



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

TÉCNICA DE MANEJO Y FISIOLOGÍA PARA LA PROGRAMACIÓN DE COSECHAS EN ARÁNDANO (*Vaccinium spp*)

MARIA ELENA LOERA ALVARADO

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

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2016

La presente tesis titulada: “**TÉCNICA DE MANEJO Y FISIOLÓGIA PARA LA PROGRAMACIÓN DE COSECHAS EN ARÁNDANO (*Vaccinium spp*)**”, realizada por la alumna: **MARIA ELENA LOERA ALVARADO** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. GUILLERMO CALDERÓN ZAVALA

ASESOR



DR. PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA

ASESOR



DR. ÁNGEL REBOLLAR ALVITER

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2016

TÉCNICA DE MANEJO Y FISIOLÓGIA PARA LA PROGRAMACIÓN DE COSECHAS EN ARÁNDANO (*Vaccinium spp*)

María Elena Loera Alvarado, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2016

En México la producción de arándano tiene gran potencial de crecimiento al ser un cultivo para exportación. Por ello, se requiere programar cosechas para exportar en la época que el mercado internacional lo demanda; dado que el fruto madura en distintas fechas en una misma planta, lograr adelantar y concentrar la producción, significa disminuir costos; así el objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta del arándano a la aspersion de promotores de brotación combinado con poda. Se aplicaron diferentes dosis de TDZ (20, 40 y 80 mg·L⁻¹) adicionado con 50 mg·L⁻¹ de ácido giberélico, combinado con 5, 10 y 20% de poda de despunte, en plantas de arándano cultivar 'Biloxi' en su segundo año de edad, durante el ciclo 2015. Se usó un diseño de bloques al azar con seis repeticiones. Se evaluó el porcentaje de brotación de yemas laterales, dinámica de floración, producción de fruto, intercambio gaseoso y calidad de fruto. Los mejores resultados se obtuvieron en las plantas asperjadas con 80 mg·L⁻¹ TDZ+50 mg·L⁻¹ AG₃+10% de poda obteniendo un porcentaje de brotación de 89% contra 37% del testigo a los 42 días de aplicados los tratamientos. La aplicación de los tratamientos adelantó el inicio de floración y la concentró. El intercambio gaseoso (fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática), la producción de fruto y su calidad no se vieron afectados significativamente por los tratamientos. La aspersion de Thidiazurón y AG₃ en combinación con poda puede ser una herramienta para programar y concentrar la floración y cosecha de arándano, pero debe ser validado en plantaciones "siempre verdes" comerciales.

Palabras claves: Frutillas, citocininas, giberelinas, reguladores del crecimiento, producción forzada

TECHNICAL MANAGEMENT AND PHYSIOLOGY FOR PROGRAMMING HARVEST IN BLUEBERRY (*Vaccinium spp*)

María Elena Loera Alvarado, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2016

In Mexico, blueberry production has a great potential for growth, as it is a profitable crop to export. For this reason, it is required to schedule harvest time to export when the international market demands blueberry fruits, but, with the aim to reduce costs, it is also desirable to improve and concentrate fruit production. The goal of this research was to evaluate the blueberry response to spraying of bud-breaking promoters products combined with pruning. Three Thidiazuron doses (20, 40 y 80 mg L⁻¹) added with 50 mg L⁻¹ of gibberellic acid in combination with 5, 10 y 20% of apical pruning intensities were tested on 'Biloxi' blueberry plants growing in their second year of age during 2015. A randomized blocks experiment design was used with six replications. Lateral bud breaking, flowering dynamics, gas exchange and fruit production and quality were evaluated. The best results were obtained in plants sprayed with 80 mg L⁻¹ TDZ + 50 mg L⁻¹ AG₃ + 10% of pruning reaching 89% of lateral budbreaking versus 37% in the control plants at 42 days after treatments application. Treatments improved and concentrated bloom in blueberry when compared with plants not treated. Gas exchange (photosynthesis rate, transpiration rate and stomatal conductance), fruit yield and quality were not significantly affected by treatments. Thidiazurón and AG₃ sprays in combination with pruning might be a useful management tool to schedule and concentrate flowering and harvest of blueberries, but it should be validated in commercial evergreen blueberry orchards.

Key words: berries, citokinins, giberellins, growth regulators, off-season production

AGRADECIMIENTOS

A los mexicanos que con sus impuestos y a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) financiaron mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y al Posgrado de Fruticultura por darme la oportunidad de continuar con mis formación académica.

Al Dr. Guillermo Calderón Zavala, por la orientación, seguimiento y supervisión durante la realización de este trabajo. Así como sus acertadas sugerencias en la revisión de esta investigación

Al Dr. Prometeo Sánchez García por las sugerencias, su tiempo y disponibilidad en la realización de este trabajo.

Al Dr. Ángel Rebollar Alviter por su valiosa participación en la revisión, corrección y sugerencias del presente trabajo.

Mi más profundo y sincero agradecimiento al M. C. David Jaén Contreras por su apoyo y las facilidades de uso del material de laboratorio utilizados en esta investigación.

Al M. C. Rubén San Miguel Chávez por su apoyo, paciencia y disposición para el trabajo en laboratorio

A la Dra. Hilda Araceli Zavaleta Mancera por su apoyo, disposición y enseñanzas respecto a la parte de histología vegetal del presente trabajo.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos del Colegio de Postgraduados con quienes coincidí en clases y practicas

A TODOS GRACIAS...

DEDICATORIA

A mis padres Carmelo Loera y Genoveva Alvarado Cital, ejemplo de fortaleza, lucha, esfuerzo y dedicación. Fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida.

A mis hermanos: Isidro[†], Esperanza, Luis Felipe, Ignacio, Gerardo y Luz Andrea, por estar ahí cuando más los necesito.

A mis sobrinos: Miriam, Citlali, Samantha, Brisa y Sebastián.

A Justino Aguilar, por estar a mi lado, dándome confianza, apoyo y animo durante todo este tiempo y por estar a mi lado en momentos difíciles de mi vida.

Especialmente a mi hijo Emiliano, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más. Por él y para él van dedicados todos mis logros.

CONTENIDO

I. INTRODUCCION	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen, historia y distribución	3
2.2 Cultivo comercial en México	4
2.3 Descripción taxonómica del arándano	5
2.4 Descripción botánica.....	5
2.5 Variedades comerciales.....	7
2.5.1 Arbustos bajos (Lowbush).....	7
2.5.2 Arbustos altos (Highbush)	8
2.5.5 Ojo de conejo (Rabbiteye).....	8
2.6 Requerimientos climáticos.....	9
2.7 Requerimientos de suelo	9
2.8 Manejo	10
2.8.1 Selección y Propagación.....	10
2.8.2 Plantación	11
2.8.3 Riego	11
2.8.4 Fertilización.....	12
2.8.5 Poda	13
2.8.6 Plagas y enfermedades.....	13
2.8.7 Cosecha.....	14
2.9 Sistema de producción siempre verde	15
2.10 Poda.....	15
2.10.1 Tipos de poda.....	15
2.10.2 Efectos de poda.....	17
2.11 Promotores de brotación	19
2.11.1 Cianamida de hidrógeno	20
2.11.2 Citocininas	20
2.11.5 Giberelinas.....	23
2.12 Indicadores fisiológicos.....	24

