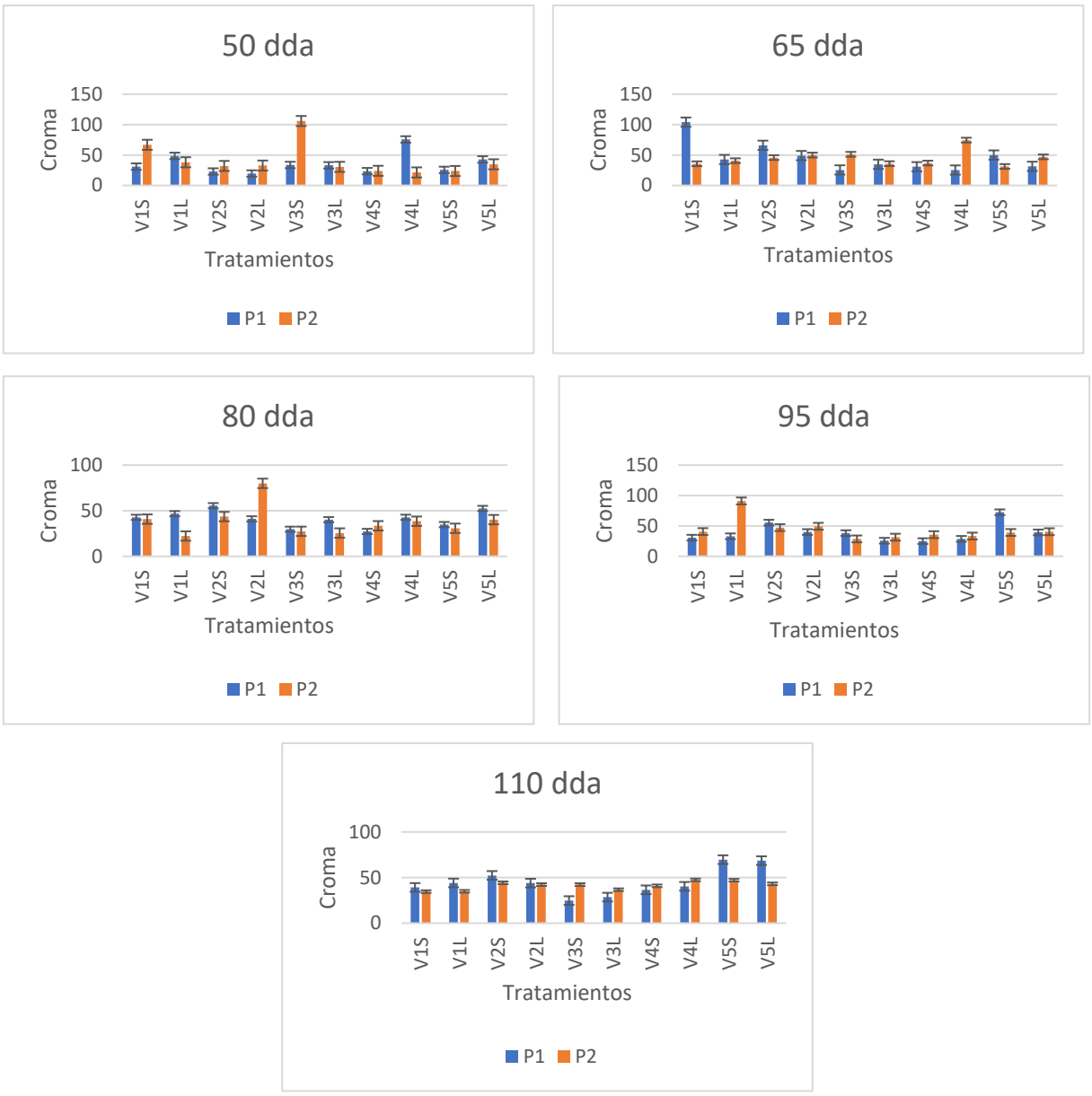


Figura 13. Croma en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Ángulo de tono (Hue)

El Hue es un indicador de cambio de color de verde a rojo o amarillo y va disminuyendo conforme madura el fruto (Rahman *et al.,* 2014), de modo que en este experimento los valores de ángulo de tono en fruto también disminuyen a medida que este madura, y si bien el efecto del sombreado sobre este parámetro de color no fue claro, si se observan diferencias entre variedades, así como entre las dos oportunidades de almacenamiento, de modo que al momento del corte (P1) el ángulo de tono fue mayor comparado con el obtenido posteriormente (P2) (Figura 14). En este contexto, la precocidad de cada variedad es fundamental, así como el efecto del sombreado que pudo haber generado ciertos cambios en la expresión de cada genotipo, por lo que definir los valores de Hue por variedad y bajo las diversas condiciones de cultivo, puede ser una herramienta muy importante para cosechar frutos con la calidad que el consumidor busca.

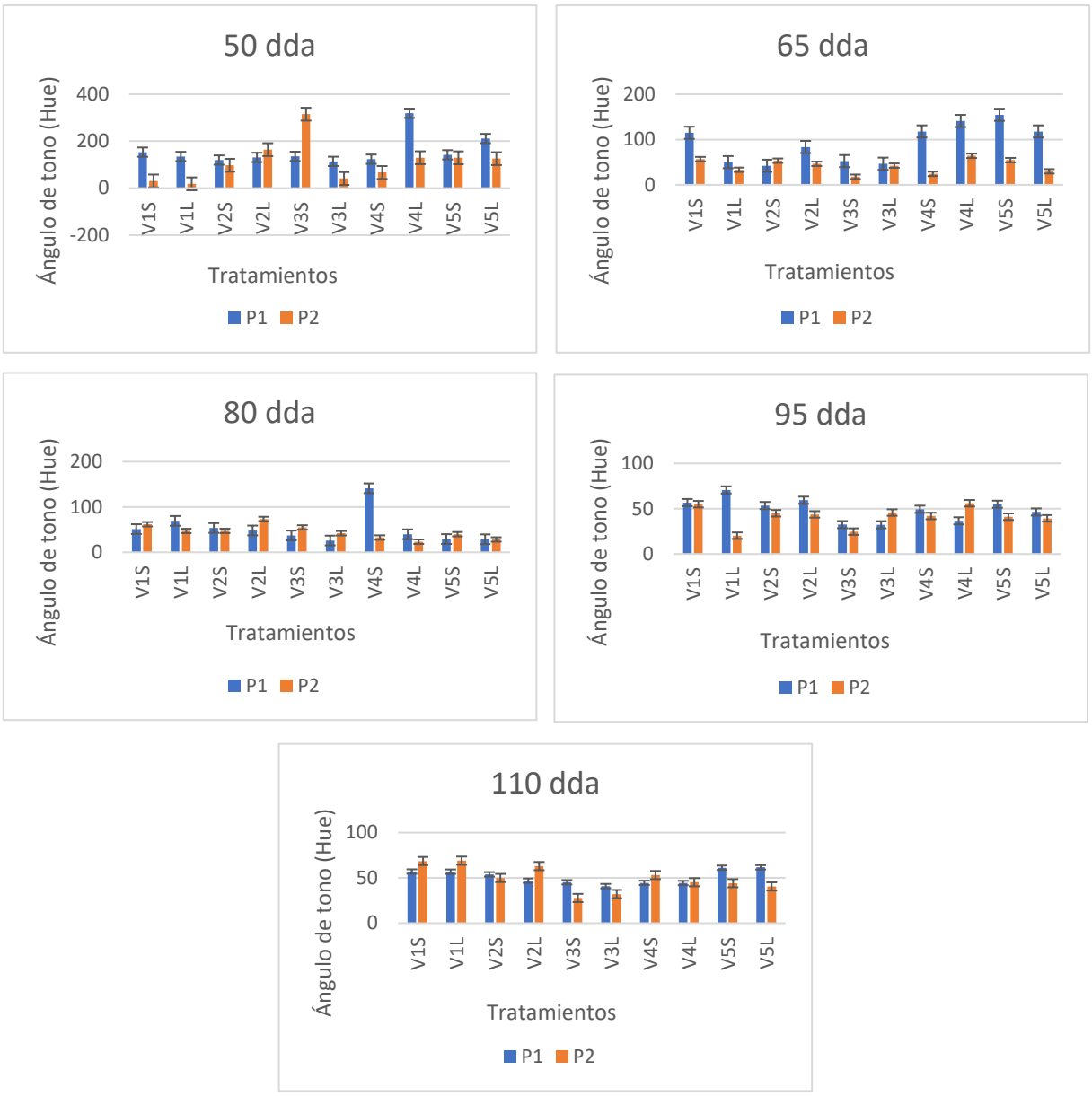


Figura 14. Ángulo de tono (Hue) en frutos de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla, V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla, V2S: 'Mozart F_1' con malla, V2L: 'Mozart F_1' sin malla, V3S: 'Triple F_1' con malla, V3L: 'Triple F_1' sin malla, V4S: 'Viper F_1' con malla, V4L: 'Viper F_1' sin malla, V5S: 'PS1636' con malla, V5L: 'PS1636' sin malla. P1: Poscosecha 1, P2: Poscosecha 2. Promedio de tres mediciones ± error estándar.

CONCLUSIÓN

El uso de malla sombra en el invernadero disminuyó la intensidad luminosa y temperatura en 36 % y 14.6 %, respectivamente, además que incrementó la humedad relativa en 27 %.

Las plantas de pimiento morrón cultivadas con malla sombra, incrementaron su altura en 16.17 % y redujeron el número de bifurcaciones en 22 %.

Los frutos producidos por plantas desarrolladas bajo la malla, presentaron mayor firmeza, pero produjeron menor concentración de vitamina C, carotenoides, clorofila b, clorofila total y luminosidad, lo que indica una reducción en la calidad nutrimental del pimiento.

El mayor peso de frutos se obtuvo a los 95 días después de antesis, mientras que la mayor concentración de vitamina C, acidez titulable y sólidos solubles y carotenoides se obtuvo en frutos de entre los 80 y 110 dda.

A medida que los frutos maduran, los valores de vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles y carotenoides se incrementan, al mismo tiempo que la concentración de clorofila, firmeza de fruto, croma y Hue, disminuyen.

El almacenamiento de frutos por 10 días después de la cosecha, permite el incremento de la concentración de vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles totales y carotenoides; sin embargo, la firmeza, el ángulo de tono, y la concentración de clorofila a, b y total, disminuyen. El almacenamiento mejora la calidad nutrimental, pero disminuye la calidad física.

La obtención de frutos con el mayor peso y valor nutritivo se logró con el corte a los 95 dda sin sombreado.

LITERATURA CITADA

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Horwitz, W. (ed). 18th Ed. Benjamin Franklin Station, Washington DC. USA.1018 p.

Ávila, J.; Ruales, J. (2016). Influencia del estrés luminoso e hídrico en la poscosecha, propiedades físico-químicas y estimación del a capacidad antioxidante del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) genotipo gigante amarillo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17 (1): 30-40.

Ayala T., F.; Sánchez M., R.; Partida R., L.; Yañez J., G.; Ruiz E., H.; Velázquez A., T.; Valenzuela L., M.; Parra D., M. (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista Fitotecnia Mexicana,* 38 (1): 93-99.

Bae, H.; Jayaprakasha, G. K; Crosby, K; Yoo., K. S.; Leskovar, D. L.; Jifon, J.; Patil, B. S. (2014). Ascorbic acid, capsaicinoid, and flavonoid aglycone concentrations as a function of fruit maturity stage in greenhouse-grown peppers. *Journal of Food Composition and Analysis*, *33*(2), 195-202.

Borovsky, Y.; Paran, I. (2008). Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene. *Theor. Appl. Genet,* 117 (2): 235-240.

Casierra P., F.; Ávila L., O. F.; Riascos O., D. H. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo el sol y sombra, *Temas agrarios*, 17 (1): 60-71.

Ceballos A., N.; Vallejo C., F. A. (2012). Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum Lycopersicum* var. *ceresiforme*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 65: 6593-6604.

Chávez, S. E.; Gonzales, T.A; Córdoba F. M. A; Rangel, P. P.; Quiroz, M. C. (2015). Uso de portainjertos sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a *Phytophthora capsici* Leonian en pimiento morrón. *Nova Scientia*, 7(3): 227-244.

Dayron S., A; Fisher, G; Flórez, R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (Rubus Glaucus Benth.) en empaques con atmosfera modificada. Agronomía Colombia, 24 (2): 306-316.

Dos Santos S., R.; Pacheco A., L. W; Irribarem C., S; Dienes M., N.; De Mello-Farias, P. C.; Valmor R., C.; Costa de Oliveira, A. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening, *Plant Omics*, 8(2): 78-88.

Dumas, Y; Dadomo, M.; Di Lucca, G.; Grolier, P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(5): 369-382.

Espinosa T., L.E; Pérez G., M; Martínez D., M.T; Castro B., R; Barrios P., G. (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano

(*Capsicum pubenses* Ruíz y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 1 (2):115-121.

FAO. (1987). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Chile. 136 p.

