

# **Universidad Autónoma de Sinaloa**

Colegio de Ciencias Agropecuarias

Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte

**Maestría en Ciencias Agropecuarias**



## **TESIS:**

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE ARÁNDANO  
(*Vaccinium corymbosum* L.) cv. BILOXI BAJO MALLAS  
FOTOSELECTIVAS EN EL NORTE DE SINALOA**

**Que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias Agropecuarias**

**PRESENTA:**

**FRANCISCO PEÑUELAS MONTOYA**

**DIRECTOR(A) DE TESIS:**

**DR. JUAN FERNANDO SÁNCHEZ PORTILLO**

**CO-DIRECTOR(A):**

**DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO**

**ASESOR(A):**

**M.C. BENJAMÍN RODRÍGUEZ LÓPEZ**

**Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México, junio de 2022**

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR FRANCISCO PEÑUELAS MONTOYA, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

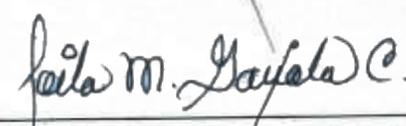
**MAESTRO(A) EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR(A)

  
DR. JUAN FERNANDO SÁNCHEZ PORTILLO

CO-DIRECTOR(A)

  
DRA. SOILA MARIBEL GAXIOLA CAMACHO

ASESOR(A)

  
M.C. BENJAMÍN RODRÍGUEZ LÓPEZ

JUAN JOSÉ RÍOS, AHOME, SINALOA, MÉXICO, JUNIO DE 2022



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

### CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Juan José Ríos, Sinaloa, el día 22 del mes de junio del año 2022, el (la) que suscribe Francisco Peñuelas Montoya alumno (a) del Programa de. Maestría en Ciencias Agropecuarias con número de cuenta 97646611, de la Unidad Académica Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de Dr. Juan Fernando Sánchez Portillo y cede los derechos del trabajo titulado "RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. BILOXI BAJO MALLAS FOTOSELECTIVAS EN EL NORTE DE SINALOA", a la Universidad Autónoma de Sinaloa para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Francisco Peñuelas Montoya  
Nombre completo y firma



## REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.



## DEDICATORIA

A mi esposa Samira Patricia Navarro García, por darme su apoyo y amor incondicional, por el gran esfuerzo de guiar a la familia unida y con bien, por su comprensión mientras mis estudios, por el enorme amor hacia nuestros hijos Franco Peñuelas Navarro y Max Peñuelas Navarro que son mi adoración y parte fundamental en mi vida. Quiero decirle a ella que esta familia sin ella no funciona.

A mi padre Francisco Peñuelas castro, quien me dio la vida, me brinda su amor y apoyo en todo momento, porque a pesar de los grandes obstáculos que le ha puesto la vida aún sigue de pie como el gran guerrero que es.

A mis grandes amigos y compadres: Juan Fernando Sánchez Portillo y Jaime Antonio Miranda Valdez, por todo su apoyo en este trayecto fuera y dentro del estudio, gracias por su amistad sincera y leal.

A mi compadre Miguel Ángel Montiel García, que lo quiero y extraño en cada momento de esta vida, siempre lo llevo en el corazón (q.e.p.d. †).

A mis entrañables amigos de los viernes, quienes siempre estuvieron al pendiente de mi formación y me apoyaron siempre.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología que hizo posibles mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa, al Colegio de Ciencias Agropecuarias y a la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte por admitirme y permitirme el realizar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Juan Fernando Sánchez Portillo por aceptar ser el dirigente en todo este proceso, por ser un gran líder con gran sentido de humildad, por aportar todo su conocimiento y sobre todo por su amistad.

A la Dra. Soila Maribel Gaxiola Camacho por darme la oportunidad, por mostrar su calidez humana y por ser una persona con gran nivel de profesionalismo.

Al M.C. Benjamín Rodríguez López por su gran aporte a este trabajo y por la gran disponibilidad hacia todo este proceso.

Al Ing. David Rodríguez quien dirige la empresa ALGACELL, la cual colaboro con las instalaciones, financiamiento para el desarrollo del cultivo y con personal técnico capacitado en todo el trayecto de este trabajo.

Al Dr. Oliver G. Leal Ayala por todo su apoyo, por las facilidades brindadas desde un principio y hasta el final de este trabajo, agradezco su más sincera amistad. Gracias a la compañía Fruits-Giddings, S.A de C.V. por toda su colaboración. De igual manera agradezco al Ing. Erick Contreras quien también representa la compañía antes mencionada y quien fue de gran ayuda para realizar este trabajo y con quien tengo una estrecha amistad.

Al Ing. Jaime Antonio Miranda Valdez, por acompañarme en todo este proceso, por tantas vivencias y por toda su ayuda, y que me hace el honor de contar con su amistad.

Al Dr. Carlos Patricio Saucedo Acosta, por su gran colaboración, enseñanzas y por la paciencia demostrada hacia mi persona.

# CONTENIDO

	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CUADROS .....	i
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. Origen, historia y distribución del arándano .....	3
2.2. Especies de arándanos cultivados .....	3
2.3. Atribuciones a la salud .....	4
2.4. Características generales del arándano.....	5
2.5. Requerimientos edafoclimáticos .....	6
2.6. Cosecha y parámetros de calidad.....	9
2.7. Radiación solar .....	10
2.8. Efectos de la radiación UV-B en la morfología y fisiología de las plantas...	11
2.9. Uso de mallas sombreadoras fotoselectivas .....	12
III. HIPÓTESIS .....	14
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
V. OBJETIVOS.....	16
5.1. Objetivo general .....	16
5.2. Objetivos específicos .....	16
VI. MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
6.1. Localización del área de trabajo.....	17
6.2. Diseño experimental .....	17
6.3. Genotipo.....	20
6.4. Instalación de mallas fotoselectivas .....	21
6.5. Plantación .....	21
6.6. Riegos.....	22
6.7. Fertilización y manejo del agua.....	23
6.8. Plagas y enfermedades .....	24

6.9. Labores culturales.....	26
6.10. Instrumentación para variables climatológicas.....	26
6.11. Desarrollo de la planta .....	29
6.12. Biomasa de planta .....	29
6.13. Biomasa de hoja .....	30
6.14. Nutrientes en hoja .....	31
6.15. Cosecha.....	33
6.16. Rendimiento y calidad de fruto.....	33
6.16.1. Cantidad.....	33
6.16.2. Peso.....	33
6.16.3. Diámetro ecuatorial y polar.....	34
6.16.4. Sólidos solubles totales.....	36
6.16.5. Evaluación de la dureza.....	36
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	38
7.1. Microclima .....	38
7.1.1. Radiación fotosintéticamente activa .....	38
7.1.2. Radiación crítica de luz ultravioleta.....	39
7.2. Variables morfológicas.....	40
7.2.1. Altura de planta.....	40
7.2.2. Diámetro de tallo basal .....	41
7.3. Biomasa .....	42
7.3.1. Peso seco de hojas .....	42
7.3.2. Peso seco de plantas.....	42
7.4. Análisis foliar .....	43
7.5. Rendimiento.....	44
7.5.1. Número de bayas por planta .....	44
7.5.2. Peso unitario de baya .....	45
7.5.3. Peso total de bayas por planta.....	46
7.5.4. Rendimiento total por hectárea.....	46
7.6. Calidad.....	47
7.6.1. Diámetro polar y ecuatorial .....	47

7.6.2. Grados brix .....	49
7.6.3. Dureza .....	50
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	51
8.1. Conclusiones.....	51
8.2. Recomendaciones .....	51
IX. LITERATURA CITADA.....	53

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Necesidades nutricionales del cultivo del arándano para un buen desarrollo (Retamales y Hancock, 2011).....	8
Cuadro 2. Fertilizantes usados en todo el ciclo del cultivo.....	24
Cuadro 3. Plagas presentes en el cultivo de arándano y su control.....	25
Cuadro 4. Enfermedades presentes en el cultivo de arándano y su control.....	25
Cuadro 5. Registro de radiación PAR, radiación Ultravioleta y temperatura. ....	28
Cuadro 6. Niveles nutricionales adecuados en las hojas de arándanos publicados por Undurraga <i>et al.</i> , 2013. ....	32
Cuadro 7. Criterios de clasificación de calibre de fruta de arándano con respecto al diámetro ecuatorial considerados en la evaluación en Complejo Agroindustrial Beta S. A.....	35
Cuadro 8. Parámetros de firmeza en fruta de arándano según la empresa Productora Hortícola y Frutícola S.A. (Hortifrut). ....	37
Cuadro 9. Altura y diámetro de tallos en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p=0.05$ ). ....	42
Cuadro 10. Resultados encontrados para el peso seco de 16 hojas, de la planta completa, en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p=0.05$ ).....	43
Cuadro 11. Niveles nutricionales encontrados en las hojas de arándanos, clasificados los niveles óptimos según Undurraga <i>et al.</i> 2013 y también sometido a comparación de medias, en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p=0.05$ ). ....	44
Cuadro 12. Numero de bayas por planta de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p=0.05$ ). ....	45
Cuadro 13. Peso de baya unitario en un en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras iguales señalan no diferencias significativas entre tratamientos (Tukey $p=0.05$ ). ....	46

Cuadro 14. Peso de bayas por planta y rendimiento Kg ha <sup>-1</sup> en un en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey p=0.05)....	47
Cuadro 15. Diámetros ecuatorial y polar de bayas de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey p=0.05). .....	48
Cuadro 16. Grados Brix de bayas de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey p=0.05).....	49
Cuadro 17. Medidas de dureza en bayas de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey p=0.05). .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. A) Acceso al área de trabajo, campo experimental ALGACELL, Km 194 de la carretera internacional México 15 (Culiacán-Los Mochis), e inciso B) Toma aérea del sitio de georeferencia. ....	17
Figura 2. Diseño completamente al azar. ....	19
Figura 3. A) Malla fotoselectiva gris-perla, B) Malla antipájaros , e inciso C) Malla fotoselectiva azul-gris. ....	20
Figura 4. Planta de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) cv. Biloxi. ....	20
Figura 5. Infraestructura de producción tipo casasombra. ....	21
Figura 6. Planta de arándano recién trasplantada. ....	22
Figura 7. Sistema de riego hidropónico en sustrato con 4 goteros. ....	23
Figura 8. A) Sensores LIGHTSCOUT Ultraviolet Meter y LIGHTSCOUT Light Meter Quantum, e inciso B) Higrómetro Extech. ....	27
Figura 9. A) Medición de altura de tallos, e inciso B) Medición de grosor de tallos. ....	29
Figura 10. Poda al final de última cosecha de la temporada para medición de biomasa de planta completa. ....	30
Figura 11. Muestras de hojas de arándanos para análisis de biomasa. ....	31
Figura 12. A) Muestras de hojas del tratamiento 1, B) Muestras de hojas del tratamiento 2, e inciso C) Muestras de hojas del tratamiento 3. Para análisis de nutrientes. (T = Tratamiento, B = Repetición). ....	32
Figura 13. Cosecha del fruto de arándano para ser evaluado. ....	33
Figura 14. Balanza mini de precisión UNIWEIGHT. ....	34
Figura 15. Vernier digital marca Truper. ....	35
Figura 16. A) Refractómetro de mano ATC, e inciso B) Observación de grados Brix. ....	36
Figura 17. Durómetro Baxlo 53505/FO. ....	37
Figura 18. Resultados de radiación PAR para cada uno de los tratamientos. ....	39
Figura 19. Resultados de radiación ultravioleta para cada uno de los tratamientos. ....	40

## RESUMEN

### **Rendimiento y calidad del fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi bajo mallas foselectivas en el norte de Sinaloa**

**Francisco Peñuelas Montoya**

La superficie cultivada con arándano en México presenta un incremento reciente, debido a la demanda del mercado extranjero. El aumento de la explotación de esta fruta es evidente en el estado de Sinaloa, sin embargo, la emergente introducción del cultivo y a los requerimientos edafoclimáticos propios de la especie se requiere implementar tecnologías que favorecen el crecimiento y desarrollo de la planta. Nuevas técnicas se han introducido al mercado, como el uso de mallas foselectivas, método que se utiliza para reducir la intensidad de la radiación solar, aumentan la cantidad de luz difusa, reduce estrés, garantiza un mejor desempeño de la planta, y mejora la calidad de la fruta. En esta investigación se evaluó crecimiento vegetativo, calidad y rendimiento de frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxi bajo condiciones de mallas foselectivas. El ensayo se realizó bajo un diseño completamente al azar, con 4 repeticiones, en plantas nuevas en un campo ubicado en el norte de Sinaloa, México. Los tratamientos fueron basados en dos tipos de mallas, una gris-perla, la segunda azul-gris (22 y 23% de sombreo respectivamente) y como tratamiento control se utilizó una malla convencional antipájaros (0% de sombreo). Los resultados obtenidos demostraron significativa reducción en la variable radiación PAR, el mejor promedio fue de la malla azul-gris, seguida de malla gris-perla con 19.2% y 15.1% respectivamente. En lo que respecta a radiación UV los porcentajes variaban en malla azul-gris de 16.0 a 20.1% y malla gris-perla 13.0 a 18.6%. Los arbustos bajo malla gris-perla mostraron cantidades mayores de biomasa en hoja y planta, el tratamiento control desarrollo los tallos de mayor grosor, pero con menor altura. El cultivo bajo malla gris-perla presentó el mayor número de bayas por planta, al superar con 22.7% a la malla azul-gris y 41.9% a malla control. El mejor rendimiento promedio estimado se mostró en el tratamiento bajo condiciones de malla gris-perla con 591.44 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de la malla azul-gris con 434.22 kg ha<sup>-1</sup>, comparado con el tratamiento control que obtuvo 338.55 kg ha<sup>-1</sup>. Los frutos bajo las mallas foselectivas presentaron mejor firmeza, mayor diámetro ecuatorial y polar. El mejor resultado de grados brix promedio se obtuvieron en bayas bajo condiciones malla gris-perla 14.00 a 15.75 °B, malla control muestra 14.25 a 14.75 °B, y malla azul-gris arroja cantidades menores de 12.00 a 13.25 °B.