2.12.1 Fotosíntesis	24
2.12.2 Tasa fotosintética	27
2.12.3 Conductancia estomática	28
2.12.4 Transpiración	29
2.13 Fisiología del arándano	29
III. MATERIALES Y METODOS	31
3.1 Localización y Ubicación del Experimento	31
3.2 Material Vegetal	31
3.3 Tratamientos	32
3.4 Diseño experimental	32
3.5 Variables evaluadas.....	33
3.5.1 Variables de crecimiento y producción	33
3.5.2 Variables fisiológicas	35
3.5.3 Variables de calidad de fruto	36
3.5.4 Variables fisicoquímicas	36
3.6 Análisis estadístico	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 Variables de crecimiento y producción.....	38
4.1.1 Grado de diferenciación de yemas.....	38
4.1.2 Dinámica de brotación.....	40
4.1.3 Longitud de laterales fructificantes.....	43
4.1.4 Dinámica de floración.....	45
4.1.5 Número de inflorescencias por lateral fructificante	47
4.1.6 Número de flores por inflorescencia.....	48
4.1.7 Número de laterales fructificantes.....	49
4.1.8 Amarre de fruto.....	50
4.1.9 Producción total de fruto por planta	52
4.2 Variables fisiológicas	53
4.2.1 Intercambio gaseoso	53
4.2.2 Peso específico de hoja	57

4.3 Variables de calidad de fruto	58
4.4 Variables fisicoquímicas	60
4.4.1 Fenoles totales	60
V. CONCLUSIONES	62
VI. LITERATURA CITADA	63
VII. APENDICE	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Combinación de tratamientos de diferentes dosis de TDZ y AG ₃ con diferentes intensidades de poda	32
Cuadro 2. Etapas y características del desarrollo del brote vegetativo a reproductivo en arándano	38
Cuadro 3. Número y porcentaje del grado de desarrollo de yemas de arándano cv 'Biloxi' antes de la aplicación de tratamientos.....	39
Cuadro 4. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en la longitud de laterales fructificantes en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.	44
Cuadro 5. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda sobre la tasa fotosintética en arándano cv 'Biloxi' en diferentes fechas de medición en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.....	54
Cuadro 6. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda sobre la Conductancia estomática en arándano cv 'Biloxi' en diferentes fechas de medición en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.	55
Cuadro 7. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en el peso específico de hoja en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.	57
Cuadro 8. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en el peso de fruto, diámetro y sólidos solubles totales en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.	60
Cuadro 9. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en el contenido de fenoles totales en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** A. Etapa 1. Se muestra una solo meristemo vegetativo (Vm), fotografía tomada con el objetivo de 20X B. Etapa 2. Es visible una túnica (T) y los meristemos florales terminales (MFT), fotografía tomada con el objetivo de 40X..... 39
- Figura 2.** A. Etapa 3. Se muestra una yema diferenciada donde los sépalos están empezando a desarrollarse, fotografía tomada con el objetivo de 20X B. Etapa 4. Se muestra una yema diferenciada donde son visibles los pétalos (Pe), los sépalos (Se), anteras (An) y pistilo (Pi), fotografía tomada con el objetivo de 10X..... 40
- Figura 3.** Dinámica de brotación vegetativa por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, del Colegio de Postgraduados en el Estado de México..... 41
- Figura 4.** Porcentaje de brotación final a 42 DDAT por efecto de por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero de Montecillo, Texcoco, México..... 42
- Figura 5.** Dinámica de crecimiento de brotes vegetativos de por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, Texcoco, México..... 44
- Figura 6.** Dinámica de floración por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, Texcoco, México.. 46
- Figura 7.** Porcentaje de floración por efecto de los tratamientos aplicados el 27 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, Texcoco, México. 46
- Figura 8.** Número de inflorescencias por lateral fructificante por efecto de por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' del Campus Montecillo, Texcoco, México..... 48
- Figura 9.** Número de flores por inflorescencias por lateral fructificante por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' del Campus Montecillo, Texcoco, México.. 49

Figura 10. Número de laterales fructificantes por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv ‘Biloxi’ del Campus Montecillo, Texcoco, México.. 50

Figura 11. Porcentaje de amarre de fruto por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv ‘Biloxi’ en invernadero del Campus Montecillo, México.. 51

Figura 12. Producción de frutos por planta por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv ‘Biloxi’ en invernadero en Montecillo, Edo de México.. 52

I. INTRODUCCION

El arándano (*Vaccinium spp*) es un frutal originario del Hemisferio Norte, reconocido como una frutilla con una especial riqueza nutrimental por su alto contenido de polifenoles y antioxidantes, cuyo consumo mejora la dieta alimenticia y reduce riesgos de adquirir enfermedades degenerativas, razón por la cual año tras año sigue ganando terreno en el mercado ya que está siendo más demandada por nuevos mercados y nuevos consumidores en todo el mundo; llegando a aumentar cerca del 50% en los últimos cuatro años.

Estados Unidos es el mayor productor mundial de arándanos, con una producción de 215,000 toneladas en la temporada 2012. También es el mayor consumidor mundial de este producto, consume alrededor del 80% de la producción mundial. Sin embargo, su cultivo se ha expandido a regiones de latitudes más bajas y otras condiciones extremas para el desarrollo de este cultivo incluyendo algunas áreas subtropicales, como el norte de Argentina y Chile, España y lo más extremo, México (Bañados, 2009).

En México la producción de arándanos es baja en comparación con la de Estados Unidos, ya que para el 2014 se obtuvo una producción de 18,031 toneladas; Sin embargo, tiene un potencial de crecimiento amplio al ser un cultivo de gran rentabilidad e importante generador de divisas y empleos para el campo nacional, teniendo como inconveniente su elevado costo de producción.

En este contexto, la cosecha es la labor que más encarece el cultivo, debido a la gran cantidad de mano de obra requerida en este período, por la necesidad de pasar repetidas veces por una misma planta para lograr completar la cosecha. Este punto puede atribuirse a su prolongada floración en el tiempo, lo cual provoca que el fruto madure en distintas fechas en una misma planta. Por otra parte, la posibilidad de cosechas tempranas tiene importantes beneficios económicos por los mayores precios pagados a inicios de temporada. Período en el cual coincide con la escasez de arándanos frescos en el hemisferio norte. Por lo tanto, lograr adelantar y concentrar la producción de fruta, donde la cosecha comienza a fines de octubre, significa un aumento relevante en la rentabilidad del cultivo y disminución de los costos de producción.

Las prácticas culturales que permiten la producción en épocas de mayor demanda en diferentes frutales, son la aplicación de promotores de brotación (cianamida de hidrógeno, ácido giberélico (AG₃); más recientemente TDZ o Thidiazurón) y podas en diversas épocas e intensidades.

En el tema de podas, básicamente se sugiere que a través del despunte de ramas de buen vigor, se estimula un mayor desarrollo de brotes anticipados, aumentando la cantidad de yemas florales por planta (Williamson *et al.*, 2004).