Figueroa C., I. E; Martínez D., M. T.; Rodríguez P., J. E.; Cruz A., O.; Colinas L., M. T. B.; Guadarrama V., S.; Ramírez R., S. P. (2015). Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.). *Interciencia*, *40* (10): 696-703.

Fuentes H., A.D.; Montiel C., R.; Espinoza P., J.M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) var California por efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, 11 (1): 82-91.

Gapper, N.E.; McQuinn, R.P.; Giovannonni, J.J. (2013). Molecular and genetic regulation of fruit ripening. *Plant Mol. Biol*, 82(6): 575-591.

García M., S. G.; Arellano G., M. A.; Mounzer., O.; Munguía L., J.P,; Castillo C., M. A. (2017). Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo de tomate. (Tesis de maestría, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México). Consultada en https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/325/1/Tesis%20MAP%20Silvia%20Giromi%20Garcia%20Mendoza%20.pdf

Ghasemnezhad, M.; Sherafati, M.; Payvas, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (Capsicum annum) fruits at two different harvest times. *Journal of functional foods,* 3(1): 44-49.

Howard, L. R.; Talcott, S. T.; Brenes., C. H.; Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (Capsicum Species) as influenced by maturity, *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5): 1713-1720.

Ilić, Z.; Milenković, L.; Unić, L.; Fallik, E. (2015). Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 95 (13): 2660-2667.

Intagri. (2019). Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. Disponible en: https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero

Johnson, G. N.; Scholes, J. D.; Horton, P.; Young, A. J. (1993). Relationships between caroteniod composition and growth habit in British plant species. *Plant, cell and environment,* 16(1): 681-687.

Korczynski, P.C.; Logan, J.; Faust, J.E. (2002). Mapping monthly distribution of daily light integrals across the contiguos Unites States. HorTecnology, 12(1): 12-16.

Kunst, L.; Samuels, L. (2009). Plant cuticles shine: advances in wax biosynthesis and export. *Current Opinion in Plant Biology*, 12 (6): 721-727.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymol, 148:350-382.

López C., A.F. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. FAO, Balcarce, Argentina. 102 p.

Márquez-Quiroz, C.; Robledo-Torres, V.; Benavides-Mendoza, A.; Vázquez-Badillo, M.E.; De la Cruz-Lázaro, E.; Estrada-Botello, M.A.; López-Espinoza, S.T. (2014). Uso de mallas sombra: Una alternativa para la producción de tomate Cherry. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2): 175-180.

Mc Guire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements, HortScience 27(12): 1254-1255.

Méndez, M. A.; Ligarreto, G. A.; Hernandez, M. S.; Melgarejo, L. M. (2004). Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro materiales de ají (Capsicum sp.) cultivados en la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana*, 22(1): 7-17.

Mendoza P., C.; Ramírez A., C.; Martínez R., A.; Rubiños P., J. E.; Trejo, C.; Vargas O., A. G. (2018). Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (2): 355-366.

Minolta, K. (2007). Precise Color Communication. Color control from perception to instrumentation. Japan, Konica Minolta Sensing, Inc. Disponible en: https:// www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf (Revisado el 02 de agosto de 2018).

Moreno P., E. C.; Sánchez del C., F.; Martínez G., F.J; Ramírez A., A; Colinas L., M.T.B. (2019). Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) por poda floral selectiva y despunte de yemas laterales en la cuarta bifurcación. *Agrociencia*, 1 (53): 697-707.

Navarro, M., J.; Flores, P.; Garrido, C.; Martínez, V. (2006). Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem,* 96 (1): 66-73.

Novoa, R.H; Bojaca, M; Galvis, J.A.; Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 ºC (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24 (1): 77-86.

Orrego A., C.E. (2001). Calor de respiración de frutas y vegetales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.141-148 p.

Pasayi, A.; Mishra, N. N.; Chaves, A. L.; Singh, R. (2009). Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 15(2):103-113.

Rahman, M. A.; Halim, M. A; Chowdhury, M. G. F; Hossain, M. A; Rahman, M. M. (2014). Changes in physicochemical atributes of sweet pepper (Capsicum annum L.) during fruit growth and development. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 39(2): 373-383.

Reche M., J. (2010) Cultivo del pimiento dulce en invernadero, Signatura Ediciones de Andalucía, S. L., Sevilla, España, 95-100 p.

Rodríguez B., M.M.; Morales U., D.M. (2015). Efecto de mallas sombreadoras sobre la producción y calidad de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Scientia Agropecuaria*, 6(1): 41-50.

Sánchez Ch., E.; Torres G., A; Flores C., M. A.; Rangel P., P; Quiroz M., C. (2015). Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a Phytophthora capsici Leoanian en pimiento morrón. *Nova scientia*, 7(15): 227-244.

SIAP. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola. México. (Consultada en octubre de 2019.) https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Smirnoff, N.; Conklin, P.L; Loewus, F. A. (2002). Biosynthesis of ascorbic acid in plants: A Renaissance. *Ann. Rev. Plant Physiolo. Plant Mol. Biol.,* 52 (1): 437-467.

Tadesse, T.; Hewet, E. W; Nichols, M. A.; Fisher, K. J. (2001). Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Scientia Horticulturae,* 93 (2): 91-103.

III. CALIDAD DE SEMILLA DE PIMIENTO MORRÓN CULTIVADO BAJO DOS CONDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA

CALIDAD DE SEMILLA DE PIMIENTO MORRÓN CULTIVADO BAJO DOS CONDICIONES DE INTENSIDAD LUMINOSA

RESUMEN

El uso de malla sombra en el cultivo de pimiento morrón genera un microclima que reduce el estrés de la planta por alta temperatura y humedad relativa. Con el propósito de evaluar el efecto de la malla sombra y la época de cosecha sobre la calidad de semilla, cinco híbridos y una variedad de pimiento morrón fueron cultivados en hidroponía bajo invernadero con dos condiciones de intensidad luminosa modificada con malla sombra. Se evaluó la calidad de semilla de frutos cosechados en cinco etapas de maduración: 50, 65, 80, 95 y 110 días después de antesis (dda), con extracción de semilla a la cosecha (EI) y 10 días después (EP). La geminación y vigor fueron evaluados en una prueba de germinación estándar sobre papel filtro, acondicionada por 14 días en cajas Petri de nueve centímetros a 28 °C, bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones de veinticinco semillas. Los mayores resultados de porcentaje de germinación y velocidad de germinación se obtuvieron en semillas de frutos cosechados a los 80 días después de antesis sin malla sombra. La calidad de semilla extraída diez días después de la cosecha mejoró solamente en etapas tempranas de corte (50 y 65 dda).

Palabras clave: madurez de fruto, días después de antesis, extracción de semilla, malla sombra.

SWEET PEPPER SEED QUALITY GROWN UNDER TWO LIGHT CONDITIONS

ABSTRACT

The use of shade mesh in the sweet pepper crop produces a microclimate that reduces the plant stress produced by high temperature and relative humidity. In order to assess the effect of shadow mesh and ripening on seed quality, five hybrids and one variety of sweet pepper were grown in hydroponics under greenhouse with two light intensity conditions modified with shadow mesh. The seed quality of fruits harvested in five stages of maturation was evaluated: 50, 65, 80, 95 and 110 days after anthesis (dda), with seed extraction at the time of fruit harvest (EI) and 10 days later (EP). The gemination and vigour were evaluated in a standard germination test on top of paper filter, conditioned for 14 days in nine centimeters Petri dish at 28 °C, under a completely randomized experimental design with four repetitions of 25 seeds. The highest results of germination percentage and speed of germination were obtained in seeds from fruits harvested 80 days after anthesis without shadow mesh. The quality of seed extracted ten days after harvest improved only in early picking (50 and 65 dda).

Keywords: ripening, days after anthesis, seed extraction, shadow mesh.

INTRODUCCIÓN

La propagación del pimiento morrón se realiza principalmente por semilla y la calidad de ésta es factor determinante en la rentabilidad de un cultivo. Una semilla de calidad es capaz de emerger de manera rápida y uniforme bajo diferentes condiciones ambientales Pérez *et al.* (2006). Para obtener semilla con calidad, se toman en cuenta factores agroclimáticos bajo los cuales se desarrolla el cultivo, el grado de madurez del fruto al momento de la cosecha, el tiempo de almacenamiento y el momento de extracción (Ayala *et al.,* 2014). La calidad de la semilla está determinada por un conjunto de atributos, los cuales mejoran el establecimiento de la planta en el campo, entre los que destacan: la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica (Pérez *et al.*, 2006); además, estudios realizados por Ayala *et al.* (2014) señalan que el grado de madurez del fruto al momento de la cosecha y el momento de extracción de la semilla son factores importantes a tomar en cuenta para la obtención de semillas de calidad física y fisiológica. Como resultado de un estudio realizado en semillas de chile de árbol, ancho y guajillo, se ha visto que la mejor calidad fisiológica de semillas se alcanza al hacer la extracción de la semilla a los 15 días después de la cosecha del fruto y de frutos cosechados con cambio de color. Para el caso de pimiento morrón se ha reportado que el porcentaje de germinación de semillas, que se extraen entre los 40 y 55 días después de antesis, aumenta con el almacenamiento del fruto, pero sin alcanzar los niveles satisfactorios; no obstante, también se ha observado que la calidad de semillas de pimiento es mejor cuando las frutas se cosechan entre 60 y 70 días después de antesis y se almacenan por nueve días (Vidigal *et al*., 2009), etapa donde además se obtiene el mayor vigor en plántula, sin embargo, el tratamiento de almacenamiento no mejora esta característica significativamente. Dentro del proceso de producción de semillas resulta de suma importancia llevar un manejo adecuado de las condiciones agroclimáticas bajo las cuales se desarrolla el cultivo, siendo la radiación solar uno de los factores de mayor importancia, ya que influye en procesos relacionados con la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de algunos componentes bioquímicos en el fruto. Una forma de manejar dicho factor es el uso de malla sombra, por ello en

el proceso de producción de pimiento morrón es común el sombreado, que además de evitar daños por el sol, genera cambios en elementos como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento, lo cual repercute en el rendimiento y calidad del fruto (Tanny *et al.,* 2012). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad de la semilla de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos diferentes grados de intensidad luminosa, cosechados en cinco etapas de desarrollo del fruto y con extracción de semilla al momento de la cosecha y diez días después de la misma, para precisar la etapa de obtención de semillas con la mejor calidad y al mismo tiempo conocer el efecto del uso de la malla sombra sobre la calidad de semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se cultivaron bajo condiciones de invernadero tipo túnel con una cubierta plástica, con y sin malla sombra, cuatro híbridos comerciales de pimiento morrón ('Dicaprio F_1', 'Mozart F_1', Triple 5 F_1' y 'Viper F_1' tipo blocky de la casa comercial Enza Zaden® y una variedad tipo 'Lamuyo', los cuales se establecieron en un sistema hidropónico que constó de bolsas de plástico de 16 litros de capacidad saturadas con tezontle rojo de granulometría media (partículas menores de 5 mm de diámetro), las cuales se acomodaron a doble hilera con separación de 50 cm entre ellas, sobre camas de 1.1 m de ancho, 22 m de largo y 0.2 m de alto, también rellenas con arena de tezontle rojo.

Se consideró como el inicio de días después de antesis (dda), cuando el 50 % de las plantas tuvo al menos una flor con anteras expuestas; se cosecharon seis frutos de cada variedad en cada una de las cinco etapas de maduración (50, 65, 80, 95 y 110 dda) y en cada una de las condiciones de sombreo; a tres frutos se les sacó inmediatamente (EI) la semilla y a los tres restantes diez días después (EP). La semilla se extrajo de forma manual y se sometió a un proceso de lavado con agua corriente hasta eliminar los residuos de pulpa; enseguida, se dejó secar por un lapso de 72 horas sobre toallas de papel a temperatura ambiente (23 ºC), para finalizar el proceso con una limpieza, selección y homogenización, con un separador

neumático Dakota®. Finalmente, la semilla se acondicionó en una prueba de germinación estándar por 14 días en laboratorio, colocando 25 semillas en cajas Petri sobre papel filtro Whatman No 2 humedecido con agua destilada; las cajas se introdujeron a una cámara de germinación Seedburo® a 28 ºC y 98 % de humedad relativa con luz artificial.

Diseño experimental

Se evaluó bajo un diseño completamente al azar, la calidad de la semilla de cinco híbridos de pimiento morrón (V1= 'Dicaprio F_1', V2= 'Mozart F_1', V3= 'Triple F_1', V4= 'Viper F_1', V5= 'PS1636') cultivados bajo dos condiciones de intensidad luminosa (L= cultivo sin malla sombra, S= cultivo con malla sombra) a cinco épocas de cosecha (50, 65, 80, 95 y 110 dda) y dos tiempos de extracción de semilla (E1= extracción inmediata de la semilla, EP= extracción posterior, 10 días después de la cosecha). Se evaluaron tres frutos por tratamiento siendo la unidad experimental un fruto.

Variables respuesta en semilla

Peso de 1000 semillas (PS, g). El resultado se expresó en gramos (g) y se obtuvo a partir de cuatro repeticiones de 50 semillas (ISTA, 2005), con la ayuda de una balanza analítica OHAUS®.