**Palabras clave:** Foselectivas, radiación, grados Brix.

## ABSTRACT

### **Yield and fruit quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi under photoselective nets in northern Sinaloa.**

**Francisco Peñuelas Montoya**

The area cultivated with blueberries in Mexico has recently increased due to foreign market demand. The increase in the exploitation of this fruit is evident in the state of Sinaloa, however, the emerging introduction of the crop and the edaphoclimatic requirements of the species require the implementation of technologies that favor the growth and development of the plant. New techniques have been introduced to the market, such as the use of photoselective nets, a method used to reduce the intensity of solar radiation, increase the amount of diffuse light, reduce stress, guarantee better plant performance, and improve fruit quality. In this research, vegetative growth, quality and yield of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Biloxi variety fruit were evaluated under photoselective netting conditions. The trial was conducted under a completely randomized design, with 4 replications, on new plants in a field located in northern Sinaloa, Mexico. The treatments were based on two types of nets, one gray-pearl, the second blue-gray (22 and 23% shading, respectively), and a conventional anti-bird net (0% shading) was used as a control treatment. The results obtained showed a significant reduction in the PAR radiation variable, the best average was for the blue-gray mesh, followed by the gray-pearl mesh with 19.2% and 15.1%, respectively. Regarding UV radiation, the percentages varied in blue-gray mesh from 16.0 to 20.1% and gray-pearl mesh from 13.0 to 18.6%. The shrubs under gray-pearl mesh showed higher amounts of leaf and plant biomass, the control treatment developed thicker stems, but with less height. The crop under gray-pearl netting showed the highest number of berries per plant, with 22.7% more than the blue-gray netting and 41.9% more than the control netting. The best estimated average yield was shown in the treatment under gray-pearl mesh conditions with 591.44 kg ha<sup>-1</sup>, followed by the blue-gray mesh with 434.22 kg ha<sup>-1</sup>, compared to the control treatment which obtained 338.55 kg ha<sup>-1</sup>. Fruits under the photoselective nets showed better firmness, greater equatorial and polar diameter. The best result of average brix degrees were obtained in berries under gray-pear mesh conditions 14.00 to 15.75 °B, control mesh shows 14.25 to 14.75 °B, and blue-gray mesh yields lower amounts of 12.00 to 13.25 °B.

**Key words:** Photoselective, radiation, Brix degrees.

## I. INTRODUCCIÓN

La mayor producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) se obtiene en Estados Unidos de América, Canadá, Perú, España y México, este último se ubica como el quinto mayor productor, con un promedio de 19,567.82 t obtenidas en el periodo de 2009 a 2019 (FAO, 2021); sin embargo, Retamales *et al.* (2018) reporta a Chile como el segundo mayor productor para el año 2016. El fruto de arándano presenta poco consumo en nuestro país, pero su plantación presenta un incremento debido a su cercanía con el mercado de mayor demanda, de tal manera que en 2010 la superficie era de tan solo 402 ha y para 2019 fue de 4,908.88 ha (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2019).

El principal estado productor de esta frutilla, en México, es Jalisco, donde se establece alrededor del 51 % del área total destinada a su cultivo, debido a que cuenta con las condiciones edafológicas y climáticas favorables para la producción, además dispone de recursos humanos y tecnología de calidad (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2018), mientras que en segundo lugar se ubica Michoacán con un 15.5 %, y Sinaloa ocupa el tercer puesto con el 14.8 %, en la entidad durante el 2012 y 2014 existían 97 ha, en 2016 habían 350 ha y se duplicó para 2019, ya que llegó a 725 ha (SIAP, 2019).

La superficie cultivada con arándano en Sinaloa presenta un crecimiento por su rentabilidad y la proximidad con Estados Unidos de América, país de mayor consumo per cápita (Pérez, 2018), pero el clima de la región es una limitante para la producción del cultivo, ya que es una especie cuyo origen es de zonas templadas y frías, mientras que en la entidad presenta condiciones climáticas extremas, como temperaturas y porcentajes de humedad altos, principalmente en verano, predomina el clima cálido seco apenas modificado por precipitaciones pluviales, presenta una temperatura media anual de 33 °C y en los últimos 28 años se han registrado temperaturas mínimas de 5 °C y máximas de 43 °C, siendo los meses más calurosos de julio a octubre y las temperaturas más bajas de noviembre a febrero, con humedad relativa promedio del 65 al 75 % (Briceño, 2018). Algunas limitaciones se mitigan con el uso de variedades adaptadas a los microclimas tropicales y subtropicales de México, entre éstas se

encuentra Biloxi, cultivar con bajo requerimiento de horas frío (Vargas *et al.*, 2018). También con el fin de favorecer el desarrollo y producción de la planta es posible mediante el uso de mallas fotoselectivas, que es una técnica de control cada vez más extendida en Agroplasticultura con la cual se busca disminuir la intensidad de la radiación que modifica las condiciones de luz y temperatura (Valera *et al.*, 2001).

Las mallas fotoselectivas se utilizan para reducir las ondas electromagnéticas que inciden sobre las plantas, de esta manera también se logra disminuir la temperatura y facilitan el combate de algunas plagas (Shahak, 2008; Ayala-Tafoya., 2015). La modificación en la intensidad de la radiación solar directa inducen alteraciones fisiológicas que se traducen en cambios morfológicos en los órganos de las plantas, en arándano el uso de mallas influye en las dimensiones de las hojas, en la elongación de las ramas, alargamiento de entrenudos, en rendimiento y número de frutos por planta (Retamales *et al.*, 2008), así mismo en el tamaño del fruto, prolongación de estados fenológicos y desfase en la producción, en el número, el peso y la firmeza de frutos (Rodríguez y Morales, 2015).

La nueva tecnología fomenta la estimulación diferencial de algunas respuestas fisiológicas reguladas por la luz tales como la fotosíntesis que transforma la energía solar en energía química utilizando la luz de longitudes de onda entre 400 y 700 nanómetros (nm) conocida como radiación fotosintéticamente activa o PAR (por sus siglas en inglés de photosynthetic active radiation), absorbida principalmente por los pigmentos clorofílicos; y la fotomorfogénesis, que incluye efectos sobre la elongación del tallo, expansión foliar, desarrollo de cloroplastos, síntesis de clorofila, y muchos otros metabolitos secundarios (Shahak, 2008).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen, historia y distribución del arándano

El arándano es un fruto originario del hemisferio norte, durante décadas los habitantes de esta zona del planeta se acostumbraron a degustar los arándanos directamente de las plantas silvestres que crecían en los diferentes bosques de la región, de esta manera con el tiempo se creó una fuerte tradición de consumo de esta fruta en las más diversas preparaciones (Bernal, 2010). Es uno de los frutales pertenecientes al género *Vaccinium* de la familia de las Ericáceas, este género lo constituyen 5 grupos de especies (Castillo, 2008). Representan una de las especies de larga domesticación, cruzamientos y mejoras genéticas han permitido que los arándanos cultivados se establezcan en climas fríos, cálidos y mediterráneos, y su oferta se extienda todo el año (Morales y Gloria, 2017).

Los arándanos azul y rojo (blueberry y cranberry), son especies conocidas en la mayor parte del mundo y asociadas con Norteamérica, pertenecen al género *Vaccinium*, el cual incluye alrededor de 450 especies que están distribuidas desde las latitudes más frías del círculo ártico hasta regiones templadas, del trópico y neo trópico, especies silvestres del género mencionado figuran en el folclor de países como china y del hemisferio norte, los usos alimenticios y medicinales son valorados desde hace mucho tiempo por tribus nativas (Trehane, 2004).

### 2.2. Especies de arándanos cultivados

En el mundo se cultivan los arándanos altos (*V. corymbosum* L.), ojo de conejo (*V. ashei* Reade), bajos (*V. angustifolium* L.) e híbridos provenientes del cruzamiento entre *V. corymbosium* y *V. angustifolium* (Olivares, 2009). La de mayor importancia es el arándano alto (highbush), al representar el 80 % de las especies cultivadas y le sigue la especie ojo de conejo (rabbiteye) con el 14 % de proporción, pueden alcanzar alturas de 2.5 m y es el tipo de arándano que presenta la fruta de mejor calidad en cuanto a tamaño y sabor (Morales y Gloria, 2017).

Se cultiva en varias partes del mundo a una altitud de 600 a 2000 msnm (Paredes, 2010). Por lo común, debido a la baja temperatura y al corto fotoperiodo, las

plantas en clima frío están inactivas en otoño, por lo que requiere cierta cantidad de horas frío en primavera para comenzar el crecimiento de flores y hojas (Retamales y Hancock, 2012). Las variedades disponibles actuales tienen un requisito de enfriamiento de 150 a 800 HF en arándanos tipo alto del sur (southern highbush), 800 a 1200 HF en tipo alto del norte (northern highbush) y de 300 a 600 HF en tipo ojo de conejo (rabbiteye) (Retamales y Hancock, 2012).

El arándano, aunque es una especie adaptada a climas templados y fríos, el cultivar en México es factible porque algunas variedades como Biloxi, Victoria, Kester, Roció y Corona entre otras, por el bajo requerimiento de horas frío y se adaptan a la mayoría de los climas tropicales y subtropicales presentes (Salgado *et al.*, 2018).

Las variedades de mayor uso son Biloxi y Sharpblue, que proceden del cruce entre *V. corymbosum* y *V. darrowii*, con aspecto arbustivo, por su origen se desarrollan en zonas templada, con veranos calurosos e inviernos fríos y necesitan un entorno especial para su mejor desarrollo como temperatura, luminosidad, humedad relativa y en especial 150 a 250 horas frío requeridas aproximadamente (Mesa, 2015).

Biloxi fue liberada en 1998 desde Mississippi, impresiona por su crecimiento vigoroso y estructura arbustiva (Retamales y Hancock, 2011), requiere menos de 400 HF, presenta frutos de gran calidad, con buen tamaño, excelente sabor, con diámetro aproximado a los 11 mm y por lo común de color azul claro, la variedad Sharpblue tiene un requerimiento por debajo de 150 HF, temporada de cosechas largas, bayas de color azul oscuro y menor tamaño, pero esto facilita la cosecha, presenta mayor grados Brix y por lo tanto, un mejor sabor (Mesa, 2015).

### **2.3. Atribuciones a la salud**

El fruto de arándano es conocido por sus bajos niveles de calorías y sus altas concentraciones de antocianinas, flavonoles y antioxidantes (Zorenc *et al.*, 2016; Salgado *et al.*, 2018), así también por su contenido de compuestos bioactivos que favorecen la prevención de enfermedades degenerativas y cardiovasculares (Kalt *et al.*, 2020). Son una fuente rica en fitonutrientes, entre los que se encuentran compuestos fenólicos, con mayor abundancia de antocianinas, que tienen propiedades

antioxidantes (Vrhovsek *et al.*, 2012) y se les atribuye la capacidad de prevenir algunas enfermedades cardiovasculares, neuronales, cáncer y diabetes, entre otras (Castañeda-Ovando *et al.*, 2009; Moldovan *et al.*, 2012).

Bascope (2013) menciona que los beneficios a la salud por el consumo del fruto se deben a que es una excelente fuente de vitamina C, una porción contiene aproximadamente 14 mg, que representa alrededor del 25% del requerimiento diario, necesaria para la formación de colágeno y para mantener sanas las encías y los capilares, también ayudan en la absorción de hierro y promueve un sistema inmunológico saludable, son una fuente de fibra dietética, la cual ayuda a la digestión y contribuye a la salud del corazón, mantiene el colesterol bajo control, es un excelente proveedor de manganeso, importante para el desarrollo de los huesos y en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas.

Las especies del género *Vaccinium* son conocidas por su contenido de hasta 120 componentes, éstos con más de 700 actividades biológicas, cuyos efectos beneficiosos para la salud tienen una relación directa con los constituyentes de tipo flavonoide, que pertenecen al grupo polifenólicos, más comunes en la dieta de los seres humanos (Biswas *et al.*, 2013).

#### **2.4. Características generales del arándano**

La planta presenta forma de un arbusto compuesto de muchos tallos que nacen de yemas localizadas en la corona, es decir, en el área de transición entre los sistemas vasculares de la raíz y el tallo (Gough, 1994). La altura del arándano alcanza entre 1.5 a 1.8 m, a diferencia de otras especies relacionadas, es tolerante a altas temperaturas, a la sequía, a variaciones de pH y tipos de suelo (Childers, 1982; López, 2010).

De acuerdo a Buzeta (1997), el sistema radicular es reducido, fibroso y superficial, carece de pelos absorbentes por lo que las raíces jóvenes son las encargadas de la absorción. Describe que las hojas son alternas, de margen entero o aserrado, que van desde 1 a 8 cm de largo, de forma ovalada o lanceolada y color verde pálido. También dice que las flores son pedunculadas, axilares o terminales y se

abren solas o en racimos, son de color blanco, Corola color verde, esférica y sobresale del estigma, el ovario está unido al cáliz, posee de cuatro a cinco celdas con uno o más óvulos en cada lóculo. Y por último señala el autor que la flor contiene de ocho a diez estambres incrustados en la base de la corola.

El fruto ya formado es redondo, color verde, con paulatino engrosamiento del ovario y sépalos poco prominentes, con diferentes tamaños dentro y entre los racimos, con bayas de color verde claro a verde cremoso, que después adquiere un tono violáceo, con el que inicia la madurez de la baya, la cual se considera madura cuando adquiere el color azul o azul oscuro, cuya fase se prolonga hasta el fin de la producción de frutos (Rodríguez y Morales, 2015).

El tamaño del fruto va de 0.7 a 1.5 cm de diámetro, tiene secreciones serosas, algunos frutos contienen hasta 100 semillas al interior del endocarpio y comercialmente el fruto tiene una cicatriz estilar que se busca sea pequeña y seca (Muñoz, 1988).

## **2.5. Requerimientos edafoclimáticos**

El arándano es sensible a sufrir daños por la incidencia de temperaturas entre los 28° y 30° C, ya que producen quemaduras en hojas (Rubio *et al.*, 2010), reducción en el sabor y la firmeza del fruto (Undurraga *et al.*, 2013). La especie soporta heladas durante el receso invernal con temperaturas de hasta -0.6 °C, valor límite a partir del cual se registran daños, aunque las bajas temperaturas son adversas después de terminar la latencia y sobre todo en floración, el umbral mínimo para el desarrollo y crecimiento de la planta es de 7 °C, la temperatura óptima para el crecimiento de raíces es de 18° a 22°C, para los brotes, hojas y frutos es desde 20 hasta 26°C, es recomendable considerar los datos históricos de heladas en la zona donde se establezca el cultivo, y la cantidad de horas frío requeridas, que van desde las 400 a 1,200 HF, para realizar la correcta elección de la variedad (González *et al.*, 2017).

El intervalo de temperatura por arriba de 1.4 °C y menores de 12.4°C satisfacen el requerimiento de HF (Retamales y Hancock, 2012). La emergencia de los brotes reproductivos requiere de un periodo cálido después de la acumulación de las horas

frio (Cesaraccio *et al.*, 2004, 2006). La planta cuando alcanza su estado de latencia, es más sensible a cambios drásticos de las temperaturas mínimas, los requerimientos climáticos se deben de considerar al momento de introducir el cultivo a nuevas zonas para su explotación, con el fin de seleccionar el cultivar que mejor se adapte a dicha región para obtener así el mejor desarrollo y reducir riesgos en la calidad y el rendimiento del fruto, ya que la presencia de heladas puede dañar el cultivo a falta de coordinación de las etapas fenológicas (Undurraga, *et al.*, 2013).

