



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y DENSIDADES DE PLANTACIÓN PARA MAYOR EFICIENCIA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZARZAMORA

JOSÉ FABIÁN CERÓN MENDOZA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

La presente tesis titulada: **Sistemas de Conducción y Densidades de Plantación para Mayor Eficiencia Fisiológica y Productividad en Zanzamora** realizada por el alumno: José Fabián Cerón Mendoza bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



Dr. Guillermo Calderón Zavala

ASESOR (A)



Dr. Alfredo López Jiménez

ASESOR (A)



Dr. Alejandro Facundo Barrientos Priego

Montecillo, Texcoco, Estado de México, marzo de 2019

SISTEMAS DE CONDUCCIÓN Y DENSIDADES DE PLANTACIÓN PARA MAYOR EFICIENCIA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZARZAMORA

José Fabián Cerón Mendoza, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

Las condiciones climáticas de México, permiten el desarrollo y la producción de frutos de zarzamora para consumo en fresco durante el otoño, invierno y primavera, principalmente con fines de exportación para América del Norte y la Unión Europea. En México sólo se utiliza un sistema de conducción que es espaldera sencilla, con densidades de 6,000 a 11,100 plantas/ha con 0.50 a 0.70 m entre plantas, por lo que no hay una densidad de población definida. Actualmente en frutales, se emplean sistemas de conducción y altas densidades de plantación, por unidad de superficie, para obtener un balance en la estructura de la planta y una mejor captación de luz, con la finalidad de elevar la productividad. Por lo anterior los objetivos de este estudio fueron, identificar qué sistema de conducción: espaldera sencilla, T, V y arborización permite un mejor manejo, eficiencia, desarrollo de la planta, rendimiento en Ziracuaretiro, Michoacán y en cuál distanciamiento entre plantas 0.50 m (10,000 plantas/ha) y 0.80 m (6,250 plantas/ha) se obtiene mayor rendimiento en Montecillo, Texcoco. Los resultados mostraron que en los sistemas de conducción donde se obtuvo un mayor rendimiento total, fue el sistema en T y el segundo en frutos con calidad de exportación, seguido en rendimiento total por V que presentó mayor cantidad de frutos de exportación, en comparación con los resultados del sistema en espaldera sencilla y arborización. Se encontró un mayor rendimiento en la distancia de 0.50 m con 10,000 plantas/ha.

Palabras clave: zarzamora, sistemas de conducción, densidades, rendimiento.

TRAINING SYSTEMS AND PLANTATION DENSITIES FOR GREATER PHYSIOLOGICAL EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY IN ZARZAMORA

José Fabián Cerón Mendoza, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

The climatic conditions of Mexico allow the development and production of fresh blackberry fruits during the fall, winter and spring, mainly for export purposes to North America and the European Union. In Mexico only the simple trellis is used as a conduction system for this crop, resulting in densities of 6,000 to 11,100 plants/ha with 0.50 to 0.70 m between plants, so it is no defined the plant density per hectare. Currently in fruit trees, conduction systems and high planting densities are used, per unit area, to obtain a balance in the structure of the plant and a better capture of light, in order to increase productivity. So the objectives of this study was to identify which system of simple trellising, T, V and arborization allows better management, efficiency, plant development and yield in Ziracuaretiro Michoacán and define which of the distances between plants 0.50 m (10,000 plants/ha) and 0.80 m (6,250 plants/ha) between plants yields higher yields in Montecillo, Texcoco. The results show that in the conduction systems where a higher total yield was obtained, it was the in T and the second in fruits with export quality, followed in total yield by V, which presented a greater amount of export fruit, compared to the results of the system in simple trellis and tree planting. A greater yield in the distance of 0.50 m was found with 10,000 plants/ha.

Keywords: blackberry, conduction systems, densities, yield.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a este punto en vida profesional y personal.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo por recibirme y obtener el grado de Maestro en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme una beca para realizar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Guillermo Caderón Zavala por permitirme desarrollar este proyecto de investigación y todo su apoyo durante el proceso.

A los profesores que formaron mi consejo particular y sinodal, Dr. Guillermo Calderón Zavala, Dr. Alejandro F. Barrientos Priego, Dr. Alfredo López Jiménez y M. C. David Jaén Contreras por su apoyo durante mi formación, el desarrollo del proyecto de investigación, principalmente en la parte final, mil gracias...

Al Dr. Alfredo Josué Gámez Vázquez por todo su apoyo en mi vida profesional, en mis estudios de postgrado y en el desarrollo de este proyecto mil gracias...

Al Dr. Juan Ángel Quijano Carranza por su apoyo para llevar a cabo este proyecto.

Al C. José Jesús García Contreras por permitir desarrollar este proyecto en su predio y su colaboración en todo el proceso del experimento mil gracias.

Al M. C. Carlos Josué Peñaloza Remigio por todo su apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

A los profesores compañeros y amigos Lucio, Donaji e Isabel con los que trabajé durante mi formación en el posgrado.

A los Investigadores del INIFAP CE-BAJIO por su valiosa colaboración en mi formación profesional y el impulso para llevar a cabo mis estudios de posgrado Ing. María de Jesús Ávila Escobedo, Dr. Candelario Mondragón Jacobo, MC. Mario Rafael Fernández Montes, Dr. Gonzalo Días de León Tobías, Dr. Luis Eduardo Cossío Vargas, MC. Roberto Paredes Melesio.

DEDICATORIAS

A mi hijo José Julián y mi esposa María de Jesús con todo mi amor

A mis padres

A mi abuelita †

A mi familia, hermanos, tíos y primos por todo su amor, su apoyo, por creer en mí y en lo que hago.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE CUADROS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Sistemas de conducción	3
Densidades de población.....	5
Importancia del cultivo de la zarzamora.....	8
CAPITULO 1. EXPERIMENTO SOBRE SISTEMAS DE CONDUCCIÓN PARA MAYOR EFICIENCIA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZARZAMORA EN ZIRACUARETIRO, MICHOACÁN	10
1.1 RESUMEN.....	10
1.2 ABSTRACT	11
1.3 INTRODUCCIÓN.....	11
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS	12
1.4.1 Ubicación Michoacán	12
1.4.2 Material vegetal	13
1.4.3 Tratamientos y Diseño experimental	13
1.4.4 Manejo de lotes experimentales.....	14
1.4.5 Variables Fisiológicas.....	15
1.4.5.1 Índice de área foliar	15
1.4.5.2 Área foliar	15
1.4.5.3 Peso seco de hoja	16
1.4.5.4 Peso específico de hoja	16
1.4.6 Variables de Crecimiento	16
1.4.6.1 Diámetro de tallo	16
1.4.6.2 3.6.2 Longitud de lateral fructificante.....	16
1.4.7 Variables de producción.....	17

1.4.7.1	Número de cañas	17
1.4.7.2	Número de laterales	17
1.4.7.3	Número de botones	17
1.4.7.4	Número flores	17
1.4.7.5	Número frutos.....	17
1.4.7.6	Rendimiento en kg ha-1	17
1.4.7.7	Cosecha de exportación (g).	18
1.4.7.8	Cosecha de fruta para proceso (g)	18
1.4.7.9	Cosecha total (g)	18
1.4.8	Variables de Calidad	18
1.4.8.1	3.8.1 Contenido de solidos solubles	18
1.4.8.2	Acidez titulable	19
1.4.8.3	Firmeza	19
1.4.8.4	Peso de fruto	19
1.4.8.5	Longitud de fruto fresco.....	19
1.4.8.6	Diámetro de fruto fresco	20
1.4.8.7	Color.....	20
1.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
1.5.1	Análisis de varianza: Variables de Crecimiento	20
1.5.2	Análisis de varianza: Variables Fisiológicas	20
1.5.3	Análisis de varianza: Variables de Producción.....	21
1.5.4	Análisis de varianza: Variables de Calidad	22
1.5.5	Prueba de Medias de las Variables de Crecimiento.....	23
1.5.6	Prueba de Medias de las Variables Fisiológicas	25
1.5.7	Prueba de Medias de las Variables de Producción	29
1.5.8	Prueba de Medias de las Variables de Calidad.....	38
1.5.9	Análisis de Correlación de Pearson	41
1.5.10	Análisis de Componentes Principales	42
1.6	CONCLUSIONES.....	44

CAPITULO 2. ESTUDIO DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN PARA MAYOR EFICIENCIA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZARZAMORA EN MONTECILLO, EDO. DE MÉXICO	46
2.1 RESUMEN.....	46
2.2 ABSTRACT	47
2.3 INTRODUCCIÓN.....	48
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS	49
2.4.1 Ubicación Estado de México	49
2.4.2 Material vegetal	49
2.4.3 Tratamientos y Diseño experimental	49
2.4.4 Manejo de lote experimental	50
2.4.5 Variables de Crecimiento	51
2.4.6 Variables de producción	51
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	52
2.5.1 Análisis de varianza: Variables de Crecimiento	52
2.5.2 Análisis de varianza: Variables de Producción.....	52
2.5.3 Prueba de Medias: Variables de Crecimiento	53
2.5.4 Prueba de Medias: Variables de Producción	58
2.5.5 Análisis de Correlación.....	61
2.5.6 Análisis de Componentes Principales	64
2.6 CONCLUSIONES.....	67
CONCLUSIONES GENERALES.....	68
LITERATURA CITADA.....	69

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Valores de color en la escala CIE Lab de frutos de zarzamora cosechados el 7 de abril, usando como tratamientos los sistemas de conducción en Arborización, en “T”, Espaldera Sencilla y en “V”.....	41
Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables de zarzamora ‘Tupy’ manejados con diferentes sistemas de conducción.....	42
Cuadro 3. Vectores y proporción de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de zarzamora manejados en diferentes sistemas de conducción en la localidad de Ziracuaretiro, Michoacán.	43
Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables de zarzamora ‘Tupy’.....	63
Cuadro 5. Vectores y proporción de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de zarzamora ‘Tupy’ en la localidad de Montecillos, Estado de México.	64

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Prueba de medias para la variable longitud de lateral, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 23
- Figura 2.** Prueba de medias para la variable diámetro de tallo, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 24
- Figura 3.** Prueba de medias para el índice de área foliar, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 25
- Figura 4.** Prueba de medias para el índice de área foliar, a diferentes alturas 160 cm, 120 cm, 80 cm y 0 cm (a la altura del suelo) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 26
- Figura 5.** Prueba de medias para la variable peso seco de hoja, de los sistemas de conducción Arborización, Espaldera Sencilla, En “T” y en “V” de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 27
- Figura 6.** Prueba de medias para la variable área foliar, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 28
- Figura 7.** Prueba de medias para la variable peso específico de hoja, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$ 28

Figura 8. Prueba de medias del número de botones florales contabilizados el 16 de febrero, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	29
Figura 9. Prueba de medias del número de flores contabilizadas el 16 de febrero, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	30
Figura 10. Prueba de medias para número de botones florales contabilizados el 08 de marzo, de los sistemas de conducción Arborización, Espaldera Sencilla, En “T” y en “V” de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	31
Figura 11. Prueba de medias del número de botones florales contabilizados el 23 de marzo, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	31
Figura 12. Prueba de medias del número de flores contabilizadas el 23 de marzo, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	32
Figura 13. Prueba de medias del número de flores contabilizadas del 7 abril, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	33

Figura 14. Prueba de medias del número de frutos contabilizados del 7 abril, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	34
Figura 15. Prueba de medias de fruta calidad exportación de la producción, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	35
Figura 16. Prueba de medias de fruta para proceso, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	36
Figura 17. Prueba de medias de Total de Cosecha del experimento, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	37
Figura 18. Prueba de medias de rendimiento estimado, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	37
Figura 19. Prueba de medias de longitud de fruto, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	38
Figura 20. Prueba de medias de diámetro de fruto, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$	39

Figura 21. Dispersión de la respuesta de variables de planta y rendimiento en los dos primeros componentes principales de zarzamora manejada en diferentes sistemas de conducción.	44
Figura 22. Prueba de medias para la variable tallos nuevos, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	53
Figura 23. Prueba de medias para la variable numero tallos productivos, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.	54
Figura 24. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Numero de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	54
Figura 25. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	56
Figura 26. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	56
Figura 27. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	57
Figura 28. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	57
Figura 29. Fruta cosechada para procesar por presentar características no deseables para exportación, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	58
Figura 30. Fruta cosechada con características para exportación, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.....	59

Figura 31. Fruta cosechada en muestreo del 18 de junio sin clasificar, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.	60
Figura 32. Fruta cosechada en un ciclo de dos distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.	61
Figura 33. Dispersión de la respuesta de variables de planta y rendimiento en los dos primeros componentes principales de zarzamora ‘Tupy’	66

INTRODUCCIÓN GENERAL

La planta de zarzamora fue considerada silvestre, ya que sus frutos eran colectados de las plantas que crecían de manera natural, ésta se domesticó a mediados del siglo XIX y se inició la selección de plantas para conseguir mejores resultados especialmente para fruta fresca. Actualmente los consumidores en muchas áreas del mundo, han desarrollado mayor interés para consumir de los frutos de zarzamora, principalmente en fresco por sus beneficios a la salud, debido a la presencia de nutrientes, fibra, minerales, vitaminas, y compuestos fenólicos (Souza *et al.*, 2014; Guedes *et al.*, 2013; Curi *et al.*, 2014).

Los frutos de zarzamora se convirtieron en una demanda común en los mercados, particularmente en América del Norte y la Unión Europea, por lo anterior su cultivo es imprescindible en la dieta de los países desarrollados, se estima que se cultivan más de 25,000 ha y la industria de la zarzamora fresca se expandió rápidamente en California a partir de la década de 1990 y en México en la década del 2000 (Clark y Finn, 2014).

La producción de la zarzamora en México bajo condiciones subtropicales, con manejo agronómico se puede completar las diversas etapas de su ciclo de desarrollo (Black *et al.*, 2008), lo que ha permitido el desarrollo de prácticas como la defoliación de las plantas y el uso reguladores de crecimiento para que las cañas florezcan, posteriormente después de la cosecha los tallos pueden ser podados para inducir una segunda ruptura de yemas florales y extender la temporada de producción principalmente del cultivar Tupy, que posee una fenología única, con ciclos de crecimiento más tempranos y más cortos que en las regiones templadas (Hussain *et al.*, 2016) y otros cultivares de tipo erecto, obteniendo frutos desde mediados de octubre hasta a principios de mayo, para el mercado de exportación en fresco y de mayo a junio para mercado local (Strik *et al.*, 2008).

Actualmente en diferentes especies frutícolas se emplean altas densidades de plantas por unidad de superficie, para aumentar el rendimiento (Hoying *et al.*, 2005;

Loreti and Massai, 2001), cabe mencionar que en México, en el cultivo de zarzamora la densidad de población no está definida, ya que en la práctica dependerá de los recursos del productor para el establecimiento, comúnmente se usan distancias que van de 1.80 a 2.40 m entre líneas (hileras) y de 0.50 y 0.70 m entre plantas dentro de líneas o hileras. Lo anterior resulta en densidades de 6,000 a 11,100 plantas/ha (Calderón, 2006).

Sánchez (2009) señaló que existen factores limitantes como el clima (luz, temperatura, humedad, etc.), el agua y la nutrición que influyen principalmente en el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de zarzamora, por lo anterior persiste la búsqueda de técnicas, con el objetivo de aumentar la producción y mejorar la calidad de esa fruta (Hussain *et al.*, 2014). Por mencionar un ejemplo, el uso de sistemas de conducción, con el objetivo de realizar una mayor eficiencia en la captación de luz, para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, de manera más eficiente en el caso del cultivo de zarzamora.

En México estas tecnologías han sido poco exploradas, ya que solo se emplea espaldera sencilla, es un sistema vertical compuesto de varios alambres, de aproximadamente 1.7 a 1.8 m de altura; se usan desde tres hasta cinco alambres el primer alambre se coloca a 40 a 50 cm del suelo y los alambres son sostenidos por postes metálicos, de concreto y de madera cada 7 m (Calderón, 2006). Es importante señalar que existen reportes del aumento de rendimiento usando el sistema de conducción en T, en este cultivo.

En este estudio para la zarzamora cultivar Tupy, que es resultado de un cruce entre los cultivares 'Uruguay' y 'Comanche' (Santos y Raseira, 1988) y se considera un cultivar global importante debido a su alto rendimiento y calidad de la fruta (Volk *et al.*, 2013) y es el más cultivado en México, se propone evaluar los sistemas de conducción en "T", en "V", arborizado, y el usado en México que es espaldera sencilla y evaluar distancias de plantación de 0.50 m y 0.80 m entre plantas, 2.0 entre hileras, dando densidades de 10,000 plantas ha⁻¹ y 6,250 plantas ha⁻¹, respectivamente, esto para evaluar el impacto en el desarrollo y rendimiento de fruto en las plantas.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar en el cultivo de zarzamora los sistemas de conducción en espaldera sencilla, en T, en V y arborización en Ziracuaretiro, Michoacán y dos densidades de plantación en Montecillo, Texcoco.

Objetivos Específicos.

- 1) Identificar qué sistema de conducción (espaldera sencilla, T, V y arborización) permite un mejor manejo, eficiencia, desarrollo de la planta y rendimiento.

- 2) Identificar cuál de las distancias 0.50 m y 0.80 m entre plantas (10,000 plantas/ha y 6,250 plantas/ha) permite un mayor rendimiento.

1.2 Hipótesis

Al menos un tratamiento de los diferentes tipos de sistemas de conducción, presenta diferencia significativa positiva al resto de los tratamientos obteniendo mayor rendimiento. De las dos densidades de población usadas en el experimento 10,000 plantas/ha y 6,250 plantas/ha, se presenta diferencia significativa siendo mayor el rendimiento con la densidad de plantación mayor.

REVISIÓN DE LITERATURA

Sistemas de conducción

En los frutales de clima templado, se emplean sistemas de conducción para estimular precocidad; es decir, iniciar en menor tiempo los años de alta producción, proliferación de ramas vigorosas a través de una mayor exposición a la radiación solar de las plantas, promoviendo la producción de fruto de alta calidad (Takeda *et al.*, 2003), la selección del sistema de conducción depende de las condiciones de crecimiento, la variedad, el tipo de portainjerto, la disponibilidad de mano de obra y el manejo (Cittadini *et al.*, 2011; Calabro *et al.*, 2009; Ampatzidis, & Whiting, 2013).

En los frutales la distribución lumínica se ve influenciada por el tamaño y la estructura de la planta y la orientación, características están determinadas por la combinación portainjerto/variedad y las prácticas culturales como los sistemas de conducción, poda, nutrición y riego (Dussi *et al.*, 2004; Farina *et al.*, 2005; Raffo *et al.*, 2006).

La gran importancia de la adopción de un sistema de conducción adecuado que permita mejor la aeración y el mejor aprovechamiento de la luminosidad, contribuye al crecimiento y al desarrollo de la planta, habiendo equilibrio entre la parte vegetativa y la productiva, resultando en un aumento del rendimiento y facilitando el manejo de la planta considerando el espacio que se debe dejar libre para el paso de la maquinaria (Muniz *et al.*, 2011; Wünsche y Lakso, 2000).

Un estudio realizado por Almanza *et al.* (2012) en vid, mencionan que la posición de las hojas es fundamental para la interceptación de luz, para llevar a cabo fotosíntesis para la producción de materia seca, cabe mencionar que las hojas pueden estar generando sombra por lo que hay una tendencia a la baja de rendimiento y calidad de fruta. Por lo que, evaluaron el efecto de la posición de la hoja de plantas de vid de la selección clonal 'Riesling x Silvaner' sobre los componentes de calidad y producción de frutos. Los resultados muestran, que a medida que los frutos incrementan su desarrollo,

los sólidos solubles totales, la masa fresca y la masa seca de las bayas se hace mayor en la vendimia. Además, la hoja 6 en la vendimia generó mayor concentración de sólidos solubles totales y masa fresca de bayas.

Un estudio realizado por Hernández *et al.* (2013) con vid en el cultivar Niágara Rosada reportan que durante las cosechas de verano 2008-2009 y de invierno 2009-2010, en el sistema de conducción en Y, se obtuvo mayor producción así como tamaño de racimo en relación al sistema de conducción en espaldera.

Gómez y Malvicini (2013) observaron que el uso de diferentes sistemas de conducción en la poda de formación en plantas de durazno, influyeron positivamente con respecto al testigo absoluto, en el crecimiento vegetativo de las plantas y en la lignificación de las ramas primarias, lo anterior es condicionante para iniciar la producción de frutos.

La zarzamora es una planta que tiene un hábito semi-erecto o postrado de crecimiento, se recomienda un sistema de tutoría, que ayude en el desarrollo y en la cosecha de las frutas, así como el mantenimiento general, como la conducción del crecimiento planta, poda, entre otras prácticas (Pio *et al.*, 2012).

De acuerdo con Ferreira *et al.* (2016) quienes evaluaron el efecto de la producción y la calidad de los frutos de zarzamora en los sistemas de conducción: sin tutor, espaldera T y espaldera en alambres paralelos, la conducción en espaldera en T ofrece un mayor rendimiento al incrementar el número de frutos.

Takeda *et al.* (2013), publicaron en E. U. A. el desarrollo de un sistema de conducción denominado brazo cruzado rotativo (RCA) que combina un diseño de enrejado convencional con alambres para el sostén de las plantas de zarzamora y una estructura metálica que permite mover el seto completo de las plantas de zarzamora, al ras del piso y reducir el daño por efecto invernal de las bajas temperaturas de hasta de -23 °C y mencionaron que este sistema promueve la calidad de reduciendo la formación

de fruto blanco, al tener una mayor intercepción de luz por la influencia del sistema de conducción.

Densidades de población

La necesidad de lograr una fruticultura más intensiva, con una eficiente utilización de los recursos hace que las altas densidades sean una herramienta válida para aumentar los rendimientos por unidad de superficie y adelantar la entrada en producción para una recuperación más rápida del capital invertido (Ivanov, 2017; Loreti y Massai, 2001).

Medina *et al.* (2011) realizaron un estudio en el cultivo de aguacate, sobre la variación en la tasa fotosintética en seis fechas 21 de septiembre, 20 de octubre y 20 noviembre del 2002, en siguiente año el 22 de enero, el 23 de febrero y 30 de marzo, en los cultivares de aguacate 'Colín V-101', 'Rincón' y 'Hass', usando cinco árboles por cultivar. Se concluyó que la tasa fotosintética más alta fue el periodo otoño invierno cuando es la madurez fisiológica de fruto, y las más bajas al inicio de primavera que ocurrieron con el desarrollo de follaje nuevo y amarre de fruto. Los autores mencionaron que los resultados del estudio podían ser usados para realizar estudios de fotosíntesis en plantaciones de alta densidad con aguacates de bajo porte, o para aumentar la eficiencia fisiológica de la planta optimizando la captación de luz en huertos de 'Hass' con tecnología de poda.