Germinación (PG, %). Se contabilizó diariamente durante catorce días, el número de semillas germinadas (con protrusión de la radícula) sanas y sin malformaciones. Con el total de semillas germinadas se calculó el porcentaje de germinación.

Velocidad de germinación (VG, radículas d^{-1}). Se realizaron conteos diarios del número de semillas germinadas por día y se calculó como $\Sigma(n_i/t_i)$, donde: *n* indicó el número de plántulas germinadas durante el intervalo de tiempo *t*, que es el tiempo desde la siembra hasta el conteo (ISTA 2004).

Longitud de tallo y raíz. Se determinó en cm a los 14 días de la siembra, a partir de una muestra de cinco plántulas por repetición; la longitud del tallo se midió desde el cuello de tallo hasta el ápice, y para longitud de raíz, desde el cuello de la raíz hasta la punta de la misma.

Peso freso y peso seco de la plántula. Para ello se utilizaron las mismas plántulas en las que se determinó longitud. Después de determinar el peso fresco en cada una de las muestras, las plántulas se sometieron a un proceso de secado a 40 ºC por 72 horas (ISTA, 2005). Tanto el peso fresco como el peso seco se registró en mg en una balanza analítica OHAUS®..

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó considerando un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial 2x5x5x2, correspondiente a dos condiciones de intensidad luminosa (IL), cinco híbridos de pimiento morrón (V), cinco etapas de cosecha (dda) y dos tiempos de extracción de semilla (E). Los valores registrados en porcentaje fueron transformados con la raíz cuadrada del arco seno**.** Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey (P≤0.05), para ello se utilizó el paquete Statistical Análisis System (SAS 9.0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación (GER) muestra efecto diferencial (P≤0.05) por todos los factores de estudio y sus interacciones, situación similar a la longitud de raíz (LR) y peso seco de plántula (PSP), donde solo la intensidad luminosa (IL) no promovió cambios significativos en ellas, mientras que para la velocidad de germinación (VGER), longitud de tallo (LT) y peso seco de plántula (PFP), el manejo poscosecha (E) es el único factor que no afecta estadísticamente a estos tres parámetros. Finalmente, el peso de mil semillas (PS) no mostró efecto significativo por los factores variedades y días después de antesis, lo que podría especularse como resultado del acondicionamiento previo que se le dio a la semilla, concluyendo en muestras homogéneas particularmente en peso (Cuadro 11). Los resultados de coeficiente de variación no superan el 17.59 %, por lo que se puede concluir que el experimento fue desarrollado en forma adecuada, y consecuentemente los datos tienen buena confiablidad.

Cuadro 10. Cuadrados medios de siete parámetros de calidad de semilla en pimiento morrón.

FV	GL	PS	GER	VGER	LT	LR	PFP	PSP
IL	4	0.03	11143.42*	479.73*	13.23*	83.16*	0.05*	0.00006
V	4	1.59*	1686.58*	64.02*	1.14*	0.36*	0.003*	0.0003*
dda	1	226.88*	47139.96*	2697.87*	101.38*	506.19*	0.66*	0.006*
E	1	63.25*	87.27*	0.01	0.15*	8.02*	0.0002*	0.0001*
IL x V	4	1.35*	402.21*	28.00*	0.92*	0.72*	0.007*	0.0004*
IL x dda	16	0.95*	2350.95*	54.27*	5.07*	28.88*	0.03*	0.0009*
IL x E	4	1.47*	864.15*	25.63*	4.39*	21.21*	0.02*	0.0002*
V x dda	4	1.33*	504.45*	21.03*	2.64*	8.07*	0.007*	0.0005*
V x E	1	0.99*	303.73*	6.88*	0.92*	2.01*	0.005*	0.0006*
E x dda	4	48.41*	25684.05*	1378.65*	49.21*	210.78*	0.29*	0.002*
IL x V x dda x E	56	1.35*	481.27*	25.68*	1.62*	7.87*	0.006*	0.0003*
CV		17.6	13.21	16.37	14.34	17.59	9.49	14.11

* Significativo a P≤0.05; FV: fuentes de variación; IL: Intensidad luminosa; VAR: variedad; dda: días después de antesis; E: tiempo de extracción de la semilla; CV: coeficiente de variación; GL: grados de libertad; PS: peso 1000 semillas; GER: porcentaje de germinación; VGER: velocidad de germinación; LT: longitud de tallo; LR: longitud de raíz; PFP: peso fresco plántula; PSP: peso seco plántula.

Calidad en semilla por efecto de la variedad

Peso de semillas

El mayor peso de semillas se obtuvo de los híbridos 'Dicaprio F_1' y 'PS1636' con un valor de 2,64 g por 1000 semillas, superando significativamente (P≤0.05) a los híbridos 'Mozart F_1', Triple F_1' y 'Viper F_1', donde el peso registrado fue de 2.43, 2.39 y 2.36 g, respectivamente (Cuadro 12). El peso de la semilla depende de su tamaño y este a su vez es influenciado por el genotipo, por la posición del fruto en la planta, y las condiciones de manejo en su producción (Pablo *et al.,* 2009). En este caso, la semilla se cosechó bajo dos condiciones de intensidad luminosa y a diferente altura de la planta. El número de semillas por gramo obtenido en esta investigación (378 semillas x g) es superior al número de semillas por gramo manejado por distintas casas semilleras que es de 120 a 150 semillas por gramo (FAO, 2011), por lo que se concluye que las semillas obtenidas en este experimento fueron de tamaño pequeño. Así mismo, comparando estos resultados con los obtenidos por San Juan

et al. (2019), se observa que el peso de 1000 semillas en este experimento fue menor que el reportado por ellos, cuyos resultados van de los 5.79 a 6.19 g en chile de agua. Sin embargo, es necesario indicar que en esta parte del experimento se contemplaron semillas de diferentes edades ya que el objetivo fue determinar el mayor peso de semillas por variedad.

Cuadro 11. Comparación de 7 parámetros de calidad de semilla de diferentes genotipos de pimiento morrón.

VAR	PS (g)	GER (%)		VGER	LT (cm)	LR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
		DR	DT					
'Dicaprio F_1'	2.64 a[t]	44	40.73 a	8.20 a	1.67 b	3.40 a	13.39 a	0.0096 c
'Mozart F_1'	2.43 b	32	33.13 c	6.98 c	1.57 bc	3.30 a	11.47 c	0.0098 c
'Triple 5 F_1'	2.39 b	32	36.02 b	7.57 b	1.52 c	3.33 a	11.62 c	0.0108 b
'Viper F_1'	2.36 b	20	26.81 d	5.48 d	1.51 c	3.30 a	11.76 c	0.0103 bc
'PS1636'	2.64 a	28	31.41 c	6.72 c	1.92 a	3.29 a	12.71 b	0.015 a
DMSH	0.19		2.24	0.57	0.11	0.29	0.005	0.0008

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; VAR: variedades; PS: peso 1000 semillas; GER: porcentaje de germinación; VGER: velocidad de germinación; LT: longitud de tallo; LR: longitud de raíz; PFP: peso fresco plántula; PSP: peso seco plántula; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Porcentaje y velocidad de germinación

El mayor resultado (P≤0.05) de ambas variables fue registrado por el híbrido 'Dicaprio F_1', con valores de 44 % y 8.2, respectivamente, al mismo que tiempo que 'Viper F_1' presentó los datos más bajos, lo que implica una reducción de al menos 33 % en ambos casos. Entre los genotipos restantes, 'Triple 5 F_1' es el de mayor comportamiento, no obstante, es superado en 11.5 y 7.7 % en germinación y velocidad de germinación, respectivamente, por el mejor híbrido 'Dicaprio F_1' (Cuadro 12).

Los resultados de este estudio son menores a los obtenidos por Kim *et al.* (2014), quienes en pimiento reportan 95 % de germinación, controversia que se puede atribuir a diversos factores como los diferentes estados de madurez de las semillas evaluadas, que son propios del diseño de este experimento; sin embargo, el

resultado también se puede atribuir a que las semillas de pimiento morrón frecuentemente presentan bajo poder germinativo tanto en condiciones de laboratorio como de campo debido al manejo en su obtención y en su manejo posterior (Sánchez *et al.,* 1999), además de que el desarrollo del germen también depende de factores como la temperatura, agua, oxígeno y presencia de luz (Mundarain *et al.,* 2005), algunos de los cuales fueron afectados por la malla sombra.

Longitud de tallo y raíz

La mayor longitud de tallo se obtuvo en plántulas de 'PS1636' con 1.92 cm superando ($P \leq 0.05$) a 'Dicaprio F_1' y 'Mozart F_1' en 0.25 y 0.35 cm, respectivamente, los cuales muestran entre si el mismo comportamiento. Los híbridos 'Triple 5 F_1' y 'Viper F_1' presentan los más bajos resultados, donde la longitud de tallo fue de 1.52 y 1.51, respectivamente. Por otro lado, la longitud de raíz no presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los híbridos evaluados, registrándose valores de entre 3.29 a 3.40 cm (Cuadro 12). Cabe mencionar que la longitud de la raíz, fue aproximadamente el doble que la longitud del tallo, en el mismo periodo, lo cual coincide con el estudio realizado por Mundarain *et al.* (2005) en *Capsicum frutescens* L.

Peso fresco y seco en plántula

El mayor peso fresco se obtuvo de plántulas de 'Dicaprio F_1' (13.39 mg) seguido de 'PS1636' (12.7 mg), mientras que los híbridos restantes mostraron los resultados más bajos (Cuadro 12). Respecto al peso seco de plántula, 'PS1636' fue el mayor valor (0.015 mg), seguido de 'Triple 5 F_1' y 'Viper F_1' donde los datos registrados fueron de 0.0108 y 0.0103 mg, respectivamente, al mismo tiempo que los híbridos 'Mozart F_1' (0.0098 mg) y 'Dicaprio F_1' (0.0096 mg) tuvieron los registros más bajos (Cuadro 12).

Calidad en semilla por efecto del tiempo de cosecha del fruto (dda)

El grado de madurez del fruto y consecuentemente de la semilla, afectó (P≤0.05) la calidad fisiológica de esta última, sin embargo, a los 110 dda la semilla germinó dentro del fruto por lo que, en esa etapa, ya no se pudo realizar el análisis de las variables.

Peso de 1000 semillas

El grado de madurez mostró diferencia significativa (P≤0.05) en el peso de 1000 semillas (PS). Las semillas con mayor PS fueron las extraídas de frutos cosechados a 80 dda (4.16 g), momento en que probablemente ocurrió la madurez fisiológica, definida como la máxima acumulación de materia seca (Rodríguez-Burgos *et al*., 2011). En etapas tempranas de maduración, el PS encontrado fue de 2.72 g a 50 dda y 2.72 g a los 65 dda, lo que representa el inicio de acumulación de nutrientes y agua, asociado a una rápida división y elongación celular (San Juan *et al.*, 2019), mientras que el peso menor se obtuvo de frutos cosechados a los 95 dda (Cuadro 13), situación que probablemente responde a que ya no hay acumulación de materia seca y la semilla simultáneamente continua la pérdida de humedad (Rodríguez-Burgos *et al.,* 2011).

Porcentaje de germinación

El mayor porcentaje de germinación (92 %), se obtuvo en semillas extraídas de frutos con 80 dda, superando (P≤0.05) a los reportados en los genotipos restantes. El menor valor registrado, 16.17 %, fue en el primer muestreo (50 dda), lo que se debe a que las semillas aun no alcanzan el desarrollo morfológico y fisiológico que permitan una germinación adecuada, a esta etapa se le conoce como etapa de histodiferenciación (Dos Santos *et al.,* 2016). En este mismo sentido, Rodríguez-Burgos *et al.* (2011) indican que mientras la semilla no alcance la madurez fisiológica, es decir, no llegue a la máxima acumulación de materia seca, no se puede lograr el máximo poder germinativo. Por otra parte, una vez que se alcanzó la mayor germinación, a los 95 dda los valores disminuyeron, lo que obedece al deterioro natural de las semillas, el cual comienza una vez que se logra la madurez

fisiológica. A medida que la semilla envejece, el ADN de la misma disminuye y se degrada, lo que consecuentemente genera una reducción en el porcentaje de germinación (Hussein *et al.,* 2011). Las semillas con cosecha a 80 dda pueden considerarse de alto vigor ya que la germinación fue mayor al 80 % (San Juan *et al*., 2019).

Cuadro 12. Comparación de 7 parámetros de calidad en semilla de frutos pimiento morrón cosechados en cinco etapas de desarrollo después de antesis (dda).