Los arándanos se saturan con bajas intensidades de radiación incidente, que van de 600 a 800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de flujo fotónico fotosintético (Moon *et al.*, 1987). Lo cual indica que son plantas de tipo  $C_3$ , se considera una especie caduca y en comparación con otras especies, su punto de saturación es menor al de los manzanos (900 a 1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (Teramura *et al.*, 1979) y similar al de los citrus (Teramura *et al.*, 1979; Blanke, 2000), en los que se observaron ocurre el proceso de fotoinhibición, que es el resultado de intensidades de radiación mayores al punto de radiación y puede ser favorecido por otras condiciones de estrés (Blanke, 2000) y tiene lugar en los centros de reacción del fotosistema II y pudiera ser un proceso no reversible (Taiz and Zeiger, 1991)

El suelo debe tener buena aireación, de igual manera contar con un buen drenaje y contenido de materia orgánica (Undurraga, *et al.*, 2013). La especie por lo común crece en suelos con potencial de hidrogeno (pH) de 4.5 a 5.2, la profundidad del trasplante puede ser mínima en climas fríos, pero en climas calurosos si la planta está muy superficial puede morir, se menciona que el cultivo en las primeras etapas de desarrollo es sensible al encharcamiento, por lo que requiere de un buen drenaje en los primeros 40 cm de profundidad y evitar que ocurran excesos de humedad (Asagrin, 2007).

La planta de arándano tiene un requerimiento hídrico de entre 15 a 20 L (Carrera, 2012). Puede ser regada por goteo, micro aspersion y aspersion, reportes indican que el riego por goteo es mejor que los otros dos al comparar el rendimiento y calidad del fruto, se menciona que los agricultores han optado al riego por goteo, ya que el beneficio es mayor al aportar agua en la cantidad y momentos adecuados, para

determinar el riego se deben tomar en cuenta disponibilidad del agua, tipo de suelo, topografía del terreno, disponibilidad de energía y disponibilidad de mano de obra (Morales y gloria, 2017).

De Sebastián (2010), comenta que la fertilización debe ser basada en primera instancia en un análisis de suelo, para determinar el exceso o deficiencia de nutrientes, con la finalidad de corregir mediante la aplicación de fertilizantes y asegurar el abastecimiento de sus necesidades nutricionales, esto bajo un sistema de fertirriego de preferencia. El autor también indica que en suelos con PH inferior a 4.0 las correcciones se pueden hacer con la aplicación de cal viva (CaO) o apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>), cuando el grado de acidez es mayor que 5 se utilizan componentes como ácido nítrico, fosfórico o sulfúrico que son excelentes para bajar el PH (De Sebastián, 2010).

Retamales y Hancock (2011), mencionan que la demanda de nutrientes del arándano es baja comparada con otros frutales, que, para un buen desarrollo del cultivo, la concentración de nutrientes en sustrato para arándanos Highbush son: (Cuadro 1).

Cuadro 1. Necesidades nutricionales del cultivo del arándano para un buen desarrollo (Retamales y Hancock, 2011).

<b>Macronutrientes</b>	<b>%</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>PPM</b>
<b>Nitrógeno</b>	1.7 a 2.10	<b>Boro</b>	25 a 70
<b>Fósforo</b>	0.08 a 0.40	<b>Cobre</b>	5 a 20
<b>Potasio</b>	0.40 a 0.65	<b>Fierro</b>	60 a 200
<b>Calcio</b>	0.30 a 0.80	<b>Manganeso</b>	50 a 350
<b>Magnesio</b>	0.15 a 0.30	<b>Zinc</b>	8 a 30
<b>Azufre</b>	0.12 a 0.20		

La poda es una práctica necesaria para el adecuado desarrollo del cultivo, con la finalidad de promover el balance apropiado de crecimiento reproductivo y vegetativo (Strik *et al.*, 2005). Si no se podan las plantas, eventualmente las ramas se volverán densas e improductivas, al podar es con el propósito de mejorar las condiciones para obtener plantas más sanas, removiendo madera delgada y débil con exceso de ramificaciones, al final tener brotes largos y vigorosos, a su vez ayuda al control de plagas y enfermedades, promueve un mejor tamaño y calidad de frutos, balancea la producción de ramas nuevas y fuertes, crea un hábito de crecimiento adecuado para la cosecha (Sanmartín, 2010).

El uso de protección de cultivos bajo plásticos o polisombras pueden generar alteraciones en las condiciones ambientales, como luz, temperatura, humedad relativa las cuales se relacionan directo con la productividad y fisiología de la planta, es por eso que es muy importante tener una buena aireación y buen riego, para evitar condiciones de estrés en la planta (Retamales *et al.*, 2015)

## **2.6. Cosecha y parámetros de calidad**

Las operaciones de pre y post-cosecha se orientan a maximizar la calidad del producto para el consumidor, los índices de calidad considerados por la industria son: tamaño, color, forma, ausencia de defectos, firmeza y sabor del fruto (Undurraga y Vargas, 2013). El proceso de maduración de las frutas presenta un cambio cuantitativo importante, el cual consiste en la conversión, casi total, del almidón en azúcares, ya que a lo largo de este periodo se altera tanto el gusto como la textura de la fruta (Wills *et al.*, 1985). Los sólidos solubles están constituidos principalmente por azúcares como glucosa y fructuosa y en menor grado por ácidos orgánicos y sustancias pépticas (Auda, 1973). La glucosa y fructuosa son los principales azúcares en el fruto de arándano y en menor proporción se encuentra la sacarosa (Moggia, 1991).

Los sólidos solubles indican el porcentaje de azúcar contenido en la fruta (wills, *et al.*, 1985). Para cosechar frutas de arándano, estos deben presentar niveles de sólidos solubles en rango de 12 a 14 °Bx, Galleta e Himelrick (1989) mencionan que los frutos maduros pueden alcanzar valores de 15 °Bx, sin embargo, Kushman y Ballinger (1968) proponen como criterio de cosecha, niveles superiores a 10 °Bx,

mientras tanto Lobos (1988) señala que los frutos de arándano con 11 y 12 °Bx reúnen las cualidades organolépticas deseadas. La mayoría de los azúcares son procesados en las hojas y luego transportados hacia el fruto; por ello, aquellos frutos madurados fuera del arbusto solo alcanzan un contenido final de 10 °B de azúcar (Olivos, 1995).

## **2.7. Radiación solar**

Un estudio de Blumthaler y Ambach (1990), mostró que la radiación solar es uno de los principales factores ambientales que afectan la vida en la tierra, ya que influyen en las funciones de los ecosistemas terrestres y acuáticos, a través de los procesos fotobiológicos (fotosíntesis, fotoperiodo, fototropismo, etc.), factores ambientales (temperatura, humedad, etc.) y ciclos naturales (diarios, anuales, hídricos, etc.), afectando en última instancia a la distribución de los organismos.

El estudio de estos autores afirma que la radiación que llega a la tierra cubre un amplio espectro electromagnético, del cual alrededor del 40% es luz o radiación visible como la conocemos y esto incluye un rango de longitud de onda que van de 400 a 700 nm, que abarca los colores azul, rojo, naranja, amarillo, violeta y verde, y debido a que las plantas lo utilizan para la fotosíntesis también se le llama radiación fotosintética activa.

Blumthaler y Ambach (1990) también señalan que la radiación electromagnética tiene otro rango que va de 280 nm a 1000 nm, llamado fotobiológico, porque contiene longitudes de onda más allá de la radiación PAR, y que es importante en procesos fotobiológicos bajo control de fotorreceptores específicos, por ejemplo, los fitocromos.

Así mismo los autores indican que la misma radiación solar permite que nuestro planeta sobreviva, pero puede ser dañina cuando las proporciones de onda corta o alta intensidad aumentan más allá de ciertos límites y que la alta intensidad de la radiación, así como los cambios en la composición espectral afectaran procesos importantes en las plantas, porque no pueden moverse, por lo que solo pueden adaptarse a tales cambios y uno de los principales cambios que se han producido recientemente es el aumento de la radiación UV-B.

## 2.8. Efectos de la radiación UV-B en la morfología y fisiología de las plantas

La intercepción de la radiación UV-B y hacer que cambie la fisiología de la planta, debe penetrar en las hojas y ser absorbida por cromóforos o moléculas susceptibles al daño de esta radiación, por lo tanto los cambios morfológicos y anatómicos provocados pueden jugar un papel decisivo en la respuesta de diferentes especies vegetales sometidas a un aumento de este tipo de radiación, así que ante el aumento de la radiación UV-B, muchos de los cambios observados en monocotiledóneas y dicotiledóneas se atribuyen principalmente a la orientación de las hojas de cada tipo de plantas, lo que finalmente afectara la capacidad de interceptar este tipo de radiación (HE *et al.*, 1993).

La fotosíntesis está relacionada directa o indirectamente con muchos procesos de regulación fina en las células, y sus variaciones se reflejan en cambios en la fisiología de las plantas y, en última instancia, en el crecimiento y la supervivencia de estas; varios estudios han informado que debido a la exposición a condiciones de estrés o subóptimas (estrés hídrico, temperatura extrema, radiación solar excesiva, estrés mineral, etc.) conducen a una fotosíntesis reducida por la supresión o activación de ciertas rutas metabólicas (Rakic, 2015). Por ejemplo, la reducción de la radiación solar y generalmente bajo cualquier tipo de estrés, disminuye la actividad fotosintética al reducir el contenido de clorofila (Cambron-Sandoval *et al.*, 2011).

Los metabolitos secundarios son fotoquímicos indispensables, que se ven afectados por el espectro de luz, pueden utilizarse como compuestos defensivos, así como para prevenir los rayos ultravioletas y a agentes oxidantes; además de las sustancias anteriores, ciertos fenoles y flavonoides también tienen actividades microbianas, antioxidantes, antifúngos y captura de radicales libres (Ouzounis *et al.*, 2015).

Los compuestos fenólicos se distribuyen ampliamente en las plantas y son producidos por las vías del shikimato, las pentosas fosfato y el fenilpropanoide, además de jugar un papel en el crecimiento, la reproducción y la protección, su importancia radica en el hecho de que también contribuyen en el color y características sensoriales de los frutos (Balasundram *et al.*, 2006).

Un exceso de radiación provocara un acortamiento del periodo de maduración de la fruta, concentrando la cosecha y promoviendo fruta de menor calidad, por el contrario, días nublados estimulan el desarrollo de enfermedades fúngicas que dañan la fruta y el rendimiento (Morales y Gloria, 2017).

## **2.9. Uso de mallas sombreadoras fotoselectivas**

La técnica del cultivo bajo mallas sombreadoras, en la década de los 2000 logra su mejor desarrollo, al ser usada e investigada en más de 30 países, bajo diferentes condiciones climáticas y representa un gran avance en agrotecnología (Guerrero *et al.*, 2010). Se refiere a cubrir las plantas con redes de plástico para filtrar de manera selectiva la radiación solar incidente, este material que conforma la malla absorbe en forma principal la banda luminosa del espectro solar correspondiente a su color complementario y además de su función protectora, también modifica las características de reflexión, absorción y transmisión de la luz que las atraviesa (Shahak, 2008).

El uso de mallas producirá modificaciones espectrales e induce respuestas fisiológicas reguladas por la luz, como el aumento del tamaño del fruto y desfase del periodo de cosecha, lo que puede ser utilizado como un método de manejo alternativo para los huertos de arándano (Castellano *et al.*, 2008; Shahak *et al.*, 2008). Las plantas bajo mallas de color blanco, gris y roja presentan un mayor número de frutos en comparación con el uso de malla color negro (Retamales *et al.*, 2008).

Shahak *et al.*, (2004) dicen que las mallas fotoselectivas están diseñadas para filtrar selectivamente diversos componentes espectrales de la radiación solar (rayos UV, PAR e infrarrojo) y/o transformar la luz directa en luz dispersa. Y con respecto a esto Valera *et al.*, (2014) comentan que dichas mallas deben transmitir la mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa posible y reflejar la máxima cantidad de radiación de infrarrojo corto proveniente del sol.

La malla roja, es una de las más estudiadas, transmite luz espectro de ondas rojo y rojo lejano arriba de 590 nm (Oren-Shamir *et al.*, 2001), al compararla con malla negra del mismo porcentaje de sombreado, difunde más la luz (Shahak *et al.*, 2004) y

protege un 20% más de la radiación UV, permite disminuir la fotodegradación de los cloroplastos (Leite, 2005). Los estudios en frutales cultivados bajo mallas de sombreo, revelan mayores rendimientos (Ganelevin, 2008; Shahak *et al.*, 2008), pero otras registran rendimientos menores atribuidos al color rojo y a la eficiencia de la malla a la altitud e intensidad luminosa del lugar geográfico y a la especie en estudio (Basile *et al.*, 2008; Blanke, 2009).

### **III. HIPÓTESIS**

El sombreado de las mallas influirá en el desarrollo de las plantas de arándano, alargará la duración de sus etapas, intervendrá en el crecimiento del fruto verde, provocará la maduración y cosecha tardía en referencia al control normal, también tendrá un efecto positivo en rendimiento en comparación con plantas expuestas directas al sol.

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las mallas son ampliamente utilizadas en plantas hortícolas como técnica de control de luz y temperatura. Recientemente existen en el mercado mallas de colores con propiedades fotométricas especiales para mejorar el aprovechamiento de la radiación solar (Ayala, 1993). El arándano puede cultivarse de arbustos silvestres que se desarrollaron a la sombra, siendo nativo de Norteamérica, donde crecen a lo largo de los bosques y regiones montañosas de los EE.UU y Canadá; su hábitat es principalmente de áreas frías del hemisferio norte, actualmente son cultivadas en el hemisferio sur como Australia, Nueva Zelanda y países del sur como Chile, Argentina y México (Oficina Comercial de Perú en Miami, 2017).

Recientes estudios desarrollados de arándanos cubiertos con túneles de filme de polietileno, demostraron que bajo esta condición de cultivo la mayor proporción de luz difusa fue estrechamente relacionada con un aumento en la conductancia estomática de la hoja (Retamal-Salgado *et al.*, 2015). El efecto positivo de la radiación difusa sobre el intercambio gaseoso de la planta puede ser atribuido a que estas condiciones micro-climáticas de luz resultan favorables en la reducción de la temperatura de la hoja promoviendo así la apertura estomática (Urban *et al.*, 2007).

Se ha encontrado que el porcentaje de sombreado proporcionado por el uso de redes fotoselectivas no siempre corresponde a la disponibilidad de luz para la planta, por lo que los resultados pueden variar dependiendo de la sombra real provista, además el color neto de la malla puede afectar las respuestas de las plantas, resultados demostraron que las redes de color rojo tienen la alteración mayor de la calidad de la luz (Lobos *et al.*, 2011).

Esta investigación es dirigida a mejorar la calidad y producción de frutos de arándano bajo condiciones de cultivo, al cambiar el ambiente controlado con realce en la radiación y temperatura influyentes en este cultivo a través del uso de dos mallas fotoselectivas diferentes (azul-gris y gris-perla) y un testigo con malla antipájaros que se toma como campo abierto al no modificar la radiación.

## V. OBJETIVOS

### 5.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento y calidad del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi bajo mallas sombreadoras fotoselectivas en el norte de Sinaloa.