Actualmente en las explotaciones comerciales de frutales se tiende al uso de altas densidades de población, con el objetivo de incrementar los rendimientos por unidad de superficie, así como una mayor eficiencia de los recursos; Botelho *et al.* (2012) realizaron un ensayo, por cinco ciclos productivos en perales cv. Tenra, cv. Cascatense y cv. Hosui, sembrados en septiembre de 2004, a una distancia 1.0 x 4.0 m (2.500 árboles ha⁻¹), entrenados al líder central modificado, en un enrejado de cuatro hilos, con riego por goteo y cultivados bajo sistema de producción orgánico. Se evaluó, antesis, rendimiento, obteniendo en el cv. Tenra 51.6 t ha⁻¹, cv. Cascatense 39.7 t ha⁻¹ y Hosui 18.7 t ha⁻¹,

estos resultados indicaron que si hay un impacto positivo en el rendimiento al incrementar la densidad en esta en el cv. Tenra.

Mao *et al.* (2014) presentaron evidencias similares, en el cultivo de algodón, el cual se adapta favorablemente a la combinación de altas densidades de plantas compactas. Ellos estudiaron la densidad de siembra con 3.0, 4.5, 6.0 y 7.5 plantas/ m² y reportaron que la densidad de siembra afectó significativamente la biomasa de algodón, el aumento de la densidad de plantas elevó la eficiencia fotosintética, especialmente durante la fase reproductiva, lo que atribuyeron a una mejor distribución de la luz a través del dosel, resultando en una mayor fotosíntesis en comparación con el testigo.

La fruticultura en Campeche, México, es una actividad importante, Reyes-Montero *et al.* (2017) presentaron los siguientes resultados del manejo de diferentes frutales, modificando los sistemas de distribución topológica y altura de planta, evaluaron frutales de alta densidad guanábana (*Annona muricata L.*), mamey (*Pouteria sapota*), marañón (*Anacardium occidentale*), mango 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo' (*Mangifera indica*) y limón Persa (*Citrus latifolia*), contra rendimientos de los mismos frutales establecidos en forma tradicional, obteniendo en las producciones con plantaciones de alta densidad 400 % veces más en guanábana, 10 % en mamey, 30 % más en marañón, 35.5 % y 34.7 % en Mango 'Tommy Atkins' y 'Ataulfo', respectivamente, y 671 % más en limón Persa.

El uso de altas densidades de población en diferentes frutales de clima templado, también reporta resultados similares; Villalobos *et al.* (2015) evaluaron su efecto sobre el comportamiento fenológico de la higuera, con la finalidad de definir el número óptimo de árboles por hectárea con una producción sostenida. Sus resultados muestran que la densidad de población de 4,400 plantas ha⁻¹ permitió un crecimiento sostenido anual de las ramas. Esto significa una consistencia en la dinámica de crecimiento, longitud y diámetro de las mismas, contrastándolo con 8,800 plantas ha⁻¹ donde se encontró que, a menor separación entre plantas, menor espacio para crecer, mayor competencia entre plantas por luz y por consecuencia obtuvieron menor índice de crecimiento en longitud y diámetro de las ramas, con un efecto negativo sobre el potencial productivo.

León y colaboradores en 2013, presentaron resultados del efecto de las densidades, que van de 780 a 2,580 plantas ha⁻¹ en olivo y muestran que no hubo diferencias significativas en las características de la fruta (contenido de aceite y humedad) entre tratamientos de densidad; sin embargo, comentan que es vital seguir analizando los siguientes ciclos.

Mateus y Orduz (2016) evaluaron en naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) injertada sobre mandarina Cleopatra (*Citrus reshni* Hort ex Tan), tres distancias entre filas 8, 7 y 6 m y dos distancias entre plantas 5 y 4 m, encontrando que la distancia entre plantas resultó ser la variable con mayor influencia sobre en el comportamiento vegetativo y productivo de las variables vegetativas y reproductivas, Las distancias entre plantas 4 m y en menor proporción con 5 m entre plantas. La interacción 6 x 5 m indujo la mayor producción y concluyen que el aumento en las densidades de plantación en los cultivos de cítricos en condiciones del trópico bajo debe estar acompañado del uso de patrones que induzcan plantas de porte medio a bajo que permitan aumentar la densidad de siembra en cultivos de naranja 'Valencia'.

Tustin *et al.* (2016) mencionaron que los huertos de manzanas de alta densidad, tienen un rendimiento limitado de 100-120 t ha⁻¹ debido a que su máxima utilización fraccionada de la luz solar es solo del 60 % de la radiación total disponible estacionalmente y que en investigaciones anteriores en Nueva Zelanda propusieron una productividad teórica potencial de 169 t ha⁻¹, si se pudiera lograr una intercepción de luz en el huerto del 90 %, por lo que se está estudiando nuevos sistemas de siembra para aumentar la intercepción de la luz mediante la reducción de las distancias entre hileras, mientras se logra una irradiación adecuada dentro del dosel para obtener fruta de alta calidad.

Romero *et al.* (2017) mencionaron que el futuro de las nuevas plantaciones, en manzano, a nivel mundial es utilizar altas densidades, 1250 árboles/ha con la tendencia a mayor cantidad de plantas por unidad de superficie, usando portainjertos como B.9, M.9T337, Pajam2, G.16, G.41, J-TE-H y B.10, estos son enanizantes, precoces,

altamente eficientes para producción y con fruto de buena calidad, es importante tomar en cuenta el desarrollo del árbol durante los primeros 10 años (Autio *et al.*, 2013; Marini *et al.*, 2014)

La distribución adecuada del área foliar del árbol con el fin de lograr la máxima interceptación de radiación y con ello eficientar la fotosíntesis, es uno de los aspectos que pueden regularse a través de diversas prácticas de manejo, como la distancia y arreglo de la plantación, sistema de poda, uso de determinados portainjertos, así como por la nutrición, sanidad riego y otros (Díaz, 2002).

Con base en lo anterior, se infiere que la respuesta a las altas densidad de plantas depende de la especie, variedad, y el manejo del cultivo. Bautista (1977) reportó en zarzamora que a medida que se incrementa la densidad, los rendimientos por unidad de área aumentan, hasta un punto a partir del cual se hacen relativamente constantes. Contrastando Ferreira *et al.* (2011), mencionó que la elección de un espaciamiento de plantación puede afectar de forma directa la calidad y también la cantidad de frutos, ya que en altas densidades puede ocurrir restricción del desarrollo de las plantas. Es necesario el estudio de la distancia entre plantas, bajo las condiciones en México para obtener altos rendimientos y con fruta de calidad que demanda el mercado.

Importancia del cultivo de la zarzamora

Las moras son una planta arbustiva con un tallo erecto o trepador; la planta es nativa de Asia, Europa y América, adecuada para regiones con un invierno bien definido (Hussain *et al.*, 2016), cuya altitud óptima va de: 100 a los 2.400 m; sin embargo, se adapta fácilmente a alturas entre los 120 y 3,500 m.s.n.m.

Las plantas de zarzamora requieren aproximadamente entre 1,200 y 1,600 horas luz (Morales *et al.*, 2012). Temperatura: entre 11 y 18 °C. Humedad relativa: 70 al 80 %. Requerimientos hídricos: precipitaciones entre 800 y 2,500 mm al año. Tipo de suelo: franco arcilloso. pH: entre 5.2 y 6.7. Presenta alta susceptibilidad a bajas

temperaturas (menores a 0 °C) en floración y al exceso de agua. Presentan un requerimiento de frío de 150 a 600 horas, algunos como 'Tupy', 'Brazos', 'Comanche', 'Cherokee', 'Cheyene' y 'Shawnee'.

La zarzamora se ha establecido en el mercado debido al uso de campañas para promover su consumo, por sus propiedades nutraceuticas y disponibilidad de frutos frescos durante todo el año; el mercado en fresco no es el único responsable del incremento en la demanda de este fruto, ya que, debido a su versatilidad tiene numerosas presentaciones, que son demandadas por los consumidores durante todo el año (Coronado *et al.*, 2014).

Los datos reportados por FAOSTAT (2017) para la superficie cosechada de bayas trepadoras, como dato oficial se encuentran los siguientes países: Polonia con 12,615 ha, México con 12,561 ha, Turquía 10,966 ha, Lituania 8,134 ha por último China con 5,421 ha, estos son los que cuentan con la mayor superficie cosechada.

La producción de Zarzamora en México en 2016 generó \$ 10'558,069.36 en una superficie cosechada de 12,815 ha, con un rendimiento promedio de 15.15 t ha⁻¹, cabe mencionar que este fruto se produce, principalmente en los estados de Michoacán con una superficie de 11,891 ha, así como un rendimiento de 12.31 t ha⁻¹, Jalisco con 364.5 ha y 12.63 t ha⁻¹, Colima 119 ha y 11.45 t ha⁻¹, Baja California 51 ha con rendimiento de 8.9 t ha⁻¹ (SIAP, 2017).

Es importante mencionar que las condiciones agroclimáticas, así como implementar técnicas como la producción forzada en algunas zonas de México, es posible casi todo el año producir, aunque se exporta en meses de otoño, invierno y primavera cuando los precios en esos mercados son más atractivos por la ausencia de producción local, por lo anterior México tiene una ventana de oportunidad para comercializar en esa época, además que genera empleo e intensivo por la demanda de mano de obra usando aproximadamente 900 empleos (jornales) por hectárea (Calderón, 2006) .

Por lo antes mencionado en México se genera información sobre el cultivo de zarzamora, para el desarrollo de nuevas tecnologías y optimizar los recursos ambientales así como económicos con el manejo agronómico, bajo diversas condiciones de clima y suelo en las zonas productoras.

CAPITULO 1. EXPERIMENTO SOBRE SISTEMAS DE CONDUCCIÓN PARA MAYOR EFICIENCIA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZARZAMORA EN ZIRACUARETIRO, MICHOACÁN

1.1 RESUMEN

Las condiciones climáticas de México, permiten el desarrollo y la producción de frutos de zarzamora en fresco durante el otoño, invierno y primavera, principalmente con fines de exportación para América del Norte y la Unión Europea. En México para este cultivo solo se utiliza un sistema de conducción que es espaldera sencilla, con densidades de 6,000 a 11,100 pl/ha⁻¹ con 0.50 a 0.70 m. Actualmente en frutales, se emplean sistemas de conducción, para obtener un balance en la estructura de la planta para una mejor captación de luz, con la finalidad de elevar la productividad. Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar en el cultivo de zarzamora en una de las principales zonas productoras de este fruto, diferentes sistemas de conducción, en “Espaldera Sencilla” es el más usado en México, Arborización, en “T” y en “V”. En los sistemas de conducción se obtuvo un mayor rendimiento total en el sistema en T y el segundo en frutos con calidad de exportación, seguido en rendimiento total por V que presento mayor cantidad de frutos de exportación, en comparación con los resultados del sistema en espaldera sencilla, en Ziracuaretiro Michoacán.

Palabras clave: zarzamora, sistemas de conducción, densidades, producción.

1.2 ABSTRACT

The climatic conditions of Mexico allow the development and production of fresh blackberry fruits during the autumn, winter and spring, mainly for export purposes to North America and the European Union. In Mexico, only a simple trellis system is used for this crop, with densities of 6,000 to 11,100 pl / ha-1 with 0.50 to 0.70 m. Currently in fruit trees, conduction systems are used to obtain a balance in the structure of the plant for a better capture of light, in order to increase productivity. Therefore, the objective of this study was to evaluate in the cultivation of blackberry in one of the main producing areas of this fruit, different conduction systems, in simple trellis is the most used in Mexico, arborization, in T and in V. In the conduction systems, a higher total yield was obtained in the T system and the second in fruits with export quality, followed in total yield by V that presented a greater quantity of export fruits, compared to the results of the trellis system simple, in Ziracuaretiro Michoacán.

Keywords: blackberry, conduction systems, densities, production.

1.3 INTRODUCCIÓN

La planta de zarzamora fue considerada silvestre ya que sus frutos eran colectados de las plantas que crecían de manera natural, esta se domesticó a mediados del siglo XIX, actualmente los consumidores en muchas áreas del mundo, han desarrollado un mayor interés para su consumo de los frutos de zarzamora por sus beneficios en la salud, los cuales ofrecen una importante cantidad de antioxidantes, por lo anterior su cultivo se ha vuelto importante en países del mundo, se estima que se cultivan más de 25,000 ha-1 Clark & Finn, (2014).

El desarrollo de la producción de la zarzamora en México ha involucrado el desarrollo de prácticas como la defoliación de las plantas y el uso reguladores de crecimiento para que los bastones florezcan, posteriormente después de la cosecha los tallos pueden ser podados para inducir una segunda ruptura de yemas florales, para extender la temporada de producción principalmente del cultivar Tupy, para el mercado de exportación Strik et al.(2008).

Una opción tecnológica en frutales para incrementar el rendimiento y calidad de frutos es el uso de sistemas de conducción, siendo el objetivo realizar una mayor eficiencia en la captación de luz, para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis, en el caso del cultivo de zarzamora, en México estas tecnologías han sido poco exploradas, ya que solo se emplea espaldera sencilla, es un sistema vertical compuesto de varios alambres, de aproximadamente 1.7 a 1.8 m de altura; se usan desde 3 hasta 5 alambres el primer alambre se coloca a 40-50 cm del suelo y los alambres son sostenidos por postes metálicos, de concreto y de madera cada 7 m (Calderón, 2006). Es importante señalar que existen reportes del aumento de rendimiento usando el sistema de conducción en T, en este cultivo.

En este estudio para el cultivo de zarzamora al cultivar Tupy, que es el más usado en México, se propone implementar sistemas de conducción, Espaldera Sencilla el más usado en México, Arborización, en "T" y en "V", para evaluar el impacto, desarrollo y rendimiento.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Ubicación Michoacán

El experimento se ubicó en una las principales zonas productoras de zarzamora, en el Municipio de Ziracuaretiro en el estado de Michoacán, ubicado a una altitud de 1162 msnm; latitud norte 19°20'59.35" ; longitud oeste 101°55'47.16". El tipo de clima (A)C(w1), Semi cálido subhúmedo del Grupo C, temperatura media anual mayor a 18 °C,

temperatura del mes más frío menor de 18 °C, temperatura del mes más caliente mayor de 22 °C. Precipitación del mes más seco menor a 40 mm; lluvias en verano con índice de P/T entre 43.2 y 55 porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.3 % anual (CONABIO, 1998).

1.4.2 Material vegetal

Se trabajó con plantas de zarzamora del cv. Tupy, este cultivar se caracteriza por ser de porte erecto, con espinas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes con un promedio de peso de 6 g, de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme (Antunes, 2002).

1.4.3 Tratamientos y Diseño experimental

Bajo un diseño experimental en bloques al azar, se evaluaron cuatro sistemas de conducción: 1) espaldera simple, 2) en “V”, 3) en “T” y 4) arborización. Se usaron cuatro repeticiones considerando como unidad experimental a 5 metros del seto, lo que resulta en un total de 16 unidades experimentales con un total de 80 m de seto, cabe mencionar que para los sistemas de conducción espaldera simple y arborización se usó la estructura ya instalada, poste ganadero de 1.83 m de altura que fue insertado en el suelo, quedando a una altura de 1.60 m y cuatro alambres calibre 12, colocado a lo largo del poste a una distancia entre ellos de 0.40 m. Para el sistema de conducción en “V” se usó la estructura antes mencionada, agregando a lo largo del poste ganadero dos travesaños de metálicos cuadrados de 1” perfil zintro, el primero con un largo de 0.60 m instalado a la altura del segundo alambre, a 0.80 m del suelo y el segundo de 0.90 m, colocado en el cuarto alambre a una distancia del suelo de 1.60 m, en cada travesaño se realizaron dos perforaciones en los extremos para insertar alambre calibre 12. En el sistema en “T” se usó la estructura mencionada al inicio agregando un travesaño metálico cuadrado de 1” perfil zintro, a la altura del cuarto alambre 1.60 m del suelo, en este también se realizó

dos perforaciones una en cada extremo y se colocó el alambre calibre 12, la instalación de la estructura de los sistemas de conducción se hizo el 19 de julio del 2017, a partir de esta fecha en los cuatro sistemas de conducción las plantas usadas en el experimento fueron conducidas de acuerdo a cada sistema, el 11 de agosto del 2017 en el sistema de conducción en espaldera simple, las plantas fueron acomodadas de tal modo que los puntos de crecimiento apicales quedaron montados en los cuatro alambres, en el sistema de conducción en "V" las plantas pasaron la altura del segundo travesaño 1.60 m, por lo que se realizó un despunte en cada caña formando la V dejando las cañas entre 1.65 y 1.70 m. En el sistema de conducción en "T" las plantas fueron conducidas por los alambres de tal forma que alcanzaron el último alambre colocado en el travesaño de la estructura y las cañas alcanzaron una altura entre 2.05 y 2.10 m se les realizó un despunte en la zona apical formando una T.

Durante 10 meses se realizaron actividades para obtener los datos y los resultados fueron analizados con el Sistema de Análisis Estadístico SAS® versión 9.3.

1.4.4 Manejo de lotes experimentales

Se trabajó en una parcela con una superficie de 1 ha, el sector donde se realizó el experimento es de 1,000 m² con plantas de zarzamora cultivar Tupy establecida en el 2008, el manejo que se realizó fue de acuerdo al convencional aquí descrito. Para iniciar se realizó poda a ras de suelo en la primera semana de junio del 2017, de esta manera programar la cosecha en marzo del 2018. El riego es rodado y se realizó cada 20 días se revisó la humedad del suelo en los primeros 30 cm. En la segunda semana de octubre del 2017 se realizó maduración de cañas y fertilización con aplicación en el sector con 600 litros de agua; sulfato de zinc 6 kg, nitrato de potasio 6 kg, balanceador de nitratos (boro 0.9 % y molibdeno 0.008 %) 400 ml y fórmula de fertilizante granulado al suelo en el aérea de goteo (12-8-16 + 3MgO+10S) 300 kg. La posterior aplicación para estimular brotación se realizó en la segunda semana de diciembre del 2017, en el sector usando 600 litros de agua con 100 kg de fosfonitrato 150 ml de REVENT ® 500 SC (Thidiazuron 42.4%), y 8 litros de citrolina. La última aplicación para crecimiento de brotes se realizó usando 600 litros de agua con CODAFOL N33 (nitrógeno 26 %, manganeso soluble 0.05

%, zinc 0.05 %, cobre 0.1 %) 3 litros de producto, MAXIGROW (auxinas 0.09 %, giberelinas 0.10 %, citoquininas 1.50 %, nitrógeno 6.6, fósforo 13.3 %, potasio (K₂O) 13.3 %, calcio 2.0 %, magnesio 4.0 %, cobre 13.3 %, fierro 17.2 %, manganeso 13.3 %, zinc 26.5 %) 1.5 litros de producto, ERGER 3 litros de producto, ácido giberélico al 4 % 600 ml, Dalein Active (materia orgánica algas marinas) 600 ml, Bayfoland Forte 2 litros de producto. En cuanto a las actividades culturales los deshierbes se realizaron con un intervalo de 25 días durante el ciclo, se realizaron podas de acuerdo al tipo de sistema de conducción usado, en el caso del sistema de espaldera sencilla que es el usado, se realizó el cuadro de seto en diciembre del 2017, en los sistema arborizado, V y T se realizó un despunte cuando las cañas alcanzaron el cuarto alambre, en el sistema en V y T esta actividad fue hecha en agosto del 2017.

1.4.5 Variables Fisiológicas

1.4.5.1 Índice de área foliar

La medición se realizó el 7 de abril del 2018 a medio día, el cielo despejado y el día fue soleado. Se utilizó un Ceptómetro BAR-RAD DUAL USB, Cavadevices®, las mediciones con el aparato fueron a la altura del suelo a 0.80 m, 1.20 m y 1.60 m del seto, se realizaron las cuatro mediciones por cada unidad experimental a las alturas del seto mencionadas.

1.4.5.2 Área foliar

El 20 de abril del 2018 se colectaron las hojas de 30 cm de seto al centro de cada unidad experimental, lo siguiente fue colocarlas en una prensa botánica y el material fue trasladado al laboratorio de fisiología y tecnología postcosecha en el Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Las hojas colectadas de cada unidad experimental fueron medidas con el integrador electrónico de área, modelo Li-3100 Licor, Inc. Lincoln, para obtener el dato (cm²).

1.4.5.3 Peso seco de hoja

Las hojas colectadas para determinar el área foliar también se usaron para determinar el peso seco de hoja (g), colocándolas dentro de una bolsa de papel Kraft con capacidad de 5 kg y posteriormente llevadas a una estufa a 80 °C por 48 horas, lo siguiente fue tomar el peso seco de las hojas de cada muestra con una balanza electrónica ALSEP modelo EY-2200 A.

1.4.5.4 Peso específico de hoja

El peso seco de hoja las hojas colectadas de cada muestra (g) obtenido con balanza electrónica ALSEP modelo EY-2200 A, se dividió entre el área foliar (cm²) de cada muestra y de esta manera se obtuvo el dato.

1.4.6 Variables de Crecimiento

Las siguientes dos variables fueron determinadas el 16 de febrero del 2018, al inicio de la floración.

1.4.6.1 Diámetro de tallo

Se realizó con vernier digital marca Truper de 6", se midió el diámetro de cada tallo (caña) que estaba en los 5 m de cada tratamiento (unidad experimental) y de sus respectivas repeticiones, de esta forma se obtuvieron los datos.

1.4.6.2 3.6.2 Longitud de lateral fructificante

Las mediciones se realizaron con un flexómetro marca Truper de 5 m, esto se hizo de la siguiente manera, se midió los laterales fructificantes desde su base hasta su ápice (flor reina), que se encontraban en la unidad experimental repitiendo este proceso en todas las unidades experimentales.

1.4.7 Variables de producción

1.4.7.1 Número de cañas

Fueron contabilizadas en número de cada unidad experimental, el 16 de febrero del 2018, al inicio de la floración.

1.4.7.2 Número de laterales

Fueron contabilizadas en número de cada unidad experimental, el 16 de febrero del 2018, al inicio de la floración.

1.4.7.3 Número de botones

Se contabilizo en número de cada unidad experimental en cuatro ocasiones el 16 de febrero, 8 de marzo, 23 de marzo, 7 de abril del 2018.

1.4.7.4 Número flores

Se contabilizo en número de cada unidad experimental en cuatro ocasiones el 16 de febrero, 8 de marzo, 23 de marzo, 7 de abril del 2018.

1.4.7.5 Número frutos

Se contabilizó el número de cada unidad experimental en cuatro ocasiones el 16 de febrero, 8 de marzo, 23 de marzo, 7 de abril del 2018.

1.4.7.6 Rendimiento en kg ha⁻¹

Se colectaron los frutos maduros de cada unidad experimental, para después pesar con una balanza Torrey con capacidad de 5 kg, los frutos obtenidos de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, esto se llevó acabo en las siguientes fechas 5, 7, 10, 12, 14, 16, 19, 21, 23 de marzo del 2018, solo se cosecho las fechas mencionadas, porque fue lo comercialmente posible debido a la severidad de daño que presentaban los frutos, que acuerdo a los síntomas que se observaban como son falta de maduración de las drupelas quedando de color rojo o verde, esto debido a una toxina

producida por *Acalitus essigi* (Maughan, et al., 2018), conocido por los productores como el acaro rojo.