En cuanto a las aplicaciones de promotores de brotación, diversas investigaciones comprueban la eficiencia de cianamida de hidrógeno para romper el letargo invernal de las yemas, ha sido de éxito en frutales tales como manzano (*Malus pumila* L.) (Jackson y Bepete, 1995), durazno (*Prunus persica* L.) (George y Nissen, 1993), vid (*Vitis vinífera* L.) (Dookozlian *et al.*, 1995), nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch) (Wood, 1993) y arándano (*Vaccinium spp*) (Williamson *et al.*, 2002). Sin embargo, este compuesto químico es extremadamente corrosivo y ha ocasionado daños en la piel y es riesgoso a la salud en general. Por esta razón, se ha empleado otro promotor de brotación menos tóxico, el TDZ o Thidiazurón, el cual ha tenido gran éxito para promover brotación y adelantar el inicio de la floración en ciruelo 'Shiro' (Alvarado *et al.*, 2000), en genotipos de durazno (Calderón y Rodríguez, 1999) y en zarzamora 'Brazos' (Calderón y Rodríguez, 1996).

Por lo anterior, para evaluar la efectividad de aplicaciones de TDZ y AG₃ combinado con diferentes intensidades de poda en la promoción de la brotación en arándano, se realizó un estudio durante el ciclo 2014-2015 en Montecillo, Texcoco, México, con el objetivo de evaluar la respuesta en brotación de yemas laterales y dinámica de floración en arándano cv 'Biloxi', así como en intercambio gaseoso, calidad de fruto y contenido de fenoles. Se trabajó bajo la hipótesis de que es posible concentrar la producción y programar la obtención de cosechas de arándano mediante prácticas culturales como aplicación de promotores de brotación y poda.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen, historia y distribución

El arándano (*Vaccinium spp*) es un frutal perteneciente al género *Vaccinium*, de la familia de las Ericáceas son arbustos nativos de varios países; 40% de suroeste de Asia, 25% de Norteamérica y 10% de la parte Central y Sur de América (Darnell, 2006). Debido a que eran muy abundantes en forma silvestre los habitantes de estas zonas se acostumbraron a consumir los arándanos directamente de las plantas por lo cual no se hicieron esfuerzos por desarrollar nuevas variedades. No fue sino a finales del siglo XIX, comienzos del siglo XX cuando se iniciaron los primeros programas de selección de arbustos y técnicas de propagación en Norteamérica.

Los arándanos del tipo ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) se desarrollaron en 1939 por George Darrow en colaboración con Otis J. Woodard en la Estación Experimental de Georgia Llanura Costera y Emmett B. Morrow en la Estación Experimental de Carolina del Norte (Austin 1994); fueron los primeros en cultivarse a finales de siglo XIX en el Sur de Estados Unidos; mientras que la producción del arándano tipo arbusto alto del norte (*Vaccinium corymbosum* L.) es un fenómeno del siglo XX originado con la investigación de Frederick Coville del Departamento de Agricultura de Estados Unidos y Elizabeth White de Nueva Jersey quienes cooperaron para desarrollar el primer arándano híbrido a principios de 1900 (Moore, 1994) y liberado en 1908.

Los primeros arándanos del sur (híbridos basados en *V. corymbosum* y *V. darrowi*), 'Sharpblue' y 'Flordablue', desarrollados por R. Sharpe y W. Sherman de la Universidad de Florida, fueron liberados en 1975. El desarrollo de las plantaciones fue lento con sólo 4 a 6 hectáreas de arándano arbusto del sur en Florida en 1978. A finales de la década de 1980 'Georgiagem' del USDA, Georgia, 'Gulfcoast' y 'Cooper' del USDA, Mississippi, y 'O'Neal' de Carolina del Norte fueron liberados. Muchas de las plantaciones en Florida ahora se hacen de relativamente nuevas versiones del programa de Lyrene en la Universidad de Florida (Strik, 2006).

El aumento inicial de la producción de arándano cultivado fue lento. En 1930, diez años después de la introducción de los primeros cultivares por el programa de Coville, había menos de 80 hectáreas en producción. Sin embargo, en 1965 había 8,100 hectáreas de arándanos plantados (Moore, 1994), en zonas con las condiciones de clima y suelo óptimas para su producción como Michigan, Oregon o Nueva Jersey en los EE.UU., el sur de Chile o la Columbia Británica en Canadá (Strik, 2006). En los últimos 10 a 15 años con la liberación de cultivares de tipo arbusto alto por la Universidad de Florida, las plantaciones de arándanos se expandieron a zonas con menor latitud como Florida, California, el centro de Argentina y la parte central de Chile. Más recientemente el arándano también se ha ampliado a latitudes aún más bajas y condiciones más extremas para este cultivo, incluyendo un área subtropical como el norte de Argentina (Tucumán), el norte de Chile (Vicuña y Ovalle), España (Huelva) y México (Baños, 2009). Actualmente, los arándanos se han convertido en un cultivo importante en todo el mundo que se encuentra distribuido desde las regiones más frías cerca del Círculo Ártico hasta regiones templadas, del trópico y neo trópico. Se distribuye en la mayor parte de Europa (Alpes, Apeninos centrales, Pirineos), Asia, América central, EE.UU. y Canadá, entre los bosques de coníferas y en los brezales.

2.2 Cultivo comercial en México

Las primeras plantas de arándano en México se introdujeron a Puebla en los años 70's, con plantas del tipo 'ojo de conejo'. Para 1995 se reportaron plantaciones comerciales con una superficie de 175 ha en las regiones de Zacatlán, Huauchinango y Cuetzalan en este estado. En el año 2003 se introdujeron al estado de Michoacán cultivares del tipo arbusto alto del sur, estableciéndose pequeñas parcelas comerciales a partir del año 2005 en el municipio de Los Reyes. Entre los cultivares evaluados en esta región se tienen a 'Misty', 'Sharpeblue', 'Star' y 'Biloxi', siendo esta última la de mayor importancia actualmente (Escalera, 2009).

Según datos del SIAP-SAGARPA, la superficie sembrada se ha incrementado en 2709.8% durante el periodo 2006-2012 al pasar de 56 a 1,517.50 hectáreas; la producción también ha tenido un comportamiento similar al incrementarse en 3848.6% en el mismo periodo al pasar de 264 a 10,160.32 toneladas.

Con respecto al valor de la producción, ésta también refleja un incremento importante de 8830% durante el periodo, al pasar de 5,280.00 a 466,235.84 millones de pesos, lo anterior debido al incremento en los precios del producto durante el periodo. Actualmente, los estados productores son Jalisco, Puebla, Colima, Michoacán, Sinaloa, Baja California, Sonora y Estado de México (SIAP-SAGARPA, 2015). Con oferta de frutos frescos de Marzo a Mayo (Bañados, 2009) y prácticamente el 100% de la producción se destina al mercado de exportación. En promedio, el 70% de la producción se destina a EE.UU., el 30% restante se destina a Europa e incipientemente a Japón.

Las empresas exportadoras son chilenas y norteamericanas, que atraídas por las condiciones de suelo y clima óptimas para la producción, costo de mano de obra relativamente bajo comparado con otros países productores, su proximidad a los EE.UU. y sobre todo por la posibilidad de cerrar el ciclo de producción y de mantener una oferta en el mercado durante todo el año, se establecieron en México. De estas comercializadoras figuran entre otras: Driscoll's, Sunny Bridge, Hortifrut, Hurt's Berry Farm, Sun Belle, S. A. (Sánchez, 2008).