### 5.2. Objetivos específicos

- Evaluar los cambios morfológicos en la planta de arándano.
- Evaluar la eficacia de las mallas fotoselectivas.
- Medir las variables de importancia económica.
  - a) Diámetro polar del fruto.
  - b) Diámetro ecuatorial del fruto.
  - c) Peso del fruto.
  - d) Bayas cosechadas por planta.
  - e) Rendimiento estimado por hectárea.
  - f) Firmeza en fruto.
  - g) Sólidos solubles totales en fruto.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Localización del área de trabajo

El estudio se realizó en las instalaciones del campo experimental de la compañía ALGACELL (Figura 1), ubicado sobre la carretera internacional México 15 en el tramo entre las ciudades de Culiacán a Los Mochis Km 194 en el estado de Sinaloa, con coordenadas 25° 47' 06" latitud norte y 108° 52' 45" longitud oeste.



Figura 1. A) Acceso al área de trabajo, campo experimental ALGACELL, Km 194 de la carretera internacional México 15 (Culiacán-Los Mochis), e inciso B) Toma aérea del sitio de georeferencia.

### 6.2. Diseño experimental

Los datos se analizaron bajo en diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones (Figura 2) y en el programa estadístico InfoStat 2019. Por medio de la prueba de Tukey ( $p=0.05$ ) se realizó la comparación de medias para la mejor interpretación de cada tratamiento.

El experimento para modificar la radiación consta de 2 estructuras, las cuales están cubiertas por mallas fotoselectivas de colores, hechas de material PEHD 100%

virgen, con tipo de hilo monofilamentos cilíndrico, el tejido gasa de vuelta, con densidad de 4 hilos  $\text{cm}^{-2}$  (+/-5%). La primera malla (tratamiento 1) urdimbre color gris y trama perla, cuyo sombreo es del 22 % (+/-5%); la segunda malla (tratamiento 2) urdimbre color azul y trama gris, con sombreo del 23% (+/-5%), dichas características de ambas mallas de acuerdo con las especificaciones del fabricante (CampoMallas, Michoacán, México). Como tratamiento control o testigo se instaló una tercera estructura cubierta con una malla antipájaros que no modifica la radiación solar, así que se considera campo abierto (Figura 3).

Bajo cada malla se encuentran 24 plantas de arándanos colocadas en una sola hilera, de las cuales se escogieron 16, estas fueron seleccionadas conforme a criterios que otro tratamiento no incidiera en ellas. De la cantidad escogida se formaron 4 repeticiones con 4 plantas por cada una.

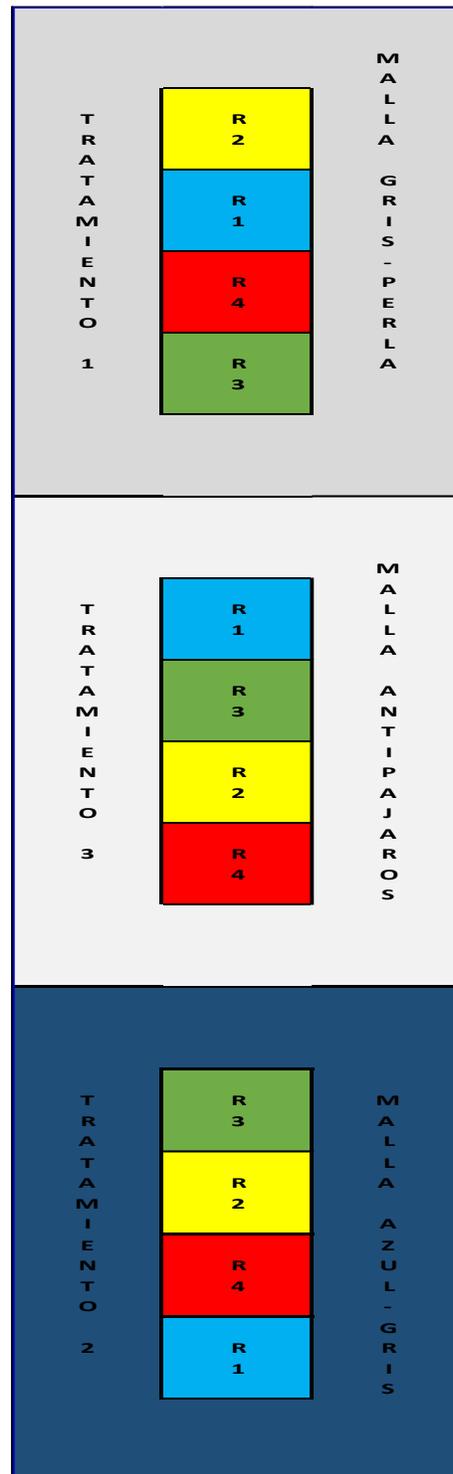


Figura 2. Diseño completamente al azar.



Figura 3. A) Malla fotoselectiva gris-perla, B) Malla antipájaros , e inciso C) Malla fotoselectiva azul-gris.

### 6.3. Genotipo

La variedad utilizada fue Biloxi (Figura 4), la cual es del tipo arbustiva y adaptada a las condiciones de los microclimas tropicales y subtropicales de México, es un cultivar con bajo requerimiento de horas frío (Vargas *et al.*, 2018). Las plantas seleccionadas para la evaluación fueron nuevas, en total 48, propagadas en el sitio a partir de plantas madre que provienen de viveros de la empresa Fruits-Giddings S.A. de C.V.



Figura 4. Planta de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi.

#### 6.4. Instalación de mallas fotoselectivas

En el mes de enero del 2020 se empezó con el marcado y ubicación de postes de fierro, se colocaron sobre ellos las mallas fotoselectivas azul-gris, gris-perla y la malla antipájaros a una altura de 2.5 m, cada malla con dimensiones 12 m de largo y 48 m de ancho, para conformar una sola estructura tipo casa sombra de techo plano de 48x48m, a fin de realizar la evaluación agronómica (Figura 5).



Figura 5. Infraestructura de producción tipo casahombra.

#### 6.5. Plantación

La plantación se realizó el 29 de octubre del 2019, en macetas de plástico con capacidad de 40 L, cada una se rellenó con 27.5 L de sustrato el cual estuvo compuesto de 75 % con turba de coco y 25 % de perlita. Se le aplicó micorrizas de la marca Rhizomor en dosis de 10 g por planta. La distancia entre macetas fue de 0.5 m y entre hileras la separación de 1.8 m. La colocación de las macetas fue sobre una cubierta anti maleza de la marca Ground Cover® que abarcó toda el área experimental (Figura 6).



Figura 6. Planta de arándano recién trasplantada.

## 6.6. Riegos

Se contó con un sistema de riego hidropónico en sustrato con 4 goteros por maceta (Figura 7), el caudal de cada uno de estos goteros es de  $1 \text{ L/h}^{-1}$ . Se regó diario dando 18 pulsos con duración entre 1.3 a 1.5 minutos cada uno, dando un promedio de 1.68 L de agua por planta por día, todo esto en etapas iniciales del cultivo. Para etapas más avanzadas como vegetativa y fructificación, la duración de los pulsos aumento de 2 a 2.5 minutos por cada uno y así promediar 2.7 L de agua por planta por día.

Los riegos eran aplicados en un horario entre las 7 am y 7 pm, dando prioridad de volumen de agua en horas de mayor temperatura ambiente del día, estas se presentaban entre las 11 am y 3 pm.



Figura 7. Sistema de riego hidropónico en sustrato con 4 goteros.

### 6.7. Fertilización y manejo del agua

En base a un análisis del agua con la que se tuvo acceso para el riego del cultivo, este arrojó un pH de 7.1, para bajar estos niveles en agua se suministró ácido fosfórico en dosis adecuadas, a fin de que en el sistema de riego manejar rangos en pH de 5.5 en la entrada y 5 a 5.5 de salida.

El manejo de la conductividad eléctrica (CE) se hizo de manera muy precisa al mantener niveles promedio de 1.4 a 1.5  $\text{dS}^{\text{m}^{-1}}$  en el agua de riego al llegar a la planta, teniendo un drenaje del 3% con 1.6  $\text{dS}^{\text{m}^{-1}}$ .

Esporádicamente se presentaron aumentos de CE, se registraban excesos de acumulación de sales en el área de raíces. En base a una programación de riegos se implementó un proceso de lavado de raíces y sustrato, se irrigaba 1 o 2 días por semana solo con agua acidificada al 5.5 de pH, se suministraban 18 riegos por día con duración de 5 minutos cada uno, todo esto según fuera necesario dependiendo de las lecturas tomadas en campo.

En el aspecto de suministro de fertilizantes, estos se aplicaban en cada uno de los 18 pulsos de riego realizados de lunes a domingo en todo el ciclo del cultivo, con excepción de los días de lavado de raíces donde solo se suministraba agua acidificada. Los fertilizantes usados fueron diversos (Cuadro 2), para satisfacer las necesidades nutricionales de la planta y modificándose en función de la etapa de desarrollo.

Cuadro 2. Fertilizantes usados en todo el ciclo del cultivo.

Fertilizante	Fórmula	Contenido de elementos por cada 100 kg (%)												
		N	P	k	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	
Nitrato de calcio	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15			26									
Nitrato de magnesio	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	11				15								
Nitrato de amonio	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	33	3											
Sulfato de potasio	$\text{K}_2\text{SO}_4$			51			18							
Fosfato monopotásico	$\text{KH}_2\text{PO}_4$		52	34										
Tradecorp AZ	Micronutrientes							7.5	3.5	0.7	0.3	0.7	0.3	

## 6.8. Plagas y enfermedades

A lo largo del ciclo, desde la plantación hasta la poda (última cosecha), se presentaron plagas (Cuadro 3) y enfermedades (Cuadro 4) que se controlaron de forma pertinente, al hacer la aplicación de diversos productos en dosis correspondientes, diluidas en un volumen de agua de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ , todo esto de forma oportuna según fuera el problema.

Cuadro 3. Plagas presentes en el cultivo de arándano y su control.

<b>Plaga</b>	<b>Etapa presente</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>
<b>Trips</b> <i>(Frankliniella occidentalis)</i>	Todo el ciclo	Extracto de canela	1.5 L ha <sup>-1</sup>
		Piretrina	1 L ha <sup>-1</sup>
		Extracto de chile	1 L ha <sup>-1</sup>
		Bicarbonato de potasio	1.2 kg ha <sup>-1</sup>
		Exalt y Vainilla	0.6 L ha <sup>-1</sup> - 0.4 L ha <sup>-1</sup>
<b>Gusano telarañero</b> <i>(Loxostege rentalis)</i>	Desarrollo vegetativo	Exalt	0.6 L ha <sup>-1</sup>
<b>Gusano del fruto</b> <i>(Heliothis virescens)</i>	Floración y desarrollo del fruto	Exalt	0.6 L ha <sup>-1</sup>

Cuadro 4. Enfermedades presentes en el cultivo de arándano y su control.

<b>Enfermedad</b>	<b>Etapa presente</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis</b>
<b>Tizón</b> <i>(Alternaria sp.)</i>	Desarrollo vegetativo	Bicarbonato de potasio	1.4 L ha <sup>-1</sup>
		Cobre	0.6 L ha <sup>-1</sup>
<b>Antracnosis</b> <i>(colletotrichum sp.)</i>	Floración y desarrollo del fruto	Bicarbonato de potasio	1.4 L ha <sup>-1</sup>
		Cobre	0.6 L ha <sup>-1</sup>
<b>Pudrición gris</b> <i>(Botrytis cinerea)</i>	Floración y desarrollo del fruto	Bicarbonato de potasio	1.4 L ha <sup>-1</sup>
		Cobre	0.6 L ha <sup>-1</sup>
<b>Tizón de los tallos</b> <i>(Pestalotia sp.)</i>	Poda	Triazol (vía radicular)	0.8 L ha <sup>-1</sup>
		Estrobirulina (vía foliar)	0.8 L ha <sup>-1</sup>
<b>Muerte regresiva</b> <i>(Phomopsis vaccinii)</i>	poda	Triazol (vía radicular)	0.8 L ha <sup>-1</sup>
		Estrobirulina (vía foliar)	0.8 L ha <sup>-1</sup>

## 6.9. Labores culturales

Se llevaron a cabo los procedimientos correspondientes a cada etapa del cultivo, como es la aplicación de producto Radigrow para el desarrollo de raíces en dosis de  $1 \text{ L ha}^{-1}$  una vez por semana el primer mes de cultivo y después una vez cada mes. Fumigaciones semanales para plagas y enfermedades, poda al final de cosecha y su respectivo sellado de heridas a través de impermeabilizante mezclado con cobre.

## 6.10. Instrumentación para variables climatológicas

La radiación PAR se obtuvo con el sensor LIGHTSCOUT Light Meter Quantum, modelo 3415F (Spectrum Technologies Inc., USA), el cual mide la densidad del flujo de fotones fotosintéticos (PPFD, por sus siglas en inglés) en  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (micromoles de fotones por metro cuadrado por segundo) en el rango desde cero hasta 2,000 con precisión de  $\pm 5.0 \%$ , dentro de la longitud de onda de 400 a 700 nm (Figura 8).

La radiación crítica de luz ultravioleta (UV) se midió con el sensor LIGHTSCOUT Ultraviolet Meter, modelo 3414F (Spectrum Technologies Inc., USA), con la medición del flujo de fotones en el UV en un rango de 0 a  $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , dentro de la longitud de onda de 250 a 400 nm con precisión de  $\pm 5.0 \%$  (Figura 8).

La temperatura ambiental se hizo mediante un higrómetro de la marca Extech modelo 445702, con rango de  $-10$  a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  (Figura 8).

La obtención de lecturas de radiación fue bajo cada malla y la de temperatura se tomó a campo abierto, el horario de las mediciones va desde las 8:00 am hasta las 4:00 pm, con intervalos de una hora, con un total de 7 repeticiones entre los meses de abril, mayo y junio del 2020 (Cuadro 5).



Figura 8. A) Sensores LIGHTSCOUT Ultraviolet Meter y LIGHTSCOUT Light Meter Quantum, e inciso B) Higrómetro Extech.

Cuadro 5. Registro de radiación PAR, radiación Ultravioleta y temperatura.