C	PS (g)	GER (%)		VGER	LT (cm)	LR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
		DR	DT					
50 dda	2.72 c[t]	8	16.17 d	2.32 d	1.05 d	2.02 c	5.53 d	0.006 d
65 dda	3.82 b	48	43.42 b	6.79 c	2.34 b	5.21 b	16.90 b	0.01 b
80 dda	4.16 a	92	73.89 a	17.42 a	3.41 a	7.30 a	27.29 a	0.02 a
95 dda	1.77 d	32	34.11 c	8.27 b	1.36 c	2.05 c	11.00 c	0.008 c
110 dda	0.00 e	0	0.00 e	0 e	0 e	0 d	0 e	0 e
DMSH	0.19		2.24	0.57	0.11	0.29	0.005	0.0008

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; C: cosecha; PS: peso 1000 semillas; GER: porcentaje de germinación; VGER: velocidad de germinación; LT: longitud de tallo; LR: longitud de raíz; PFP: peso fresco plántula; PSP: peso seco plántula; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Velocidad de germinación

La mayor velocidad de germinación (17.42) se logró en semillas colectadas a los 80 dda, a la vez que la menor fue obtenida a los 50 dda (2.32), lo que supone que en el primer caso pudo haberse alcanzado la madurez fisiológica, mientras que en el segunda, la semilla aún estaba inmadura, lo que implica bajos niveles de fitohormonas esenciales para el proceso de germinación, sin descontar que la cantidad de materia seca en los cotiledones también pudo ser muy baja. En cosecha tardía (95 dda), los valores bajan, muy probablemente porque la semilla entra en un proceso de deterioro, de ahí la importancia de encontrar el momento óptimo de recolección (Cuadro 13).

Longitud de tallo y de raíz

Los resultados de los parámetros de vigor longitud de tallo (LT) y de raíz (LR), muestran un patrón similar al descrito para GER y VGER, debido a que los mayores resultados (P≤0.05) se observan a los 80 dda (Cuadro 13), lo que refuerza la hipótesis de que es el momento en que se alcanzó la madurez fisiológica; adicionalmente, a los 50 dda, el vigor presenta su menor expresión, debido a la falta de hormonas, materia seca en los cotiledones, y seguramente inmadurez del embrión en general, por lo que los procesos de división celular pudieron ser afectados significativamente de manera negativa (Dos Santos *et al.,* 2016). Estos resultados coinciden con lo concluido por García-Tierrablanca *et al.* (2015), quienes indican que la longitud tanto de la radícula como del hipocótilo aumenta conforme aumentan los dda, aunque en dicho experimento el valor de los parámetros disminuyó después de los 95 dda, por lo que se especula que se utilizaron variedades más tardías que las estudiadas en el presente experimento.

Peso fresco y seco de plántula

A los 80 dda se obtuvo el mayor peso fresco y seco en plántulas, con valores de 27.27 y 0.02 mg por muestra (Cuadro 13), mientras que en cosechas tempranas (50 dda) y tardías (95 dda), los resultados fueron menores (P≤0.05), en ambos casos por efecto de la materia seca, ya que en semillas inmaduras los cotiledones están en plena acumulación de peso seco, en tanto que en la cosecha tardía el metabolismo del embrión consume nutrientes como parte del proceso de respiración, de modo que los nutrientes necesarios para la división celular y alongamiento de tejidos se ven afectas negativamente (Dos Santos *et al.,* 2016). Este argumento tiene mayor sustento cuando se corrobora que la etapa en donde se obtuvo el mayor peso fresco y seco de la plántula coinciden con el momento (80 dda) en donde se obtuvo el mayor peso de semillas y el mayor porcentaje de germinación. En este contexto se puede concluir que conforme transcurre el tiempo de cosecha hasta los 80 dda, mejora la calidad física y fisiológica, puesto que cada etapa se aproxima más a la madurez fisiológica de la semilla.

Calidad en semilla por efecto de la intensidad luminosa

La intensidad luminosa generó diferencias significativas (P≤0.05) en la mayoría de las variables, a excepción del peso de las semillas y el peso seco de la plántula (Cuadro 14).

Cuadro 13. Comparación de 7 parámetros de calidad en semilla de pimiento morrón cultivado bajo intensidades luminosas diferentes.

IL	PS (g)	GER (%)		VGER	LT (cm)	LR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
		DR	DT					
Luz	2.48 a[t]	40	39.57 a	8.22 a	1.84 a	3.83 a	13.42 a	0.01 a
Sombra	2.50 a	20	27.62 b	5.74 b	1.43 b	2.81 b	10.94 b	0.01 a
DMSH	0.08		1.02	0.26	0.05	0.13	0.002	0.0004

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta; IL: Intensidad luminosa; PS: peso 1000 semillas; GER: porcentaje de germinación; VGER: velocidad de germinación; LT: longitud de tallo; LR: longitud de raíz; PFP: peso fresco plántula; PSP: peso seco plántula; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Peso de 1000 semillas

El peso de semillas no se vio afectado por la condición de luminosidad (Cuadro 14), no obstante, se aprecia una leve tendencia a presentar mayor peso en plantas cultivadas bajo sombra, por lo que el cambio de temperatura y humedad relativa pudieron haber favorecido la acumulación de materia seca o bien generaron un microclima para crear una mejor condición para una pérdida de humedad de semilla más eficiente.

Porcentaje y velocidad de germinación

El mayor porcentaje de germinación (40 %) y velocidad de germinación (8.22) se obtuvieron en semillas extraídas de frutos cultivados sin malla sombra (Cuadro 14), lo que implicó una reducción del 50 y 30 % en la GER y VGER, respectivamente, por efecto del sombreado. La malla sombra negra es poco selectiva a la calidad de luz y sombrea igual en toda la banda del espectro electromagnético, lo que produce una disminución en la fotosíntesis (Valeta *et al.,* 2001), proceso que está directamente relacionado con el llenado de grano. En este estudio el sombreado

otorgó 614.48 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}$ (Figura 1), radiación que está por debajo de los requerimientos necesarios de luz del cultivo de pimiento (838 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-2}$), fenómeno que posiblemente afectó de manera negativa el proceso de germinación.

Longitud de tallo y raíz de plántula

La mayor longitud de tallo de las plántulas (1.84 cm) generadas de un sistema de cultivo sin sombreado, superaron ($P \leq 0.05$) a las derivadas del sistema con malla sombra, donde se registró un promedio de 1.43 cm, lo que representa una disminución en la longitud del tallo de 22.28 % (Cuadro 14). El comportamiento de la raíz fue similar al del tallo, obteniéndose raíces más largas de plántulas derivadas de semillas provenientes de frutos cultivados sin malla sombra (3.83 cm), mientras que las semillas de frutos sombreados generaron plántulas con raíces de 2.81 cm (Cuadro 14), o que representa una disminución en longitud de raíz del 26.63 %.El crecimiento de una planta requiere de materia seca, cuyo contenido en la planta depende de la calidad y cantidad de la RFA (Días *et al.,* 2011), niveles bajos de RFA, generan una disminución en la biomasa y distribución de materia seca (Cabezas y Corchuelo. 2005), lo que indica que la diminución del tamaño de la plántula pudo ser resultado de una baja acumulación de materia seca en la semilla, pues esta es uno de los destinos fuertes de reserva durante el desarrollo del fruto.

Peso fresco

El peso fresco de la plántula fue mayor ($P \leq 0.05$) en las plántulas provenientes de semillas cuyo fruto se desarrolló sin malla sombra, donde el valor obtenido fue de 13.42 mg por muestra, mientras que las plántulas de semillas desarrolladas bajo sombreado disminuyeron su peso a 10.94 mg (Cuadro 14), es decir la reducción de luz generó una disminución del 18.47 % en PFP, lo que probablemente sea debido a una mayor acumulación de materia seca por efecto de la luz, sin dejar a un lado que este factor también influye positivamente en el desarrollo de compuestos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Calidad en semilla por efecto del tiempo de extracción de la semilla (E)

Peso de 1000 semillas

El peso de 1000 semillas (PS) extraídas a la cosecha (EI) fue mayor (P≤0.05) que el obtenido de semillas separadas 10 días después (EP) (Cuadro 15), lo que promovió una disminución del 27.68 %. La disminución del peso fresco en las semillas se da por la pérdida de agua y la tolerancia a la desecación, e indica que éstas han entrado a la etapa de madurez y desecación (García *et al.,* 1993), por los resultados obtenidos, es probable que cuando se realizó la EI la semilla aún estaba en una fase anterior a la fase de madurez (fase de expansión) y que con la EP la semilla siguió su desarrollo aún dentro del fruto.

Cuadro 14. Comparación de 7 parámetros de calidad en semilla de frutos de pimiento morrón a dos etapas de poscosecha.

E	PS (g)	GER (%)		VGER	LT (cm)	LR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
		DR	DT					
EI	2.89 a[t]	28	32.87 b	6.95 a	1.60 b	3.14 b	12.01 b	0.011 a
EP	2.09 b	32	34.41 a	7.03 a	1.67 a	3.51 a	12.36 a	0.010 b
DMSH	0.08		1.01	0.26	0.05	0.13	0.002	0.0004

[t]Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, según la prueba de Tukey (P≤0.05). DMSH: diferencia mínima significativa honesta; E: tiempo de extracción de semilla; EI: extracción inmediata, EP: extracción posterior; PS: peso 1000 semillas; GER: porcentaje de germinación; VGER: velocidad de germinación; LT: longitud de tallo; LR: longitud de raíz; PFP: peso fresco plántula; PSP: peso seco plántula; DR: datos reales, DT: datos transformados.

Porcentaje de germinación y velocidad de germinación

El porcentaje de germinación fue mayor (P≤0.05) en semillas extraídas diez días después del corte (EP) donde el porcentaje obtenido fue de 32 %, mientras que en la extracción inmediata (EI), el porcentaje de germinación fue del 28 % (Cuadro 15). El almacenamiento del fruto por 10 días generó un aumento el porcentaje de germinación del 12.5 %, mientras que en la velocidad de germinación no hubo diferencia significativa entre tratamientos, aunque cabe aclarar que la tendencia fue similar a la de la germinación. Resultados similares reportan Ayala *et al.* (2014) quienes encontraron que el almacenamiento por 15 días después de la cosecha

aumenta el porcentaje de germinación, probablemente porque la permanencia de la semilla dentro del fruto después de haber sido cosechado permite la oclusión normal de los tejidos conectivos con el resto del fruto, sin dañar las cualidades de la semilla. Por su parte Vidigal *et al.* (2009) indicaron que, durante el proceso de maduración de los frutos, la conductividad eléctrica de las semillas disminuye lo cual puede estar asociado con el desarrollo de una buena organización de la membrana celular, lo cual favorece la germinación.

Longitud de tallo y raíz de plántula

En relación a la longitud del tallo, esta fue mayor significativamente ($P \leq 0.05$) en semillas con EP donde la longitud encontrada fue de 1.67 cm mientras que, en semillas con EI, la longitud disminuyó a 1.60 cm (Cuadro 15), lo que representa en términos de porcentaje una disminución del 4.19 %. Un comportamiento similar fue observado en la raíz, donde la semilla con EP produjo plántulas con raíces 10.54 % más largas.

Peso fresco de plántula

En cuanto al peso fresco, este resultó ser mayor en EP con un valor de 12.36 mg, mientras que en EI el peso fresco de las plántulas fue de 12.01 mg (Cuadro 15). El tiempo de almacenamiento por 10 días de los frutos antes de la extracción de la semilla propicio plántulas con 2.83 % más peso fresco, en comparación con las plántulas provenientes de semillas de frutos que no fueron almacenados.

Peso seco de plántula

El peso seco en plántulas fue mayor ($P \leq 0.05$) con extracción inmediata de la semilla (EI) (0.011 mg) que con extracción posterior (EP) (0.010 mg), la EP generó una disminución del 9.09 % en el peso seco de la plántula (Cuadro 15).

Las plántulas más grandes y con mayor peso fresco se obtuvieron de semillas cuya extracción se realizó diez días después del corte del fruto (EP), sin embargo, el mayor peso seco se obtuvo de plántulas germinadas de semillas con EI. Por los

resultados obtenidos, se puede inferir que, durante el almacenamiento de los frutos, las semillas alcanzaron la madurez adecuada lo que condujo a la obtención de plántulas más vigorosas (Criollo y Upegui, 2005), pero que desde la EI la semilla alcanzo su máximo peso seco.

Calidad física y fisiológica de semilla en la interacción variedad x intensidad luminosa a diferentes dda y etapas de extracción de semilla

Los parámetros de calidad en semilla se evaluaron en todos los tratamientos hasta 95 dda con EI, a partir de esta etapa el fruto no logro completar los diez días de almacenamiento, por lo que no se pudo realizar la EP de la semilla; a 110 dda la semilla germinó dentro del fruto en todos los tratamientos, lo que imposibilitó evaluar la calidad de semillas en esa etapa; en el tratamiento V4S la germinación dentro del fruto ocurrió a los 95 dda.

Peso semilla

El peso de 1000 semillas tiende a incrementarse a medida que se llega a la madurez fisiológica, con una caída en muestreos tardíos (Figura 15); sin embargo, cabe mencionar que en etapas tempranas (50 dda) de manera general las diferencias entre los valores por efecto de variedades, uso de sombra y tiempo a la extracción de semilla, no son tan notorias como lo pudiese ser en los dos siguientes muestreos, donde en la mayoría de los casos, la calidad física (PS) se ve favorecida por un sistema hidropónico sin sombreado y con extracción de semilla al momento del corte, sin olvidar que el potencial genético de cada genotipo evaluado, también muestra ciertas diferencias, a pesar de que la semilla se benefició por peso, lo que implica que la luz afecta en diferente forma a las variedades.