2.3 Descripción taxonómica del arándano

El arándano pertenece a la familia *Ericaceae* y al género *Vaccinium*. La familia *Ericaceae* se divide en cuatro subfamilias. La subfamilia *Vaccinioideae* incluye al género *Vaccinium*. Dentro del género *Vaccinium* hay aproximadamente 400 especies. De estas, solo 3 especies tienen importancia económica: *Vaccinium angustifolium* Alton (arándano bajo o 'lowbush'), *Vaccinium ashei* Reade (arándano ojo de conejo o 'rabbiteye') y *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto o 'highbush') (Darnell, 2006).

2.4 Descripción botánica

La planta de arándano es una planta perenne, longeva, de hoja caduca, de madera leñosa. Puede llegar a alcanzar en su madurez alturas de hasta tres metros (Buzeta, 1997).

Raíz. Está provisto de un sistema radical superficial, de raíces fibrosas, de poca extensión y muy finas (pudiendo ser de tan solo 20 µm de diámetro) que usualmente

proliferan entre los 20-30 cm del suelo (Bryla y Strick, 2007); carece de pelos radicales, por lo tanto, las raíces más jóvenes son las encargadas de la absorción. La ausencia de pelos radicales en plantas de arándano las hace muy sensibles a condiciones de humedad en el suelo. Esta situación genera una capacidad de absorción mucho menor comparado con otras especies (Buzeta, 2007). En la naturaleza, las raíces de plantas de arándanos son colonizadas por un simbionte fúngico que forma micorrizas (raíces de hogos), esta relación simbiótica permite a la planta absorber mejor los nutrientes, particularmente nitrógeno, y se produce en menor medida cuando las plantas de arándanos se cultivan convencionalmente. El hongo más frecuentemente asociado al arándano cultivado es *Hymenoscyphus ericae* o *Pezizella ericae* (Muñoz, 1988).

Tallos. Se originan de yemas localizadas sobre la corona, la cual es un área de transición entre los sistemas vasculares morfológicamente distintos de la raíz y de la caña. Su grosor depende de la edad de la planta y de su ubicación dentro de ella. La ramificación es abundante.

Hojas. Son simples, se distribuyen en forma alterna en la rama, varían entre uno a ocho cm de largo y la forma puede ir de ovada a lanceolada. Tienen color verde pálido y en otoño desarrollan una pigmentación rojiza. Anatómicamente, las hojas tienen una epidermis compuesta de una capa de células de empalizada y un parénquima esponjoso con abundantes espacios aéreos (Muñoz, 1988). Hay estomas solamente en el envés de las hojas encontrándose en densidades de 300 por mm² (Buzeta, 1997).

Yemas vegetativas. Son pequeñas, 4 mm de longitud aproximadamente y contiene un ápice que se extiende de 40-80 micrómetros y 120 micrómetros de diámetro. Se ubican en el sector medio y basal del brote (o ramilla de invierno), y a partir de ellas se originaran los brotes normales de la siguiente temporada (Bañados, 2007).

Yemas florales. Ubicadas en la porción apical de las ramillas. Las yemas florales son de mayor tamaño que las vegetativas. La diferenciación de estas yemas ocurre desde mediados del verano hasta fines del otoño y en algunas variedades y zonas de inviernos templados este fenómeno se puede prolongar por más tiempo (Bañados, 2007). Usualmente, la docena superior de yemas en el brote son florales y las inferiores son vegetativas; sin embargo en brotes gruesos pueden estar intercaladas las yemas

(Gough, 1994). La diferenciación se manifiesta por un abultamiento notorio de las yemas, las que se recubren de escamas color café, fácilmente distinguibles de las yemas vegetativas (Muñoz, 1988).

Flor. Compuesta por un ovario unido al cáliz; tiene entre cuatro a cinco celdas con uno o más óvulos en cada lóculo; el pistilo consiste en un tubo filiforme que termina en un estigma pequeño no modificado. La flor tiene entre ocho a diez estambres insertos en la base de la corola. Florece generalmente en racimos axilares, pero también se pueden dar en forma terminal (Buzeta, 1997). Las flores son perfectas y epígenas, están en racimos que emergen de yemas laterales simples, se diferencian en verano al mismo tiempo que se agrandan en dirección basipétala (Gough y Shutak, 1978). Miden de 2–3 cm de diámetro y son de color blanco o rosado, son péndulas y se abren solitarias en la axila de las hojas. El cáliz, poco marcado, tiene 4 o 5 dientes obtusos. La corola esférica verde pálido deja sobresalir el estigma.

Fruto. Corresponde a una baya casi esférica que varía en tamaño desde 0.7 a 1.5 cm de diámetro. Dependiendo de la variedad, su color va desde azul claro hasta un negro intenso, posee secreciones cerosas que le dan una terminación atractiva. El fruto puede poseer hasta 100 semillas pequeñas ubicadas al interior del endocarpio. Las semillas perfectas tienden a agruparse en la parte superior del eje del lóculo (Gough, 1994).

2.5 Variedades comerciales

2.5.1 Arbustos bajos (Lowbush)

Son arbustos silvestres, no hay plantaciones comerciales, pero una gran superficie de poblaciones es manejada para aprovechar la producción. Este tipo incluye *V. angustifolium*. Arbusto pequeño de unos 50 centímetros de altura y crecimiento rizomatoso, la fruta es pequeña y de muy buen sabor y *V. myrtilloides* tiene un crecimiento de 10 a 117 cm y produce un fruto muy ácido (Trehane, 2004). Han sido importantes en la obtención de nuevas variedades contribuyendo al mejoramiento genético del arándano alto. Es el que mayor tolerancia a la sequía posee; esta característica le confiere la presencia de un tallo subterráneo donde puede almacenar una considerable cantidad de agua y nutrientes.

2.5.2 Arbustos altos (Highbush)

Son arbustos de entre 1.5 y 3 metros de altura. Hay dos tipos según los requerimientos de frío invernal requeridos para florecer.

2.5.3 Arbustos altos del Norte (Northern highbush). *V. corymbosum* L. es la principal especie; nativa del Noreste de Estados Unidos y el Sureste de Canadá (Lyrene, 2004); la cual representa el 75% del total de arándano cultivado a nivel mundial. Son variedades adaptadas a bajas temperaturas y con requerimientos para florecer de entre 650 hasta 1200 horas de frío (Lyrene y Ballington, 2006). El periodo de desarrollo del fruto es corto, alcanzando entre 60 a 90 días desde floración hasta maduración de frutos, dependiendo del clima y del cultivar. Algunas variedades son: 'Duke', 'Spartan', 'Bluecrop', 'Draper', 'Ozarkblue', 'Liberty', 'Elliot' y 'Aurora'.

2.5.4 Arbustos altos del Sur (Southern highbush). Logrados por cruzamiento de *V. corymbosum*, *V. ashei* y *V. darrowi*. Están adaptados a climas más templados, tienen requerimientos entre 200 y 600 horas de frío. Son desarrollados para producción de fruta temprana en zonas de inviernos suaves con baja acumulación de frío y primaveras cálidas. Desde 1976, numerosos nuevos cultivares arbusto sureño han sido puestos en libertad con mejores características de calidad de la fruta. Estos incluyen los cultivares, 'Arlen', 'Biloxi', 'Bladen', 'Blueridge', 'Emerald', 'Jewel', 'Misty', 'O'Neal', 'Reveille', 'Sampson' y 'Star' (Lyrene y Ballington, 2006).