Hora:	Malla azul-gris		Malla antipájaros		Malla gris-perla		Temperatura a campo abierto (°C)
	Radiación UV ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Radiación PAR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Radiación UV ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Radiación PAR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Radiación UV ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Radiación PAR ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	
<b>Lunes 13/Abril/2020</b>							
08:00 a. m.	33.5	455	45.6	701	35.9	560	24.6
09:00 a. m.	41.6	642	57.9	902	47.9	734	27.6
10:00 a. m.	71.3	973	89.3	1228	75.1	1095	30.3
11:00 a. m.	98.2	1367	128.3	1702	108.7	1480	32.1
12:00 p. m.	135.2	1646	165.1	≥2000	141.5	1824	33.7
01:00 p. m.	148.2	1755	188.1	≥2000	155.6	1854	36.6
02:00 p. m.	149.7	1737	180.3	≥2000	150.2	1785	34.8
03:00 p. m.	132.4	1614	155.9	1949	133.3	1602	34.8
04:00 p. m.	109.9	1321	127.9	1354	113.6	1375	34.5
<b>Lunes 20/Abril/2020</b>							
08:00 a. m.	27.7	318	32.2	353	28.5	325	22.7
09:00 a. m.	41.6	353	48.2	485	43.3	365	28.2
10:00 a. m.	66.8	667	90.2	995	74.4	887	31.4
11:00 a. m.	148.0	1490	158.2	1792	151.6	1581	38.2
12:00 p. m.	153.8	1741	189.4	≥2000	156.2	1836	40.4
01:00 p. m.	164.3	1855	≥200	≥2000	168.1	≥2000	42.2
02:00 p. m.	128.9	1288	146.6	1451	133.8	1303	40.8
03:00 p. m.	98.0	1180	118.7	1290	102.2	1189	38.8
04:00 p. m.	85.5	1090	105.3	1167	89.3	1101	34.3
<b>Lunes 27/Abril/2020</b>							
08:00 a. m.	39.5	543	52.0	712	41.7	565	29.9
09:00 a. m.	48.5	601	64.8	777	50.5	688	30.2
10:00 a. m.	86.5	1008	112.3	1282	89.5	1100	33.2
11:00 a. m.	118.8	1382	152.7	1752	121.7	1472	34.2
12:00 p. m.	148.3	1720	185.6	≥2000	147.7	1748	36.7
01:00 p. m.	161.5	1805	≥200	≥2000	162.4	1895	41.2
02:00 p. m.	153.6	1720	183.8	≥2000	154.7	1752	40.5
03:00 p. m.	132.6	1556	161.6	1838	138.6	1664	39.5
04:00 p. m.	127.3	1316	142.4	1690	133.9	1514	37.2
<b>Miércoles 13/Mayo/20</b>							
08:00 a. m.	24.4	260	36.5	409	27.0	312	24.1
09:00 a. m.	54.0	625	68.5	885	55.5	655	32.9
10:00 a. m.	98.8	1163	125.5	1446	98.4	1225	33.4
11:00 a. m.	130.8	1475	165.9	1828	136.5	1701	35.9
12:00 p. m.	149.9	1664	183.0	≥2000	150.3	1788	37.0
01:00 p. m.	160.6	1793	194.8	≥2000	162.4	1848	39.1
02:00 p. m.	155.6	1726	189.6	≥2000	156.6	1768	39.8
03:00 p. m.	131.2	1530	170.1	1901	142.1	1692	37.3
04:00 p. m.	125.1	1297	150.2	1798	138.1	1570	34.4
<b>MARTES 09/JUNIO/20</b>							
08:00 a. m.	28.6	370	38.6	499	29.6	370	24.5
09:00 a. m.	34.8	336	44.9	421	35.0	344	28.3
10:00 a. m.	83.9	841	94.4	1050	84.5	813	30.1
11:00 a. m.	139.9	1720	175.5	≥2000	138.4	1730	32.7
12:00 p. m.	146.5	1650	171.1	≥2000	148.0	1690	34.7
01:00 p. m.	156.6	1747	195.1	≥2000	158.0	1812	36.8
02:00 p. m.	148.2	1778	185.0	≥2000	148.5	1773	37.1
03:00 p. m.	135.3	1570	171.9	1930	135.1	1616	36.2
04:00 p. m.	119.9	1400	151.3	1750	138.0	1445	33.2
<b>MARTES 16/JUNIO/20</b>							
08:00 a. m.	32.6	370	46.0	510	33.5	400	25.5
09:00 a. m.	60.6	716	79.0	960	64.0	784	27.5
10:00 a. m.	119.5	1424	152.8	1661	117.7	1450	33.2
11:00 a. m.	139.9	1720	175.5	≥2000	138.4	1730	37.5
12:00 p. m.	146.5	1650	171.1	≥2000	148.0	1690	38.6
01:00 p. m.	156.6	1747	195.1	≥2000	158.0	1812	40.3
02:00 p. m.	148.2	1778	185.0	≥2000	148.5	1773	41.1
03:00 p. m.	135.3	1570	171.9	1930	135.1	1616	40.2
04:00 p. m.	119.9	1400	151.3	1750	138.0	1445	38.5
<b>MARTES 30/JUNIO/20</b>							
08:00 a. m.	8.0	7.3	14.8	16.3	9.9	10.6	24.1
09:00 a. m.	27.2	23.9	51.0	46.3	41.2	34.5	24.5
10:00 a. m.	25.9	23.5	43.5	40.7	33.5	30.7	25.0
11:00 a. m.	17.7	16.7	30.8	29.6	22.8	21.4	26.3
12:00 p. m.	20.7	19.2	34.4	32.7	26.5	24.7	31.8
01:00 p. m.	55.6	35.7	93.1	72.1	44.8	49.2	35.1
02:00 p. m.	33.3	30.0	59.5	55.4	46.0	41.9	32.3
03:00 p. m.	28.6	26.0	47.8	44.8	36.5	33.2	27.2
04:00 p. m.	26.1	25.8	42.0	40.1	31.8	29.5	25.1

### 6.11. Desarrollo de la planta

Altura y diámetro basal del tallo se midieron cuando la planta se encontraba en la etapa de fructificación (10 de junio del 2020) (Figura 9). La evaluación de la respuesta fisiológica de las plantas se realizó en un solo muestreo. Para esta actividad se tomaron medidas a todas las plantas de cada tratamiento, esto fue manual, la altura se obtuvo en centímetros con el uso de una cinta métrica y se consideró desde la base de la corona hasta la punta del tallo más lignificado. El diámetro basal se obtuvo con vernier digital marca Truper, con longitud de medición de 230 mm (precisión de 0.05 mm).



Figura 9. A) Medición de altura de tallos, e inciso B) Medición de grosor de tallos.

### 6.12. Biomasa de planta

La poda se aprovechó para obtener el peso seco (11 de junio del 2020) (Figura 10), la muestra se obtuvo del total de plantas completas de cada repetición por tratamiento (4 plantas por muestra), con presencia de hojas, flores, tallos y frutos rezagados; colocadas en bolsas de papel y colocadas en estufa a 60 °C, durante 72

hr. Los pesos se obtuvieron con una báscula digital de la marca OHAUS, modelo V11P15 con capacidad desde un g hasta 15 kg.



Figura 10. Poda al final de última cosecha de la temporada para medición de biomasa de planta completa.

### 6.13. Biomasa de hoja

A mitad del mes de mayo se realizó un muestreo al recolectar hojas maduras en la parte media de la planta, la muestra se conformó de 32 láminas en cada repetición (Figura 11), la selección de las hojas fue con preferencia en los puntos cardinales este y oeste, para obtener una muestra representativa y descartar un posible efecto de la orientación del recorrido del sol. Se colocaron en bolsas de papel y puestas en estufa a 60 °C, durante 72 hr. El peso seco se registró con una balanza analítica de precisión digital marca OHAUS con capacidad de 0.0001 g a 220 g.



Figura 11. Muestras de hojas de arándanos para análisis de biomasa.

#### 6.14. Nutrientes en hoja

El día 19 de mayo del 2020 se realizó un solo muestreo con tres repeticiones por tratamiento, la muestra foliar analizada estuvo compuesta de 10 hojas recién maduras de la parte media de la planta, seleccionadas de manera dirigida para obtener representatividad, con un total de 40 hojas por repetición (Figura 12).

Los nutrientes analizados y los métodos utilizados fueron:

Nitrógeno total (N): Kjeldah / Digestión y destilación.

Fosforo (P): Metavanadato de amonio / espectrofotómetro uv-vis.

Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn): Espectrofotometría de absorción atómica.

Boro (Bo): Azometina / Espectrofotómetro uv-vis.

Cloro (Cl): Nitrato de plata / Titulometría.

Azufre (S): Cloruro de bario / Espectrofotometría.

Las muestras fueron llevadas para su análisis al laboratorio AGROTEC, ubicado en la ciudad de Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México.

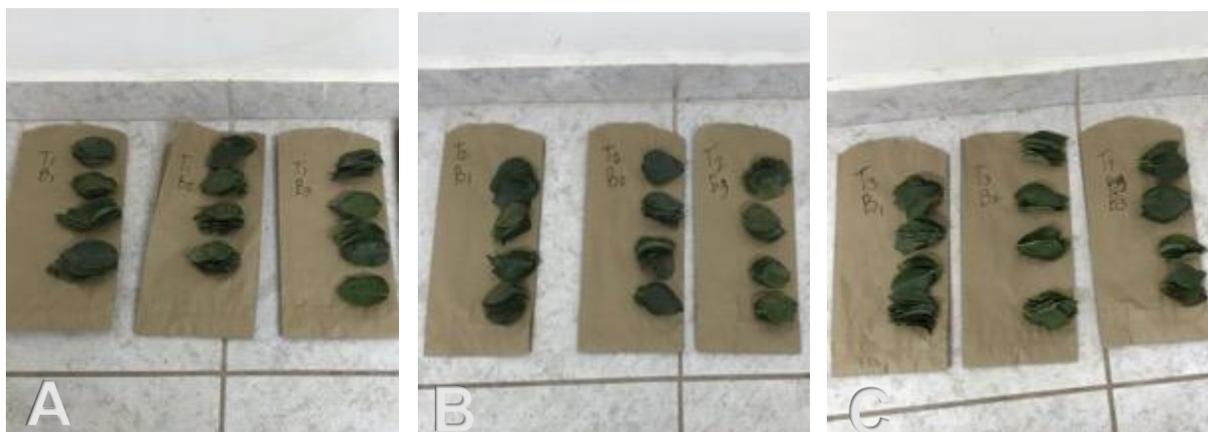


Figura 12. A) Muestras de hojas del tratamiento 1, B) Muestras de hojas del tratamiento 2, e inciso C) Muestras de hojas del tratamiento 3. Para análisis de nutrientes. (T = Tratamiento, B = Repetición).

Undurraga *et al.*, 2013 publica los niveles nutricionales de referencia adecuados en las hojas en un cultivo de arándanos (Cuadro 6), dichos datos se usaron como referencia para la comparación con los resultados obtenidos de laboratorio y así la definición de los niveles óptimos.

Cuadro 6. Niveles nutricionales adecuados en las hojas de arándanos publicados por Undurraga *et al.*, 2013.

<b>Nutriente</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Nivel deficiente</b>	<b>Nivel adecuado</b>	<b>Nivel excesivo</b>
<b>Nitrógeno (N)</b>	%	<1.5	1.6 - 2.0	>2.5
<b>Fósforo (P)</b>	%	<0.1	0.12 - 0.4	>0.8
<b>Potasio (k)</b>	%	<0.3	0.35 - 0-65	>1.0
<b>Calcio (Ca)</b>	%	<0.13	0.4 - 0.8	>1.0
<b>Magnesio (Mg)</b>	%	<0.08	0.12 - 0.25	>0.45
<b>Fierro (Fe)</b>	mg/Kg	<60	60 - 120	>400
<b>Manganeso (Mn)</b>	mg/Kg	<23	50 - 350	>450
<b>Zinc (Zn)</b>	mg/Kg	<8	8.0 - 30	>50
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/Kg	<4	4.0 - 20	>80
<b>Boro (B)</b>	mg/Kg	<20	30 - 70	>200

## 6.15. Cosecha

La recolección de los frutos fue manual, se realizó cada martes desde el 19 de mayo hasta el 9 de junio del 2020 (4 cosechas), a partir de la aparición de los primeros frutos maduros y como indicador de cosecha fue utilizado el color de cubrimiento de la baya el cual es completamente azul, la muestra se conformaba de los frutos cosechados de las cuatro plantas que conforman cada repetición, estas se recogían por cada una de las cuatro repeticiones de cada tratamiento.

Las bayas se sometieron a diferentes mediciones para evaluar rendimiento y calidad (Figura 13).



Figura 13. Cosecha del fruto de arándano para ser evaluado.

## 6.16. Rendimiento y calidad de fruto

### 6.16.1. Cantidad

El número de frutos se obtuvo mediante el conteo total de bayas maduras cosechadas de las cuatro plantas que conformaban cada repetición de los tres tratamientos.

### 6.16.2. Peso

Se midió con una balanza mini de precisión digital de la marca UNIWEIGHT con capacidad de 0.01 g a 200 g y rango de precisión de .03 g (Figura 14).

Se calculó el rendimiento final estimado por hectárea al sumar los promedios del peso de bayas por planta de cada tratamiento en las 4 cosechas, finalmente este producto se multiplica por la densidad de plantación, que corresponde a 11,111 plantas por hectárea, lográndose el rendimiento expresado en Kg ha<sup>-1</sup>.



Figura 14. Balanza mini de precisión UNIWEIGHT.

### 6.16.3. Diámetro ecuatorial y polar

Se registró de diez frutos seleccionados por cada repetición, para esto se utilizó un vernier digital marca Truper, con longitud de medición de 230 mm (precisión de 0.05 mm) (Figura 15).



Figura 15. Vernier digital marca Truper.

Para los criterios de clasificación de calibre de fruta de arándano, se utilizó los valores de referencia considerados en la evaluación en Complejo Agroindustrial Beta S. A., estos se evalúan con respecto al diámetro ecuatorial expresado en milímetros (Cuadro 7).

Cuadro 7. Criterios de clasificación de calibre de fruta de arándano con respecto al diámetro ecuatorial considerados en la evaluación en Complejo Agroindustrial Beta S. A.

<b>Clasificación</b>	<b>Calibre (mm)</b>
<b>Jumbo</b>	$\geq 21$
<b>Grande</b>	17 a 21
<b>Mediano</b>	12 a 17
<b>Pequeño</b>	10 a 12
<b>Fuera de calibre</b>	$< 10$

#### 6.16.4. Sólidos solubles totales

Expresados en °B se obtuvieron de la selección de diez frutos por repetición, de estos se hizo una mezcla homogénea y se midió con un refractómetro de mano ATC, Brix 0-32% y precisión de .20% (Figura 16).



Figura 16. A) Refractómetro de mano ATC, e inciso B) Observación de grados Brix.

#### 6.16.5. Evaluación de la dureza

Se obtuvieron de la selección de diez frutos por repetición de los tres tratamientos. Se realizaron mínimo dos medidas en lados opuestos de cada fruto, si existía una variación entre ambas medidas se tomó la media como valor representativo de dureza. La lectura de cada uno de ellos se hizo con un durómetro Baxlo 53505/FO con rango de medida de 0-100 unidad Shore, precisión de +/-1 y fuerza máxima de 113 gramos, este instrumento es especial para frutas y hortalizas, permite hacer mediciones no destructivas de frutas blandas como el arándano que no deban ser atravesadas y dañadas (Figura 17).



Figura 17. Durómetro Baxlo 53505/FO.

Todo esto se realizó bajo los procesos de monitoreo de calidad según el Complejo Agroindustrial Beta, el cual algunas compañías entre ellas la Productora Hortícola y Frutícola S.A. (Hortifrut) también usan como base para medir la calidad de la fruta de arándano. Para esto usan un referente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Parámetros de firmeza en fruta de arándano según la empresa Productora Hortícola y Frutícola S.A. (Hortifrut).