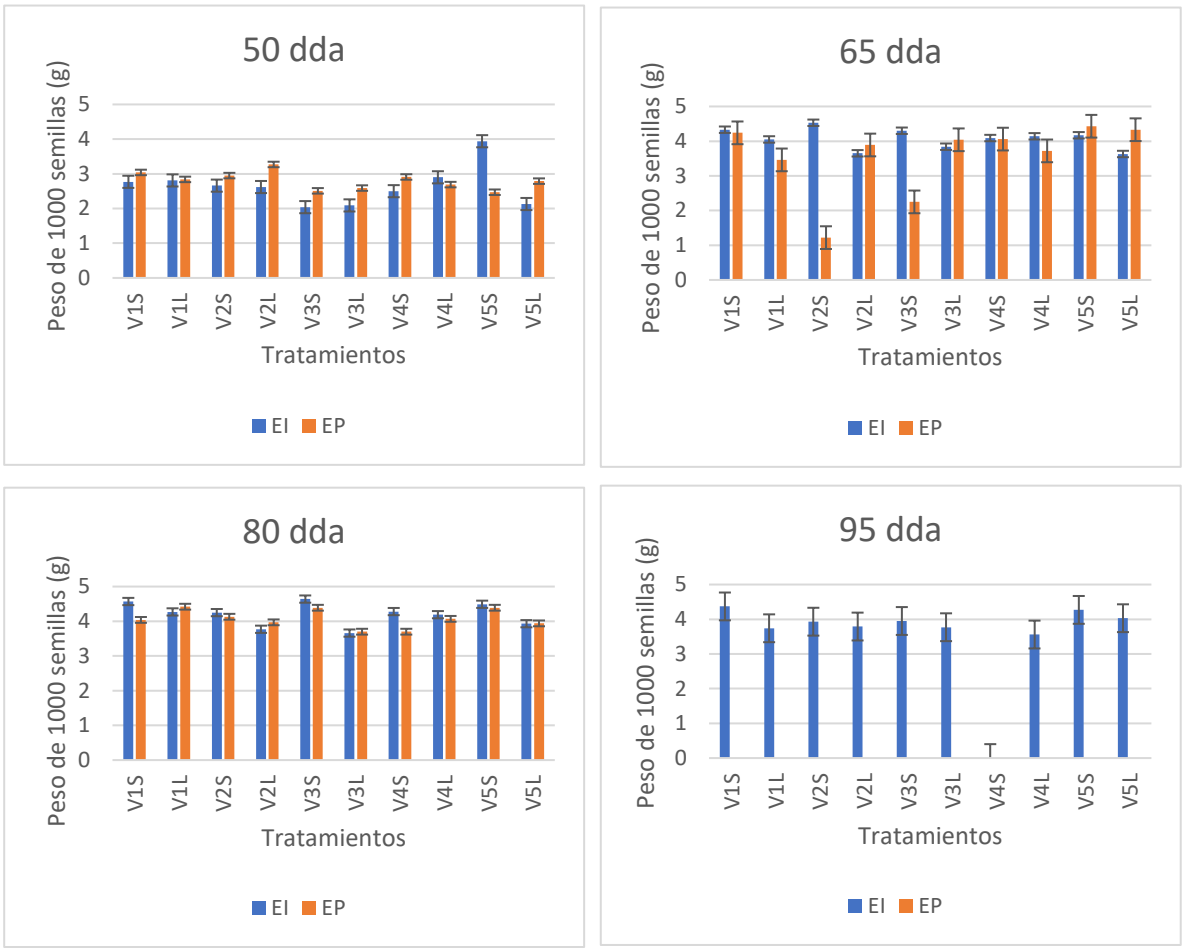


Figura 15. Peso de semillas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Porcentaje y velocidad de germinación

La interacción entre la variedad y la condición de cultivo muestra que las semillas extraídas posteriormente a la cosecha (EP) desarrolladas bajo un sistema sin sombreado, en la mayoría de las variedades superaron en porcentaje de germinación (Figura 16) y velocidad de germinación (Figura 17) a las semillas con extracción inmediata al corte (EI), particularmente a los 65 y 80 dda, ya que a los 50 dda no hubo germinación de semillas recién extraídas, debido a que éstas se encontraban en la fase de histodiferecniación, donde el desarrollo morfológico y

fisiológico no permiten el proceso de germinación (Dos Santos *et al.,* 2016), siendo la variedad 5 (‘PS1636’) probablemente la más tardía, ya que aun después de los diez días de almacenamiento, tampoco presentó germinación. El desarrollo de las semillas se divide en: histodiferecniación, fase de expansión y fase de maduración y senescencia (Bradford, 2004) probablemente al primer corte de la variedad 5, la semilla no logró llegar a la segunda fase, donde se produce la acumulación de sustancias de reserva, que son necesarios para la embriogénesis. Respecto a la condición de cultivo se observa que las semillas provenientes de condición sin sombreo, generaron valores más altos, esto puede deberse a que, la semilla bajo esas condiciones, recibió mayor cantidad de carbohidratos, producto de una actividad fotosintética más eficiente, ya que en el área sin sombreo la planta recibió la RFA suficiente para un buen desarrollo.

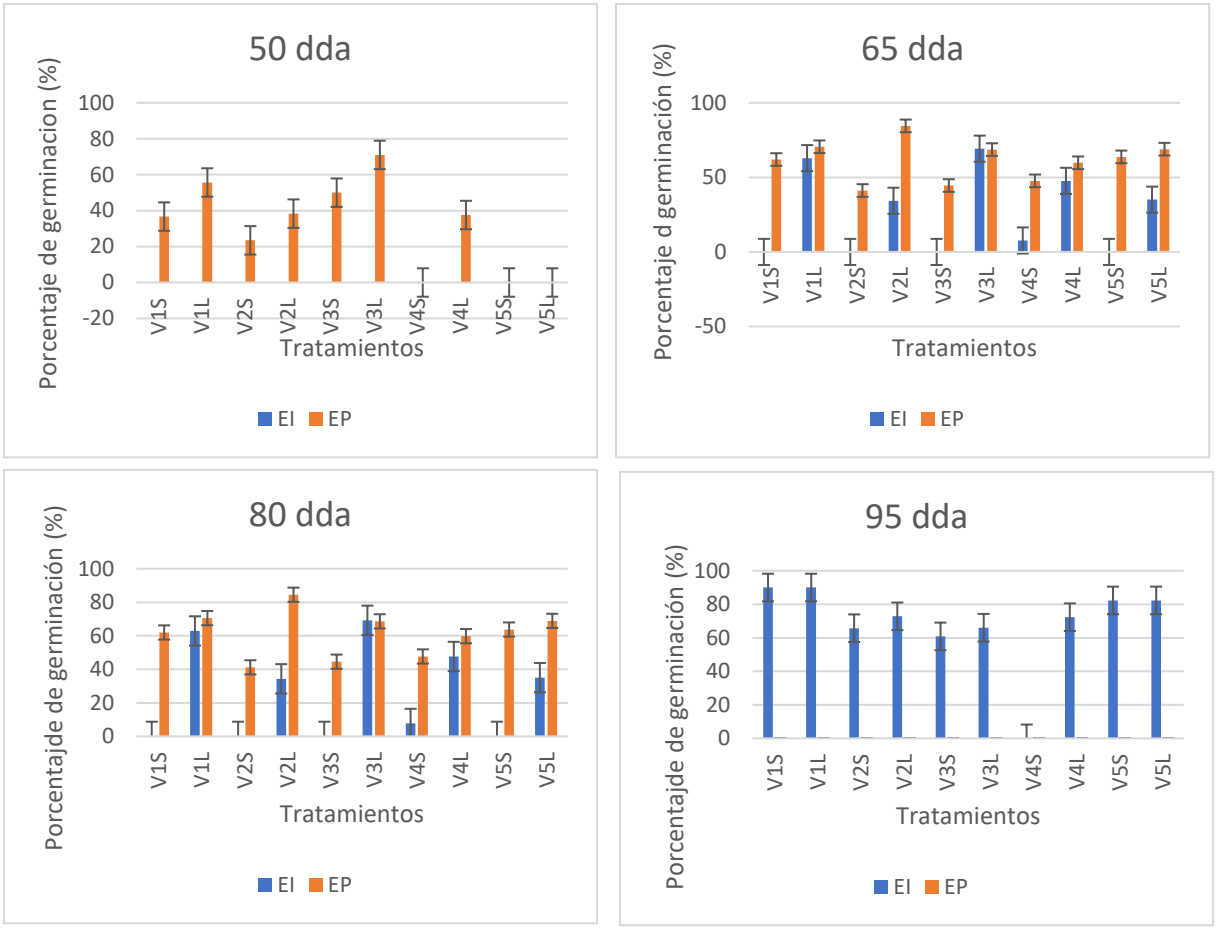


Figura 16. Porcentaje de germinación de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

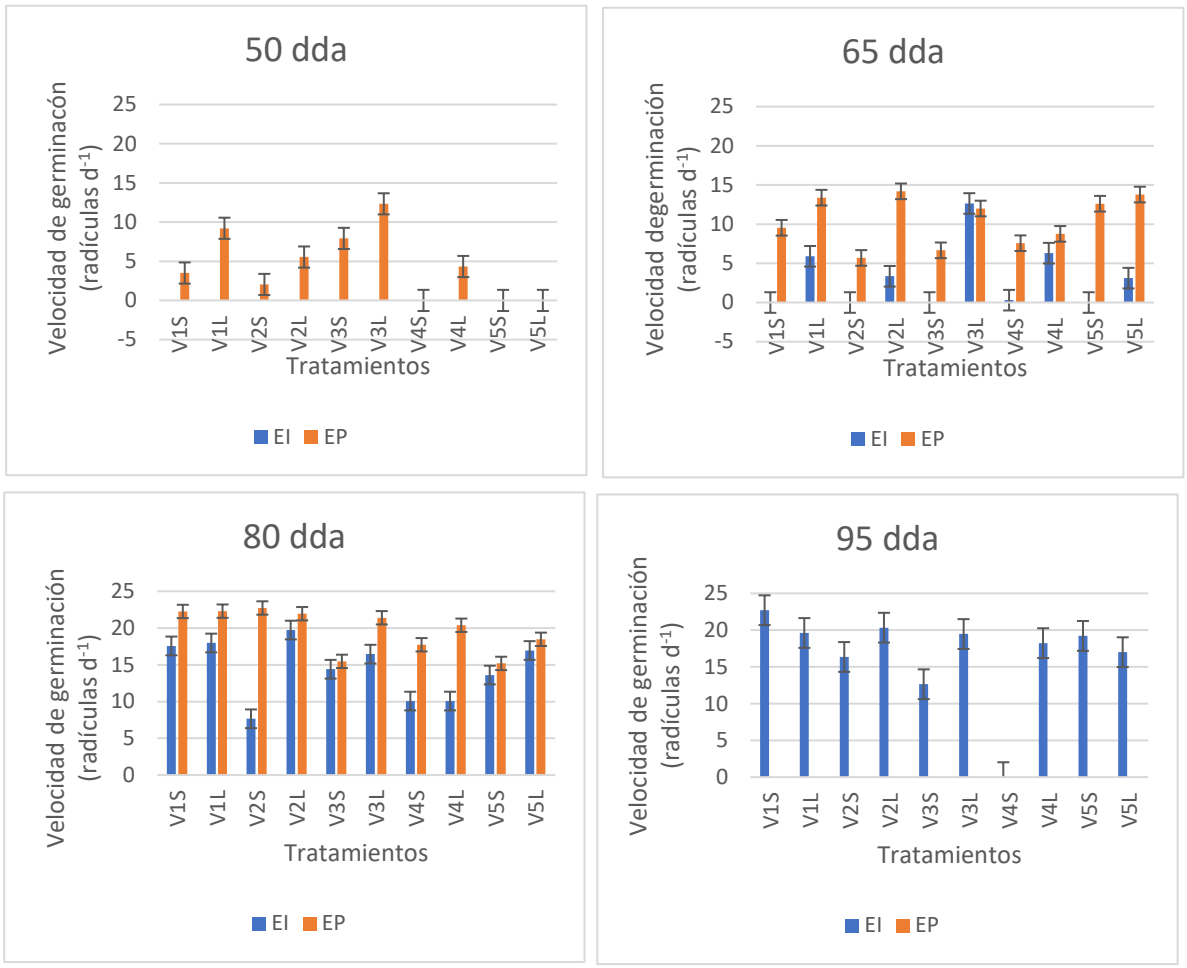


Figura 17. Velocidad de germinación de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Longitud de tallo y raíz de plántula

Los datos de longitud de tallo (Figura 18) y raíz (Figura 19) tienden a incrementarse a medida que se acercan los 80 dda, y evidentemente se ven diferencias entre genotipos, lo que implica que cada uno tiene diferente ciclo y consecuentemente al momento de la muestra sus condiciones de materia seca y metabolismo fueron diferentes. Por otra parte, a los 65 dda la semilla que se extrajo diez días después del corte (EP), generó plántulas de mayor tamaño, contrario a lo que ocurrió a los 80 dda, donde la plántula de semillas con EP fue de menor longitud, sin embargo, se puede observar que, el tamaño de plántulas de semillas con EI a los 80 dda es similar al tamaño que se obtuvo con EP a los 65 dda. En este experimento, en etapas tempranas (hasta los 65 dda) la EP mejora la calidad fisiológica de la semilla, o cual concuerda con los resultados de Ayala *et al.* (2014) y a partir de los 80 dda las diferencias ya no fueron muy evidentes. Estos resultados indican que se puede realizar la cosecha del fruto a 65 dda y con un almacenamiento de diez días se pueden obtener plántulas de calidad similar a las obtenidas a 80 dda con E.