2.5.5 Ojo de conejo (Rabbiteye)

Representado por *V. ashei* Reade, es nativo del sureste de los Estados Unidos de América, específicamente de las zonas del Sur de Georgia, Sureste de Alabama y Norte de Florida. Son arbustos vigorosos que pueden alcanzar de 5 a 6 metros de altura. Son más vigorosos que los 'highbush' soportando pH de suelos más altos y situaciones de sequía. Es parcialmente autoestéril, requiere polinización cruzada. Se cosecha más tarde que el arándano alto ya que presentan un largo período entre la floración y la fructificación. En general su fruta presenta características organolépticas inferiores a las del arándano alto, aunque tiene mayor vida de postcosecha. Algunas variedades son: 'Climax', 'Premier', 'Tifblue', 'Alapaha', 'Montgomery', 'Powderblue'.

2.6 Requerimientos climáticos

Los arándanos requieren un cierto número de horas de frío para romper el letargo (Melgarejo, 1996). Bajas temperaturas durante el letargo resulta en crecimiento vigoroso y floración adecuada en primavera. Frío invernal insuficiente retrasa o limita la brotación de yemas. La formación de yemas florales es mayor a temperaturas alrededor de 24°C: mientras que temperaturas altas reducen el número de yemas florales (Spann *et al.*, 2004). Las temperaturas cálidas mejoran la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico, mejoran el amarre de la fruta y aceleran su madurez. Sin embargo, temperaturas muy altas (32°C) durante la madurez producen fruta de menor tamaño y de menor sabor. La floración ocurre sobre yemas que se diferencian al inicio del otoño, generalmente cuando se detiene el crecimiento vegetativo, probablemente en respuesta al fotoperíodo (Muñoz, 1988). El cultivo del arándano no requiere estación calurosa muy larga para madurar sus frutos y tampoco luminosidad para desarrollar color (CORFO, 1980).

El clima para el arándano puede variar de acuerdo a la zona de producción, por ende a la variedad cultivada, pero en marcos generales tiene un requerimiento de horas frío (HF) para romper el receso invernal, entre 800 y 1200 HF para variedades altos del norte, de entre 300 y 550 h en ojo de conejo y de entre 100 y 400 HF para variedades altos del sur (Galletta y Ballington, 1996). Existen variedades capaces de romper el letargo con solo 25 horas frío.

Un factor limitante para el desarrollo de su cultivo es el viento, que produce daños severos, tanto por destrucción de follaje o ramas como por el daño de la roseta en la fruta, y por impedir el trabajo de las abejas en las especies que requieren de un agente polinizador como es el caso del arándano (Valenzuela, 1988).

2.7 Requerimientos de suelo

Requiere de suelos ácidos, los rangos adecuados de pH para un óptimo desarrollo de arándano es entre 4.5 a 5.5 como máximo (Kuepper y Diver, 2004). En suelos con pH altos se presentan deficiencias de Fe y Zinc y causan un desequilibrio nutricional y conduce a un crecimiento débil y bajo rendimiento (Yadong *et al.*, 2002), mientras que

un pH más bajo limita severamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Para estos casos, El pH se puede ajustar ya sea a través de la adición de cal (para elevar el pH) o azufre (para bajar el pH), o bien mediante el uso de fertilizantes que ajusten el pH del suelo; además de la incorporación de materia orgánica.

Los suelos con altos contenidos en fósforo o calcio no son buenos para esta especie, así como tampoco lo son los suelos en que se ha quemado leña, ya que las cenizas elevan el pH de éste, así como los suelos calcáreos donde se provocan severas deficiencia de fósforo (Valenzuela, 1988).

Bañados (2005), sostiene que las raíces se encuentran en un 80% del total, en los primeros 50 cm de suelo por lo cual requiere suelos bien drenados, que fundamentalmente no retengan el agua. Un exceso de humedad reduce la cantidad de oxígeno en el suelo y perjudica notablemente el crecimiento de las raíces, pudiendo llegar a provocar asfixia radicular.

2.8 Manejo

2.8.1 Selección y Propagación

La selección de variedades depende del tipo de arándano, su adaptación en la zona, la acumulación de hora frío que requiera, el tipo de mercado y el método de cosecha (Austin, 1994).

El material vegetal debe tener una buena sanidad, proveniente de estacas, que es el sistema más utilizado para la propagación del arándano, consiste en poner a enraizar porciones de ramas de madera del año anterior (Coque y Díaz, 2005); estas estacas deben tener buen sistema radicular, con edad máxima de 2 o 3 años y una altura de 20 a 40 cm. También se propagan estacas tiernas con hojas y por micropropagación (Muñoz, 1988). La micropropagación o propagación *in vitro* es una técnica que en la práctica resulta muy satisfactoria, ya que permite la obtención de plantas homogéneas y libre de enfermedades.

2.8.2 Plantación

Williamson y Lyrene (2004_b) recomiendan que la mejor época para plantar los arándanos en Florida es de mediados de diciembre a mediados de febrero. Se pueden usar tanto plantas en macetas como plantas con raíces desnudas. Las raíces de las plantas en macetas deben romperse ligeramente y las raíces desnudas deben distribuirse uniformemente en la sepa, incorporando de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ pies cúbicos de turba ácida (*peat moss*). Es recomendable incorporar corteza de pino en el establecimiento de los arándanos jóvenes para proveer un buen sustrato para las raíces superficiales, moderar la temperatura del suelo, proveer protección contra daños mecánicos, adicionar materia orgánica al suelo y ayudar en el control de malezas. Siendo este último extremadamente importante para el establecimiento de plantas jóvenes porque los arándanos tienen raíces muy superficiales que compiten pobremente con las malezas por el agua y los nutrientes.

2.8.3 Riego

Las plantas de arándano tienen un sistema radicular superficial y carente de pelos radiculares lo cual produce una restricción en la capacidad de absorción, por esta razón las raíces del arándano tienden a crecer más lentamente que las de otras plantas (Eck, 1988). Esta situación las hacen ser sensibles a daño por sequía, por lo tanto el contenido de humedad del suelo es de particular importancia en esta especie.

Con riego deficiente, el crecimiento vegetativo de la planta se reduce rápidamente y el desarrollo de la fruta a menudo disminuye (Perriet *et al.*, 2000). Sin embargo, un riego excesivo reduce la función de la raíz, aumenta la erosión del suelo y la lixiviación de nutrientes (Starr *et al.*, 2004), y potencialmente causa problemas con hongos patógenos como *Botrytis cinerea* Pers. y *Phytophthora cinnamomi* Rands (De Silva *et al.*, 1999).

Las necesidades reales de agua varían no sólo con las condiciones ambientales, sino también con las prácticas culturales en las que se cultiva y la frecuencia de riego depende del clima, tipo de suelo y tipo de arándano. No obstante, Lyrene y Crocker (1991) mencionan que el arándano requiere una frecuencia de riego medio con una modesta cantidad de agua en cada riego, a fin de evitar problemas de hongos, prevenir la lixiviación de nutrientes, mejorar un desarrollo de la raíz más profunda, y disminuir los

depósitos de carbonato de calcio que aumentan el pH del suelo. Los arándanos son sensibles a la salinidad. El agua con niveles de salinidad menores de 0,45 dS/m (decisiemens por metro) son los adecuados para la producción de arándanos.