<b>Clasificación</b>	<b>Baxlo (Shore)</b>
<b>Suave</b>	$\leq 49$
<b>Sensible</b>	50 a 64
<b>Firme</b>	$\geq 65$

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Microclima

#### 7.1.1. Radiación fotosintéticamente activa

La radiación PAR es la región del espectro solar cuya longitud de onda esta entre los 400 y 700 nm; estos valores son importantes como parámetro de entrada de energía en diversos procesos biológicos y su evaluación temporal tiene particular interés en el seguimiento del crecimiento de cultivos; debido a que las plantas realizan fotosíntesis y que el PAR es su fuente de energía, conocer la distribución espacial y temporal del mismo es fundamental para el análisis de los procesos biológicos asociados (Grossi Gallegos, 2003 y 2004).

En nuestro estudio, al comparar las 7 lecturas promedio tomadas entre los meses de abril, mayo y junio de radiación PAR al interior de cada malla se aprecian diferencias entre ellas. En los muestreos realizados se observaron los valores más altos en la Malla antipájaros (T3) al alcanzar promedios de  $1645.67 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , seguido de la malla gris-perla (T1)  $1411.11 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y con valores más bajas la malla azul-gris  $1375 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Figura 18).

La reducción de la PAR, bajo la malla gris-perla fue de 12.2% y malla azul-gris 16.7% con respecto la malla testigo, no se encontraron estudios previos en mallas con las mismas especificaciones, más sin embargo Bastías *et al.*, (2012) reportaron reducciones de la PAR del 27% con malla Azul (400-500 nm) y malla Roja (600-700 nm); mientras que Ilic *et al.*, (2014) obtuvo reducciones de 33.9 y 55.9% en mallas gris y negra. Esto demuestra una asociación entre color y porcentaje de sombreo de las mallas para obtener diferentes resultados en medidas de la PAR.

En la lectura del 30 de junio se muestra una caída en los registros de medición ya que fue un día atípico al presentar nublados la mayoría de las horas del día, por lo que la radiación fue baja.

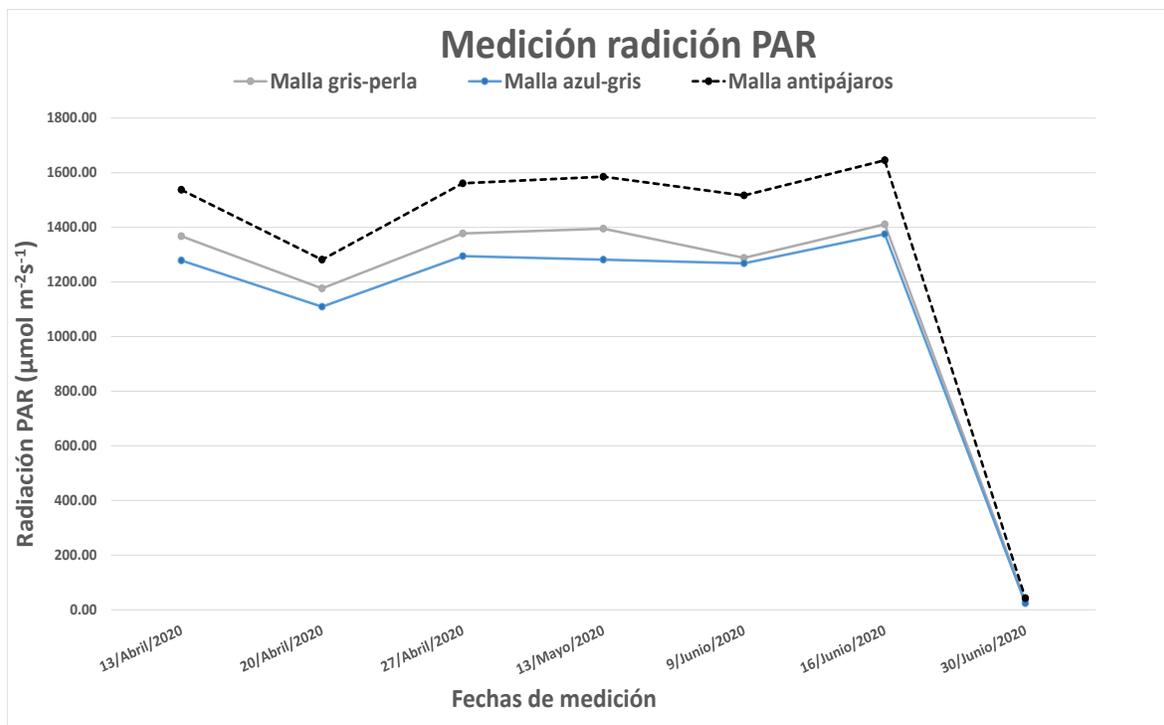


Figura 18. Resultados de radiación PAR para cada uno de los tratamientos.

### 7.1.2. Radiación crítica de luz ultravioleta

Representa entre 8 a 9% de la radiación solar; esta radiación ha sido clasificada en tres rangos de acuerdo a la longitud de onda; UV-C (200-280nm), UV-B (280-320nm) y (UV-A 320-400nm) (Ramírez, 2016).

En esta investigación con la comparación de lecturas promedio de radiación UV (Figura 19), se observó que bajo las mallas gris-perla y azul-gris se registraban lecturas promedio muy similares durante las fechas de medición, la diferencia entre ambas es de 2 a 5  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Bajo la malla control los registros promedio aumentaban hasta 30  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  respecto a las otras dos mallas.

Cabe destacar que, al comparar las lecturas por hora, la malla testigo presentaba lecturas muy superiores en las horas de mayor temperatura del día, que eran de las 12 pm a 2 pm, al rebasar registros de los 200  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  y superar el límite de medición del sensor.

Al igual que en los registros de radiación PAR, en la lectura del 30 de junio se muestra una clara tendencia a la baja en los registros de lecturas de radiación crítica de luz ultravioleta, por la presencia de nublados la mayoría de las horas del día.

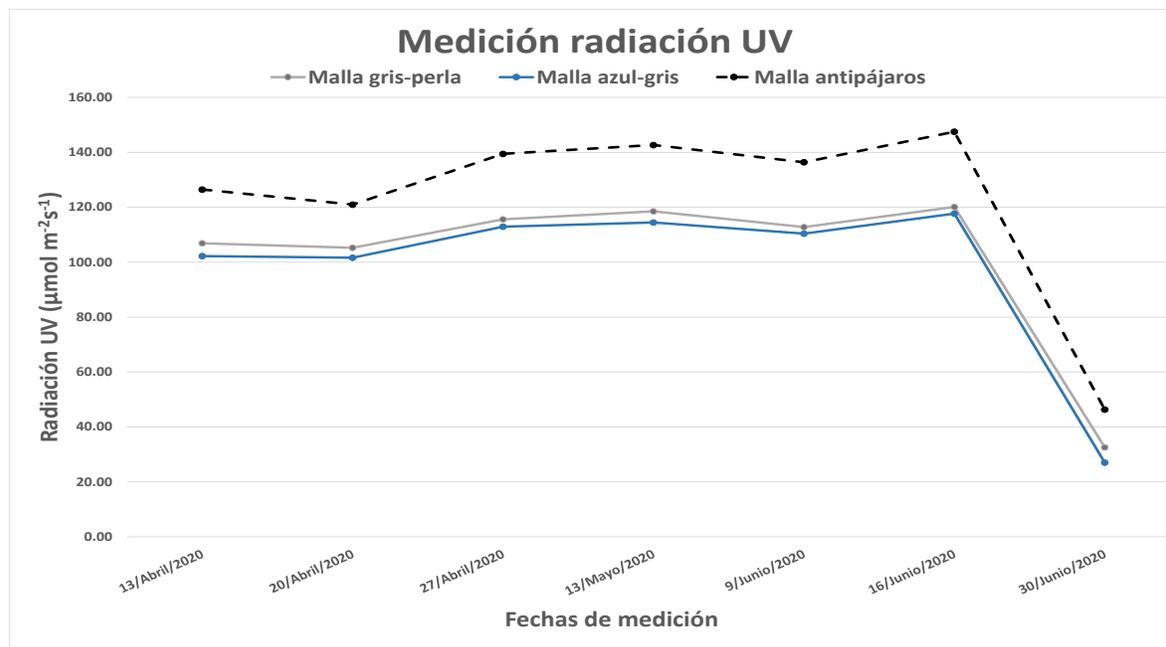


Figura 19. Resultados de radiación ultravioleta para cada uno de los tratamientos.

## 7.2. Variables morfológicas

### 7.2.1. Altura de planta

A través del análisis de varianza para esta variable, no muestra diferencias significativas entre los tres tratamientos (Cuadro 9). Sin embargo, los resultados arrojan que las plantas de arándano bajo malla azul-gris presentan un 4.1% y 7.0% de mayor altura en comparación a arbustos bajo las malla gris-perla y malla testigo respectivamente.

Esto coincide con lo reportado por Ayala *et al.*, (2011), al mencionar que las mallas influyen el crecimiento de las plantas y documenta en su ensayo que sus tratamientos a menor transmisión de radiación total y fotosintética promovieron alargamiento de planta.

La calidad espectral de la radiación afecta el desarrollo vegetativo de las plantas e induce cambios morfológicos (Kasperbauer and Kaul, 1996), mediante la activación de fotoreceptores específicos como los fitocromos y criptocromos (Baraldi *et al.*, 1998). Hay dos formas de fitocromos más conocidos, la Pr que absorbe primordialmente la luz roja (R) transformándose en Pfr y ésta que al absorber luz roja lejana (RL) pasa a la forma Pr, presentando ambas formas cierta absorbancia de luz azul; como consecuencia del sombreado natural, la relación RL/R de la luz incidente aumenta, observándose una disminución del equilibrio de fitocromos ( $\phi = Pfr/Ptot$ ) y en consecuencia tallos más largos. Estos efectos del sombreado se asocian a menores  $\phi$  (Taiz and Zeiger, 1991).

### **7.2.2. Diámetro de tallo basal**

Al evaluar esta variable en un solo muestreo en las plantas de arándano en etapa de fructificación, los análisis de varianza muestran diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 9). Los arbustos bajo la malla testigo registran el mayor engrosamiento en la base del tallo, seguido de las dos mallas fotoselectivas, que presentaron diámetros muy similares entre ellas.

Mendoza (2017) reporta en un estudio en plantas hortícolas bajo mallas de sombreado, que su tratamiento testigo (campo abierto) obtuvo el mayor engrosamiento de tallos basales en comparación con sus otros tratamientos que modificaban la radiación solar. Carrillo *et al.*, (2003) mencionan que la cantidad de luz que pasa hacia la planta interviene sobre el diámetro del tallo, al indicar que a menor penetración de luz dará como resultado la elongación del tallo. Tales afirmaciones hacen que los datos de esta investigación tengan sentido, ya que las plantas bajo la malla testigo, el cual presenta los índices de radiación más altos, sus arbustos obtuvieron mayor grosor de tallo basal.

Cuadro 9. Altura y diámetro de tallos en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

<b>Medidas de tallo en etapa de fructificación</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
T1	106.75 <sup>a</sup>	11.83 <sup>b</sup>
T2	111.31 <sup>a</sup>	11.65 <sup>b</sup>
T3	103.50 <sup>a</sup>	13.73 <sup>a</sup>

### 7.3. Biomasa

#### 7.3.1. Peso seco de hojas

Al evaluar en un solo muestreo el peso seco de hojas de las plantas de arándano en etapa de fructificación, los análisis de varianza mostraron diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 10). Las hojas bajo la malla gris-perla presentan un 23.50 y 22.06 % de mayor peso seco que la malla gris-perla y malla control respectivamente.

#### 7.3.2. Peso seco de plantas

Al efectuar la poda al final del ciclo se evaluó el peso seco del arbusto completo de arándano, los análisis de varianza demostraron que hay diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 10). El mayor peso seco lo obtuvieron las plantas bajo la malla gris-perla, al superar con 13.01 % a los registros de la malla azul-gris y 11.71 % a los de la malla testigo.

Cuadro 10. Resultados encontrados para el peso seco de 16 hojas, de la planta completa, en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Tratamiento	Peso seco	
	Hoja (gr)	planta (gr)
T1	4.85 <sup>a</sup>	672.50 <sup>a</sup>
T2	3.71 <sup>b</sup>	585.00 <sup>b</sup>
T3	3.78 <sup>b</sup>	593.75 <sup>b</sup>

#### 7.4. Análisis foliar

Al evaluar los resultados de los análisis realizados en hojas de arándano en etapa de fructificación y compararlos con los niveles nutricionales adecuados según Undurraga *et al.* 2013 (Cuadro 6), las hojas bajo las tres mallas señalan las mismas tendencias en cada uno de los nutrientes, muestran nivel excesivo de potasio, fierro y zinc; nivel adecuado de nitrógeno, fosforo, calcio, magnesio, manganeso, cobre y boro (Cuadro 11).

Los datos de los tres tratamientos al ser sometidos a un análisis de varianza, nueve de los diez nutrientes no muestran diferencias significativas (Cuadro 11). Los elementos nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio, fierro, manganeso, zinc y cobre mantuvieron prácticamente los mismos niveles en hoja bajo las tres mallas. Solo el nutriente boro aumenta su contenido en las hojas bajo la malla gris-perla, sin embargo el elemento mencionado mantuvo el nivel adecuado bajo todos los tratamientos.

Cuadro 11. Niveles nutricionales encontrados en las hojas de arándanos, clasificados los niveles óptimos según Undurraga et al. 2013 y también sometido a comparación de medias, en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Nutriente	Unidad de medida	Tratamiento 1			Tratamiento 2			Tratamiento 3		
		Def	Ade	Exc	Def	Ade	Exc	Def	Ade	Exc
Nitrógeno (N)	%		1.85 <sup>a</sup>			1.90 <sup>a</sup>			1.77 <sup>a</sup>	
Fósforo (P)	%		0.17 <sup>a</sup>			0.12 <sup>a</sup>			0.16 <sup>a</sup>	
Potasio (k)	%			1.04 <sup>a</sup>			0.90 <sup>a</sup>			0.85 <sup>a</sup>
Calcio (Ca)	%		0.77 <sup>a</sup>			0.62 <sup>a</sup>			0.48 <sup>a</sup>	
Magnesio (Mg)	%		0.17 <sup>a</sup>			0.12 <sup>a</sup>			0.11 <sup>a</sup>	
Fierro (Fe)	mg/Kg			698.33 <sup>a</sup>			574.67 <sup>a</sup>			616.00 <sup>a</sup>
Manganeso (Mn)	mg/Kg		154.00 <sup>a</sup>			144.33 <sup>a</sup>			154.00 <sup>a</sup>	
Zinc (Zn)	mg/Kg			52.67 <sup>a</sup>			61.33 <sup>a</sup>			58.00 <sup>a</sup>
Cobre (Cu)	mg/Kg		12.67 <sup>a</sup>			13.33 <sup>a</sup>			12.67 <sup>a</sup>	
Boro (B)	mg/Kg		59.67 <sup>a</sup>			46.00 <sup>b</sup>			49.67 <sup>b</sup>	

Def = Nivel deficiente    Ade= Nivel adecuado    Exc= Nivel excesivo

## 7.5. Rendimiento

### 7.5.1. Número de bayas por planta

Al someter los datos obtenidos de los tratamientos al análisis de varianza y comparación de medias del número de bayas por planta, muestran diferencias significativas entre ellos (Cuadro 12). A lo largo de las cuatro cosechas el comportamiento de los tres ensayos fue muy similar en cuanto a la tendencia. Sin embargo, al comparar los tratamientos entre sí, los arbustos bajo la malla gris-perla mostraron todo el tiempo un mayor número de bayas, la cosecha uno se vio mejor al presentar un promedio de 18.25 bayas por planta, siempre superior a la malla testigo

la cual registra su menor promedio en la segunda cosecha al obtener 6.75 bayas. Bajo la malla azul-gris se observaron mejores promedios en relación con malla testigo, sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre ambas. Al compararse frutos bajo la malla gris-perla y azul-gris solo mostraron diferencia significativa en la segunda cosecha.