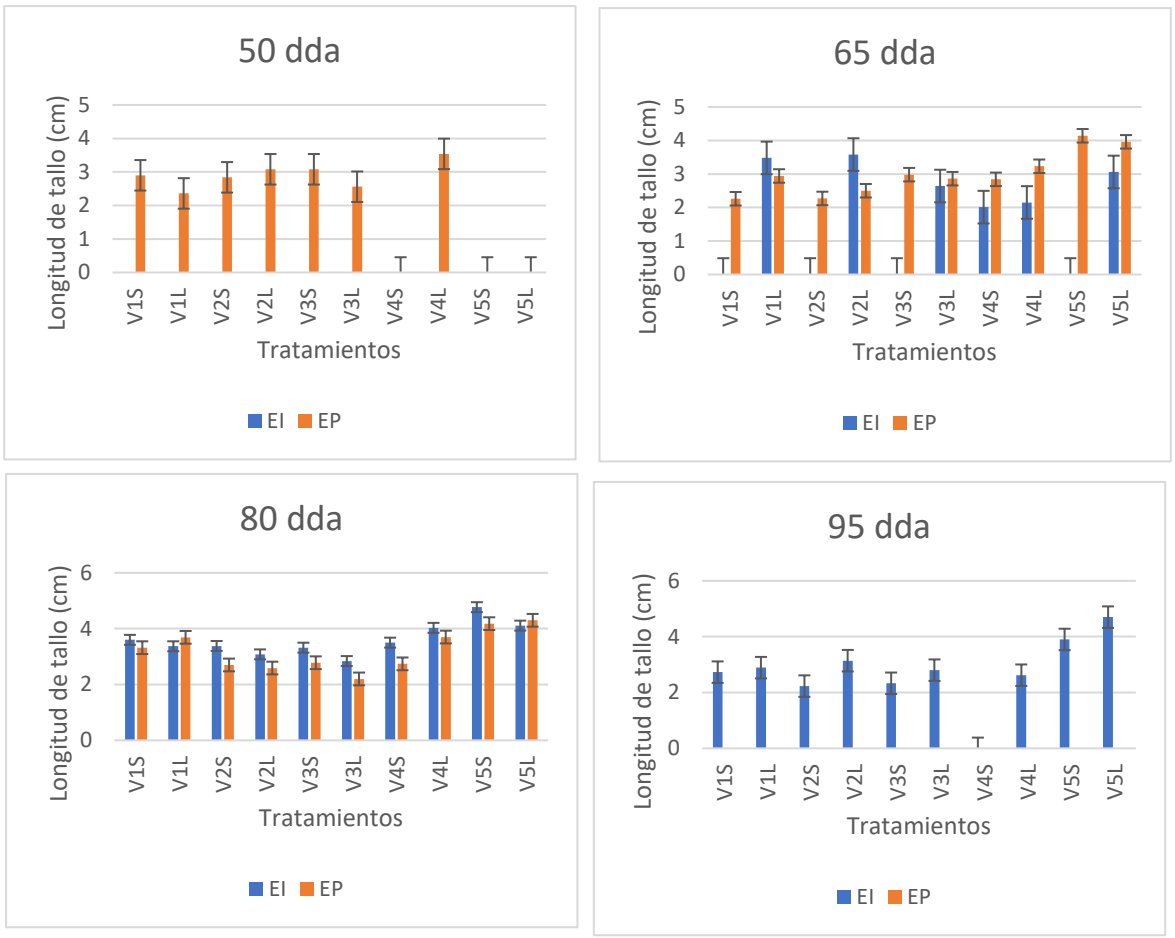


Figura 18. Longitud de tallo de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

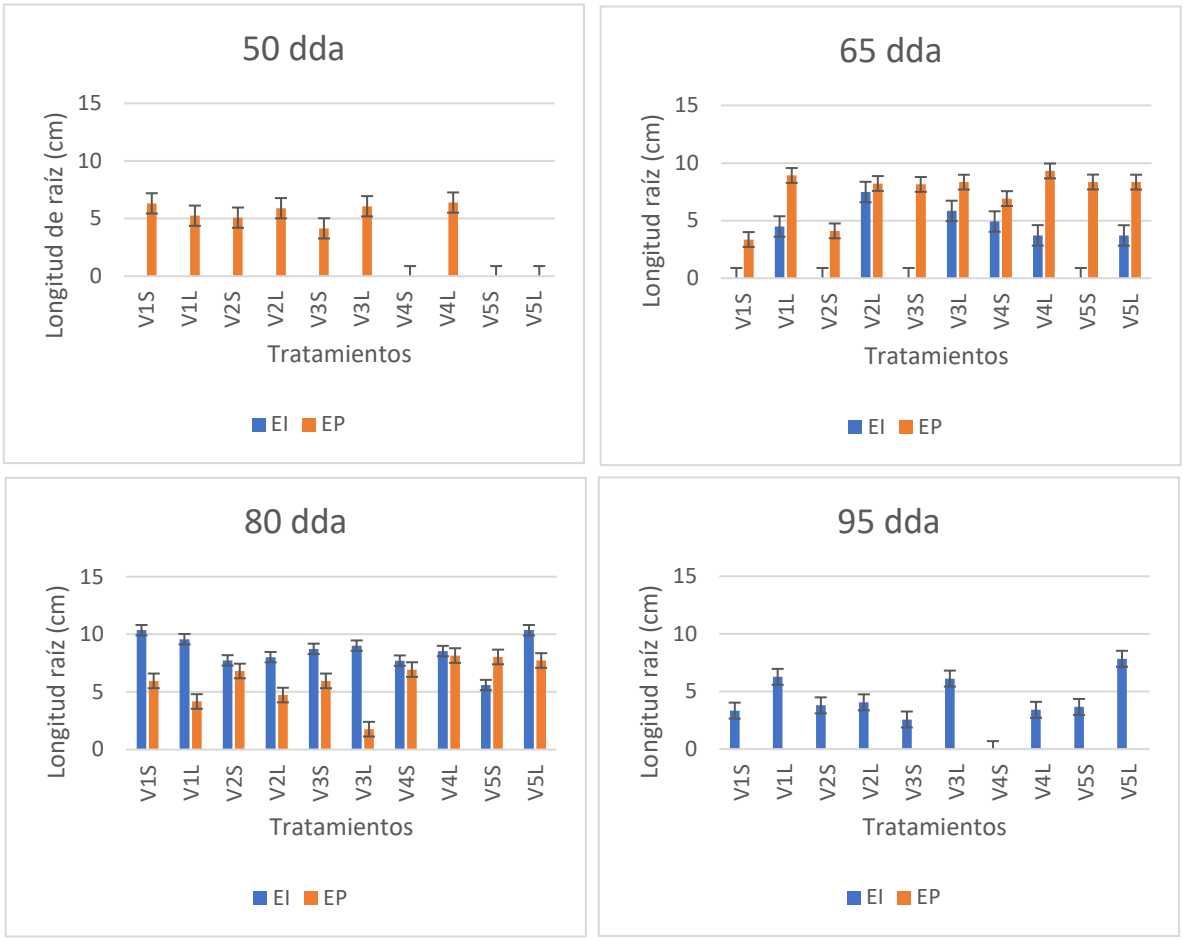


Figura 19. Longitud de raíz de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Peso fresco y seco de plántula

El peso fresco (Figura 20) y seco (Figura 21) de plántula fue mayor a medida que las plántulas emergidas provenían de semillas extraídas de frutos de mayor madurez, obteniéndose los mejores resultados a los 80 dda; la extracción posterior de la semilla (EP), diez días después de la cosecha, también muestra en la mayoría de los tratamientos un efecto positivo, en especial a los 65 y 80 dda, donde con la extracción inmediata de la semilla, solo en contados tratamientos se obtuvieron plántulas de mayor peso, resultados que respaldan la hipótesis previamente

planteada, en la que un periodo de diez días permitió a las semillas concluir en mejor medida su proceso natural de maduración que incluye la obtención suficiente de sustancias de reserva, la síntesis de giberelinas necesarias para el inicio del proceso de germinación y eliminación de sustancias inhibidoras de dicho proceso, lo cual se dio de manera diferente en cada genotipo (Ayala *et al.,* 2014).

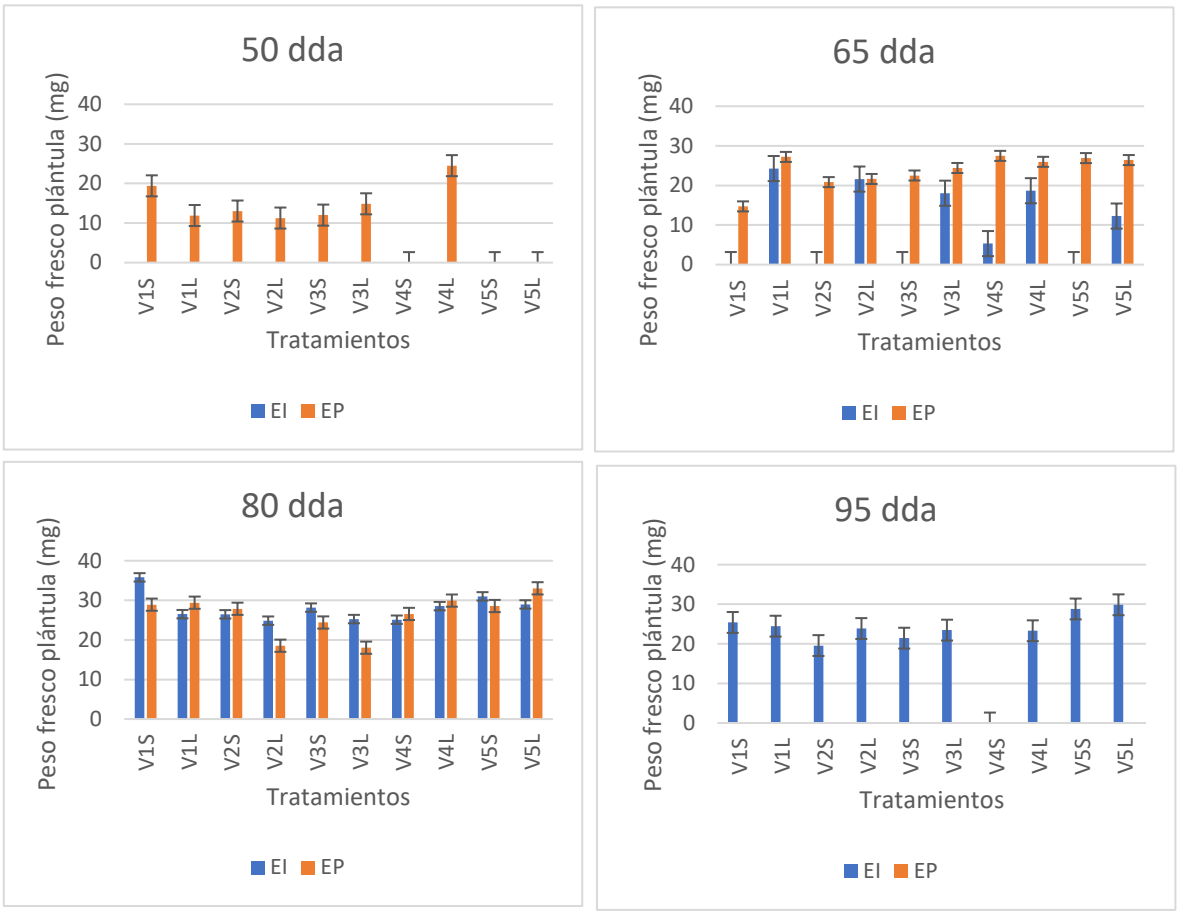


Figura 20. Peso fresco de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

Figura 21. Peso seco de plántulas de cinco híbridos de pimiento morrón cultivados bajo dos intensidades luminosas, con corte a diferentes días después de antesis (dda). V1S: 'Dicaprio F_1' con malla; V1L: 'Dicaprio F_1' sin malla; V2S: 'Mozart F_1' con malla; V2L: 'Mozart F_1' sin malla; V3S: 'Triple F_1' con malla; V3L: 'Triple F_1' sin malla; V4S: 'Viper F_1' con malla; V4L: 'Viper F_1' sin malla; V5S: 'PS1636' con malla; V5L: 'PS1636' sin malla; EI: Extracción Inmediata de semilla; EP: Extracción Posterior de semilla; Promedio de tres mediciones ± error estándar.