1.4.7.7 Cosecha de exportación (g).

Se realizó colectando los frutos maduros con calidad exportación es decir fruta sin daños por plagas, enfermedades y mecánicos, de cada unidad experimental, para después pesar con una balanza Torrey con capacidad de 5 kg, los frutos obtenidos de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, esto se llevó acabo en las siguientes fechas 5, 7, 10, 12, 14, 16, 19, 21, 23 de marzo del 2018

1.4.7.8 Cosecha de fruta para proceso (g)

Se realizó colectando los frutos maduros con daños por plagas, enfermedades y daños mecánicos, de cada unidad experimental, para después pesar con una balanza Torrey con capacidad de 5 kg, los frutos obtenidos de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, esto se llevó acabo en las siguientes fechas 5, 7, 10, 12, 14, 16, 19, 21, 23 de marzo del 2018

1.4.7.9 Cosecha total (g)

Se realizó colectando todos los frutos maduros de cada unidad experimental, para después pesar con una balanza Torrey con capacidad de 5 kg, los frutos obtenidos de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, esto se llevó acabo en las siguientes fechas 5, 7, 10, 12, 14, 16, 19, 21, 23 de marzo del 2018

1.4.8 Variables de Calidad

1.4.8.1 3.8.1 Contenido de solidos solubles

De la última fecha de cosecha el 23 de marzo del 2018 se tomaron seis frutos al azar por unidad experimental, en cada fruto se determinó con el jugo directamente, los sólidos solubles totales expresados en °Brix, con refractómetro Digital Atago®.

1.4.8.2 Acidez titulable

Esta variable se determinó con base en el método volumétrico de la AOAC 1990. Se pesaron 10 g de muestra, adicionando 50 ml de agua destilada, se licuó y filtró y después se tomó una alícuota de 5 ml de la solución y tituló con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, utilizando como indicador tres gotas de fenolftaleína. El porcentaje de acidez se calculó mediante la ecuación:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{(\text{mL NaOH})(\text{N NaOH})(\text{Meq del ácido})(V)}{\text{peso de la muestra g (alícuota)}} \times 100$$

Dónde:

mL de NaOH= ml gastados de NaOH

N= Normalidad del NaOH

V= Volumen (mL)

Meq= mili equivalentes del ácido cítrico

Alícuota= cantidad de muestra que se utiliza para la titulación

1.4.8.3 Firmeza

La firmeza fue evaluada con un texturómetro universal Force Five (FDV-30) con un puntal plano de 5 cm de diámetro, con el cual se determinó la fuerza en base a la resistencia al corte expresada en Newton (N), usando seis frutos por unidad experimental de la última fecha de cosecha del 23 de marzo del 2018.

1.4.8.4 Peso de fruto

Del muestreo para producción realizado el 23 de marzo de 2018, se tomaron seis frutos por unidad experimental para ser pesado cada uno, usando una balanza electrónica ALSEP modelo EY-2200 A, para obtener el dato.

1.4.8.5 Longitud de fruto fresco

Del muestreo para producción realizado el 23 de marzo de 2018, se tomaron seis frutos por unidad experimental para ser medidos a lo largo con vernier digital marca Truper de 6”.

1.4.8.6 Diámetro de fruto fresco

Del muestreo para producción realizado el 23 de marzo de 2018, se tomaron seis frutos por unidad experimental para ser medir el diámetro ecuatorial, con vernier digital marca Truper de 6".

1.4.8.7 Color

Del muestreo para producción realizado el 23 de marzo de 2018, esta variable fue medida en la epidermis de 10 frutos por tratamiento en un solo lado del fruto, con un colorímetro Hunter Lab D25A-PC2 optical sensor serie 15062, proporcionando tres parámetros L^* , a^* , b^* , se expresaron en valores de L^* brillantez y luminosidad con valores de 0 a 100, parámetro a^* indica valores positivos color rojo, valores negativos en dirección del color verde. El parámetro b^* valores positivos el color amarillo, valores negativos color azul, en estos dos últimos parámetros son coordenadas de cromaticidad (McGuire, 1992), es importante mencionar que los factores físicos como el color y su uniformidad son parámetros que definen directamente la calidad de los frutos (Gómez et al., 2010).

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Análisis de varianza: Variables de Crecimiento

El análisis de varianza para estimar el efecto de los sistemas de conducción en plantas se muestra en el anexo Cuadro A1, donde las variables de crecimiento, muestran diferencias estadísticas en longitud de lateral y diámetro de tallos, con $P \leq 0.01$, es decir que al menos un sistema de conducción difiere para la expresión de estas dos variables.

1.5.2 Análisis de varianza: Variables Fisiológicas

El resultado de los análisis de varianza para las variables de fisiológicas, se muestra en el anexo Cuadro A2, para la variable índice de área foliar (IAF 7 abril), donde

el efecto de los sistemas de conducción, alturas y bloques que es estadísticamente significativo ($P \leq 0.01$). Además, se encontraron diferencias estadísticas en la interacción entre el sistema de conducción y la altura ($P \leq 0.01$). Los resultados del análisis de varianza de las variables de peso seco de hoja, área foliar y peso específico de hoja (PEH) muestran diferencias entre los sistemas de conducción y bloques, con $P \leq 0.01$ para la variable área foliar y en el peso específico de hoja (PEH), solamente entre sistemas de conducción; mientras que con $P \leq 0.05$ entre los sistemas de conducción y bloques para la expresión del peso seco de hojas.

1.5.3 Análisis de varianza: Variables de Producción

El resultado de los análisis de varianza para las variables de producción, se muestra en el anexo Cuadro A3, donde no se detectaron diferencias estadísticas, debidas a los sistemas de conducción, en la expresión para número de cañas (N. cañas) y número de laterales (N. laterales). Para el número de botones y flores del 16 de febrero se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre los sistemas de conducción y bloques, para esta misma fecha en el número de frutos no se encontraron diferencias estadísticas. Para el siguiente muestreo realizado el 8 de marzo se detectaron diferencias para número de botones ($P \leq 0.01$), entre sistemas de conducción y bloques, pero para el número de flores y frutos no se detectaron diferencias. En el muestreo realizado el 23 de marzo (anexo Cuadro A3), se encontraron diferencias para el número de botones y flores, debidas a los sistemas de conducción ($P \leq 0.05$) y bloques ($P \leq 0.01$) y ninguna diferencia estadística para el número de frutos.

En el último muestreo, realizado el 7 de abril el número de botones presentó diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.01$) entre bloques; es decir que aquí el efecto ambiental fue mayor que, el debido a los sistemas de conducción evaluados; en el número de flores (N. Flo 7A), se encontraron diferencias significativas debidas a los sistemas de conducción ($P \leq 0.01$), mientras que no el número de frutos.

Los resultados de las variables de producción se presentan en el anexo Cuadro A3, para la variable producción con características de exportación, producción de proceso, producción total y rendimiento (kg ha^{-1}), se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.05$) entre los diferentes sistemas de conducción.

1.5.4 Análisis de varianza: Variables de Calidad

Los resultados del análisis de varianza para las variables de calidad, que son °Brix, acidez titulable, firmeza y peso de 6 frutos donde no se detectaron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los sistemas de conducción, ni entre los bloques, esto coincide con un estudio realizado en cerezo por Ivanov et al. (2018) donde se tuvieron como resultados para el sistema de conducción en formación de la corona, no influyó en el peso de la fruta y la firmeza. Resultados similares encontraron Moreno y Deaquiz (2016), en un experimento realizado con *Rubus alpinus* reportando que las características fisicoquímicas °Brix, acidez titulable y firmeza de los frutos de mora en una zona de estudio, no presentaron diferencias significativas, lo que se atribuye a factores como el manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas de las zonas.

En el análisis de varianza para las variables de calidad, (longitud y diámetro fruto), entre las cuales se detectaron diferencias significativas entre los diferentes sistemas de conducción ($P \leq 0.05$); es decir que al menos uno fue diferente entre ellos, en el anexo Cuadro A4.

En el anexo Cuadro A4, se muestran los resultados del análisis de varianza de color como parte de las variables de calidad que se midieron. Entre los sistemas de conducción se obtuvieron diferencias significativas para la expresión de L ($P \leq 0.05$) para a y b, ($P \leq 0.01$).

1.5.5 Prueba de Medias de las Variables de Crecimiento

En los resultados de las pruebas de medias de las variables de crecimiento evaluadas, se observó que la variable longitud de lateral productivo, el sistema de conducción que presentó mayor longitud es el sistema de arborizado ($P \leq 0.05$) (Figura 1), esto puede deberse a que hay mayor competencia por luz y en este sistema se implementó poda de despunte en el cuarto alambre, lo que promueve la brotación y crecimiento de laterales, en seguida destacó el sistema de espaldera sencilla donde también se realizó una poda, conocida como cuadrado de seto donde se elimina parte de tallos y laterales que dificultan la cosecha. Los tratamientos con laterales cortos de forma decreciente son los sistemas en T y en V donde, en estos tipos de conducción se aumentó la captación de luz, en consecuencia hubo menor alargamiento de los tallos, lo antes mencionado concuerda con Villalobos *et al.* (2015), quienes indicaron que una planta para compensar sus limitaciones de espacio lateral, incrementan su crecimiento con el objetivo de alcanzar una mayor radiación solar.

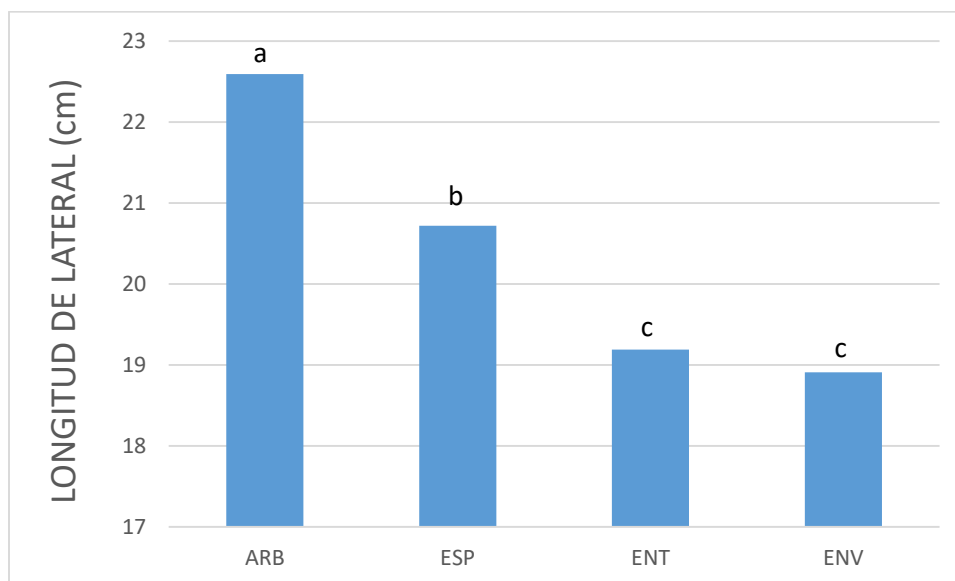


Figura 1. Prueba de medias para la variable longitud de lateral, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Para el caso de la variable diámetro de tallo los mejores tratamientos fueron el sistema de conducción en espaldera sencilla y en V, que favorecieron significativamente ($P \leq 0.05$) la expresión del diámetro de tallos (Figura 2), seguido por el sistema de conducción en T y por último el arborizado, según Ortega-Martínez *et al.* (2010), mencionaron lo siguiente, a una mayor área de parénquima implica mayor reserva de asimilados que pueden ser utilizados en el futuro crecimiento, así como mayor áreas de xilema posibilita mayor transporte de agua y nutrimentos hacia los órganos reproductivos.

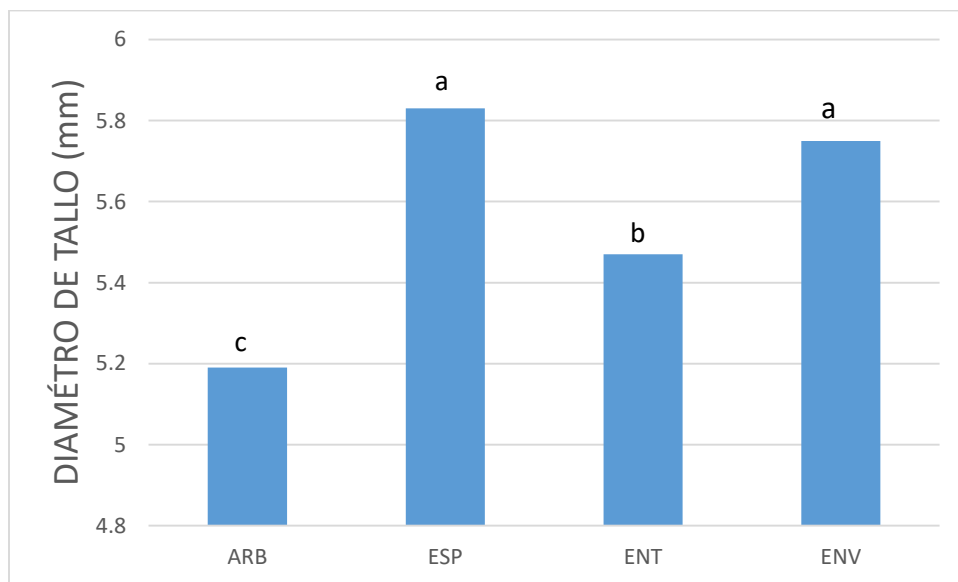


Figura 2. Prueba de medias para la variable diámetro de tallo, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv.Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

1.5.6 Prueba de Medias de las Variables Fisiológicas

En la producción frutícola, la cantidad de luz que intercepta el área foliar de una planta es afectada por el sistema de conducción y el índice de área foliar (Raffo e Iglesias, 2004). Los resultados del índice de área foliar (IAF) que los sistemas de conducción que presentaron los IAF más altos son en V y en T (Figura 3), esto debido a tener mayor superficie de contacto con la luz, lo contrario con los sistemas de conducción arborizado y espaldera sencilla, esto concuerda con un estudio realizado por Godoy y Tognetti (2007) en el cultivo de cerezo, donde usaron dos sistemas de conducción, los resultados muestran que en el sistema Eje Central recibió una intercepción menor 30.8 % y en Tatura Modificado de 14.2 %, esto sugiere que el Eje Central posee una menor capacidad de interceptar luz que Tatura Modificado.

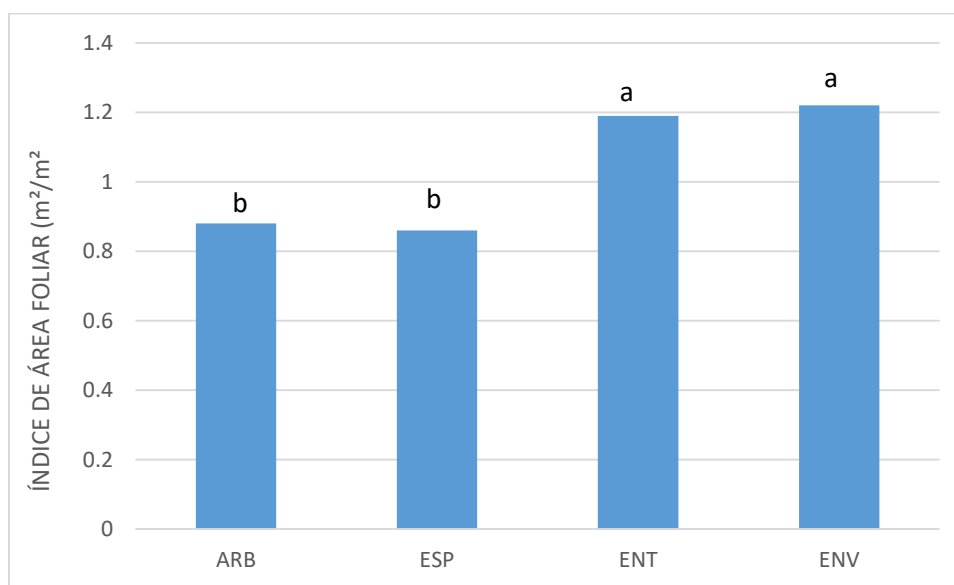


Figura 3. Prueba de medias para el índice de área foliar, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

La mayor IAF se presentó en el estrato superior del seto (Figura 4), lo que se podría explicar con una mayor incidencia de luz solar que además es mejor aprovechada

por el sistema de conducción en V al estar repartidas las hojas del seto en dos paredes y en el sistema en T porque forma otro seto en la parte superior. La mayor cantidad de vástagos (cañas) de la condición estructural de la planta puede soportar una mayor carga productiva favorecida principalmente por la mayor área foliar (Ferreira *et al.* 2016).

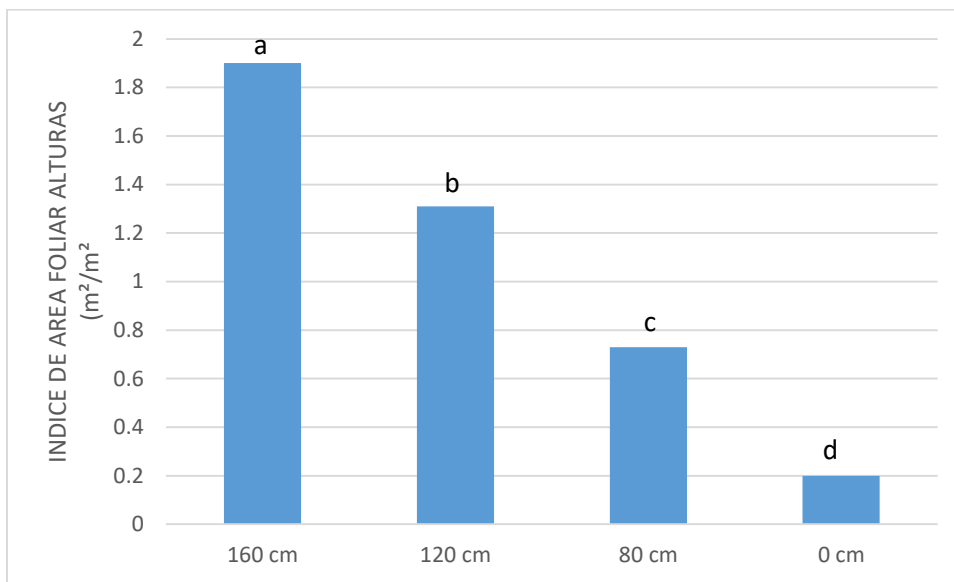


Figura 4. Prueba de medias para el índice de área foliar, a diferentes alturas 160 cm, 120 cm, 80 cm y 0 cm (a la altura del suelo) de zizania cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Los sistemas de conducción arborizado y en T presentaron el mayor peso seco de hojas (Figura 5), sin embargo, el sistema arborizado presentó la menor cantidad de área foliar (Figura 6), probablemente asociado con un menor tamaño de hojas en comparación con el área foliar del sistema en T, Dussi *et al.* (2009) encontraron que la calidad de la luz induce cambios morfológicos y anatómicos en las hojas, las que se desarrollan a la sombra son más finas, menos densas, tienen menor cantidad de capas de células en empalizada, mayores espacios intercelulares y menor tasa fotosintética.

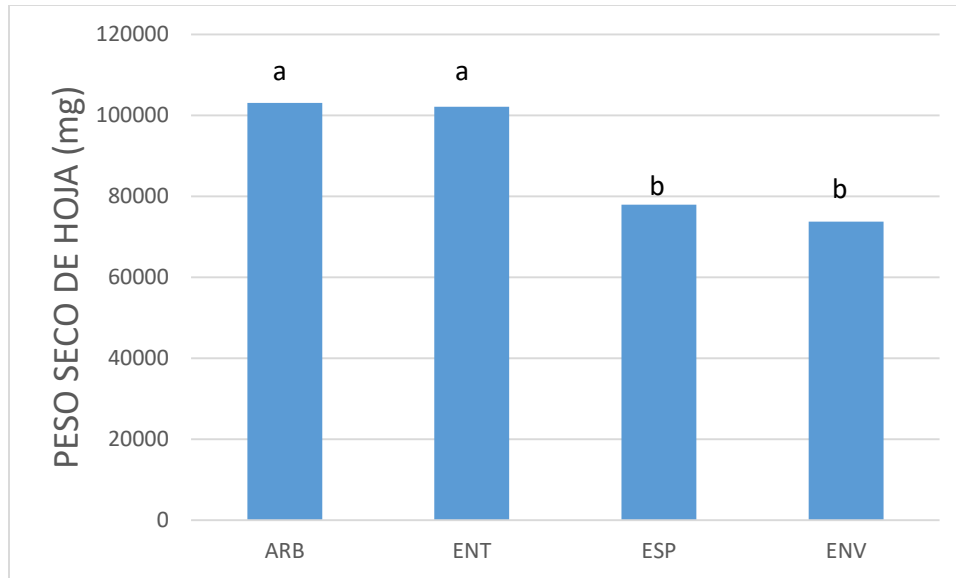


Figura 5. Prueba de medias para la variable peso seco de hoja, de los sistemas de conducción Arborización, Espaldera Sencilla, En “T” y en “V” de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En cuanto a la variable área foliar esta se favoreció con el sistema de conducción en T (Figura 6), probablemente asociado porque este sistema favoreció una mayor exposición foliar al sol; ya que las hojas que crecen expuestas a la luz alcanzan la máxima tasa de fotosíntesis, mientras que las que crecen en el interior disminuyen la tasa de fotosíntesis produciendo menor cantidad de fotoasimilados (Raffo y Rodríguez, 2007), sin embargo, el sistema arborizado favoreció la acumulación de materia seca por unidad de superficie (peso seco específico) (Figura 7).