Sobre esto Rodríguez *et al.*, (2015) señalan un comportamiento similar al registrar mayor número de bayas de arándano en plantas cultivadas bajo malla roja 18% con respecto a sus otros tratamientos (roja 40%, aluminizada 40%, negra 35% y control).

Cuadro 12. Numero de bayas por planta de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Tratamiento	Número de bayas por planta			
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
1	18.25 <sup>a</sup>	14.56 <sup>a</sup>	11.43 <sup>a</sup>	11.12 <sup>a</sup>
2	16.18 <sup>ab</sup>	8.81 <sup>b</sup>	8.5 <sup>ab</sup>	9.31 <sup>ab</sup>
3	10.87 <sup>b</sup>	6.75 <sup>b</sup>	7.18 <sup>b</sup>	7.37 <sup>b</sup>

### 7.5.2. Peso unitario de baya

Se evaluó en las cuatro cosechas, se realizó el análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $p=0.05$ ), el resultado arroja que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 13). Las bayas bajo las tres mallas mostraron relativamente el mismo peso, al avanzar la fecha de cosecha la baya aumentaba su peso, sin embargo, se repetía el alza de peso bajo los tres ensayos.

Cuadro 13. Peso de baya unitario en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras iguales señalan no diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Tratamiento	Peso unitario de baya (g)			
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4
1	0.86 <sup>a</sup>	0.92 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	1.2 <sup>a</sup>
2	0.56 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>	1.07 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>
3	0.52 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>	0.98 <sup>a</sup>	1.51 <sup>a</sup>

### 7.5.3. Peso total de bayas por planta

Se evaluó en las cuatro cosechas, se realizó el análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $p=0.05$ ), el resultado nos muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos (Cuadro 14). Las bayas bajo la malla gris-perla se mantuvieron por arriba del peso en relación a las otras dos mallas en las cuatro cosechas, pero solo mostro diferencias significativas favorables en las cosechas uno y dos. El fruto bajo la malla azul-gris registro mayor peso por planta con respecto a la malla testigo, pero sin alcanzar diferencias significativas.

### 7.5.4. Rendimiento total por hectárea

Al hacer el cálculo de kilogramos por hectárea en cuatro cosechas, realizar un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $p=0.05$ ), los resultados muestran diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos (Cuadro 14). Los arbustos bajo la malla gris-perla muestran el mejor rendimiento con un total de 591.34

Kg ha<sup>-1</sup>, seguido bajo la malla azul-gris con 434.22 kg ha<sup>-1</sup> y un menor rendimiento bajo la malla testigo con 338.55 Kg ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 14. Peso de bayas por planta y rendimiento Kg ha<sup>-1</sup> en un cultivo de arándanos bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey p=0.05).

Tratamiento	Peso de bayas por planta (g)				Rendimiento Kg ha <sup>-1</sup>
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	
<b>1</b>	15.64 <sup>a</sup>	13.30 <sup>a</sup>	11.02 <sup>a</sup>	13.27 <sup>a</sup>	591.44 <sup>a</sup>
<b>2</b>	8.23 <sup>b</sup>	8.53 <sup>b</sup>	9.16 <sup>a</sup>	13.16 <sup>a</sup>	434.22 <sup>b</sup>
<b>3</b>	5.65 <sup>b</sup>	6.62 <sup>b</sup>	7.04 <sup>a</sup>	11.16 <sup>a</sup>	338.55 <sup>c</sup>

## 7.6. Calidad

### 7.6.1. Diámetro polar y ecuatorial

Al evaluar las bayas de arándano, se hicieron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey p=0.05), los resultados muestran diferencias significativas (Cuadro 15). Las bayas bajo la malla gris-perla y azul-gris no arrojan diferencias significativas entre ellas, pero si hubo diferencias con respecto a la malla testigo, ya que esta última obtuvo las medidas menores de diámetro ecuatorial y polar, esta tendencia se mantuvo en las cuatro cosechas.

Las bayas bajo la malla azul-gris registran los mejores diámetros, estos alcanzan promedios de 14 mm ecuatorial y 12 mm polar. En cambio, la malla testigo registra los frutos con menor diámetro. Esto se explica ya que la malla azul-gris obtuvo medidas menores en promedios de radiación, por consiguiente una disminución de temperatura bajo la malla, por lo tanto, los frutos tardaron más en el proceso de maduración y continuaron creciendo. Para corroborar tal afirmación Me *et al.*, (2005)

observan las temperaturas más bajas en mallas con porcentajes de sombreo, con respecto a los tratamientos control sin malla, haciendo referencia a que dicha disminución de temperatura afecta principalmente el crecimiento y maduración de frutos.

Los frutos bajo la malla control al tener diámetros polares menores, pudiese presentar problemas al momento de la selección, ya que el vínculo que existe entre diámetros polar y ecuatorial es considerado en dicho proceso, por consiguiente, frutos demasiado chatos posiblemente serán rechazados por la banda de empaque.

Un resultado parecido reportan Rodríguez y colaboradores (2015) en frutos de arándano cv. Brigitta bajo mallas de sombreo, al obtener mayores calibres de bayas en sus tratamientos con mayor porcentaje de sombreo, con respecto a su tratamiento control (sin malla).

Cuadro 15. Diámetros ecuatorial y polar de bayas de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Tratamiento	Diámetro de bayas							
	Cosecha 1		Cosecha 2		Cosecha 3		Cosecha 4	
	Ø Ecuatorial	Ø Polar	Ø Ecuatorial	Ø Polar	Ø Ecuatorial	Ø Polar	Ø Ecuatorial	Ø Polar
1	13.14 <sup>a</sup>	10.39 <sup>a</sup>	13.21 <sup>ab</sup>	10.44 <sup>a</sup>	13.40 <sup>a</sup>	10.89 <sup>a</sup>	12.82 <sup>a</sup>	10.17 <sup>a</sup>
2	13.18 <sup>a</sup>	10.45 <sup>a</sup>	13.32 <sup>a</sup>	10.58 <sup>a</sup>	13.82 <sup>a</sup>	11.09 <sup>a</sup>	12.68 <sup>a</sup>	10.12 <sup>a</sup>
3	12.09 <sup>b</sup>	9.63 <sup>b</sup>	12.56 <sup>b</sup>	9.91 <sup>b</sup>	12.31 <sup>b</sup>	10.01 <sup>b</sup>	11.36 <sup>b</sup>	8.98 <sup>b</sup>

### 7.6.2. Grados brix

Al hacer las pruebas con el refractómetro y realizar los análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $p=0.05$ ), los resultados muestran diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro16). Los frutos bajo la malla testigo registran promedios superiores en acumulación de °B con respecto bajo la malla azul-gris. Con relación a bayas bajo malla control y malla gris-perla no se observan diferencias significativas, pero en las dos últimas cosechas cuando ya se tenían temperaturas ambiente más altas, las bayas bajo la malla control contienen mayor °B.

Este comportamiento se puede atribuir a la diferencia en promedios de radiación que deja pasar cada malla hacia la planta. En esta investigación la malla control demostró los registros de radiación más altos y sus bayas contienen altos °B. Por lo tanto, ya que los SST están expuestos a factores ambientales principalmente a temperatura, radiación solar y sombreado que pueden alterar el proceso madurativo del fruto (Lado *et al.*, 2010), mayor radiación también aumenta la temperatura en las bayas de arándano y con esto también se eleva la liberación de azúcares, auxiliado por la hidrólisis de antocianinas (Shahidul *et al.*, 2005).

Como bien se mencionó con anterioridad en este trabajo, varios autores entre ellos Kushman y Ballinger (1968); y Lobos (1988) apuntan distintas concentraciones de SST como el adecuado en frutos de arándano, estos varían entre 10 y 12 °B. Con base a estas referencias los tres tratamientos cumplirían con la calidad óptima del fruto en lo que respecta a SST.

Cuadro 16. Grados Brix de bayas de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Tratamiento	sólidos solubles totales (°Brix)			
	cosecha 1	cosecha 2	cosecha 3	cosecha 4
1	15.50 <sup>a</sup>	15.75 <sup>a</sup>	14.00 <sup>ab</sup>	14.25 <sup>a</sup>
2	13.25 <sup>b</sup>	12.75 <sup>b</sup>	12.00 <sup>b</sup>	12.00 <sup>b</sup>
3	14.25 <sup>ab</sup>	14.75 <sup>a</sup>	14.50 <sup>a</sup>	14.50 <sup>a</sup>

### 7.6.3. Dureza

Al someter los frutos de arándano al durómetro Baxlo, sacar las medidas para realizar los análisis de varianza y comparación de medias (Tukey  $p=0.05$ ), los resultados muestran diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro17). Los frutos bajo las mallas fotoselectivas obtienen valores de dureza que van desde los 75.35 a 82.70 Shore y entre ambos tratamientos no presentan diferencia mayor a los 2.45 Shore. De esta manera los frutos bajo malla control arrojan hasta un 15.57% de menor dureza con respecto a bayas bajo mallas fotoselectivas.

Según los parámetros de calidad de algunas empresas (Cuadro 7), los frutos bajo la malla control están en el límite de firmeza requerida, a diferencia de bayas bajo las otras dos mallas que tienen medidas superiores de las requeridas.

Cuadro 17. Medidas de dureza en bayas de arándano bajo diferentes mallas fotoselectivas y malla antipájaros. Letras diferentes señalan diferencias significativas entre tratamientos (Tukey  $p=0.05$ ).

Tratamiento	Dureza (unidad Shore)			
	cosecha 1	cosecha 2	cosecha 3	cosecha 4
1	75.35 <sup>a</sup>	82.65 <sup>a</sup>	78.38 <sup>a</sup>	76.48 <sup>a</sup>
2	77.80 <sup>a</sup>	82.70 <sup>a</sup>	77.03 <sup>a</sup>	76.05 <sup>a</sup>
3	65.25 <sup>b</sup>	67.08 <sup>b</sup>	65.95 <sup>b</sup>	69.08 <sup>b</sup>

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1. Conclusiones

El sombreado de las mallas fotoselectivas hicieron un efecto positivo de disminuir altos niveles radiación PAR y UV, esto confirma la hipótesis de este trabajo. Como consecuencia, trajo cambios en las variables morfológicas, las plantas sin sombra presentaron un mayor grosor de tallos, pero las plantas sombreadas con mallas muestran un mayor desarrollo vegetativo en altura de planta. La malla gris-perla hizo que la biomasa en hoja y planta se elevaran considerablemente en comparación con los otros dos tratamientos.

La radiación no influyo en el contenido de nutrientes en hoja, los valores prácticamente son los mismos en los tres tratamientos.

El peso del fruto no se vio afectado en ningún tratamiento. Por otra parte, las plantas cultivadas bajo malla gris-perla presentan la mayor cantidad de bayas por planta y el mejor rendimiento estimado por hectárea.

Los frutos cultivados en plantas bajo la malla gris-perla y azul gris registran mayores diámetros polar y ecuatorial, así mismo también muestran la mayor dureza. Los frutos del tratamiento testigo presentan un alza en solidos solubles al igual que bajo la malla gris-perla, pero si hay una disminución bajo la malla azul-gris.

### 8.2. Recomendaciones

En base a los resultados anteriores, es razonable considerar que la disminución de la radiación solar y el mejorar la calidad de la luz influye en planta y fruto de arándano variedad Biloxi en el norte de Sinaloa. Las dos mallas fotoselectivas de este ensayo prácticamente solo se diferencian por los colores de las que están hechas, pero con esa sola modificación cambia la forma de transmitir a la planta cantidad y calidad de radiación PAR y UV. La malla de colores gris-perla es la que obtiene mejores resultados en relación con la malla de azul-gris y superior al tratamiento control.

Los resultados recomiendan que disminuir la intensidad de radiaciones PAR y UV con mallas fotoselectivas, puede ser una alternativa para mejorar el proceso fotosintético en la planta de arándano y así lograr resultados positivos que ayuden con la comercialización del fruto de arándano.

## IX. LITERATURA CITADA

- Abdel-Ghany, A. M. & Al-Helal, I. M. (2010). Characterization of solar radiation transmission through plastic shading nets. *Solar energy Materials & Solar Cells* 94: 1371- 1378.
- Anaya, L, A. (1993). Invernaderos, una alternativa prometedora para las zonas áridas de México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 70 p.
- Asagrín, Asesorías agrícolas y Agroindustriales (2007). Estrategias regionales de competitividad por rubro, Berries región de OHIGGINS. Instituto de desarrollo agropecuario. Disponible en línea: [http://www.indap.gob.cl/docs/defaultsource/default-document-library/berriesvir\\_estrategiasregionalesxrubro.pdf?sfvrsn=0](http://www.indap.gob.cl/docs/defaultsource/default-document-library/berriesvir_estrategiasregionalesxrubro.pdf?sfvrsn=0)
- Auda Marin, C. (1973). Índices de madurez de frutas. Antecedentes recopilados de investigaciones nacionales y extranjeras. Convenio Corfo-Enafri. Publicación técnica N° 5.
- Ayala-Tafoya, F., Zatarain-López, D. M., Valenzuela-López, M., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez-Alcaraz, T. D. J., Díaz-Valdés, T., & Osuna-Sánchez, J. A. (2011). Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana*, 29(4), 403-410.
- Balasundram, N., Sundram, K. & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. United Kingdom. *Food Chemistry*. 99(1):191-203.
- Bascope, A. (2013). Realidad productiva del arándano en EEUU y México. Santiago de Chile: ODEPAFIA.
- Basile, B., Romano, R., Giaccone, M., Barlotti, E., Colonna, V., Cirillo, C., Shahak, Y. & Forlani, M. (2008). Use of photo-selective nets for hail protection of kiwifruit vines in southern Italy. *Acta Horticulturae* 70: 185-192.