CONCLUSIÓN

La mayor calidad física y fisiológica de semilla se obtuvo a los 80 días después de antesis, donde 'Dicarpio F_1' se destacó con los mejores resultados.

La producción de semilla con malla sombra generó plántulas con menor calidad física y fisiológica, respecto al tiempo de extracción de la semilla, la extracción diez días después de la cosecha del fruto mejoró significativamente la calidad física y fisiológica de la semilla, solamente en etapas tempranas de corte (50 y 65 dda).

LITERATURA CITADA

Abbott, J.A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology,* 15: 207-225.

Ayala V., M.; Ayala G., O.; Aguilar R., V.; Corona T., T. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37 (1):79-87.

Bradford, K. J. (2004). Seed Production and Quality. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, California, USA. 134 p.

Cabezas, Marco; Corchuelo, G. (2005). Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (Solanum Phureja Juz. et Buk.) en tres localidades colombianas*. Agronomia Colombiana*, 23 (1): 62-73.

Criollo E., H.; Upegui E., P.A. (2005). Determinación de la madurez fisiológica de semillas de Uvilla (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 22 (1): 1-13.

Días L., E.; Morales R., E.. J; Franco M., O.; Domínguez L., A. (2011). Atenuación de la luz, radiación interceptada y rendimiento de maíz en función del fosforo. *Terra Latinoamericana,* 29 (1): 65-72.

Dos Santos S., R.; Pacheco A., L. W; Irribarem C., S; Dienes M., N.; De Mello-Farias, P. C; Valmor R., C.; Costa de Oliveira., A. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*, 8(2): 78-88.

FAO. (2011). Producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. Manual Técnico. Santiago de Chile. 38 p.

García, V.; Herrera, J.; Alizaga, R. (1993). Efecto de la madurez de la semilla sobre la germinación y el vigor en semillas de china (*Impatiens balsamina* L.). *Agronomía Costarricense*, 17 (1): 81-87.

García-Tierrablanca, E.A.; Raya-Pérez, J.C.; Covarrubias-Prieto, J.; Dorantes-Gonzáles, J.A.R.; Chable-Moreno, F.; Aguirre-Mancilla, C. (2015). Evaluación de Técnicas de emasculación y maduración de fruto para la producción de semilla de chile (Capsicum annum L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* 1(11): 2129-2137.

Hussein, J.H.; Shaheed, A. I.; Yasser, O. M. (2011). Effect of accelerated Aging conditions on viability of sunflowers (*Helianthus annus* L.) seed. *Euphrates Journal of Agriculture Science,* 3 (3): 1-9.

ISTA. (2005). International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. 4: 3-177.

Kim, G., Kim, G. H; Lohumi, S.; Kang, J.S; Cho, B. K. (2014). Viability estimation of pepper seed using time-resolved photothermal signal characterization. *Infared Physics and Technology,* 67(1): 214-221.

Mundarain, S.; Coa, M.; Cañizares, A. (2005). Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.). *UDO Agrícola*, 5 (1): 62-67.

Pablo, E.P; Mejía, J.A.; Carballo, A; García, G.; Aguilar, V.H.; Corona, T. (2009). Calidad de semilla en colecta de chile de agua (*Capsicum annum* L.) de los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México*, 35 (1): 257-266.

Pérez M., C.; Hernández L., A; González V., F.; De los Santos G., G; Carballo C., A; Vásquez R., T. R; Tovar G., M. R. (2006). Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México,* 32(3): 341-352.

Rodríguez-Burgos, A.; Ayala-Garay, O.J.; Hernández L., A.; Leal-León, V. M.; Cortez-Mondaca, E. (2011). Desarrollo de fruto y semilla de cinco variedades de tomate de cáscara en Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5): 673-687.

San Juan, M., J; Aquino B., T.; Ortiz H., Y. D.; Cruz I., S. (2019). Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annum* L.) producido en hidroponía. *IDESIA*, 37(2):87-94.

Sánchez, J. A; Calvo, E.; Muñoz, B. C.; Orta, R. (1999). Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas y sus efectos en la conducta germinativa del tomate, pimiento y pepino. *Cultivos Tropicales*, 20(4): 51-56.

Tanny, J. (2012). Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. *Biosistems engineering,* 114 (1): 26-43.

Valera, D; Molina, F.; Gil, J. (2001). Las mallas como técnica de control climático en invernaderos. *Vida rural,* 8: 50-52.

Vidigal, P.S.; Días, D.C.F.S.; Von Pinho, E.R.V.; Dias, L.A.S. (2008). Sweet pepper quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage, *Seed Science and Technology,* 37 (1):192-201.

IV. DISCUSIÓN GENERAL

La propagación del pimiento morrón se realiza principalmente por semilla, por lo que disponer de buena calidad de la misma es uno de los factores que determina la rentabilidad de un cultivo (Pittcock, 2008). El grado de madurez del fruto al momento de la cosecha y el momento de extracción de la semilla son factores importantes a tomar en cuenta en la obtención de semillas de calidad física y fisiológica (Ayala *et al*., 2014), sin dejar de lado las condiciones agroclimáticas bajo las cuales se da el proceso de producción. En el presente experimento se evaluó el efecto del uso de la malla sombra durante el ciclo de producción y el almacenamiento del fruto después de la cosecha, sobre la calidad del fruto y semilla de cinco genotipos de pimiento morrón, y se determinó el momento óptimo de cosecha tanto de fruto como de semilla.

El uso de malla sombra bajo la película plástica del invernadero, disminuyó el flujo de RFA en un 36 % y la temperatura máxima en un 14 %, bajo la misma condición la humedad relativa aumentó de 27 % a 37.45 %.

Las plantas desarrolladas bajo el sistema de sombreado incrementaron su altura 16.17 % y disminuyeron en el número de bifurcaciones (22 %), mientras que el diámetro no se vio afectado.

Los frutos obtenidos bajo el área sombreada presentaron mayor firmeza, menor concentración de vitamina C, de carotenoides, clorofila b, clorofila total y luminosidad, mientras que el peso, la acidez titulable, los sólidos solubles totales, la clorofila a, croma y Hue no se vieron afectados. El sombreado afecto de manera negativa la calidad nutrimental del pimiento. El mayor peso de frutos fue en aquellos cosechados a los 95 dda. A medida que aumentaron los dda, también se incrementó la concentración de vitamina C, acidez titulable y sólidos solubles totales, la mayor concentración de estos se obtuvo de frutos de entre 80 y 110 dda. En relación a los pigmentos, la concentración de clorofila disminuyó conforme aumentaron los dda hasta 110, mientras que la concentración de carotenoides se abatió. Los valores de firmeza, croma y Hue fueron mayores en las primeras cosechas (50 y 65 dda) y el

cambio de color se dio a los 65 dda. El uso de malla sombra generó cambios en el microclima, en el porte de la planta y en la calidad del fruto tal y como lo señala Tanny *et al.* (2012). Con el almacenamiento de 10 días después de la cosecha, la concentración de vitamina C, acidez titulable, sólidos solubles totales y carotenoides aumentaron en relación a los frutos recién cosechados; por otro lado, el peso, la firmeza y la concentración de clorofila a, b y total, así como el ángulo de tono, disminuyeron, mientras que, los valores de Hue y croma no se vieron afectados; con el almacenamiento el fruto mejora las propiedades nutritivas del morrón, sin embargo, disminuyen las cualidades físicas. Los resultados obtenidos en este experimento indican que la madurez fisiológica de los frutos, de acuerdo a la definición de Dos Santos *et al.* (2015), se alcanzó a los 95 dda, cuando el fruto logró su máximo tamaño; entre los 95 y 110 dda los frutos sin sombreado, mostraron el mayor valor nutritivo al presentar los niveles más altos de vitamina C, sólidos solubles totales y caroteniodes.

En relación a las semillas, se concluye que el híbrido 'Dicarpio F_1' fue el que aportó las semillas de mejor calidad, no obstante, en todas las variedades evaluadas, la mejor calidad se logró a los 80 dda, en este contexto, Rodríguez-Burgos *et al.* (2011) refieren que cuando la semilla alcanza la máxima acumulación de materia seca también se alcanza la madurez fisiológica y es esta última característica la que permite una germinación adecuada. En lo que respecta a la condición de cultivo, el uso de malla sombra disminuyó la calidad física y fisiológica de la semilla, lo que se explica por la reducción en el flujo de RFA, lo que conduce a una disminución en la eficiencia fotosintética (Valeta *et al.,* 2001) y por consiguiente hay una disminución en la biomasa y distribución de materia seca (Cabezas y Corchuelo, 2005).

El tiempo de extracción de la semilla también afecta la calidad, encontrando que la extracción posterior la mejora, pero solo en etapas tempranas de corte (50 y 65 dda) (Ayala *et al*., 2014). Se observó que la calidad fisiológica de las semillas con 65 dda y extracción posterior (EP), es similar a la calidad obtenida en semillas con 80 dda y extracción inmediata (EI), lo que implica la aceleración del ciclo de selección y la obtención de germoplasma en un periodo más corto (Ayala et al., 2014).

Mientras que la madurez fisiológica en fruto se alcanza a los 95 dda, la madurez fisiológica de la semilla se alcanza a los 80 dda, por lo que, para fines de producción de semillas, la cosecha del fruto deberá realizarse a los 80 dda.

V. CONCLUSIONES GENERALES

El uso de malla sombra disminuye la calidad tanto del fruto como de la semilla de pimiento morrón.

La madurez fisiológica del fruto se alcanzó a los 95 dda, mientras que la madurez de la semilla se alcanzó a los 80 dda.

El peso del fruto, la concentración de vitamina C, la acidez titulable, los sólidos solubles totales y la concentración de carotenoides es mayor conforme aumentan los dda, mientras que los valores de firmeza, clorofila, L y Hue disminuyen. El almacenamiento mejoró las características nutrimentales del fruto, sin embargo, disminuye la calidad física del mismo.

La extracción diez días después de la cosecha del fruto mejoró significativamente la calidad física y fisiológica de la semilla, solamente en etapas tempranas de corte (50 y 65 dda).

El uso de malla sombra durante el ciclo de producción afectó negativamente parámetros de la calidad del fruto, principalmente nutricionales y disminuyó la calidad física y fisiológica de la semilla.

VI. LITERATURA CITADA GENERAL

Abbott., J.A. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology,* 15: 207-225.

AOAC (2005). Official Methods of Analysis. Horwitz, W. (ed). 18th Ed. Benjamin Franklin Station, Washington DC. USA.1018 p.

Ávila, J; Ruales, J. (2016). Influencia del estrés luminoso e hídrico en la poscosecha, propiedades físico-químicas y estimación del a capacidad antioxidante del tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.) genotipo gigante amarillo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17 (1): 30-40.

Ayala T., F; Sánchez M., R; Partida R., L; Yañez J., G; Ruiz E., H; Velázquez A., T; Valenzuela L., M; Parra D., M. (2015). Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista Fitotecnia Mexicana,* 38 (1): 93-99.

Ayala V., M; Ayala G., O; Aguilar R., V; Corona T., T. (2014). Evolución de la calidad de semilla de *Capsicum annuum* L. durante su desarrollo en el fruto. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37 (1):79-87.

Bae, H.; Jayaprakasha, G. K; Crosby, K; Yoo., K. S; Leskovar, D. L; Jifon, J; Patil, B. S. (2014). Ascorbic acid, capsaicinoid, and flavonoid aglycone concentrations as a function of fruit maturity stage in greenhouse-grown peppers. *Journal of Food Composition and Analysis*, *33*(2), 195-202.

Bewley, J. D; Bradford, K; Henk, H; Nonogaky H. (2013) Physiology of development, germination and dormarcy. *Seed*, Third Edition, (pp. 392). New York, U.S.A.: Springer.

Borovsky, Y.; Paran, I. (2008). Chlorophyll breakdown during pepper fr uit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene. *Theor. Appl. Genet,* 117 (2): 235-240.

Bradford K.J.(2004). Seed Production and Quality. Department of Vegetable Crops. University of California. Davis, California, USA. 134 p.

Cabezas., Marco; Corchuelo, G. (2005). Estimación de la interceptación de la radiación solar en papa criolla (Solanum Phureja Juz. et Buk.) en tres localidades colombianas*. Agronomia Colombiana*, 23 (1): 62-73.

Casierra - Posada., F; Ávila - León., O. F; Riascos O., D. H. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula bajo el sol y sombra, *Temas agrarios*, 17 (1): 60-71.

Ceballos A., N; Vallejo C., F. A. (2012). Evaluating the fruit production and quality of cherry tomato (*Solanum Lycopersicum* var. *ceresiforme*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 65: 6593-6604.

Chávez, S. E; Gonzales., T.A; Córdoba F. M. A; Rangel., P. P; Quiroz., M. C. (2015). Uso de portainjertos sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a

Phytophthora capsici Leonian en pimiento morrón. *Nova Scientia*, 7(3): 227-244.