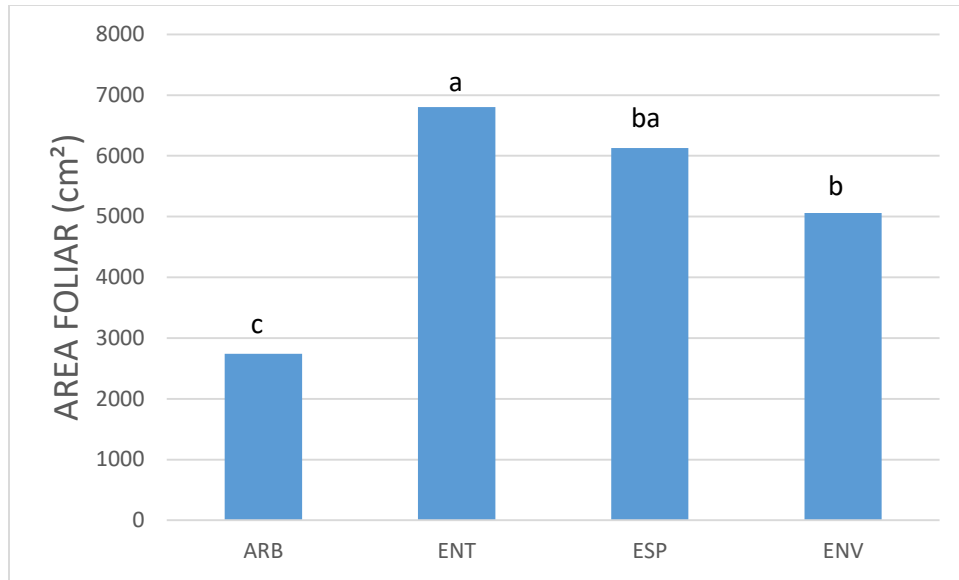


Figura 6. Prueba de medias para la variable área foliar, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

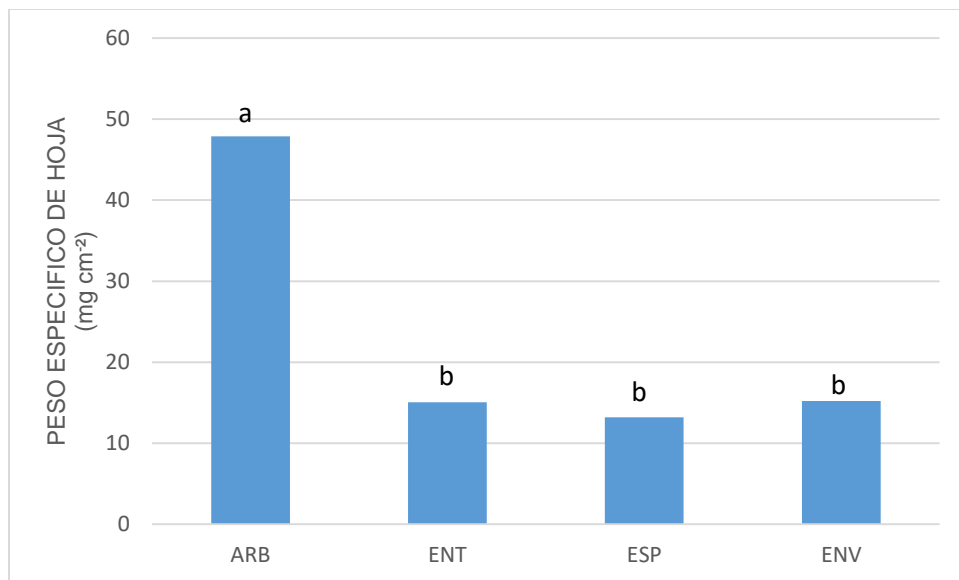


Figura 7. Prueba de medias para la variable peso específico de hoja, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

1.5.7 Prueba de Medias de las Variables de Producción

Para el muestreo realizado el 16 de febrero se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en favor del número de botones florales que tuvieron su mayor valor con los sistemas de conducción arborizado y en T seguidos por V y en espaldera sencilla (Figura 8), en un estudio realizado por Stefanelli, *et al.* (2016), mencionaron que los efectos del sistema de conducción y la carga depende del almidón almacenado como parte de los carbohidratos no estructurales, importantes compuestos de almacenamiento de energía en las plantas durante la floración así como el cuajado, la asimilación de carbono se reduce debido al estrés biótico plagas y enfermedades y abiótico como son la captación de luz.

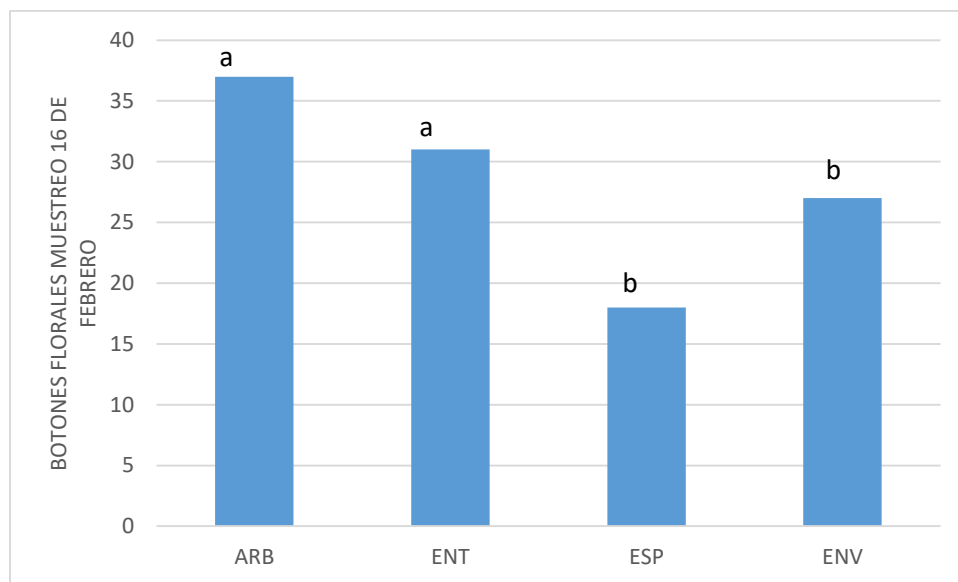


Figura 8. Prueba de medias del número de botones florales contabilizados el 16 de febrero, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En la variable número de flores del muestreo del 16 Feb sobresalieron en orden descendente el sistema en T, arborizado y espaldera sencilla, estos tres sistemas tienen

diferencia con el tratamiento que obtuvo el menor número de flores que fue en V (Figura 9).

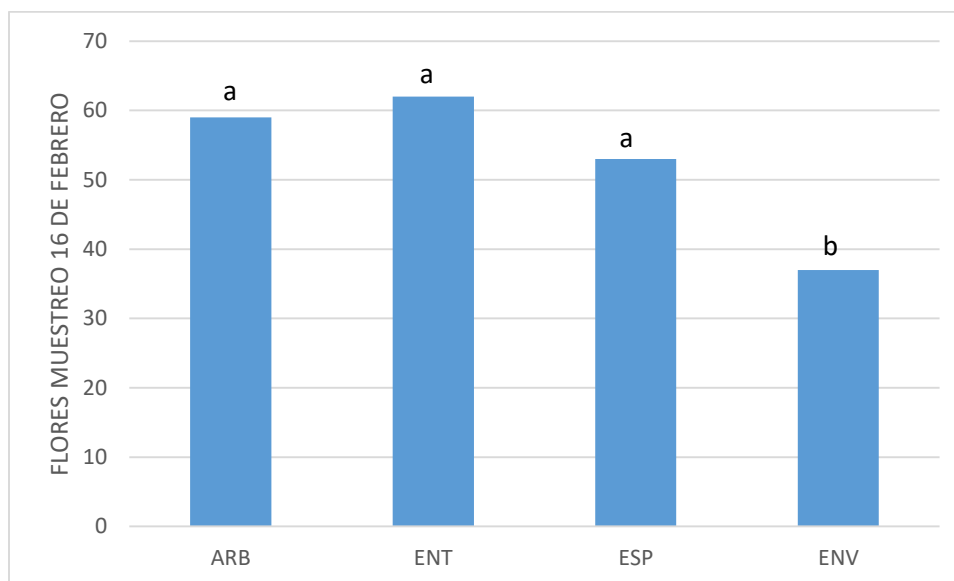


Figura 9. Prueba de medias del número de flores contabilizadas el 16 de febrero, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En el siguiente muestreo realizado el 8 de marzo, los sistemas de conducción en T y arborización, favorecieron la expresión de un mayor número de botones, ya que superaron estadísticamente a los sistemas en V y espaldera sencilla (Figura 10).

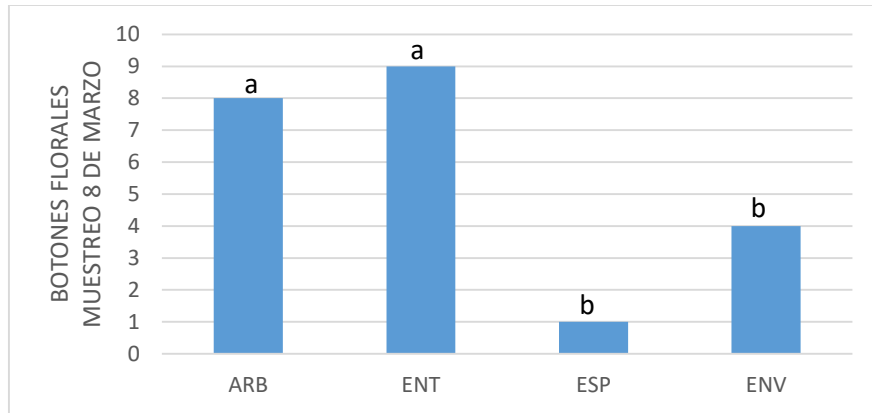


Figura 10. Prueba de medias para número de botones florales contabilizados el 08 de marzo, de los sistemas de conducción Arborización, Espaldera Sencilla, En “T” y en “V” de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En el muestreo realizado el 23 de marzo, el mejor tratamiento para la expresión del número de botones florales fue el sistema de conducción en T, seguido en importancia por los sistemas de conducción en V y arborizado, por último espaldera sencilla fue el que presentó menos botones (Figura 11).

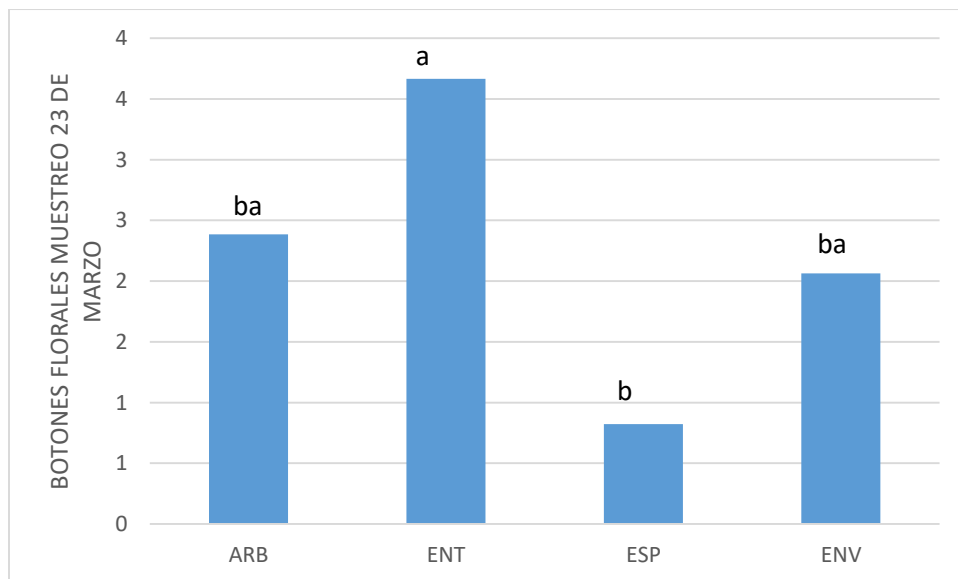


Figura 11. Prueba de medias del número de botones florales contabilizados el 23 de marzo, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En esta fecha de muestreo el sistema de conducción en T favoreció la expresión del número de flores, al superar estadísticamente al resto. En general en esta fecha de muestreo, el sistema de conducción en T, presentó condiciones favorables para una mayor expresión del número de botones y flores, que fue de tal magnitud que superó estadísticamente al resto de los sistemas de conducción evaluados (Figuras 11 y 12); es decir que con este sistema el rendimiento potencial es mayor, siempre y cuando se logre elevar la correlación entre el rendimiento de fruto y estas dos variables, Díaz (2002) mencionó que la presencia de frutos incrementa la fotosíntesis y acelera la traslocación de fotosintatos, eso también se observó con la presencia de flores. En trabajos con manzano y vid indicó que en plantas con fruta, los estomas en las hojas permanecen abiertos por más tiempo, con lo que se da un mayor intercambio de gases y con ello se mejora la capacidad de fotosíntesis.

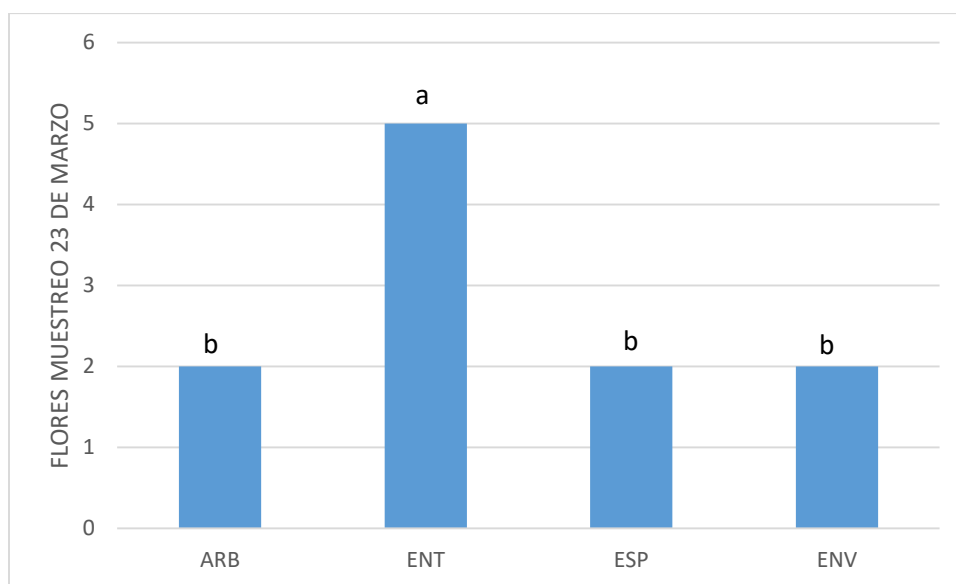


Figura 12. Prueba de medias del número de flores contabilizadas el 23 de marzo, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Entre los resultados de las variables evaluadas en el último muestreo del 7 de abril, no se observaron diferencias estadísticas entre los diferentes sistemas de conducción para la expresión del número de botones. Mientras que en la variable número de flores el mejor tratamiento fue el sistema de conducción en T, los otros tres sistemas en V, arborizado y espaldera sencilla, fueron inferiores (Figura 13).

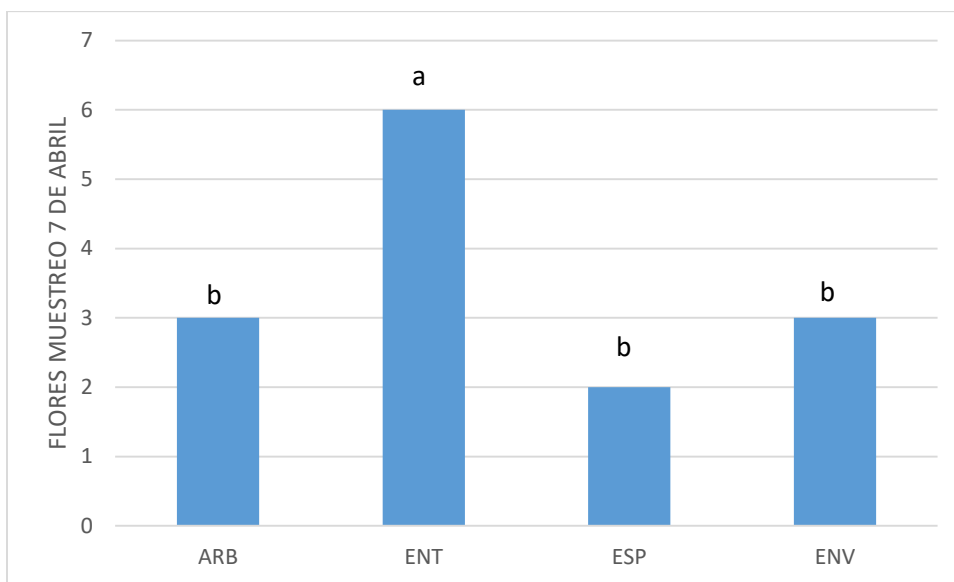


Figura 13. Prueba de medias del número de flores contabilizadas del 7 abril, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Para la variable número de frutos contabilizados del 7 de abril, el mejor tratamiento fue el sistema de conducción en T, seguido por los dos sistemas en V y arborizado, el que presento menor número de frutos fue espaldera sencilla (Figura 14). Durante el desarrollo del fruto, la deficiencia lumínica puede provocar una disminución del tamaño del fruto (Flore & Layne, 1999), por lo que se piensa que pudo ser la razón principal del resultado obtenido.

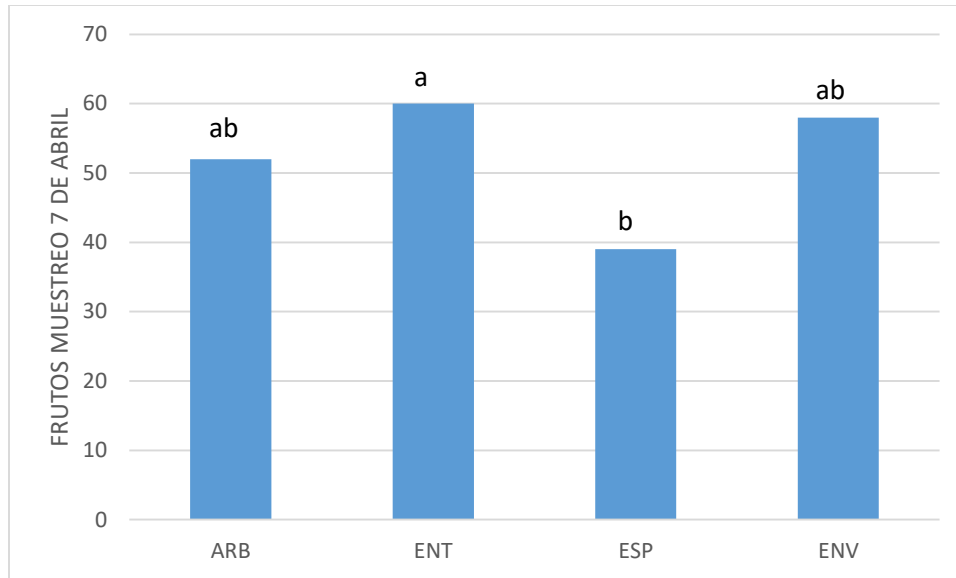


Figura 14. Prueba de medias del número de frutos contabilizados del 7 abril, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En los diferentes muestreos realizados se pudo observar que el mejor tratamiento en las diferentes fechas fue el sistema de conducción en T, esto probablemente se debe a que en este sistema, la intercepción de luz es mayor debido al acomodo de las líneas de conducción donde los tallos permiten un mejor desarrollo foliar y captura de luz por parte de la planta, generando un mayor número de botones flores y frutos como lo hemos visto en los diferentes muestreos realizados como lo mencionaron Severino *et al.* (2018), se debe considerar que el sistema de conducción para maximizar la intercepción de radiación por el cultivo, ya que la reducción de la radiación implica una reducción lineal del rendimiento.

Para el peso de frutos con calidad de exportación, los mejores tratamientos fueron el sistema de conducción en V y en T (Figura 15), para el caso del sistema en V posiblemente es debido a que el número de tallos se dividen en dos como parte del sistema, por lo tanto una mayor captación de luz y para la conducción en T posiblemente se atribuye a que se amplía el dosel en la parte superior hacia los costados, a diferencia

de los otros sistemas de conducción, lo anterior se relacionado con los resultados de Vanni *et al.* (2016), el sistema de conducción enrejado "T" fue 52.11 % más productivo que el sistema sin tutor.

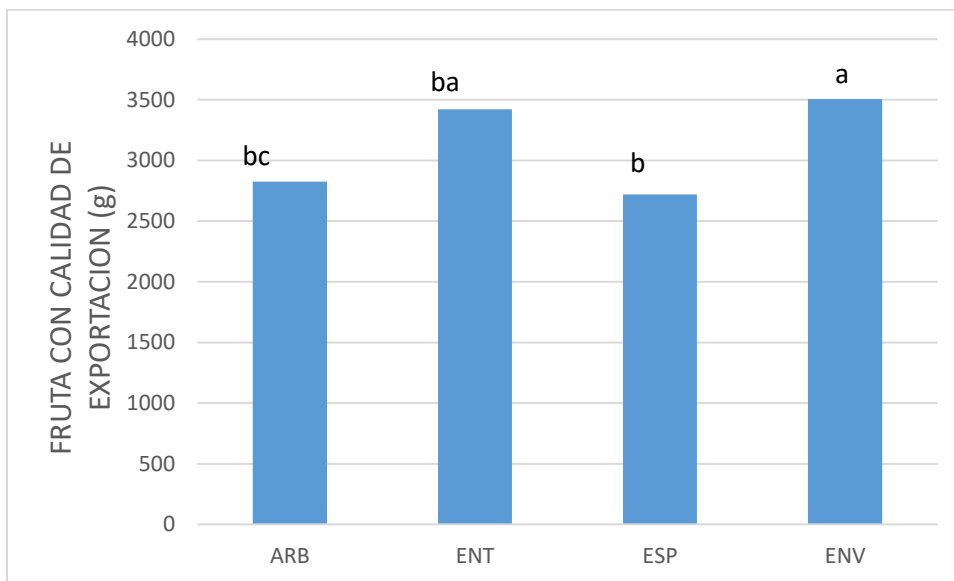


Figura 15. Prueba de medias de fruta calidad exportación de la producción, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En "T" (ENT) y en "V" (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Para la variable fruta para proceso, no se destina para exportación por algún tipo de daño (Figura 16), estos presentaban principalmente síntomas mencionados por Çetin *et al.* (2015) esto concuerda con lo reportado con Caron *et al.* (2018), refiriéndose a cuando aparecen los capullos de las flores, los ácaros emergen de los sitios de hibernación, se arrastran hacia los capullos y las bases drupelas, alrededor del núcleo de la baya y los extremos del tallo, la infestación se produce durante las primeras etapas verdes del desarrollo de la fruta, los síntomas en fruto, son drupelas deformadas, descoloridas duras con colaciones verdes, por lo que no maduran normalmente. El tratamiento con mayor cantidad de frutos dañados fue el sistema de conducción en T, esto posiblemente porque este sistema de conducción puede generar mayor área de

sombreado por el diseño en T, generando las condiciones las condiciones óptimas para el desarrollo de la plaga.