De manera general Strik *et al.*, (1993) recomiendan aplicar de 25 a 50 mm de agua por semana. Siendo el periodo más crítico desde el comienzo de la fructificación hasta el final de la cosecha (Williamson y Lyrene, 2004_b).

2.8.4 Fertilización

Las características del suelo, como la acidez, textura y contenido de materia orgánica, influyen en los requerimientos nutricionales de la planta y alteran el suministro de nutrientes por parte del suelo; por ello, el análisis de suelo es importante para estructurar un plan de fertilización acorde a las necesidades del cultivo. De manera general se debe considerar que los arándanos al desarrollarse en suelos arenosos, pobres en nutrientes y ricos en materia orgánica, responden mejor a las fertilizaciones frecuentes y bajas y son sensibles a la fertilización excesiva (Ochmian *et al.*, 2008).

Los arándanos son plantas adaptadas para crecer en condiciones de suelos ácidos. Esta condición permite tener una alta disponibilidad de algunos nutrientes como el hierro y manganeso cuyos requerimientos porcentuales en la planta de arándano son superiores a otras especies frutales (Hirzel y Rodríguez, 2003). Sin embargo, Strik y Hart (1997) mencionan que el nitrógeno es el nutriente más importante en arándanos, el que en niveles adecuados en los tejidos es responsable del crecimiento de los nuevos brotes, el desarrollo de las yemas florales para la siguiente temporada y la producción del cultivo. Utilizando la fertilización con urea a pH inferior de 5.0 y la fertilización con sulfato de amonio cuando el pH es superior de 5.0 (Pritts y Hancock, 1992). Por otro lado Williamson, J. y Lyrene, P. (2004_b) recomiendan que los niveles de cloro deben ser los más bajos posibles, preferiblemente inferiores al 2%.

Un medidor de pH es un instrumento indispensable y es necesario usarlo regularmente ya que pH altos es la causa de muchos desbalances químicos en los arándanos (Trehane, 2004).

2.8.5 Poda

El objetivo de la poda es mantener el vigor y productividad de la planta de arándano, ayudar en el control de plagas y enfermedades, mantener la calidad y tamaño del fruto y desarrollar un hábito de crecimiento apropiado para la cosecha (Gough, 1994). Una poda adecuada equilibra la producción de ramas nuevas y fuertes, además de mantener una buena producción de frutos (Jansen, 1997). Cuando las plantas se podan poco, se vuelven densas con un crecimiento débil y no desarrollan nuevas y fuertes ramas para una producción futura de fruta. Cuando se podan en exceso, la producción es menor, con frutos más grandes y brotes nuevos.

2.8.6 Plagas y enfermedades

El problema de plagas es uno de los factores que limita la producción de arándanos, existiendo una diversidad de especies detectadas, siendo los pájaros la plaga de vertebrados más seria (Trehane, 2004). Varios insectos hacen daño significativo a los arándanos incluyendo ácaro del brote (*Acalitus vaccinii* Keifer), trips de las flores (*Franklinellia* sp), escarabajo japonés (*Popillia japonica* Newman), gusano del arándano (*Rhagoletis mendax* Curran), barrenador del fruto (*Acrobasis vaccinii*), barrenadores de flores y brotes (*Anthonomus musculus*), barrenador de tallo (*Oberea* sp), chupadores (*Lecanium nigrofasciatum*), defoliadores (*Hyridopterix ephemeraeformis*).

Las enfermedades más comunes en el cultivo del arándano son: *Phytophthora cinnamoni* o pudrición de raíz que afecta a la mayoría de las variedades de arándanos, generalmente asociada a suelos húmedos, pesados y de mal drenaje. Puede provocar la muerte súbita de la planta, o puede manifestarse como una enfermedad lenta y progresiva caracterizada por un débil crecimiento y un prematuro desarrollo característico del color del follaje en el otoño (amarillo o rojizo). Las plantas infectadas tienen con frecuencia una fijación pobre al suelo debido a un escaso desarrollo radical (Smith, 2002). *Botrytis cinérea* o Podredumbre gris, su mayor incidencia coincide con primaveras muy lluviosas y temperaturas en torno a los 20°C. Los síntomas se manifiestan con el marchitamiento de las terminaciones de los brotes jóvenes, que al principio toman un color marrón o negro, para blanquear más tarde a tostado o gris, pudiendo alcanzar toda la rama. Las flores marchitas permanecen en la planta mucho más tiempo que las no afectadas (Williamson y Lyrene, 2004_b). Antracnosis causada por

Colletotrichum acutatum Simmonds puede afectar a ramas, hojas y flores, pero los daños más graves los provoca en los frutos. La infección tiene lugar durante la floración, manifestándose el daño en el momento de la recolección. Se reconoce por un hundimiento sobre el fruto y la formación de esporas color salmón sobre éste (Caruso y Ramsdell, 2007). Pudrición radicular o *Phomopsis vaccinii*, esta enfermedad es económicamente importante en áreas bajas, donde el daño por frío invernal y heladas primaverales son un problema, ya que éstas favorecen la entrada del patógeno. Los canchales producidos por *P. vaccinii* son alargados y delgados; en los primeros estados de formación del canchale, los tallos presentan un área café-rojiza de 5 cm de largo, después de infectados los tallos se marchitan durante el verano. Las conidias infecciosas son esparcidas cada vez que ocurre una lluvia (Cline y Schilder, 2006).

2.8.7 Cosecha

La finalidad principal del cultivo de arándano es la producción de fruta fresca para la exportación por lo que la cosecha se realiza de forma manual siendo necesario el empleo de mano de obra especializada. Esta práctica se realiza de forma selectiva según los índices de madurez del fruto, que son el color y el tamaño, e implica que se realicen hasta ocho recolecciones por planta, debido a que hay un desarrollo irregular de los frutos en el racimo. Los frutos del arándano son climatéricos, denominando de este modo a aquellos frutos que presentan un marcado aumento en la actividad respiratoria posterior a la cosecha (Darnell *et al.*, 1992). Generalmente, el contenido de azúcar está en rangos de 7% en frutos pintones a 15% en frutos totalmente maduros. En este sentido, Kushman y Ballinger (1968) proponen como criterio de cosecha, niveles superiores a 10 ° Brix, en tanto que Lobos (1988) indica que frutos de arándano con 11 y 12° Brix reúnen las cualidades organolépticas deseadas. Otra consideración importante es la cicatriz que queda en el fruto al desprenderse del pedicelo. Lo ideal es una cicatriz pequeña, seca y claramente absicionada, para evitar la entrada de infecciones fungosas y deshidratación de la fruta.

El arándano requiere de dos a tres meses para madurar, dependiendo del cultivar, del clima, y del tipo de madera dejada en la poda. En Estados Unidos el primer estado que comienza a producir arándanos es Florida, que inicia su cosecha a mediados de abril.

(Williamson y Lyrene, 2004_a) seguido de California y Carolina del Norte que empiezan su producción desde la segunda semana de mayo y continúan hasta la primera semana de junio. En áreas del norte, como Nueva Inglaterra y el medio Oeste, la cosecha va de Julio a Agosto. En contra-estación Chile cosecha de Octubre a Abril (Bañados, 2009), Guatemala de Diciembre a Febrero y Argentina en los meses de Octubre a Noviembre (Pescie y López, 2007). Mientras que la oferta de frutos frescos en México va de Marzo a Mayo (Bañados, 2009).