Chervin, C; El-Kereamy, A; Roustan, J.P; Latché, A; Lamon, J; Bouzayen, M. (2004). Ethylene seems required for the Berry development and ripening in grape, a non-climacteric fruit. *Plant Sci,* 167(6): 1301-1305.

Criollo E., H; Upegui E., P.A. (2005). Determinación de la madurez fisiológica de semillas de Uvilla (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas*, 22 (1): 1-13.

Dayron S., A; Fisher., G; Flórez., R. (2006). Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de Castilla (Rubus Glaucus Benth.) en empaques con atmosfera modificada. Agronomía Colombia, 24 (2): 306-316.

Decoteau, D.R; Hatt, H. A; Kelly, J. W; McMahon, M. J; Rajapakse, N; Joung, R. E; Pollock, R. K. (1993). Applications of photomorphogenesis research to horticultural systems, *Hortscience, 28 (10): 974-1063.*

Días L., E; Morales R., E. J; Franco M., O; Domínguez L. A. (2011). Atenuación de la luz, radiación interceptada y rendimiento de maíz en función del fosforo. *Terra Latinoamericana,* 29 (1): 65-72.

Dos Santos S., R; Pacheco A., L. W; Irribarem C., S; Dienes M., N; De Mello-Farias, P. C; Valmor R., C; Costa de Oliveira., A. (2015). Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening, *Plant Omics*, 8(2): 78-88.

Dumas., Y; Dadomo, M; Di Lucca., G; Grolier., P. (2003). Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(5): 369-382.

Espinosa T., L.E; Pérez G., M; Martínez D., M.T; Castro B., R; Barrios P., G. (2010). Efecto de empaques y temperaturas en el almacenamiento de chile manzano (*Capsicum pubenses* Ruíz y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 1 (2):115-121.

FAO. (1987). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Santiago, Chile. 136 p.

FAO. (2011). Producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar. Manual Técnico. Santiago de Chile. 38 p.

Figueroa C., I. E; Martínez D., M. T; Rodríguez P., J. E; Cruz A., O; Colinas L., M. T. B; Guadarrama V., S; Ramirez R., S. P. (2015). Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morron (Capsicum annum L.). *Interciencia*, *40* (10): 696-703.

Fu, W; Li, P; Wu, Y. (2012). Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulturae (Amsterdam),* 135: 45-51.

Fuentes H., A.D; Montiel C., R; Espinoza P., J.M. (2010). Comportamiento poscosecha de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) var California por

efecto de la fertilización química y aplicación de lombrihumus. Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha, 11 (1): 82-91.

Gapper, N.E; McQuinn, R.P; Giovannonni, J.J. (2013). Molecular and genetic regulation of fruit ripening. *Plant Mol. Biol*, 82(6): 575-591.

García M., S. G; Arellano G., M. A; Mounzer, O; Munguía L., J.P; Castillo C., M. A. (2017). Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo de tomate. (Tesis de maestría, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila, México). Consultada en https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/325/1/Tesis%20MAP%20Silvia%20Giromi%20Garcia%20Mendoza%20.pdf

García, V; Herrera., J; Alizaga., R. (1993). Efecto de la madurez de la semilla sobre la germinación y el vigor en semillas de china (*Impatiens balsamina* L.). *Agronomía Costarricense*, 17 (1): 81-87.

García-Plazaola, J.L; Hernández., A; Becerril., J.M. (2003) Antioxidant and pigment composition during autumnal leaf senescence in Woody deciduous species differing in their ecological traits, Plant Biology, 5(5): 557-566

García-Tierrablanca, E.A; Raya-Pérez., J.C; Covarrubias-Prieto., J; Dorantes-Gonzáles., J.A.R; Chable-Moreno, F; Aguirre-Mancilla., C. (2015). Evaluación de Técnicas de emasculación y maduración de fruto para la producción de semilla de chile (Capsicum annum L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* 1(11): 2129-2137.

Ghasemnezhad, M.; Sherafati, M.; Payvas, G. A. (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (Capsicum annum) fruits at two different harvest times. *Journal of functional foods,* 3(1): 44-49.

Guillen, F.; Castillo, S.; Romero M., D.; Serrano, M.; Valero, D. (2006). Efficacy of 1 MCP treatment in tomato fruit 1. Duration and concentration of 1- MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Posharvest Biology and Technology,* 43 (1): 23-27.

Hedden, P.; Kamiya, Y. (1997). Gibberellin biosynthesis: enzymes, genes and their regulation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,* 48 (1): 431-460.

Hernández, J.; Escobar., I; Castilla, N. (2001). La Radiación Solar en Invernaderos Mediterráneos. *Revista Horticultura*,1:18-27.

Howard, L. R; Talcott, S. T; Brenes, C. H; Villalon, B. (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (Capsicum Species) as influenced by maturity, *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5): 1713-1720.

Hussein, J.H; Shaheed, A. I; Yasser, O. M. (2011). Effect of accelerated Aging conditions on viability of sunflowers (*Helianthus annus* L.) seed. *Euphrates Journal of Agriculture Science,* 3 (3): 1-9.

Ilić, Z.; Milenković, L.; Unić, L.; Fallik, E. (2015). Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 95 (13): 2660-2667.

Intagri. (2019). Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. Disponible en: https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero

Intagri. (2016). La calidad de la semilla en cultivos hortícolas. Horticultura protegida. Disponible en: https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-calidad-de-la-semilla-en-cultivos-horticolas.

Intagri. (2019). Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero.

ISTA. (2005). International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology. 4: 3-177.

Johnson, G. N; Scholes, J. D; Horton, P;Young, A. J. (1993). Relationships between caroteniod composition and growth habit in British plant species. *Plant, cell and environment,* 16(1): 681-687.

Kim, G., Kim, G. H; Lohumi, S; Kang, J.S; Cho, B. K. (2014). Viability estimation of pepper seed using time-resolved photothermal signal characterization. *Infared Physics and Technology,* 67(1): 214-221.

Korczynski, P.C; Logan, J.; Faust, J.E. (2002). Mapping monthly distribution of daily light integrals across the contiguos Unites States. HorTecnology, 12(1): 12-16.

Kunst, L; Samuels., L. (2009). Plant cuticles shine: advances in wax biosynthesis and export. *Current Opinion in Plant Biology*, 12 (6): 721-727.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymol, 148:350-382.

López C., A.F. (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. FAO, Balcarce, Argentina. 102 p.

Márquez-Quiroz, C; Robledo-Torres, V; Benavides-Mendoza, A; Vázquez-Badillo, M.E.; De la Cruz-Lázaro, E.; Estrada-Botello, M.A.; López-Espinoza, S.T. (2014). Uso de mallas sombra: Una alternativa para la producción de tomate Cherry. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(2): 175-180.

Mc Guire, R. G. (1992). Reporting of objective color measurements, HortScience 27(12): 1254-1255.

Méndez, M. A; Ligarreto, G. A; Hernández, M. S; Melgarejo, L. M. (2004). Evaluación del crecimiento y determinación de índices de cosecha en frutos de cuatro

materiales de ají (Capsicum sp.) cultivados en la Amazonia colombiana. *Agronomía Colombiana*, 22(1): 7-17.

Mendoza P., C; Ramírez A., C; Martínez R., A; Rubiños P., J. E; Trejo., C; Vargas O., A. G. (2018). Efecto de número de tallos en la producción y calidad de jitomate cultivado en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9 (2): 355-366.

Minolta, K. (2007). Precise Color Communication. Color control from perception to instrumentation. Japan, Konica Minolta Sensing, Inc. Disponible en: https:// www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf (Revisado el 02 de agosto de 2018).

Moreno P., E C; Sánchez del C., F; Martínez G., F.J; Ramírez A., A; Colinas L., M.T.B. (2019). Rendimiento de pimiento morrón (*Capsicum annum* L.) por poda floral selectiva y despunte de yemas laterales en la cuarta bifurcación. *Agrociencia*, 1 (53): 697-707.

Mundarain, S; Coa, M; Cañizares, A. (2005). Fenología del crecimiento y desarrollo de plántulas de ají dulce (*Capsicum frutescens* L.). *UDO Agrícola*, 5 (1): 62-67.

Navarro, M., J.; Flores, P; Garrido, C; Martínez, V. (2006). Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity. *Food Chem,* 96 (1): 66-73.

Novoa, R.H; Bojaca, M; Galvis, J.A; Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 ºC (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24 (1): 77-86.

Obando-Ulloa, J. M.; Moreno, E.; García-Mas, J; Nicolai, B.; Lammerty, J; Monforte, A. J; Fernandez-Trujillo, J. P. (2008). Climateric or non climateric behaviour in melon fruit: 1. Aroma volátiles. *Postharvest Biol. Technol,* 49(1): 27-37.

OCDE. (2012). Síntesis de las Normas Internacionales que regulan el comercio de semillas. 7 p. Disponible en: https://www.oecd.org/agriculture/seeds/documents/semillas-comercios-intesis-de-las-normas-internacionales.pdf.

Orrego A., C.E. (2001). Calor de respiración de frutas y vegetales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.141-148 p.

Pablo, E.P.; Mejía, J.A.; Carballo, A.; García, G.; Aguilar, V.H.; Corona, T. (2009). Calidad de semilla en colecta de chile de agua (*Capsicum annum* L.) de los Valles Centrales de Oaxaca, México. *Agricultura Técnica en México*, 35 (1): 257-266.

Pasayi, A.; Mishra, N. N; Chaves, A. L.; Singh, R. (2009). Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 15(2):103-113.

Pérez M., C.; Hernández L., A.; González V., F.; De los Santos G., G.; Carballo C., A.; Vásquez R., T. R; Tovar G., M. R. (2006). Tamaño de semilla y relación

con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México,* 32(3): 341-352.

Pittcock, J. (2008) Seed production, processing and análisis, en Plant Propagation Concepts and Laboratory Exercises, CRC Press Taylor & Francis Group. U.S.A. pp: 401-406.

Rahman, M. A.; Halim, M. A.; Chowdhury, M. G. F.; Hossain, M. A.; Rahman, M. M. (2014). Changes in physicochemical atributes of sweet pepper (Capsicum annum L.) during fruit growth and development. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 39(2): 373-383.

Rajapakse, N. C.; Young, R.E, McMahon, M. J; Oi, R. (1999). Plant height control by photoselective filters: current status and future prospects. *HortTechnology,* 9 (4): 618-624.

Reche M., J. (2010) Cultivo del pimiento dulce en invernadero, Signatura Ediciones de Andalucía, S. L., Sevilla, España, pp: 95-100.

Rodríguez B., M.M.; Morales U., D.M. (2015). Efecto de mallas sombreadoras sobre la producción y calidad de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Scientia Agropecuaria*, 6(1): 41-50.

Rodríguez-Burgos, A; Ayala-Garay., O.J.; Hernández L., A.; Leal-León, V. M.; Cortez-Mondaca, E. (2011). Desarrollo de fruto y semilla de cinco variedades de tomate de cáscara en Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(5): 673-687.

Ruiz, M.; Parera, C. (2017). Effect of harvesting time on seed quality of two bell pepper cultivars (Capsicum annuum). *Revista de la facultad de ciencias agrarias*, 49 (2): 67-77.

Sahahak,Y.; Gal, E.; Offir, Y.; Ben – Yakir, D. (2008). Photoselective shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. *Acta Hort*, 797: 75-80.

San Juan M., J.; Aquino B., T.; Ortiz H., Y. D.; Cruz I., S. (2019). Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annum* L.) producido en hidroponía. *IDESIA*, 37(2):87-94.

Sánchez Ch., E.; Torres G., A; Flores C., M. A.; Rangel P., P.; Quiroz M., C. (2015). Uso de portainjerto sobre el rendimiento, calidad del fruto y resistencia a Phytophthora capsici Leoanian en pimiento morrón. *Nova scientia*, 7(15): 227-244.

Sánchez, J. A.; Calvo, E; Muñoz, B. C.; Orta, R. (1999). Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas y sus efectos en la conducta germinativa del tomate, pimiento y pepino. *Cultivos Tropicales*, 20(4): 51-56.

SIAP. (2018). Anuario estadístico de la producción agrícola. México. (Consultada en octubre de 2019.) https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/.

Smirnoff, N.; Conklin, P.L.; Loewus, F. A. (2002). Biosynthesis of ascorbic acid in plants: A Renaissance. *Ann. Rev. Plant Physiolo. Plant Mol. Biol.,* 52 (1): 437-467.

Tadesse, T.; Hewet, E. W.; Nichols, M. A.; Fisher, K. J. (2001). Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. *Scientia Horticulturae,* 93 (2): 91-103.

Tanny, J. (2012). Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. *Biosistems engineering,* 114 (1): 26-43.

Valera, D; Molina, F.; Gil., J. (2001). Las mallas como técnica de control climático en invernaderos. *Vida rural,* 8: 50-52.

Vidigal, P.S; Días, D.C.F.S.; Von Pinho, E.R.V.; Dias, L.A.S. (2008). Sweet pepper quality and lea-protein activity in relation to fruit maturation and post-harvest storage, *Seed Science and Technology,* 37,192-201.