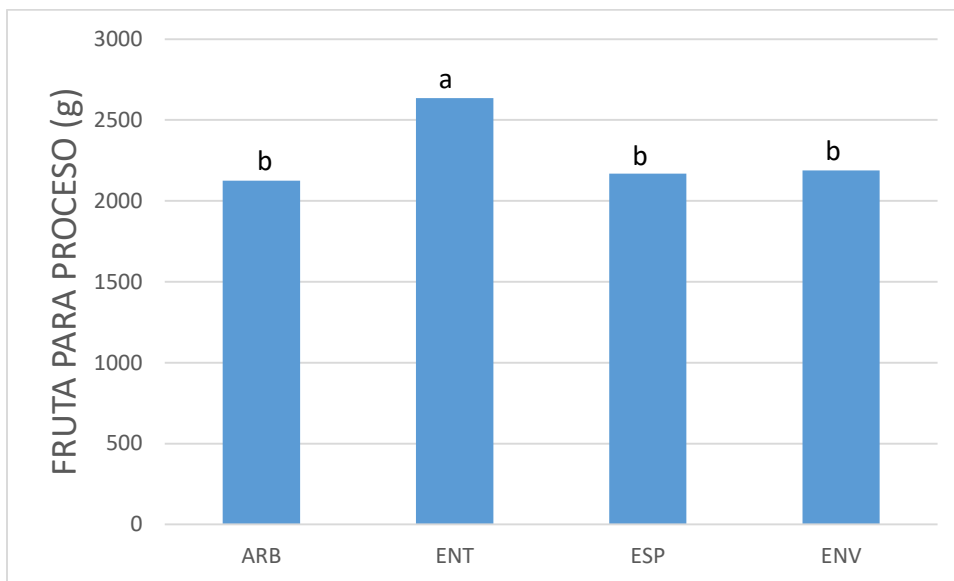


Figura 16. Prueba de medias de fruta para proceso, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Es importante mencionar que, para la variable total de cosecha y estimación de rendimiento, el mejor tratamiento fue el sistema de conducción en T, seguido por el sistema de conducción en V, y por último el arborizado y el de espaldera sencilla (Figuras 17 y 18), cabe resaltar que este último es el sistema principalmente usado en México

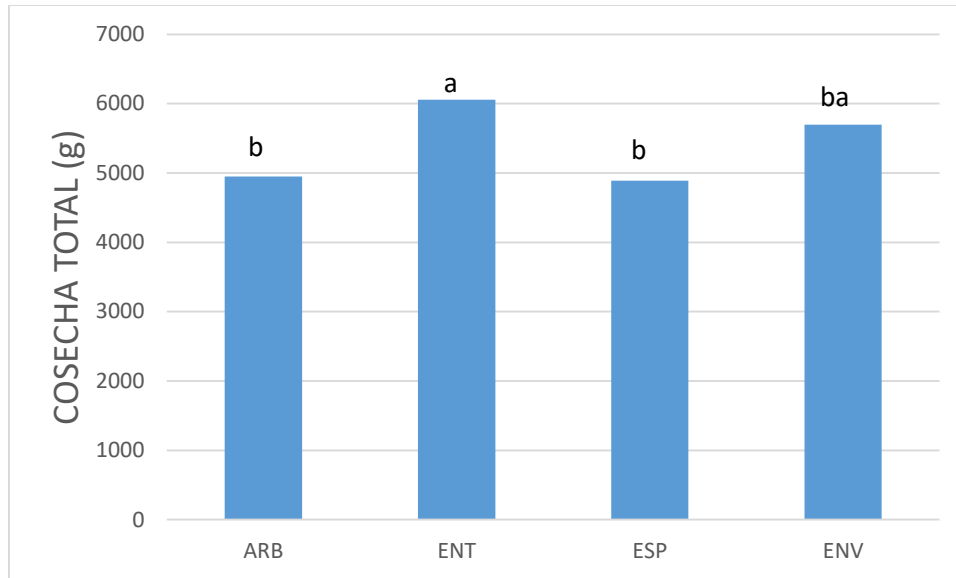


Figura 17. Prueba de medias de Total de Cosecha del experimento, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

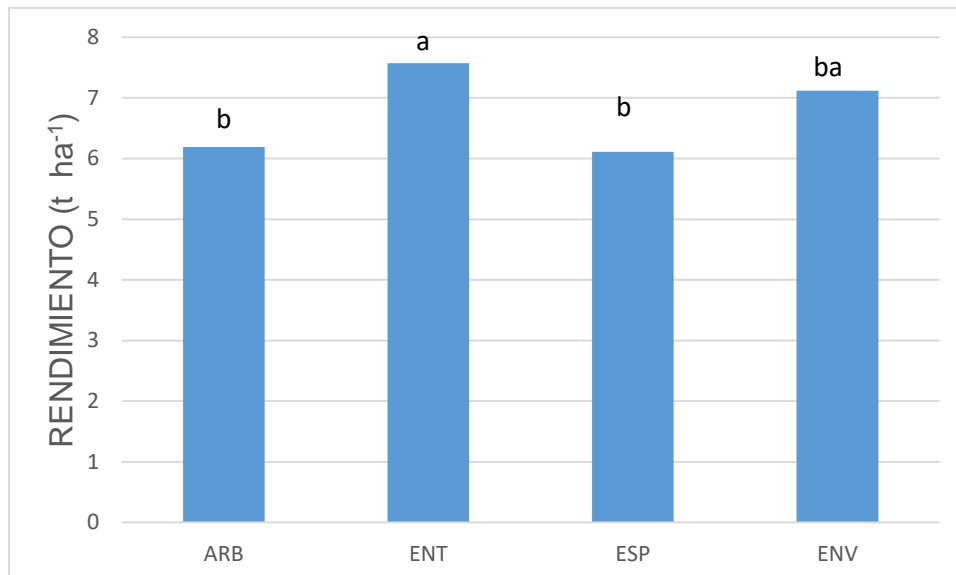


Figura 18. Prueba de medias de rendimiento estimado, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

1.5.8 Prueba de Medias de las Variables de Calidad

En la prueba de medias, en la variable longitud de fruto, que se dividió en tres grupos, el primer grupo presentó los valores más altos de longitud, donde destacan el sistema en T, y el sistema en V; el segundo grupo estadístico se conformó con el sistema de conducción arborizado, para finalmente en el tercer grupo, el sistema de conducción en espaldera sencilla fue el que menos favoreció a la expresión de longitud de los frutos (Figura 19).

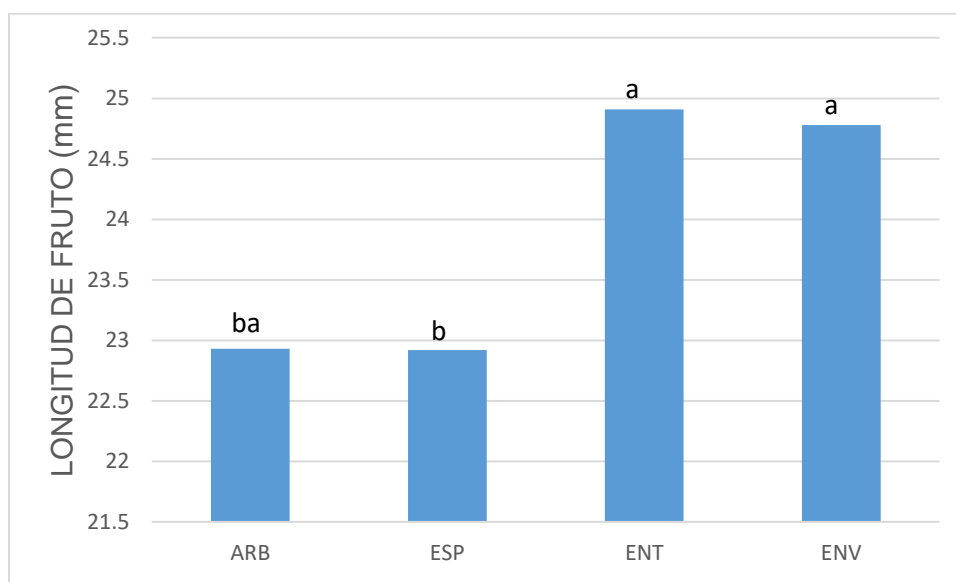


Figura 19. Prueba de medias de longitud de fruto, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

En la prueba la variable diámetro de fruto, se formaron dos grupos, el primero y con los valores más altos se formó con el sistema de conducción en T seguido por el V,

y el segundo grupo con los sistemas de conducción arborización y en espaldera sencilla. De acuerdo a estas pruebas, se infiere que los sistemas de conducción en T y en V fueron los que permitieron un mejor desarrollo del fruto en cuanto a su tamaño (Figura 20), Díaz 2002 mencionó que en manzano, durazno y cerezo, un sombreado total del árbol hay menor tamaño final de frutos y debido a una menor disponibilidad de luz, numerosos autores determinaron en manzanas rojas, una reducción del tamaño y del contenido de almidón (Seeley et al., 1980, Barritt et al., 1996; Tustin et al., 1988; Campbell y Marini, 1992).

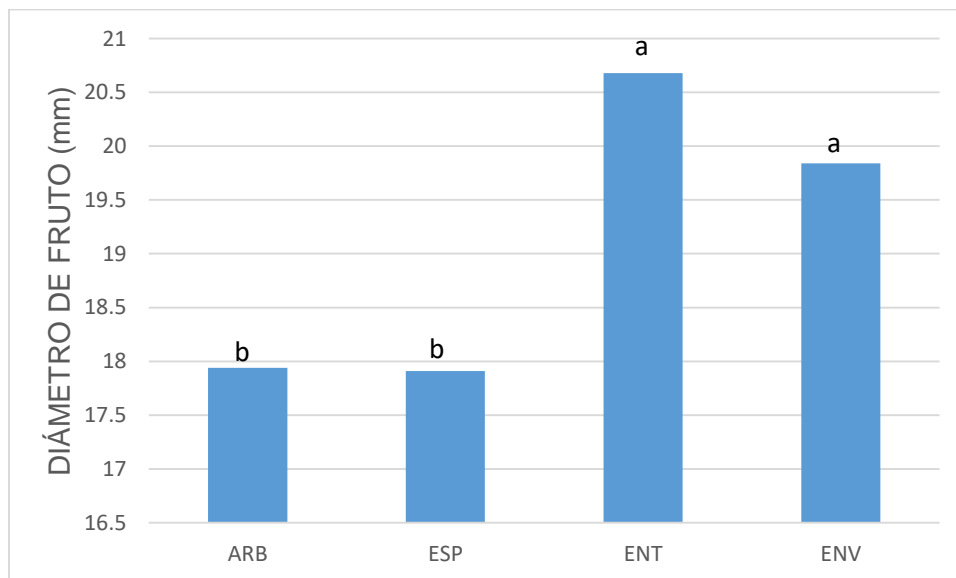


Figura 20. Prueba de medias de diámetro de fruto, de los sistemas de conducción Arborización (ARB), Espaldera Sencilla (ESP), En “T” (ENT) y en “V” (ENV) de zarzamora cv. Tupy. Letras diferentes indican diferencias de acuerdo a la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Resultados similares obtuvieron Muniz *et al.* (2011), donde evaluaron la influencia de cuatro sistemas de conducción de plantas de *Physalis* en "V", en "X", espaldera simple y libre, concluyendo que independientemente del sistema de conducción utilizado, la planta tutorada bajo sistema de conducción presentó frutos de mayor diámetro y mejor

calidad, generando frutos con mayor valor comercial, en comparación con los tratamientos sin conducción y sin tutoría.

Para color se observó que para el valor de L^* se forman dos grupos (Cuadro 1), en el primero y con los valores más altos se ubicaron los frutos de los sistemas de conducción en espaldera sencilla, en V y arborizado, con un color más oscuro en relación al otro grupo formado por el sistema de conducción en T que posee el valor más bajo, esto probablemente asociado a mayor captación de luz en este sistema y de acuerdo a lo mencionado por (Dussi y Wrolstad, 1995; Awad, *et al.*, 2001), los niveles de luz menores al 50 % de la radiación incidente disminuyen la coloración en frutos, debido a una menor concentración de antocianinas y a una mayor concentración del total de flavonoides.

Para el valor de a^* los mayores valores indican un color rojo; en esta variable se formaron tres grupos, en el primero con los valores más altos se ubicaron los sistemas de conducción T y en espaldera sencilla, en el segundo y con valores intermedios está el sistema arborizado y el último grupo con el valor más bajo se ubicó el sistema en V, el cual presentó el color rojo más tenue.

En la variable b^* los valores bajos corresponden al color azul, por lo que en este caso se formaron dos grupos estadísticos, el primero formado por los sistemas de conducción arborizado y en espaldera sencilla por lo que sus frutos presentaron un color azul claro en relación al segundo grupo donde encontramos a los sistemas de conducción T y V. De tal manera que, las pruebas de medias nos indican que el sistemas de conducción en T es el mejor donde encontramos los colores que se relacionan con mayor cantidad de los fenoles antioxidantes en la composición de las moras negras es esencial, pues puede haber variaciones en los niveles de estos componentes por las condiciones ambientales (Guedes *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Valores de color en la escala CIE Lab de frutos de zarzamora cosechados el 7 de abril, usando como tratamientos los sistemas de conducción en Arborización, en “T”, Espaldera Sencilla y en “V”.

Sistema	L	a*	b*
Arborización	20.95 a ^z	2.73 b	1.14 a
En “T”	20.30 b	3.5 a	0.89 b
Espaldera Sencilla	21.25 a	3.33 a	1.12 a
En “V”	21.25 a	1.97 c	0.80 b

^zValores con la misma letra son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P < 0.05$. L: luminosidad, a*: coordenada cromática rojo/verde, b*: coordenada cromática amarillo/azul.

1.5.9 Análisis de Correlación de Pearson

Se estimó el coeficiente de variación Pearson entre las matrices de varianza de las variables analizadas, donde se encontró una relación estadísticamente significativa con un ($P \leq 0.01$) y positiva entre el número botones del 7 de abril (BOT7A) con el número de flores del 7 abril (FLO7A) y el índice de área foliar IAF ($r = 0.77$ y $r = 0.69$) (Cuadro 2); es decir que en la medida en que el cultivo presentó un mayor índice de área foliar, también presentó un mayor número de botones ($r = 0.69$), principalmente flores ($r = 0.86$). Para la variable frutos al 7 de abril, esta se correlaciona de manera positiva con un ($P \leq 0.01$) en las variables exportación de frutos ($r = 0.67$), rendimiento total ($r = 0.70$) y con ($P \leq 0.05$) con frutos para proceso ($r = 0.59$) y de manera negativa, la variable longitud de lateral fructificable ($r = -0.54$); indicando que, cuando hay mayor cantidad de frutos, se elevó el número y peso para la exportación y proceso, sin embargo se presentó una menor crecimiento vegetativo (longitud de ramas laterales fructificables), debido al proceso de formación y llenado de frutos. En la variable peso de frutos con calidad de exportación, esta se correlaciona positivamente con ($P \leq 0.01$) en las variables, fruta para proceso ($r = 0.65$), pero principalmente con el rendimiento total ($r = 0.94$) y negativamente con longitud de lateral ($r = -0.69$). En la variable peso de frutos para procesar (PROC), se obtuvo una correlación significativa ($P \leq 0.01$) con la variable producción total (RTOT) con ($r = 0.85$). Para la variable producción total que es la suma de exportación y proceso (RTOT), la cual a su vez correlaciona negativamente con un ($P \leq 0.05$), con la longitud

de lateral fructificable ($r = -0.59$). Por último, la longitud de lateral fructificable (LONG) se correlacionó de manera positiva ($P \leq 0.05$) con el diámetro de tallos productivos (DIAM) ($r = 0.69$).

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables de zarzamora ‘Tupy’ manejados con diferentes sistemas de conducción.

	BOT7A	FLO7A	FRU7A	EXPO	PROC	RTOT	LONG	DIAM	IAF
BOT7A	1								
FLO7A	0.77**	1							
FRU7A	0.28	0.29	1						
EXPO	0.30	0.30	0.67**	1					
PROC	0.45	0.45	0.59*	0.65**	1				
RTOT	0.39	0.39	0.70**	0.94**	0.85**	1			
LONG	-0.12	-0.38	-0.54*	-0.69**	-0.28	-0.59*	1		
DIAM	-0.01	-0.34	-0.27	-0.24	-0.01	-0.16	0.69*	1	
IAF	0.69**	0.86**	0.20	0.25	0.18	0.25	-0.28	-0.22	1

BOT7A: Número de Botones del 7 de Abril, FLO7A: Número de Flores del 7 abril, FRU7A; Número de Frutos del 7 Abril, EXPO; Frutos en gramos Calidad Exportación, PROC; Frutos en gramos para procesar, RTOT; Producción Total la suma de exportación y proceso, LONG; Longitud de Lateral Fructificable, DIAM; Diámetro de Tallos Productivo, IAF; Índice de Área Foliar.

1.5.10 Análisis de Componentes Principales

Como resultado del análisis de componentes principales se observó que los primeros tres componentes explican 86.78 % de la varianza total del todo el experimento, los dos primeros el 70.95 % (Cuadro 3). En el primer componente principal (CP1) las variables de mayor importancia fueron rendimiento total, exportación, proceso y No. Frutos 07 abril, mientras que en el segundo componente principal (CP2), fueron las variables índice de área foliar, No. Flores 07 abril y No. Botones 07 abril; finalmente en el tercer componente principal (CP3) las de mayor importancia fueron diámetro tallo y longitud de laterales. Hay que destacar que dentro de cada componente principal las variables originales están correlacionadas entre sí, pero los componentes principales no están correlacionados entre ellos.

Cuadro 3. Vectores y proporción de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de zarzamora manejados en diferentes sistemas de conducción en la localidad de Ziracuaretiro, Michoacán.

Variables	Vectores característicos		
	CP1	CP2	CP3
No. Botones 07 abril	0.293	0.465	0.215
No. Flores 07 abril	0.340	0.467	-0.092
No. Frutos 07 abril	0.348	-0.258	0.052
Exportación	0.394	-0.295	0.081
Proceso	0.353	-0.121	0.408
Rendimiento Total	0.414	-0.250	0.227
Longitud de Laterales	-0.334	0.224	0.458
Diámetro tallo	-0.191	0.065	0.701
Índice de Área Foliar	0.275	0.527	-0.117
Valor característico	4.556	1.828	1.424
Porcentaje de varianza explicada	50.63	20.32	15.83

En cuanto a la dispersión de la respuesta de las variables es importante mencionar que este análisis muestra tres grupos formados por las diferentes variables, que están relacionados con las etapas fenológicas del cultivo (Figura 21), el primer grupo está relacionado con desarrollo vegetativo (variables longitud de laterales y diámetro de tallos), el segundo grupo con el desarrollo foliar, (IAF) y del potencial de producción con las variables (no. botones y de flores); finalmente el tercero y de mayor importancia comercial, se relaciona con el rendimiento que depende a su vez del peso de frutos para exportación, para proceso y del número de frutos. Es importante decir que este último grupo esta principalmente explicado con el grupo número dos; lo anterior con base en la cercanía de ambos grupos a través del primer componente principal. Es decir, que inicialmente el desarrollo vegetativo del cultivo no estuvo implícitamente ligado al rendimiento (tercer grupo), como lo estuvo el segundo grupo.

Figura de Dispersión

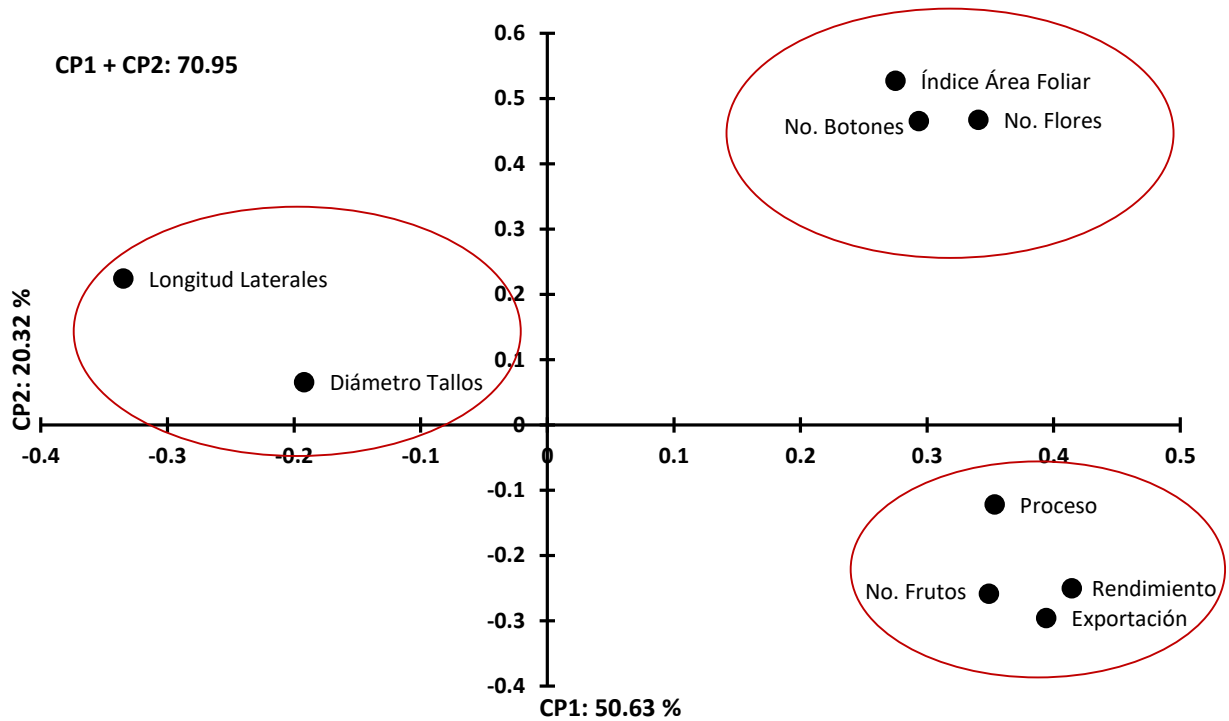


Figura 21. Dispersión de la respuesta de variables de planta y rendimiento en los dos primeros componentes principales de zarzamora manejada en diferentes sistemas de conducción.

1.6 CONCLUSIONES

Los sistemas de conducción los que facilitan el manejo, son arborizado así como espaldera sencilla, en la eficiencia respecto al índice de área foliar V y T, los que presentan un mayor desarrollo son espaldera sencilla y arborización, por último el sistema donde se obtuvo un mayor rendimiento fue el sistema en T, seguido por V.

En los sistemas de conducción T y V presentaron mayor número de frutos y rendimiento, causado por un mayor índice área foliar, cabe señalar que el sistema en V presento mayor cantidad de frutos de exportación, es importante mencionar que la cosecha para este sistema se dificulta debido a que los frutos crecen por dentro de los alambres de la estructura, causando pinchado de las drupelas por las espinas, característica del cv. Tupy. El sistema en T presenta el mayor rendimiento total, sin embargo, el segundo en frutos con calidad de exportación y la cosecha en este sistema dificulta debido a la altura.

CAPITULO 2. ESTUDIO DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN PARA MAYOR EFICIENCIA FISIOLÓGICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZARZAMORA EN MONTECILLO, EDO. DE MÉXICO

2.1 RESUMEN

La diversidad y condiciones climáticas de México, permiten el desarrollo y producción de frutos de zarzamora para su consumo en fresco durante casi todo el año y con calidad de exportación. Se utilizaron plantas de zarzamora cultivar Tupy con la finalidad de evaluar dos densidades de plantación 0.50 m (10,000 plantas/ha) y 0.80 m (6,250 plantas/ha) en condiciones ambientales del Campus Montecillo, Texcoco. De acuerdo a los resultados se observó que con el distanciamiento entre plantas de 0.8 m se obtienen mayor número de tallos nuevos y tallos productivos sobresaliendo estadísticamente ($p \leq 0.05$) sobre el distanciamiento de 0.5 m. Respecto al análisis estadístico para las variables longitud y diámetro de tallos nuevos el distanciamiento de 0.5 m sobresalió estadísticamente en comparación con 0.8 m. En cuanto al rendimiento total dl ciclo productivo se obtuvieron valores de 2,950 a 3,750 kg ha⁻¹, siendo el distanciamiento de 0.5 m estadísticamente superior al distanciamiento de 0.8 m. Sin embargo, una alta densidad favoreció la presencia de redberry por lo que se hubo mayor fruta para proceso. Los mejores resultados cualitativos y cuantitativos se encontraron con un distanciamiento de 0.5 m entre plantas, es decir 10,000 plantas/ha.

Palabras clave: Zarzamora, densidades, rendimiento.

2.2 ABSTRACT

The diversity and climatic conditions of Mexico allow the development and production of blackberry fruits for fresh consumption during most of the year and with export quality. Tupy cultivar blackberry plants were used to evaluate two plantation densities 0.50 m (10,000 plants/ha) and 0.80 m (6,250 plants/ha) in environmental conditions of Campus Montecillo, Texcoco. According to the results, it was observed that with the distance between plants of 0.8 m, a greater number of new stems and productive stems are obtained, statistically higher ($p \leq 0.05$) over the spacing of 0.5 m. Regarding the statistical analysis for the variables length and diameter of new stems, the spacing of 0.5 m stood out statistically compared to 0.8 m. Regarding the total yield of the productive cycle, values of 2,950 to 3,750 kg ha⁻¹ were obtained, being the distance of 0.5 m statistically higher than the distance of 0.8 m. However, a high density favored the presence of redberry, so there was more fruit for processing. The best qualitative and quantitative results were found with a distance of 0.5 m between plants, that is, 10,000 plants/ha.