2.9 Sistema de producción siempre verde

En un sistema de producción siempre verde las plantas se mantienen en crecimiento activo durante el año y no entrar en latencia durante el invierno. Este sistema permite mantener hojas sanas y evitar la defoliación por bajas temperaturas (Darnell y Williamson, 1997) a través de la continua aplicación de Nitrógeno durante el año. En estas condiciones, la floración y el desarrollo de la fruta se producen en la primavera sin período de letargo (Reeder *et al.*, 1998); permitiendo alargar la temporada fotosintética y mejorar el estado de carbohidratos en la planta (Swain y Darnell, 1997). Es un método de cultivo para la producción de arándanos en regiones tropicales y subtropicales, donde el frío es inadecuado para la producción de sistemas tradicionales o con letargo (Reeder *et al.*, 1998).

2.10 Poda

2.10.1 Tipos de poda

La poda es una práctica imprescindible en el manejo de los cultivos de arándano, ayuda a mantener el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y la producción de fruta. Es útil para la eliminación de madera improductiva o muerta, mejora la penetración de luz y la formación de botón floral en el interior de la planta. En la práctica, hay dos tipos de poda: despunte y aclareo. La poda de despunte elimina la parte de la punta de la rama, incluyendo la yema apical; esto estimula yemas laterales a lo largo del brote. La poda de aclareo elimina totalmente el brote desde su origen; no estimula la brotación lateral, sino que se utiliza para eliminar la madera muerta y rejuvenecer las plantas; así como controlar la altura de la planta y la redistribución del crecimiento. Tiene un efecto muy pronunciado en la forma de la planta y el tamaño (Davies y Crocker, 1994).

2.10.1.1 Poda en plantas jóvenes

Las razones principales para podar plantas jóvenes (1 o 2 años de edad) es equilibrar el crecimiento entre brotes y raíces, así como eliminar los crecimientos débiles y mal posicionados, dejando sólo los brotes nuevos y vigorosos. Una regla general es eliminar de $\frac{1}{2}$ de la parte superior de la planta al momento de la plantación. Plantas pequeñas con un sistema radical débil requieren una poda severa, mientras que en plantas vigorosas se hace una poda ligera (Davies y Crocker, 1994). En estas plantas también se deben ralea las flores después de la primera o segunda temporada desde la plantación, ya que al formar fruto demoran el crecimiento. En los años subsiguientes, se deben hacer podas ligeras y sacar ramas dañadas, débiles, enfermas y cualquier brote torcido y de bajo crecimiento, para así incentivar nuevos crecimientos (Coque y Díaz, 2005).

2.10.1.2 Poda en plantas adultas

La poda de plantas adultas consiste básicamente en la eliminación desde la base o a media altura de cañas débiles, improproductivas o mal ubicadas, y en la eliminación de ramas cortas y débiles en la parte más alta de la planta. Una regla general es eliminar aproximadamente $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{5}$ de las ramas viejas cada año (Williamson y Lyrene, 2004_b). Aproximadamente el 20% de las cañas mayores debe ser retirado cada año después de la cosecha y todos los brotes en el arbusto deben ser inferiores a seis años (Davies y Crocker, 1994). El arándano puede ser podado en reposo y/o en estado vegetativo, logrando una respuesta diferente de la planta, ya que ésta se encuentra en dos estados fisiológicos distintos. Usualmente se realiza durante el período de letargo de la planta (poda de invierno), mientras las yemas florales están latentes y son fácilmente visibles. Mientras que, la poda de verano o en verde se realiza durante la primavera y el verano y es utilizada en forma complementaria a la de invierno; tiene como objetivos reducir y manejar el crecimiento de brotes vigorosos, retrasar la época de inducción floral, manipular la floración en brotes (Bañados, 2005).

2.10.1.3 Poda de rejuvenecimiento

La poda de rejuvenecimiento consiste en la extracción de grandes partes o toda la parte superior de la planta, esta remoción de ramas más antiguas desde la base de la planta

promueve el desarrollo de nuevas ramas a partir de yemas adventicias desde la corona, o desde la base de ramas primarias para las plantas de cinco a seis años de edad y mayores, ya que las cañas se vuelven cada vez más ramificados, pierden el vigor y su productividad (Williamson *et al.*, 2004). Este tipo de poda reduce significativamente los rendimientos de uno o dos años después de la poda, pero ayuda a mantener una producción constante en calidad a lo largo de los años (Jansen, 1997).

2.10.2 Efectos de poda

2.10.2.1 Crecimiento vegetativo

La poda es una herramienta que permite el aumento del vigor de la planta y promueve el crecimiento vegetativo (Bañados, 2005). El crecimiento de los brotes del arándano ocurre normalmente en flujos; el primer flujo de brotación se da en primavera, donde se desarrollan yemas vegetativas y reproductivas a fines de diciembre y el segundo surge de las yemas formadas en los brotes de primavera y comienzan su desarrollo desde diciembre (Pescie y López, 2007). A partir de las yemas formadas en estos brotes, luego de la cosecha surgen brotes anticipados que se desarrollan durante el verano, en los que se inducen yemas florales hacia el mes de abril (Pescie y Lovisolo, 2005). A través del despunte de ramas de buen vigor, se estimula un mayor desarrollo de brotes anticipados, aumentando la cantidad de yemas florales por planta (Williamson *et al.*, 2004). Esto coincide con los resultados encontrados por Albert *et al.* (2010) en su experimento con arándano de altura media donde la poda incrementó el número y desarrollo de los brotes. Por su lado, Spiers *et al.*, (2000), encontraron en arándano ojo de conejo cv Climax que una poda severa aumenta la brotación vegetativa y dispara el crecimiento.

2.10.2.2 Inducción floral

La inducción y diferenciación de yemas florales en arándano ocurre en forma basipétala, es decir, se inicia en la punta y prosigue hacia la base. La cantidad de yemas florales que se formen en un brote está aparentemente relacionada al grosor del brote y al balance de los reguladores de crecimiento (Muñoz, 1988). Normalmente, cada ramilla tiene de 5 a 7 yemas florales, pudiendo diferenciarse en algunos casos más de 20. A mediados del otoño ya es posible distinguir claramente las yemas florales y las vegetativas, ya que las yemas florales son de mayor tamaño que las vegetativas, las que

se ubican en el sector medio y basal del brote y a partir de ellas se originarán los brotes normales la siguiente temporada. La inducción floral se da durante el año anterior a la floración, en las ramas desarrolladas durante ese año (Aalders y Hall, 1964).

Para que la planta de arándano comience el proceso de inducción y diferenciación floral requiere que se haya detenido el crecimiento vegetativo del brote (Bañados y Strik, 2006). Dependiendo de la época en que ocurra la detención del crecimiento, será el período en que se inicie la inducción y diferenciación floral, y esto puede variar de brote en brote (Bañados, 2005).

Gough (1983) determinó que en varios cultivares de arándanos altos (*Vaccinium corymbosum* L) no podados fueron los primeros en completar el periodo de floración (cuando las primeras corolas empiezan a caer). Así mismo encontró que una poda efectuada a finales del verano retrasa la floración. Sin embargo, con una poda efectuada en invierno las plantas florecieron poco después de aquellas no podadas.