- Bastías, R. M., Manfrini, L., & Corelli Grappadelli, L. (2012). Explorando el uso potencial de mallas foto-selectivas para la regulación del crecimiento de fruto en manzano. *Chilean journal of agricultural research*, 72(2), 224-231.
- Bernal, A. (2010). "Arándano: Perfil Comercial". Secretaría de Desarrollo Rural, dirección de Comercialización y Planeación del estado de Colima.
- Biswas, N., Balac, P., Narlakanti, S. K., Haque, M. D. E. & Hassan, M. D. M. (2001). Identification of Phenolic Compounds in Processed Cranberries by HPLC Method. *Journal of Nutrition and Food Sciences*. 2013, 3(1), 181. 33. Bruneton, J. *Farmacognosia: Fitoquímica, Plantas medicinales*. Acribia, Zaragoza.
- Blanke, M. M. (2000). Photoinhibition in Citrus. *Proc. Intl. Soc. Citricult. IX Congr.* Pp: 619-622.
- Blanke, M. M. (2009). The structure of coloured hail nets affects light transmission, light spectrum, phytochrome and apple fruit colouration. *Acta Horticulturae* 817: 177-184.
- Blumthaler, M. & Ambach, W. (1990). Indication of increasing solar ultraviolet-B radiation flux in alpine regions. *Science*; 248 (4952): 206-208.
- Briceño-Benard, I. (2018). Prototipo de sistema de torre de viento para enfriamiento habitacional híbrido en clima cálido. Caso de estudio vivienda urbana en Sinaloa, México. Pp: 23-25.
- Buzeta, A. (1997). Chile: Berries para el 2000. Fundación Chile 133 p. Concepción, facultad de Agronomía.
- Cambrón-Sandoval, V. H., España-Boquera, M. L., Sánchez-Vargas, N. M., Sáenz-Romero, C., Vargas-Hernández, J. J. & Herrerías-Diego, Y. (2011). Producción de clorofilas en *Pinus pseudostrobus* en etapas juveniles bajo diferentes ambientes de desarrollo. México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17(2):253-260.
- Carrera J. (2012). Manual práctico para la creación y desarrollo de plantaciones de arándanos en Asturias. Tresalia Comunicación. Asturias.

- Carrillo, J. C., Jiménez, F., Ruiz, J., Díaz, G., Sánchez, P., Perales, C., & Arellanes, A. (2003). Evaluación de densidades de siembra en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 14(1), 85-88.
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández M. D. L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A. & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4): 859-871.
- Castellano, S., Scarascia, G., Russo, G., Briassoulis, D., Mistriotis, A., Hemming, S. & Waaijenberg, D. (2008). Plastic nets in agriculture: A general review of types and applications. *Applied Engineering in Agriculture* 24(6): 799-808.
- Castillo, C. (2008). Manual de Buenas Prácticas Agrarias Sostenibles de los Frutos Rojos. Fundación Doñana 21. Noviembre 2008. España.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Snyder, R. L. & Duce, P. (2004). Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. *Agric. For. Meteorol.* 126(1-2):1-13.
- Cesaraccio, C., Spano, D., Snyder, R. L., Duce, P. & Jones, H. G. (2006). Improvement of chilling and forcing model to predict bud-burst. *In: Proceedings of the 17<sup>th</sup> Conference on Biometeorology and Aerobiology*. San Diego, CA. American Meteorological Society. 1-4 pp.
- Childers, N. F. (1982). *Fruticultura Moderna*. Hemisferio Sur. Vol. 2. Montevideo., Uruguay. 523 p.
- De Sebastián, J. (2010). El arándano, los frutos del bosque o pequeños frutos en la cornisa cantábrica. Gobierno de Cantabria. Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad. Cantabria. 151 p.
- Galleta, G. & Himelrick, D. (1989). *Small fruit crop management*. Prentice-Hall Press. New Jersey. United States of America. 602 pp.
- Ganelevin, R. (2008). World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®). *Acta Horticulturae* 770: 199-203.

- González, A., Riquelme, J. & Morales, C. G. (2017). Manual de manejo agronómico del arándano.
- Gough, R. (1994). *The Highbush blueberry and its Management*. 1ra edition. Haworth Press, Inc. Nueva York, Estados Unidos. 271 pp.
- Grossi Gallegos, H. (2003) Estimación de la distribución espacial en Argentina de la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR). En *Anais do XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*, vol.1, pp. 543-544, Santa María, RS, Brasil.
- Grossi Gallegos, H. (2004). Distribución espacial de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en Argentina. *Meteorológica* 29 (1 y 2), 27-36.
- Guerrero, V. M., Roa, P., Chacón, R., Jiménez, J. A. & Sánchez, E. (2010). Color de la manzana Red delicious bajo malla antigranizo en México. *Tecnociencia Chihuahua* 4(1): 7-11.
- He, J., Huang, L. K., Chow, W. S., Whitecross, M. I. & Anderson, J. M. (1993). Effects of supplementary ultraviolet-B radiation on rice and pea plants. *Aust J Plant Physiol* 20 (2), 129-142.
- Ilić, Z. S., Milenković, L., Šunić, L. & Fallik, E. (2014). Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L. R., Krikorian, R., Stull, A. J., Tremblay, F., & Zamora-Ros, R. (2020). Recent research on the health benefits of blueberries and their anthocyanins. *Advances in Nutrition*, 11(2), 224-236.
- Kasperbauer, M.J. & K. Kaul. 1996. Cap. 18. Light quantity and quality effects on source-sink relationships during plant growth and development. In: *Photoassimilate distribution in plants 78 and crops. Source-sink relationships*. Zamski, E. and A.A. Schaffer. Ed. Marcel Dekker, Inc. Pp. 421 – 440.
- Kushman, L. & Ballinger, W. (1968). Acid and sugar changes during reaping in Wolcott Blueberries. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science* 2: 290-295.

- Lado, J., Vicente, E., Manzzioni, A., & Ares, G. (2010). Application of a check-all-that-apply question for the evaluation of strawberry cultivars from a breeding program. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(13), 2268-2275.
- Leite, C. A. (2005). Las mallas en el contexto del proyecto de un vivero. *Revista Horticultura Internacional* 1: 66-73.
- Lobos, G. A., Retamales, J. B., Del Pozo, A., Hancock, J. F. & Flore, J. A. (2009). Physiological response of *Vaccinium corymbosum* 'Elliot' to Shading Nets in Michigan. *Acta Horticulturae*, 810:465-470.
- Lobos, W. (1988). El Arándano en Chile. En: Seminario El cultivo del arándano. INIA Carillanca. Temuco, Chile. 191-202 pp.
- López, M. J. (2010). Manejo del arándano y posibilidades de este cultivo en México. II Simposium Nacional de producción forzada en frutales. Colegio de Postgraduados, Montecillo. México. 110 p.
- McArtney, S. J., & Ferree, D. C. (1999). Shading effects on dry matter partitioning, remobilization of stored reserves and early season vegetative development of grapevines in the year after treatment. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(6), 591-597.
- Mendoza, S. G. G. (2017). Efecto de las mallas sombra de diferentes colores y una cubierta plástica sobre el rendimiento y calidad del cultivo del tomate.
- Mesa Torres, P. A. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Darowii plantados en Guasca (Cundinamarca, Colombia).
- Moggia, C. (1991). Aspectos de cosecha y postcosecha de arándanos *In: Arándano*, Seminario internacional Producción comercial y perspectivas económicas. 3-4 de octubre de 1991. Talca, Chile.
- Moldovan, B., David, L., Chişbora, C., & Cimpoi, C. (2012). Degradation kinetics of anthocyanins from European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) fruit extracts.

- Effects of temperature, pH and storage solvent. *Molecules*, 17(10), 11655-11666.
- Moon Jr, J. W., Flore, J. A., & Hancock Jr, J. F. (1987). A comparison of carbon and water vapor gas exchange characteristics between a diploid and highbush blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 112(1), 134-138.
- Morales A. & Carmen Gloria (2017). Manual de manejo agronómico del arándano [en línea]. Villa Alegre: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6673> (Consultado: 10 febrero 2021).
- Muñoz, C. (1988). Variedades y su propagación. Instituto de investigaciones agropecuarias. Seminario: El cultivo del arándano. Estación Experimental Carillanca. Temuco Chile. pp: 51-66.
- Oficina Comercial de Perú en Miami (2017). Perfil de mercado de arándanos en los Estados Unidos de Norteamérica.  
Obtenido de <https://goo.gl/uVQKqo>
- Olivares, R. (2009). Cultivares de Arándanos para la Zona Norte de Chile. (On line). Nuestros Berries. Driscoll's de Chile. S.A. [http://bp.driscolls.cl/plataformas/web\\_corporativa\\_v2/presentacion/nuestros\\_berries.aspx?id=10](http://bp.driscolls.cl/plataformas/web_corporativa_v2/presentacion/nuestros_berries.aspx?id=10)>. (7ene. 2012).
- Olivos, C. (1995). Crecimiento y Maduración del fruto de tres cultivares de arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade). Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile. 62 p.
- Oren-Shamir, M., Gussakovsky, E. E., Shpiegel, E., Nissim-Levi, A., Ratner, K., Ovadia, R., Giller, Y. E. & Shahak, Y. (2001). Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76(3): 353-361.

- Ouzounis, T., Parjikolaei, B. R., Fretté, X., Rosenqvist, E. & Ottosen, C. O. (2015). Predawn and high intensity application of supplemental blue light decreases the quantum yield of PSII and enhances the amount of phenolic acids, flavonoids, and pigments in *Lactuca sativa*. Sweden. *Frontiers in Plant Science*. 6:1-14.
- Paredes, J. I. de S. (2010). Los frutos del bosque o pequeños frutos en la cornisa cantábrica: el arándano. Gobierno de Cantabria. Consejería de Desarrollo Rural, Ganadería, Pesca y Biodiversidad. Cantabria, España. 151 p.
- Pérez Cruz, O. A. (2018). Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. *Portes: Revista Mexicana de Estudios Sobre la Cuenca del Pacífico*, 12(23).
- Rakic, T., Gajic, G., Lazarevic, M. & Stevanovic, B. (2015). Effects of different light intensities, CO<sub>2</sub> concentrations, temperatures and drought stress on photosynthetic activity in two paleoendemic resurrection plant species *Ramonda serbica* and *R. nathaliae*. United Kingdom. *Environmental and Experimental Botany*. 109:63-72.
- Ramírez, A. R. (2016). Evaluación del efecto de la aplicación de radiación UV-B durante la poscosecha en la calidad de los extractos de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Retamales, J. & Hancock J. F. (2011). Crop production science in horticulture Blueberries, Holly Beaumont, N° 21. Estados Unidos.
- Retamales, J. & Hancock, J. F. (2012). Blueberries. *Crop Production Science in Horticulture Series UK*. Núm. 21. 323 p.
- Retamales, J. B., Montecino, J. M., Lobos, G. A. & Rojas, L. A. (2008). Colored shading nets increase yields and profitability of highbush blueberries. *Acta Horticulturae* 770: 193-197.
- Retamales, J., Bastias, R., Wilckens, R. & Paulino, L. (2015). Influence of microclimatic conditions under high tunnels on the physiological and productive responses in blueberry 'O'Neal'. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Av.

Vicente Méndez 595, Chillán, Chile. Disponible en línea:  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-58392015000400004](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392015000400004)

Retamal-Salgado, J., Bastías, R. M., Wilckens, R. & Paulino, L. (2015). Influence of microclimatic conditions under high tunnels on the physiological and productive responses in blueberry 'O'Neal'. *Chilean journal of agricultural research*, 75(3), 291-297.

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

Rubio, J. C., García, G. & Ciordia, M. (2010). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología Agroalimentaria* - n.º 12. Disponible en línea:  
<http://www.serida.org/pdfs/5566.pdf>

Salgado, C., Sánchez, P., Volke, V. & Colinas, M. (2018). Respuesta agronómica de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) al estrés osmótico. *Agrociencia*. 52(2):231-239.

Sanmartín, J. (2010). Recomendaciones prácticas para la poda en arándanos de distintas variedades, *Revista Fedefruta*, Chile.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Cultivo del arándano en México, reto superado. *Inforural*.

Shahak, Y. G. (2008). Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops. A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel. *Acta Hort.* 770: 161-168.

Shahak, Y. G. (2008). Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. *Acta hort.*, 75-80.

- Shahak, Y., Gussakovsky, E. E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R., Kfir, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron, I. & Greenblat-Avron, Y. (2004). Colornets: a new approach for light manipulation in fruit trees. *Acta Horticulturae* 636: 609-616.
- Shahak, Y., Gussakovsky, E. E., Gal, E., & Ganelevin, R. (2004). Colornets: crop protection and light-quality manipulation in one technology. In VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition 659 (pp. 143-151).
- Shahak, Y., Ratner, K., Giller, Y. E., Zur, N., Or, E., Gussakovsky, E. E., Stern, R., Sarig, P., Raban, E., Harcavi, E., Doron, I. & Greenblat-Avron, Y. (2008). Improving solar energy utilization, productivity and fruit quality in orchards and vineyards by photoselective netting. *Acta Horticulturae* 772: 65-72.
- Shahidul, I., Jalaluddin, M., Garner, J. O., Yoshimoto, M. & Yamakawa, O. (2005). Artificial shading and temperature influence on anthocyanin compositions in sweetpotato leaves. *HortScience* 40(1): 176-180.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIACON. (2019). Programa informatico SIACON NG.  
Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Strik, B., Buller, G. & Hellman, E. (2003). Pruning severity affects yield, berry weight and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *HortScience* 38:196-199.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (1991). *Plant Physiology*. Ed. The Benjamin/Cummings publishing company, Inc. p.1-565.
- Teramura, A. H., Davies, F. S. & Buchanan, D. W. (1979). Comparative photosynthesis and transpiration in excised shoots of rabbiteye Blueberry. *HortScience*, 14 (6): 723-724.
- Trehane, J. (2004). *Blueberries, Cranberries and other Vacciniums*. Timber Press, Portland y Cambridge. 256p.

- Undurraga, P. & Vargas, S. (2013). Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. 120 p. Instituto de investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillan, Chile.
- Undurraga, P., Vargas, S. & Rebolledo, C. (2013). Manual de arándano. Instituto de investigaciones agropecuarias. Pag 6. Chillan-Chile. Disponible en línea: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39094.pdf>
- Urban, O., Janous, D., Acosta, M., Czerny, R., Markova, I. & Navratil, M. (2007). Ecophysiological controls over the net ecosystem exchange of mountain spruce stand. Comparison of the response in direct vs. diffuse solar radiation. *Global Change Biology*, Oxford, v.13, p.157-168.
- Valera, D. L., Belmonte, L. J., Molina, F. D. & López, A. (2014). Los invernaderos de Almería: análisis de su tecnología y rentabilidad. Memorias I seminario técnico agronómico. Universidad de Almería. CAJAMAR. Almería, España.
- Valera, D., Molina, F., & Gil, J. (2001). Las mallas como técnica de control climático en invernaderos. *Vida Rural*, 8, 50-52.
- Vrhovsek U., Masuero D., Palmieri L. & Mattivi F. (2012). Identification and quantification of flavonol glyco-sides in cultivated blueberry cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(1); 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.04.015>.
- Wills, R., Lee, T., Mcglasson, W., Hall, E. & Graham, D. (1985). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas postrecolección. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 195 p.
- Zorenc, Z., Veberic, R., Stampar, F., Koron, D. & Mikulic-Petkovsek, M. (2016). Changes in berry quality of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during the harvest season. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(6), 855-864.