Key words: Blackberry, densities, weight yield.

2.3 INTRODUCCIÓN

La zarzamora es una planta que tiene un hábito semi-erecto o postrado de crecimiento, se recomienda un sistema de tutoría, que ayude en el desarrollo y en la cosecha de las frutas, así como el mantenimiento general, como la conducción del crecimiento planta, poda, entre otras prácticas (Pio et al., 2012). Dentro de sus requerimientos edafoclimáticos para su desarrollo necesita de 1,200 a 1,600 horas luz, temperatura de 11 a 18 °C, humedad relativa de 70 a 80 %, 800 a 2,500 mm de precipitación al año suelo franco arcilloso y pH de 5.2 a 6.7 (Morales et al., 2012).

Este cultivo presenta factores limitantes como el clima (luz, temperatura, humedad, etc.), el agua y la nutrición que influyen principalmente en el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de zarzamora (Sánchez, 2009), es por ello que requiere de un sistema de conducción que le permita una mejor eficiencia de captación de luz para favorecer la producción y calidad del fruto. Su importancia en el mercado es debido a sus propiedades nutraceuticas, además de su disponibilidad todo el año como fruto en fresco.

Actualmente en diferentes especies frutícolas existe una tendencia a emplear altas densidades de plantación, con el objetivo de incrementar el rendimiento por unidad de superficie y una mayor eficiencia de los recursos (Hoying et al., 2005; Loreti & Massai, 2001). Existen muchos estudios en frutales de clima tropical, donde se ha demostrado que las altas densidades incrementan los rendimientos hasta 400 % más en comparación con un sistema tradicional (Reyes et al, 2017).

El uso de altas densidades en frutales de clima templado ha demostrado incrementos en los rendimientos (Romero et al., 2017), no obstante, la respuesta depende de factores como especie, variedad y manejo del cultivo. Estudios reportados en zarzamora han demostrado que a medida que se incrementa la densidad los rendimientos por unidad de área incrementan.

En México en cultivo de zarzamora las densidades de población no están definidas encontrándose plantaciones con densidades que van de 6,000 a 11,100 plantas/ha

(Calderón, 2006). El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de las densidades de plantación en zarzamora cultivar Tupy bajo las condiciones de Montecillo, Texcoco Edo de México.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Ubicación Estado de México

El experimento se estableció en el Estado de México, dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, en el huerto San José, ubicado a una altitud de 2,240 msnm; latitud Norte de 19°21'; longitud Oeste de 98°54'. El Clima [c (Wo) (W) b (i')] templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación promedio es 625 mm y una temperatura media anual de 16° (García, 1987).

2.4.2 Material vegetal

Se trabajó con plantas de zarzamora del cv. Tupy en cepellón de 15 cm y una altura de la planta de 10 cm para trasplante que proviene de vivero, del municipio de Los Reyes del estado de Michoacán. Estas son de porte erecto, con espigas, con producción de 3.8 kg/planta/año, producen frutos grandes con un promedio de peso de 6 g, de coloración oscura uniforme, sabor equilibrado con buen balance entre acidez y azúcar, el fruto agregado es consistente y firme (Antunes, 2002).

2.4.3 Tratamientos y Diseño experimental

Bajo un diseño experimental en bloques al azar, se evaluarán dos densidades de plantación 1) 10,000 plantas/ha, 2) 6,250 plantas/ha, se usaron cuatro repeticiones considerando como unidad experimental a una planta, lo que resultó en un total de 64 unidades experimentales, se instaló una espaldera para la conducción de las plantas,

usando poste ganadero de metal con una altura de 2.13 m a cada 5 m, este fue insertado en el suelo quedando a una altura de 1.70 m posteriormente, se colocaron cuatro alambres a lo largo del poste calibre 12 a una distancia entre ellos de 0.43 m, se trabajó durante 13 meses para obtener resultados y posteriormente fueron analizados con el Sistema de Análisis Estadístico SAS® versión 9.3.

2.4.4 Manejo de lote experimental

En el mes de marzo del 2017 se realizó un paso de rastra en el sitio donde se estableció el experimento en una superficie de 660 m², posteriormente se aplicó 2.5 t de composta incorporándolas de manera homogénea con otro paso de rastra. lo siguiente fue levantar camas de 40 cm de alto con 1.20 m de ancho, colocación de acolchado e instalación del sistema de riego por goteo 8 L h⁻¹. A partir del establecimiento se aplicaron riegos distribuidos dos a tres veces por semana monitoreando la humedad del suelo con tensiómetros, manteniendo la humedad 10 y 20 centibares hasta el término de toma de datos. El 7 de abril del 2017 se hizo el trasplante, realizando un abonado de fondo con 5 g de fertilizante fosfato diamónico (18-46-00) con 10 g de composta, posteriormente 10 g por planta de fosfato diamónico (18-46-00) en área de goteo cada cuatro semanas hasta el mes de noviembre del 2017, realizando siete aplicaciones al suelo y de manera foliar cada tres semanas después del trasplante, quelatos de zinc 90 ml, Bayfoland 120 ml y adherente 90 ml en 30 litros de agua por aplicación, realizando ocho en total hasta diciembre del 2017. Cabe mencionar que durante el mes antes mencionado las plantas entraron en letargo y a mediados del mes de febrero del 2018 inicio la brotación por lo que se realizó en la primera semana de marzo, aplicación foliar de REVENT (thidiazuron 42.4 % SC 500 SC) 70 ppm y ACTIVOL 40 % (ácido giberélico 50 ppm) para homogenizar la brotación, también al inicio de marzo se inició con aplicaciones de fertilizante al suelo mediante fertirriego, 1.6 kg de ULTRASOL (13-06-40) alternado cada 15 días con 1.6 kg Calcinit hasta el mes de julio realizando 6 aplicaciones de cada fertilizante. Es importante señalar que se dio mantenimiento durante los 13 meses que duro el experimento con la colocación de plantas en espaldera, deshierbes, mantenimiento a goteros y acomodo del acolchado en las camas.

2.4.5 Variables de Crecimiento

Número de tallos nuevos, número de tallos productivos, número de laterales, número de botones, número de flores, número de frutos, estas variables fueron contabilizadas de manera visual en cada planta que está representando una unidad experimental, esto fue realizado del 14 al 25 de mayo del 2018.

Las variables diámetro de tallos nuevos y productivos se realizaron con un vernier digital marca Truper, midiendo las plantas a una altura de 60 cm tomando como 0 cm el cuello de cada una y las variables largo de tallos nuevos así como los productivos se midieron con un flexómetro marca Truper de 5 m midiendo cada una de las unidades experimentales es decir cada planta del experimento, del cuello de la planta al ápice de la caña, las mediciones se realizaron del 14 al 25 de mayo del 2018.

2.4.6 Variables de producción

Producción de frutos maduros en el ciclo, esta variable fue medida cosechando frutos maduros expresado en gramos usando una balanza digital Torrey con capacidad de 20 kg. El corte de fruta fue del 28 de mayo al 03 de julio del 2018 cada 6 días, realizando un total de ocho cortes, cabe mencionar que se hizo un muestreo el 18 de junio para medir la producción de frutos, separando la cosecha de este día en tres variables, producción de frutos de con características de exportación expresada en gramos, producción de frutos para proceso (la fruta que presentaba daño por acaro) y la suma de las dos anteriores conforma la producción total de frutos expresada en gramos para esta fecha.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1 Análisis de varianza: Variables de Crecimiento

Los análisis de varianza para estimar el efecto de las distancias entre plantas 0.5 m y 0.80 m, sobre las variables de crecimiento (Cuadros A5), indicaron diferencias estadísticas en la expresión del número de tallos nuevos, número de botones y flores, diámetro tallos nuevos, largo de tallos nuevos y diámetro y largo de tallos productivos en todos los casos con $P \leq 0.01$, así como en el número de tallos productivos ($P \leq 0.05$). Es decir, que una de las dos distancias evaluadas superó a la otra al generar mayor variabilidad en dichos caracteres. En la variación observada en los rasgos de número de laterales y de frutos no se detectaron diferencias estadísticas significativas por lo que para la expresión de ambas variables fue indistinto emplear 0.8 y 0.5 m de separación entre plantas.

2.5.2 Análisis de varianza: Variables de Producción

El resultado de los análisis de varianza para las variables de producción, se observó efecto debido a las distancias entre plantas ($P \leq 0.01$) en la producción total del ciclo (Cuadro A6), así como en la expresión de fruta dañada, rendimiento para exportación y producción total del 18 de junio. En este caso, la variabilidad generada por las distancias entre plantas en la variable producción total del ciclo, representó el 92 % del total y para la fecha de muestro del 18 de junio, en producción de exportación, producción total y fruta dañada fue de 88, 96 y 99 %, respectivamente de la variación total generada. Es decir que existen diferencias importantes entre las dos distancias evaluadas para la expresión de dichas variables.

2.5.3 Prueba de Medias: Variables de Crecimiento

En los resultados de las variables evaluadas 13 meses después del establecimiento en campo, se observó que la distancia de 0.8 m entre plantas, para la etapa del desarrollo, favoreció la aparición de mayor número de tallos nuevos (Figura 22) y para tallos productivos (Figura 23), Sangma *et al.* (2018) mencionaron que el espaciado más cercano entre plantas produjo un mayor número de ramas y hojas por planta que dio como resultado un máximo de rendimiento por planta.

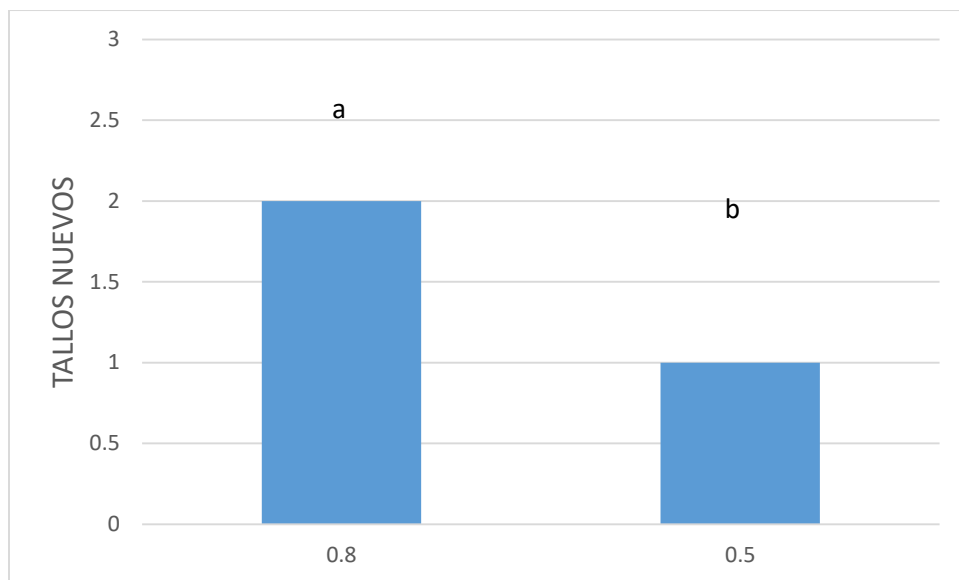


Figura 22. Prueba de medias para la variable tallos nuevos, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora 'Tupy'.

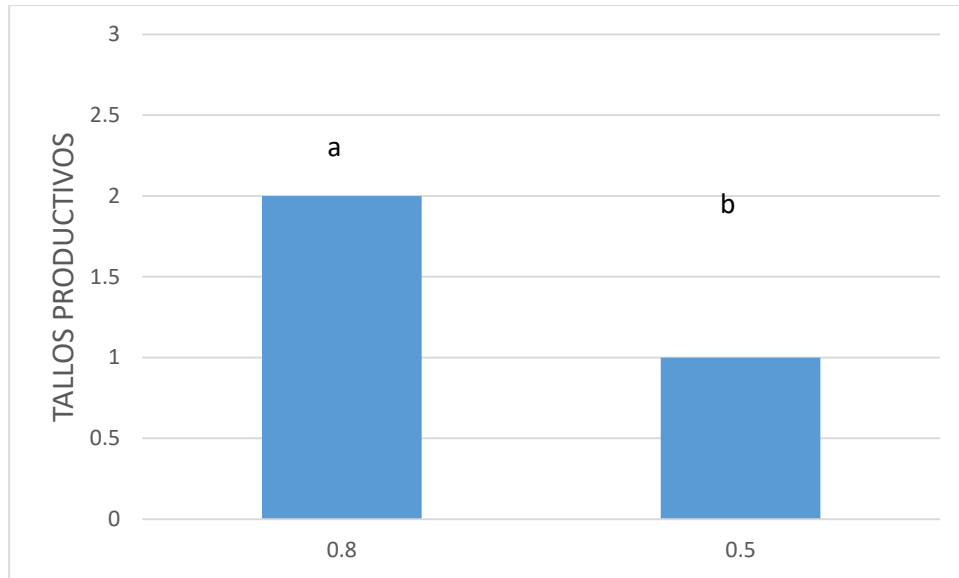


Figura 23. Prueba de medias para la variable número tallos productivos, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.

En la variable número de botones + flores, también el mejor tratamiento fue 0.80; es decir, las variables asociadas con el rendimiento de fruto, ya que, a excepción del número de tallos nuevos, las dos variables restantes se pueden considerar como componentes del rendimiento.

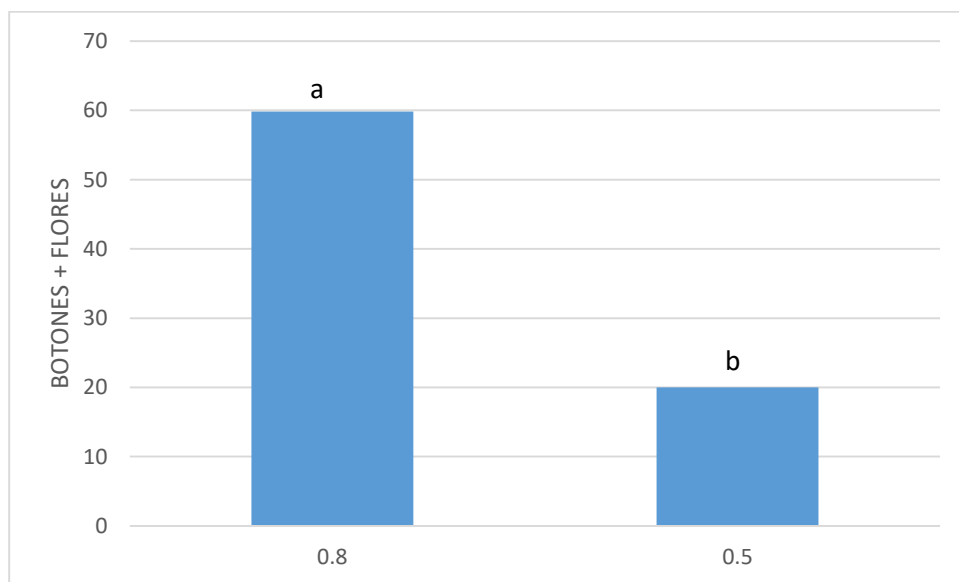


Figura 24. Prueba de medias para la variable Número de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.

Además, se observó una tendencia a presentar un mayor número de frutos y de laterales con dicha distancia. Esto probablemente asociado con una mayor disponibilidad de agua, nutrientes y luz. Coincidiendo con los resultados de Baldomero *et al.* (2017) en el cultivo de arándano con la variedad Biloxi, en la evaluación de tres distancias de plantación, 0.80 m, 0.90 y 1.00 m. la evaluación indica que la distancia de plantación a 1.00 m tuvo mejores resultados en número de cañas.

Resultados similares fueron señalados por Perez *et al.* (2005) que demostraron que en plantas de fresa, cultivadas en altas densidades redujeron el crecimiento de las variables vegetativas como área foliar, número de hojas, materia seca de hojas y corona. Por su parte Pérez *et al.* (2006) realizaron un experimento en plantas de berenjena con 12,500 plantas Ha⁻¹ como alta densidad y 4,400 plantas Ha⁻¹ como baja densidad, siendo esta última la que presentó mayor número de flores por metro cuadrado, debido a que en la densidad menor las plantas quedan expuestas a una mayor incidencia de radiación solar.

Para la distancia de 0.5 m entre plantas, favoreció un mayor desarrollo vegetativo, con una mayor longitud así como diámetro de tallos nuevos y productivos (Figuras 25 a 28), asociado probablemente con una mayor competencia por agua, luz y nutrientes, en contraste por lo reportado por Valentini y Arroyo (2011) en el cultivo de durazno, usando tres densidades 666, 1,000 y 1,250 plantas/Ha, el diámetro de tronco resultó negativamente afectado por la densidad de plantación, siendo el de menor diámetro en la densidad de 1,250 plantas/ha, esto se atribuyó a la competencia entre plantas.

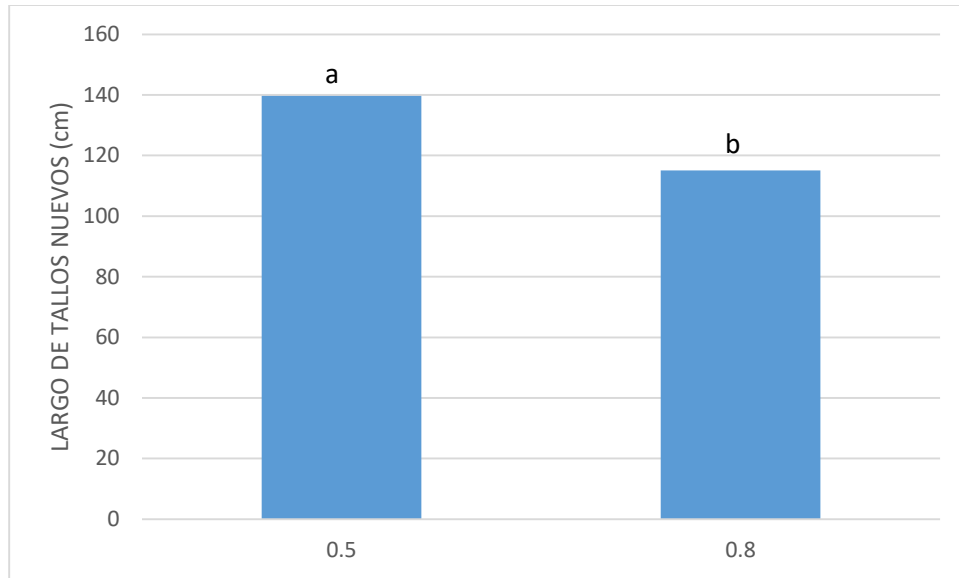


Figura 25. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.

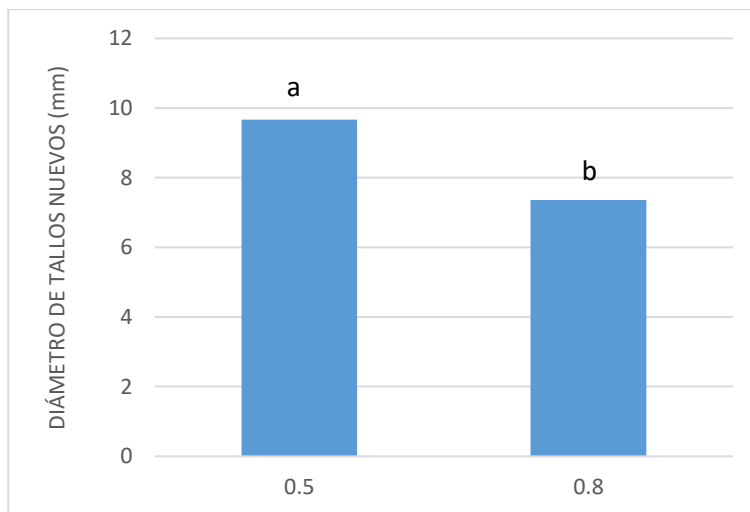


Figura 26. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.

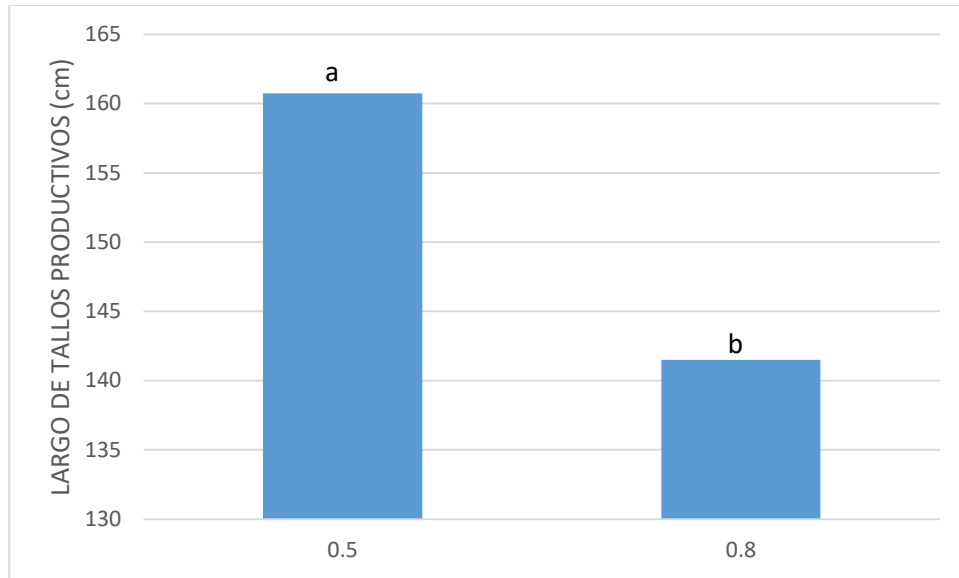


Figura 27. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora 'Tupy'.

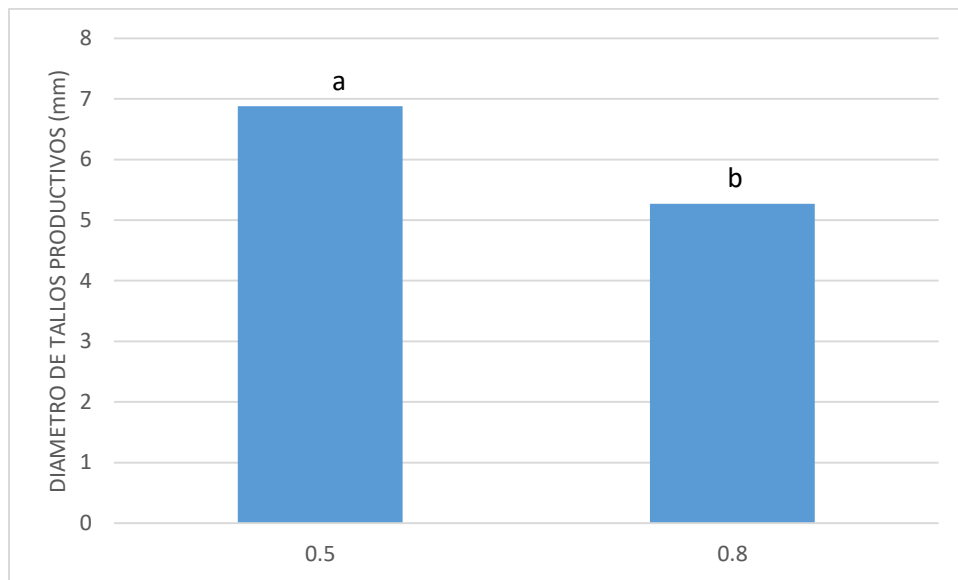


Figura 28. Prueba de medias para la variable Numero de Botones + Número de flores, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora 'Tupy'.

2.5.4 Prueba de Medias: Variables de Producción

En los resultados de las variables de producción (Figuras 29 a la 32), se tomó en cuenta solo un muestreo que se realizó el 18 de junio del 2018 a los frutos cosechados para separar entre variables, una fruta que no cumple con las características requeridas por el mercado de exportación y es separada en contenedores diferentes al resto de la fruta (Sánchez, 2008). La fruta para procesar (Figura 29), presentó síntomas ocasionados por el acaro reportado en zarzamora conocido como redberry mite, Çetin *et al.* (2015) mencionaron que la presencia de este ácaro evita la maduración de la fruta de mora causando la pérdida de hasta un 90 % de la producción y en los resultados del análisis se encontró que es mayor el daño en la distancia de 0.5 m, por lo que a mayor densidad de población se obtuvieron condiciones propicias para una mayor incidencia de esta plaga, Al Shidi *et al.* (2018) en una investigación con palma datilera mencionaron que las plantas están generalmente bajo plantación densa, las hace propensas a la infestación de plagas.

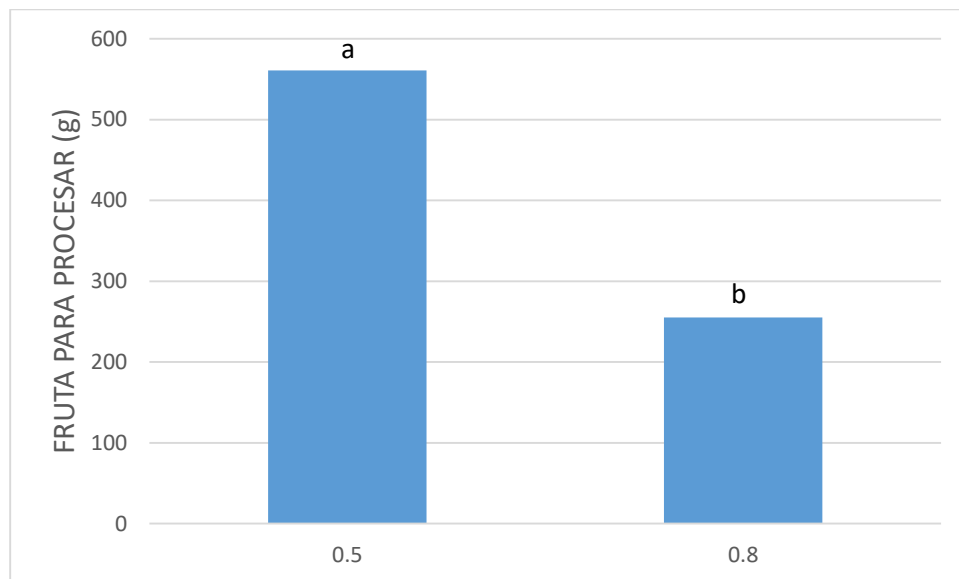


Figura 29. Fruta cosechada para procesar por presentar características no deseables para exportación, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora 'Tupy'.

La segunda variable, fue fruta con calidad de exportación, los resultados muestran que la distancia de 0.5 m hay mayor cantidad de frutos con la característica antes mencionada que en 0.80 m.

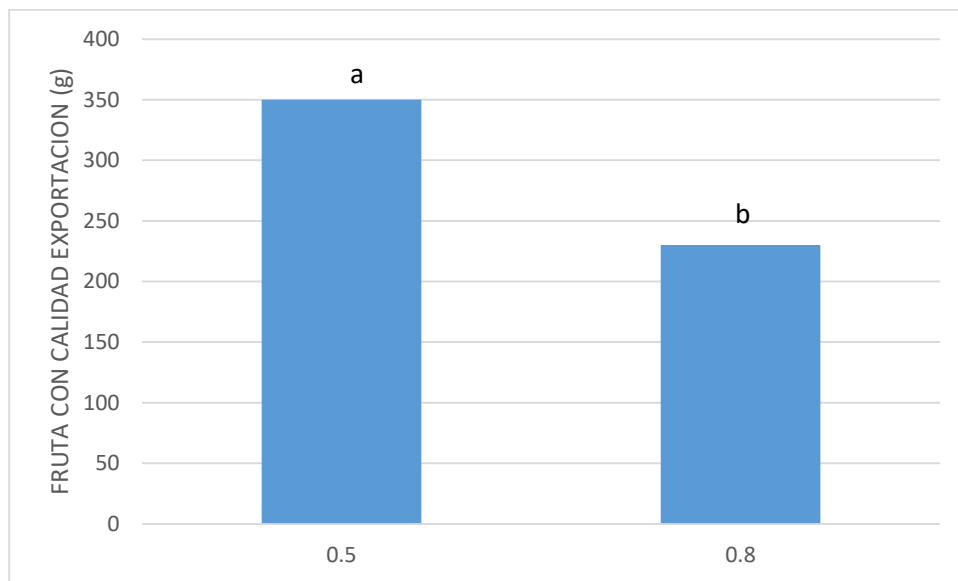


Figura 30. Fruta cosechada con características para exportación, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora 'Tupy'.

La tercer variable fue la producción de muestreo, que es la suma de la primer y segunda variable encontrando que en 0.5 m entre planta supero a 0.80 m, por lo que en este caso la densidad influye en el rendimiento.

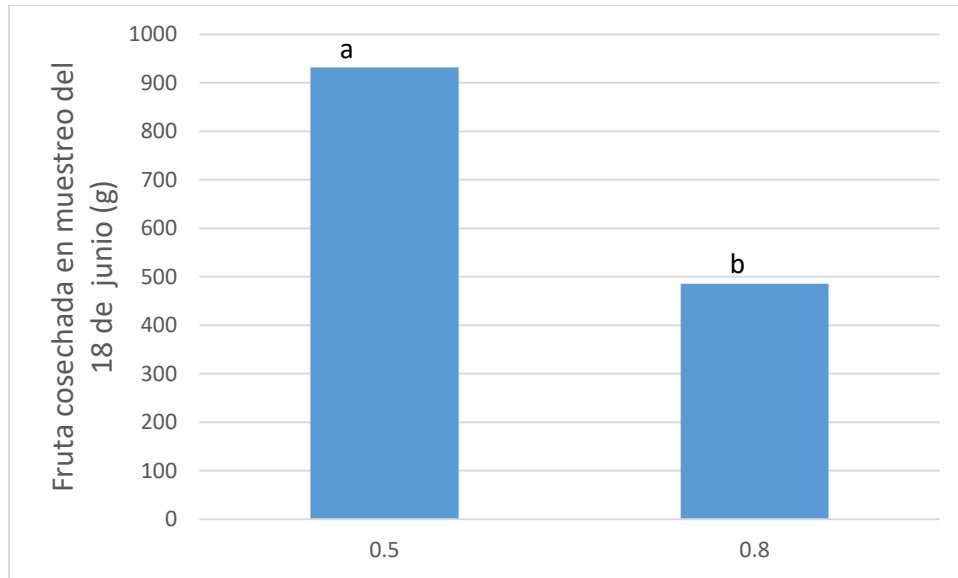


Figura 31. Fruta cosechada en muestreo del 18 de junio sin clasificar, en dos diferentes distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.

Por último, en la producción total al final del ciclo, los resultados mostraron que esta fue mayor, con la distancia de 0.5 m en comparación con la distancia de 0.8 m; es decir, que la producción mejoró desde el 18 de junio y continuó hasta el final del ciclo con solamente implementar la distancia de 0.5 m. Lo anterior coincidió con Baldomero *et al.* (2017) quienes indicaron que la densidad de plantación es uno de los factores que determina la cantidad de los frutos y se corrobora con un trabajo realizado por Diez *et al.* (2016), con diferentes densidades en el cultivo de olivo, donde el rendimiento fue de 16.1 t ha⁻¹ en la densidad baja 780 árboles y para la densidad alta 2254 árboles 29.9 t ha⁻¹. Por último, Alves *et al.* (2016) mencionaron que el desempeño productivo de las plantas de zarzamora depende de cada cultivar así como del espaciamiento entre plantas.

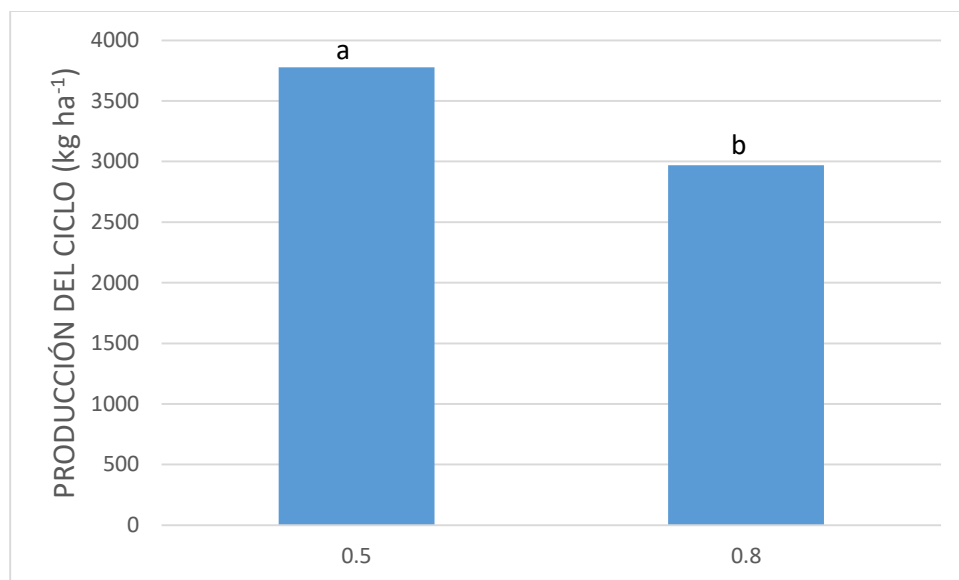


Figura 32. Fruta cosechada en un ciclo de dos distancias entre plantas 0.80 m y 0.50 m de zarzamora ‘Tupy’.

2.5.5 Análisis de Correlación

Se estimó el coeficiente de correlación de Pearson entre las matrices de varianza de las 13 variables analizadas (Cuadro 4), donde se observó una relación significativa ($P \leq 0.01$) y positiva entre la producción de frutos con calidad para la exportación del 18 de junio (EXPO) y las variables: producción con dañados para procesar del 18 de junio (PROC), producción total (TOT) que es la suma de las dos variables anteriores, producción total del ciclo (PROTOT), diámetro de tallos nuevos (DIAMTN), largo de tallos nuevos (LARGOTN), diámetro de tallos productivos (DIAMTP) y largo de tallos productivos (LARGOTP); es decir que en la medida en que estas variables se incrementaron se presentó una mayor producción de frutos de exportación, lo que se puede asociar a un mayor vigor vegetativo y productivo. Cabe señalar que se presentó una correlación significativa pero negativa con la variable número de botones y flores (BOTFLOR); es decir que en el presente trabajo se observaron diferencias entre las etapas fenológicas del cultivo, donde los frutos fueron en aumento, así como el número de botones y mientras que las flores disminuyeron. Entre las correlaciones, la variable

producción de frutos con calidad de exportación al 18 de junio (EXPO) y sus componentes se correlacionó con la producción total del ciclo (PROTOT) sobresalió significativamente ($P \leq 0.01$) con $r = 0.933$. Entre la producción total con dañados para procesar del 18 de junio (PROC), y la producción total de frutos (TOT) de esa misma fecha, también existió una importante ($P \leq 0.01$) correlación positiva ($r = 0.966$); es decir que los frutos representaron una alta proporción del total de frutos dañados en esa fecha de muestreo. Entre las variables producción total del 18 de junio (TOT), y producción total del ciclo (PROTOT) se obtuvo una $r = 0.982$; es decir que la producción del 18 de junio fue un buen estimador de la producción de todo el ciclo. La PROTOT se correlacionó con la longitud de los tallos productivos ($r = 0.954$), probablemente porque a mayor longitud de estos, mayor fue la producción con calidad para exportación (EXPO, $r = 0.887$). El número de tallos nuevos correlacionó negativamente ($r = -0.777$) con el diámetro de tallos productivos (TPROD), esto podría ser porque los tallos productivos son del ciclo anterior y a medida que se reduce su vigor por competencia, se reduce también su grosor, mientras continúa en aumento el número de tallos nuevos. El número de tallos productivos (TPROD) se correlaciona de manera negativa ($r = -0.767$) con su diámetro (DIAMTP) y longitud (LARGOTP, $r = 0.720$); es decir que los tallos productivos deben alcanzar una longitud y diámetro tales que permitan una alta producción de frutos para exportación, pero antes limitaron su número al ciclo siguiente para lograr dicha longitud y diámetro, lo que se confirma al observar las correlaciones entre dichas variables; además de la correlación positiva y significativa ($P \leq 0.05$) entre la longitud y diámetro de dichos tallos productivos ($r = 0.94$).

Cuadro 4. Coeficientes de correlación de Pearson entre variables de zarzamora 'Tupy'.

Pearson Correlation Coefficients, N = 10													
Prob > r under H0: Rho=0													
	EXPO	PROC	TOT	PROTOT	TNUE	TPROD	LATER	BOTFLOR	FRUT	DIAMTN	LARGOTN	DIAMTP	LARGOTP
EXPO	1												
PROC	0.83123 **	1											
TOT	0.93181 **	0.96629 **	1										
PROTOT	0.9334 **	0.92988 **	0.98216 **	1									
TNUE	-0.42853	-0.7213 *	-0.59664	-0.46188	1								
TPROD	-0.60886	-0.75596 *	-0.75721 *	-0.74877 *	0.47171	1							
LATER	-0.43067	-0.54147	-0.54929	-0.50885	0.26142	0.5691	1						
BOTFLOR	-0.83422 **	-0.90763 **	-0.91207 **	-0.90023 **	0.62692	0.61375	0.31179	1					
FRUT	-0.35122	-0.15154	-0.21508	-0.2061	0.24629	0.43266	0.05748	0.13412	1				
DIAMTN	0.90768 **	0.89487 **	0.90535 **	0.8613 **	-0.70976	-0.54221	-0.31828	-0.84821 **	-0.31845	1			
LARGOTN	0.95365 **	0.8745 **	0.95276 **	0.96653 **	-0.45607	-0.73324 *	-0.51227	-0.87893 **	-0.3914	0.85492 **	1		
DIAMTP	0.78936 **	0.9817 **	0.93588 **	0.89378 **	-0.77715 **	-0.76735 **	-0.42518	-0.89385 **	-0.21216	0.89468 **	0.84264 **	1	
LARGOTP	0.8872 *	0.9406 **	0.95792 **	0.95487 **	-0.5868	-0.72078 *	-0.32028	-0.91281 **	-0.18463	0.9058 **	0.89793 **	0.94934 **	1

EXPO: Producción Calidad Exportación del 18 de junio, PROC: Producción con Dañados para Procesar del 18 de junio, TOT: Producción Total la suma de exportación y proceso del 18 de junio, PROTOT: Producción Total del Ciclo, TNUE: Numero de Tallos Nuevos, TPROD: Numero de Tallos Productivos, LATER: Numero de laterales, BOTFLOR: Número de Botones y Flores, FRUT: Número de Frutos Total, DIAMTN Diámetro de Tallos nuevos, LARGOTN: Largo de Tallos Nuevos, DIAMTP: Diámetro de Tallos Productivos, LARGOTP: Largo de Tallos productivos.

2.5.6 Análisis de Componentes Principales

Como resultado del análisis de componentes principales (Cuadro 5), se observó que los primeros tres componentes principales explican en 89.41 % de la varianza total del todo el experimento y los dos primeros el 81.77 %. En el primer componente principal (CP1) las variables de mayor importancia fueron Total cosecha 18 jun 2018, proceso 18 jun 2018, Producción total ciclo 2018, Largo tallos productivos 2017, diámetro tallos productivos 2017, largo tallos nuevos 2018. En el segundo componente principal (CP2), la variable de mayor importancia número de frutos ciclo 2018. En el tercer componente principal (CP3) la de mayor importancia fue número de laterales ciclo 2018, sin embargo, el bajo porcentaje de varianza que explica este componente principal es de mínima utilidad práctica. Es importante destacar que dentro de cada componente principal las variables originales están correlacionadas entre sí, pero los componentes principales no están correlacionados entre ellos.

Cuadro 5. Vectores y proporción de varianza explicada por los tres componentes principales (CP) en el estudio de zarzamora ‘Tupy’ en la localidad de Montecillos, Estado de México.

Variables	Vectores característicos		
	CP1	CP2	CP3
Cosecha Exportación 18 jun 2018	0.30	-0.06	0.01
Proceso 18 jun 2018	0.32	0.14	-0.03
Total cosecha 18 jun 2018	0.32	0.07	-0.08
Producción total Ciclo 2018	0.31	0.06	-0.12
Tallos Nuevos Ciclo 2018	-0.21	-0.04	-0.36
Tallos Productivos Ciclo 2018	-0.25	0.31	0.27
Número de laterales Ciclo 2018	-0.17	0.08	0.77
Número de botones + frutos	-0.30	-0.19	-0.15
Número de Frutos Ciclo 2018	-0.10	0.89	-0.24
Diámetro tallos nuevos 2018	0.30	0.04	0.26
Largo tallos nuevos 2018	0.31	-0.12	-0.08
Diámetro tallos productivos 2017	0.31	0.10	0.10
Largo tallos productivos 2017	0.31	0.13	0.12
Valor característico	9.56	1.08	0.99
Porcentaje de varianza explicada	73.5	8.27	7.64

En cuanto a la dispersión de la respuesta de las variables originales (Figura 1), en el eje de las abscisas, el Componente Principal 1 (CP1) se observó que en cuanto al peso total de frutos al 18 de junio (TOTAL FRUT 18 JUN), los componentes del rendimiento que principalmente la justifican, son el número de frutas para proceso (FRUTA PROCESO 18 JUN), seguida por el número de frutos para exportación de la misma fecha (FRUTA EXPORTACIÓN 18 JUN), lo anterior con base en la magnitud de la variabilidad aportada en cada caso. Por otro lado, en cuanto a las variables de crecimiento destacan el largo y diámetro de los tallos productivos del 2017, así como el vigor expresado por el largo y diámetro de tallos nuevos 2018. Por otro lado, las variables de número de botones + flores, número de frutos, número de tallos productivos 2018, número de tallos nuevos 2018 y número de laterales, fueron las variables que menor impacto presentaron en la expresión de la producción total del ciclo 2018, probablemente debido a que se abortan flores y frutos, entre los tallos productivos de ese mismo año aún existen una buena cantidad de estos que no logran expresar su máximo potencial de producción y la variable tallos nuevos 2018 es una variable de crecimiento y no de producción.

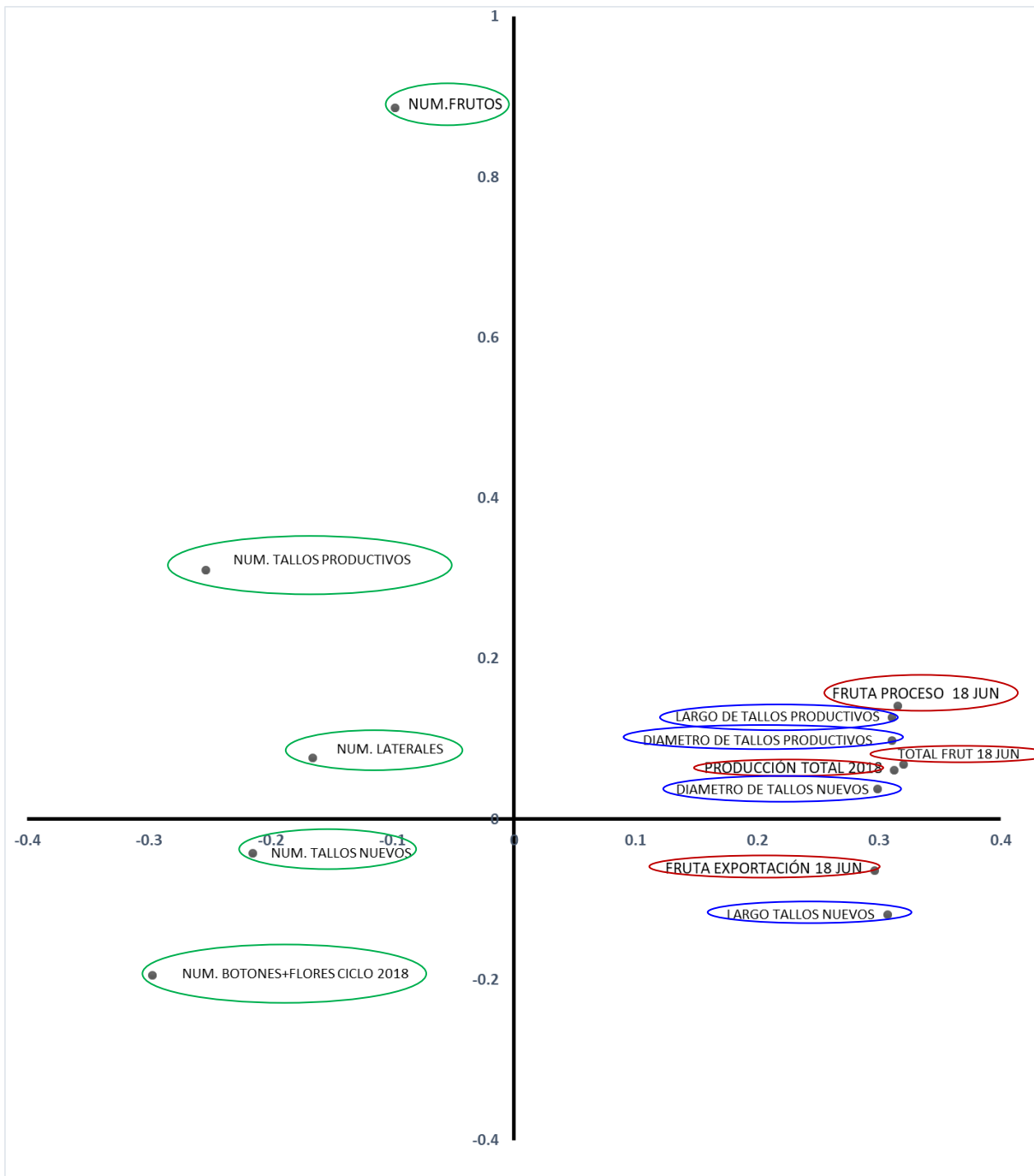


Figura 33. Dispersión de la respuesta de variables de planta y rendimiento en los dos primeros componentes principales de zarzamora 'Tupy'.

2.6 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se demostró que la distancia entre plantas de 0.5 m, es decir con una densidad de plantación de 10,000 plantas ha⁻¹ favorece el rendimiento sobre la densidad de plantación de 6,250 plantas ha⁻¹ (0.8 m entre plantas). Las mejores características cualitativas y cuantitativas tanto en las variables de crecimiento vegetativo y productivas se encontraron en la plantación de alta densidad.

CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo a los resultados obtenidos, la distancias entre plantas de 0.50 m con 10,000 plantas/ha y 0.80 m con 6,250 plantas/ha, influyo en el rendimiento la mejor distancia fue de 0.50 m.

En cuanto a sistemas de conducción los que facilitan el manejo, son arborizado así como espaldera sencilla, en la eficiencia respecto al índice de área foliar V y T, los que presentan un mayor desarrollo vegetativo son espaldera sencilla y arborización, por último el sistema donde se obtuvo un mayor rendimiento fue el sistema en T, seguido por V.

En los sistemas de conducción T y V presentaron mayor número de frutos y rendimiento, causado por una mayor índice área foliar, cabe señalar que el sistema en V presentó mayor cantidad de frutos de exportación, es importante mencionar que la cosecha para este sistema se dificulta debido a que los frutos crecen por dentro de los alambres de la estructura, causando pinchado de las drupelas por las espinas, característica del cv. Tupy. El sistema en T presentó el mayor rendimiento total, sin embargo, el segundo en frutos con calidad de exportación y la cosecha en este sistema dificulta debido a la altura.

Se recomienda para futuras investigaciones, realizar variaciones del sistema en V, para reducir el pinchado de drupelas y facilitar la cosecha de frutos, sin dejar de tomar en cuenta el incremento del rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Al Shidi, R., Kumar, L., Al-Khatri, S., Albahri, M., & Alaufi, M. 2018. Relación de la densidad de la palmera datilera con la infestación por *Ommatissus lybicus* en las huertas de Omán. *Agricultura*, 8(5), 64.
- Antunes, L. E. C. (2002). Amora-preta: nova opção de cultivo no Brasil. *Ciência Rural*, 32(1), 151-158.
- Almanza Merchán, P. J., González-Almanza, S. D., & Balaguera López, H. E. 2012. Leaf position and its effect on quality and yield of the grapevine fruit (*Vitis vinifera* L.) 'Riesling x Silvaner'. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 9-18.
- Alves, M. C., Matoso, E. S., De Marco, E., Tatto, F. R., & Morselli, T. B. G. A. 2016. Produção de amoreira preta sob diferentes espaçamentos. *Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp*, 2016, 886-898.
- Ampatzidis, Y. G., & Whiting, M. D. 2013. Training system affects sweet cherry harvest efficiency. *HortScience*, 48(5), 547-555.
- Autio, W.; Robinson, T.; Archibold, D.; Cowgill, W.; Hampson, Ch.; Parra. Q. R. & Wolfe, D. 2013. Gala apple trees on supporte 4, p.14, and different strains of b.9, m.9, and m.26 rootstocks: final 10-year report on the NC-140 apple rootstocks trial. *Journal of the American Pomology Society*, 67, 62-71.
- Awad, M. A., Wagenmakers, P. S., & de Jager, A. 2001. Effects of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apples. *Scientia Horticulturae*, 88(4), 289-298
- Baldomero Z., Y. D., Venegas T., M. G., & Alonso G. 2017. Densidades de plantación y manejo integral del cultivo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) En los valles centrales de Oaxaca. *Universidad & Ciencia*, 2, 156–17.
- Barritt, B. H., Konishi, B. S., Drake, S. R., & Rom, C. R. 1996. Influence of sunlight level and rootstock on apple fruit quality. In *VI International Symposium on Integrated Canopy, Rootstock, Environmental Physiology in Orchard Systems* 451(pp. 569-578).
- Black, B., Frisby, J., Lewers, K., Takeda, F., & Finn, C. 2008. Heat unit model for predicting bloom dates in *Rubus*. *HortScience*, 43, 2000–2004.
- Botelho, R. V., Schneider, E., Machado, D., Piva, R., & Verlindo, A. 2012. Quince 'CPP': new dwarf rootstock for pear trees on organic and high density planting. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(2), 589-596.
- Calabro, J. M., Spotts, R. A., & Grove, G. G. 2009. Effect of training system, rootstock, and cultivar on sweet cherry powdery mildew foliar infections. *HortScience*, 44(2), 481-482.

- Calderón Z., G. 2006. Producción forzada de zarzamora en México. III Simpósio nacional do morango, II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul. Luis Eduardo Correa Antunes y Maria do Carmo Bassols Raseira, Editores. pp. 67-78.
- Campbell, R. J., & Marini, R. P. 1992. Light environment and time of harvest affect 'Delicious' apple fruit quality characteristics. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(4), 551-557.
- Caron, M., Hansen, S. M., Beddes, T., Davis, R., Mull, A., Alston, D. G., & Nischwitz, C. 2018. Red mite on blackberry [*Acalitus essigi* (Hassan)], Utah State University Extension.
- Çetin, G., Hantaş, C., Dura, O., & Erenoğlu, B. 2015. Determination of efficacies of some pesticides against harmful mite, *Acalitus essigi* (Hassan), (Acari: Eriophyidae) on blackberries. *Bahçe*, 44(1), 15-22.
- Cittadini, E. D., Sanz, C. E., Evans, J., Estremador, E. H., & Torres, R. 2011. Evaluación inicial de sistemas de conducción de cerezos cv. Stella en el Valle Inferior del Río Chubut. *Horticultura Argentina*, 30(71), 46-50.
- Clark, J. R., & Finn, C. E. 2014. Blackberry cultivation in the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 46-57.
- Coronado García, M. A., García Porchas, M., Santiago Hernández, V. G., Córdova Yáñez, A., & Vásquez Navarro, R. Á. 2014. La zarzamora, un mercado potencial para los productores agropecuarios de la sierra de Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 18(34), 784-794.
- Curi, P. N., Pio, R., Moura, P. H. A., Lima, L. C. O., & do Valle, M. H. R. 2014. Qualidade de framboesas sem cobertura ou cobertas sobre o dossel e em diferentes espaçamentos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 199-205.
- Dámaso Bautista. 1977. Efecto de las distancias de siembra sobre la producción de la mora (*Rubus glaucus* Benth). Universidad de los Andes, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Apartado 220, Mérida, Venezuela.
- Díaz Montenegro, D.H. 2002. *Fisiología de árboles frutales*. AGT Editor, S.A. México, D.F. 240 p.
- Díez, C. M., Moral, J., Cabello, D., Morello, P., Rallo, L., & Barranco, D. 2016. Cultivar and tree density as key factors in the long-term performance of super high-density olive orchards. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1226.
- Dussi, M. C., Sasa, D., González Junyent, R., & Giardina, G. 2004. Summer pruning in red delicious apple tree. effect on fruit and spur leaf quality. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 36(2), 15-22.
- Dussi, M. C., Sugar, D., & Wrolstad, R. E. 1995. Characterizing and quantifying anthocyanins in red pears and the effect of light quality on fruit color. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120(5), 785-789.

- Dussi, M., & Giardina, G., & Giménez, G., & Reeb, P., Zon, K., & Nyeki, J. 2009. Influencia de la intercepción lumínica en el desarrollo vegetativo y productivo de durazneros cv. Elegant Lady. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, XL(1), 155-164.
- FAOSTAT. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, estadísticas). 2017. *Base de datos de la FAO*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Farina, V., Bianco, R. L., & Inglese, P. 2005. Vertical distribution of crop load and fruit quality within Vase-and Y-shaped canopies of 'Elegant Lady' peach. *HortScience*, 40(3), 587-591.
- Ferreira, L. V., MOURA, G. C., Picolotto, L., Cocco, C., VIGNOLO, G. K., & Antunes, L. E. C. 2011. Influência do espaçamento de plantas na qualidade de frutos de pitangueira. In Embrapa Clima Temperado-Resumo em anais de congresso (ALICE). Encontro de pós-graduação, 13., 2011, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPel.
- Ferreira, L. V., Picolotto, L., Cocco, C., Finkenauer, D., & Antunes, L. E. C. 2016. Blackberry yield on different trellis systems. *Ciência Rural*, 46(3), 421-427.
- Fisher G, (2005). Aspects of applied physiology in promising fruit species' culture and postharvest period. *Revista Comalfi*, 32(1), 22-34.
- Flore J.A. & D.R. Layne. 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience* 34(6): 1015-1019.
- García, E. 1998. Climatología, climas 1:1000000, clima Köppen. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad (CONABIO), Fecha de publicación 11-05-2001, del metadato 09-01-2008.
- García, E. 1987. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. 217 p.
- Godoy, C., & Tognetti, J. 2007. Comparación de dos sistemas modernos de conducción de cerezo (*Prunus avium*) en base a la eficiencia de intercepción lumínica. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 106(2), 177-188.
- Gómez, L., & Malvicini, G. L. 2013. Sistemas de Conducción y Crecimiento Vegetativo en Durazno (*Prunus persica* (L.) Batch), bajo condiciones del Trópico Alto. *Cultura Científica*, 10(10), 36-44.
- Gómez-Romero, M., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. 2010. Metabolite profiling and quantification of phenolic compounds in methanol extracts of tomato fruit. *Phytochemistry*, 71(16), 1848-1864.
- Guedes, M. N. S., Abreu, C. M. P. D., Maro, L. A. C., Pio, R., Abreu, J. R. D., & Oliveira, J. O. D. 2013. Chemical characterization and mineral levels in the fruits of

- blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(2), 191-196.
- Guedes, M. N. S., Pio, R., Maro, L. A. C., Lage, F. F., Abreu, C. M. P. D., & Saczk, A. A. 2017. Antioxidant activity and total phenol content of blackberries cultivated in a highland tropical climate. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(1), 43-48.
- Hernández, J. L., Pedro Júnior, M. J., Blain, G. C., & Rolim, G. D. S. 2013. Comportamento produtivo da videira 'Niagara Rosada' em diferentes sistemas de condução, com e sem cobertura plástica, durante as safras de inverno e de verão. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(1), 123-130.
- Hoying, S. A., Robinson, T. L., & Andersen, R. L. 2005. Performance of six high-density peach training systems in the Northeastern United States. In *VI International Peach Symposium* 713 (pp. 311-320).
- Hussain, I., Assis, A. M. D., Yamamoto, L. Y., Koyama, R., & Roberto, S. R. 2014. Indole butyric acid and substrates influence on multiplication of blackberry 'Xavante'. *Ciência Rural*, 44(10), 1761-1765.
- Hussain, I., Roberto, S. R., Fonseca, I. C. B., de Assis, A. M., Koyama, R., & Antunes, L. E. C. 2016. Phenology of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries grown in a subtropical area. *Scientia Horticulturae*, 201, 78-83.
- Ivanov, I., & Balan, V. 2017. Efectul sistemului de formare a coroanei la cireș asupra intrării pomilor pe rod, productivității și calității fructelor. *Știința Agricolă*, 1, 28-32.
- Ivanov, I., Balan, V., & Balan, P. 2018. Influence of the crown shape on the input of the fruit and the productive potential of cherry trees in a high-density system. *Bulletin UASVM Horticulture*, 75(2), 118-122.
- León, L., De La Rosa, R., Rallo, L., Guerrero, N., & Barranco, D. 2013. Influence of spacing on the initial production of hedgerow 'Arbequina' olive orchards. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(4), 554-558.
- Loreti, F., & Massai, R. 2001. The high density peach planting system: present status and perspectives. In *V International Peach Symposium* 592 (pp. 377-390).
- Mao, L., Zhang, L., Zhao, X., Liu, S., van der Werf, W., Zhang, S., & Li, Z. 2014. Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. *Field Crops Research*, 155, 67-76.
- Marini, R. P., Black, B., Crassweller, R. M., Domoto, P. A., Hampson, C., Mot, R., & Wolfe, D. 2014. Performance of 'Golden Delicious' apple on 23 rootstocks at eight locations: A ten-year summary of the 2003 NC-140 dwarf rootstock trial. *Journal of the American Pomological Society*, 68(2), 54-68.
- Reyes-Montero, J. A., Aceves-Navarro, E., Vera-López, J. E., Caamal-Velázquez, J. H., & Alamilla-Magaña, J. C. 2017. Plantación de frutales en alta densidad como una alternativa para incrementar producción y productividad por unidad de superficie. *Agroproductividad*, 10(7), 77-82.

- Mateus Cagua, D., & Orduz Rodriguez, J. O. 2016. The effect of planting distance on 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) vegetative yield and growth in humid low tropical regions of Colombia. *Orinoquia*, 20(1), 19-27.
- Maughan, T., Olsen, S., & Black, B. 2018. Blackberry Management in Utah, March 2018 Horticulture Fruit. Utah State University Extension.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*. 27(12): 1254-1255.
- Medina-Torres, R., Salazar-García, S., Ortiz-Catón, M., & Valdivia-Bernal, R. 2011. Variación estacional de la fotosíntesis en varios cultivares de aguacate. *Revista Bio Ciencias*, 1(2), 36-45.
- Morales, C. S., & Villegas, B. 2012. Mora (*Rubus glaucus* Benth). En G. Fischer, Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Bogotá: Produmedios. pp 728-754.
- Moreno, B., & Deaquiz Oyola, Y. 2016. Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Acta Agronómica*, 65(2), 130-136.
- Muniz, J., Kretschmar, A. A., Rufato, L., Pelizza, T. R., Marchi, T., Duarte, A. E., & Garanhani, F. 2011. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(3), 830-838.
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E., Salcido-Ramos, B. A., & Manzo-Ramos, F. 2010. Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*, 6(3), 339-346.
- Pérez de Camacaro, M., Carew, J., & Battey, N. 2005. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo de la fresa cv. Elsanta. *Bioagro*, 17(1), 11-15.
- Pérez, M., Báez, R. Á. M., Ayala, C. E. C., Tatis, H. A., & Robles, J. 2006. Efecto de cuatro densidades de población sobre el crecimiento del fruto de berenjena (*Solanum melongena* L.). *Temas Agrarios*, 11(2), 14-25.
- Pio, R., Alvarenga, A. A., Moura, P. H. A., & Curi, P. N. 2012. Produção de amora-preta e framboesa em regiões de clima quente. *Informe Agropecuário*, 33(268), 47-55.
- Quevedo, Y., Barragán, E., & Beltrán, J. 2015. Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) impacto. *Revista Scientia Agroalimentaria*, 2, 18-24.
- Raffo Benegas, M.D., & Rodríguez, A. 2007. Factores que afectan el porcentaje de fruta asoleada en manzano CV. en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 36(1), 131-146.
- Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Maiani, G., & Quaglia, G. 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon*

- esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(1), 11-19.
- Raffo, M., & Iglesias, N. 2004. Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. Fuji, bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 33 (2), 29-42.
- Romero Domínguez, L., Parra Quezada, R. Á., Jacobo Cuellar, J. L., Barrios, O., Leopoldina, D., Prieto, G., & Ruiz Anchondo, T. D. J. 2017. Respuesta de portainjertos de manzano a vigor, eficiencia de producción y concentraciones foliar y en fruto de NPK. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(4), 849-861.
- SAGARPA. 2014. *Producción Agropecuaria, cierre de la producción agrícola por entidad*. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado>. Fecha de acceso: 16 de octubre de 2016.
- Sánchez García, P. 2009. *Nutrición de zarzamora* (5 p.). Colegio de posgraduados, Montecillo, México.
- Sánchez Rodríguez, G. 2008. *Red de valor de la zarzamora. El clúster de los reyes Michoacán, un ejemplo de reconversión competitiva*. Fundación Produce Michoacán. Morelia Michoacán (48 p.).
- Sangma, S. S., Kumar, A. B., Longdo, R., Kayia, A., Khonglah, L., & Warade, S. D. 2018. Response of Capsicum (*Capsicum annum* L. Var. Grossum) to Different Levels of Spacing and Training Systems under foot hills of Arunachal Pradesh. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 11(2), 327-332.
- Santos, A.M., Raseira, M.C.B., 1988. *Lancamento de Cultivares de Amoreira-Preta*. EMBRAPA-CNPFT, Pelotas, p. 7 (informativo, 23).
- Seeley, E. J., Micke, W. C., & Kammereck, R. 1980. 'Delicious' apple fruit size and quality as influenced by radiant flux density in the immediate growing environment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(5), 645-647.
- Severino, C., Elizondo, R., Álvaro, J. E., & Oyanedel, E. 2018. Densidad y manejo de ejes en plantas injertadas de tomate indeterminadas en invernadero. *Horticultura Brasileira*, 35(4), 542-548.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2017. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (Consulta: diciembre 2018)
- Sistema de Análisis Estadístico SAS® versión 9.3.
- Souza, V. R., Pereira, P. A. P., da Silva, T. L. T., de Oliveira Lima, L. C., Pio, R., & Queiroz, F. 2014. Determination of the bioactive compounds, antioxidant

- activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156, 362-368.
- Stefanelli, D., Jaeger, J., Haberfield, D., & O'Connell, M. 2016. The effects of training systems and crop load on stored starch in young stone fruit trees. In *XI International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems* 1228 (pp. 141-148).
- Strik, B. C., Clark, J. R., Finn, C. E., & Banados, M. P. 2008. Worldwide production of blackberries. *Acta Horticulturae*, 777, 209-217.
- Takeda, F., & Soria, J. 2011. Method for producing long-cane blackberry plants. *HortTechnology*, 21(5), 563-568.
- Takeda, F., Glenn, D. M., & Tworkoski, T. 2013. Rotating cross-arm trellis technology for blackberry production. *Journal of Berry Research*, 3(1), 25-40.
- Takeda, F., Hummell, A. K., & Peterson, D. L. 2003. Effects of cane number on yield components in 'Chester Thornless' blackberry on the rotatable cross-arm trellis. *HortScience*, 38(3), 377-380.
- Tustin, D. S., Hirst, P. M., & Warrington, I. J. 1988. Influence of orientation and position of fruiting laterals on canopy light penetration, yield, and fruit quality of 'Granny Smith' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113(5), 693-699
- Tustin, D. S., van Hooijdonk, B. M., & Breen, K. C. 2016. Los conceptos de los nuevos sistemas de siembra Planar Cordon para mejorar la utilización de la luz y la función fisiológica para aumentar el potencial de rendimiento del huerto de manzanas. En el *XI Simposio Internacional sobre Integración de Canopy, Portainjertos y Fisiología Ambiental en Orchard Systems* 1228 (pp. 1-12).
- Valentini, G., & Arroyo, L. 2011. Efectos de la densidad de plantación y el sistema de conducción sobre el crecimiento, la productividad y el tamaño de los frutos de un cultivar de duraznero. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(1), 92-98.
- Vanni Ferreira, L., Picolotto, L., Cocco, C., Finkenauer, D., & Corrêa Antunes, L. E. 2016. Produção de amoreira-preta sob diferentes sistemas de condução. *Ciência Rural*, 46(3), 421-427
- Villalobos, J. A. M., Rodríguez, M. P., Rodríguez, H. M., González, M. R., & Arriaga, G. E. 2015. Dinámica del crecimiento fenológico de higuera (*Ficus carica* L.) con altas densidades de plantación en macro-túneles. *AGROFAZ*, 15(2), 133-141.
- Volk, G.M., Olmstead, J.W., Finn, C.E., & Janick, J., 2013. The ASHS outstanding fruit cultivar award: a 25-year retrospective. *HortScience* 48, 4–12.
- Wünsche, J. N., & Lakso, A. N. 2000. Apple tree physiology: Implications for orchard and tree management. *Compact Fruit Tree*, 33(3), 82-88.

ANEXOS

Cuadro A1 Valores de significancia menores a 0.05 de las variables de crecimiento.

FACTOR	VARIABLES DE CRECIMIENTO	SIGNIFICANCIA
CONDUCCIÓN	Longitud de lateral	<0.0001
	Diámetro de tallo	<0.0001

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomado con un valor $\alpha=0.05$

Cuadro A2 Valores de significancia menores a 0.05 de las variables fisiológicas.

FACTOR	VARIABLES DE FISIOLÓGICAS	SIGNIFICANCIA
CONDUCCIÓN	Índice de área foliar 7 de abril sistemas	<0.0001
	Índice de área foliar 7 de abril alturas	<0.0001
	Índice de área foliar 7 de abril sistemas*alturas	<0.0001
	Peso seco de hojas (mg)	<0.0258
	Área foliar (cm ²)	<0.0015
	Peso específico de hoja (mg/cm ²)	<.0001

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomado con un valor $\alpha=0.05$

Cuadro A3 Valores de significancia menores a 0.05 de las variables de producción.

FACTOR	VARIABLES DE PRODUCCIÓN	SIGNIFICANCIA
SISTEMAS	Botones del muestreo del 16 de febrero (No)	<0.0042
	Flores del muestreo del 16 de febrero (No)	<0.0071
	Botones del muestreo del 8 de marzo (No)	<0.0032
	Botones del muestreo del 23 de marzo (No)	<0.0347
	Flores del muestreo del 23 de marzo (No)	<0.0347
	Flores del muestreo del 7 de abril (No)	<0.0092
	Producción Exportación (g)	<0.0428
	Producción Proceso (g)	<0.0378
	Producción Total (g)	<0.0414
	Rendimiento (kg/Ha)	<0.0414

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomado con un valor $\alpha=0.05$

Cuadro A4 Valores de significancia menores a 0.05 de las variables de calidad.

FACTOR	VARIABLES DE CALIDAD	SIGNIFICANCIA
SISTEMAS	Longitud de fruto (mm)	<0.05
	Diámetro de fruto (mm)	<0.001
	Color L	<0.0143
	Color a*	<.0001
	Color b*	<.0001
	Color C	< 0.0047
	Color Hue°	<.0001

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomado con un valor $\alpha=0.05$

Cuadro A5 Valores de significancia menores a 0.05 de las variables de crecimiento.

FACTOR	VARIABLES	SIGNIFICANCIA
Distancias	Tallos nuevos (No)	<0.0013
	Talos productivos (No)	<0.0239
	Botones y flores (No)	<0.0001
	Frutos (No)	<0.0118
	Diámetro de tallos nuevos (mm)	<0.0001
	Largo de tallos nuevos (cm)	<0.0001
	Diámetro de tallos productivos (mm)	<0.0001

Largo de tallos de productivos (cm)	<0.0001
Producción total en muestreo (g)	<0.0001
Fruta con daño por acaro en muestreo (g)	<0.0001
Exportación en muestreo (g)	<0.0032
Producción total en el ciclo (g)	<0.0002

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomado con un valor $\alpha=0.05$

Cuadro A6 Valores de significancia menores a 0.05 de las variables de producción.

FACTOR	VARIABLES DE PRODUCCIÓN	SIGNIFICANCIA
Distancias	Producción total en muestreo (g)	<0.0001
	Fruta con daño por acaro en muestreo (g)	<0.0001
	Exportación en muestreo (g)	<0.0032
	Producción total en el ciclo (g)	<0.0002

El grado de significancia en todo el análisis estadístico fue tomado con un valor $\alpha=0.05$



Figura 34 Experimento en Ziracuaretiro Michoacán Sistemas de conducción en el cultivo de zarzamora.



Figura 35. Experimento dos distancias de plantación en el cultivo de zarzamora instalaciones del COLPOS Campus Montecillo.