2.10.2.3 Tamaño de fruto y rendimiento

La poda tiene un impacto importante en las particularidades de calidad de los frutos de arándanos (Retamales y Hancock, 2012). Lobos (1988) señala que existen variedades que genéticamente producen fruta de tamaño mediano o pequeño, pero existen otras, tales como, Elliot, Dixi, Northland, Herbert, que producen fruta pequeña por un exceso de carga frutal ante una inadecuada poda; por el contrario, con una poda fuerte se puede lograr un aumento del tamaño, pero un menor número de frutos afectando el rendimiento. Esto coincide con lo encontrado por Strik *et al.*, (2003) quienes obtuvieron que el tamaño de fruta es menor en plantas de poda ligera y no podadas; mientras que una poda severa aumenta el tamaño de los frutos pero reduce el rendimiento (Scott *et al.*, 1973). Si bien al realizar una poda de éste tipo se reduce la cantidad de frutos por planta, también se obtiene un incremento en el tamaño del fruto que compensa el rendimiento final por planta (Strik *et al.*, 2003), y aumenta la calidad (Pritts, 2004).

La productividad se afecta a largo plazo con la poda, estimulando la formación de nuevas cañas que pueden reemplazar a las cañas viejas y sin vigor (Siefker y Hancock, 1987). Albert *et al.*, (2010) mencionan que las plantas podadas tienen el mismo rendimiento que

las plantas sin podar durante tres años, pero cuatro años después de la poda el rendimiento de la planta podada es mayor.

2.10.2.3 Tiempo de cosecha

Pescie *et al.*, (2011) mencionan que el podar las plantas, provoca un acortamiento del tiempo operativo de cosecha. Este acortamiento se debe en parte al mejor tamaño de la fruta y a su mejor accesibilidad, lo que permite cosechar el mismo volumen de fruta en menor tiempo (Strik *et al.*, 2003). Adicionalmente, la reducción de los tiempos de cosecha implica también una reducción de sus costos, compensando los tiempos y costos requeridos para realizar la poda.

2.11 Promotores de brotación

El factor limitante en la adaptabilidad y productividad de frutales caducifolios en zonas con inviernos benignos lo representa el deficiente enfriamiento para romper el letargo de sus yemas (Edwards, 1987). Este problema se agrava debido a que la acumulación de frío se ve frecuentemente interrumpida por la presencia de altas temperaturas (Erez, 1987). Una de las alternativas para reducir este problema es la aplicación de promotores de brotación, que son sustancias químicas que se aplican a dosis bajas y promueven la brotación de las yemas, aunque estas no hayan completado su requerimiento de frío (Almaguer, 1997).

Diversos productos químicos rompen efectivamente el letargo (Petri, 1987) pero actualmente pocos de ellos pueden ser utilizados comercialmente, debido a sus efectos fitotóxicos. Entre las sustancias químicas que se han utilizado para estimular la brotación de yemas florales y vegetativas de caducifolios figuran: aceite mineral, Dinitro-orto-cresol (DNOC), Dinitro-butyl-fenol (DNBP), Cianamida de hidrógeno (H_2CN_2), Cianamida de Calcio ($CaCN_2$) y Nitrato de Potasio (KNO_3). Otros compuestos como Thiourea, Benziladenina (BA), Giberelinas y Citocininas sintéticas han sido empleados para estimular la brotación de yemas florales y vegetativas cuando los requerimientos de frío son insuficientes (Volz y Knight, 1986).

No obstante, en arándano los productos más utilizados son la cianamida de hidrógeno, citocininas (CCPU) y ácido giberélico.

2.11.1 Cianamida de hidrógeno

La cianamida de hidrógeno (H_2CN_2) se cataloga como el compuesto químico más potente para promover la brotación (Erez, 1987) y el desarrollo de cultivos de clima templado que tiene requerimientos de frío. Sin embargo, este compuesto químico es extremadamente corrosivo y su efecto sobre la brotación varía dependiendo de la concentración y época de aplicación (Osorio *et al.*, 1997).

El producto comercial más utilizado como fuente de Cianamida de hidrógeno es el Dormex®, el cual contiene 49% de Cianamida de Hidrógeno. Su modo de acción afecta al sistema respiratorio en las células, e interfiere en ciertos procesos enzimáticos que a su vez controlan el periodo de letargo (Bonnaire y Rieder, 1985). Por su parte, Faust *et al.* (1997) mencionan que esta sustancia activa más de 800 genes en las yemas en las primeras horas después de su aplicación pero se desconoce su secuencia de activación lo cual permitiría determinar el mecanismo de acción. A nivel bioquímico se conoce que este producto inhibe la enzima catalasa y consecuentemente reduce las concentraciones de peróxido en los tejidos.

Los experimentos para comprobar la eficiencia de Cianamida de hidrógeno para romper el reposo invernal de las yemas, ha sido de éxito en frutales tales como: durazno [(*Prunus persica* (L.) Batsch] (George y Nissen, 1993), pera (*Pyrus pyrifolia*) (Lin *et al.*, 1990), manzano (*Malus domestica* Borkh.) (Williams y Tax, 1990), vid, ciruelo y nogal [*Carya illinoensis* (Wang.) K. Koch] variedades Western y Wichita (Tarango, 2001); No obstante, la utilización de cianamida hidrogenada en los arándanos es una práctica relativamente nueva, existen poco trabajos sobre su utilización, destacándose los realizados por Williamson *et al.*, (2002) que evaluaron las aplicaciones de cianamida hidrogenada. Sus estudios mostraron que Dormex® (cianamida hidrogenada) estimula una brotación vegetativa de primavera más temprana y más vigorosa en varios cultivares Southern Highbush y en 'Climax', ojo de conejo; obteniendo una maduración temprana de los frutos, incremento del peso fresco y un leve incremento del rendimiento total.

2.11.2 Citocininas

Las citocininas son hormonas importantes para todo proceso de división celular dentro de la planta, causan una dominancia apical reducida o anulada, con brotación y

crecimiento de yemas axilares. Pueden iniciar brotes adventicios en porciones de las hojas, venas y pecíolos intactos (Howell *et al.*, 2003), retrasan la senescencia de las hojas, provocando que las hojas permanezcan más tiempo verdes por mayor contenido de clorofila y funcionales (Jordán y Casaretto, 2006).

Existen dos tipos de citocininas, las de origen natural que son derivados de las purinas, como kinetina, n-benciladenina y zeatina, y las de origen sintético que son derivados de la difenilurea (Forclorfenuron). Ambos tipos de citocininas tienen una actividad biológica similar, cubriendo un extenso rango de tejidos y especies. La principal diferencia entre ambos tipos está en la concentración requerida para tal actividad, siendo las de origen sintético más potentes que las de origen natural (Segura, 2000).

Las citocininas tienen una gran importancia económica por su capacidad para reducir la dominancia apical y estimulan o aceleran la liberación del letargo en las yemas de frutales (Wang *et al.*, 1986). Siendo la base de su empleo en una serie de preparados comerciales que incrementa la ramificación de las plantas con interés frutícola (manzano, cerezo, etc.) u ornamental. En este caso, se emplean principalmente, las citocininas sintéticas.

2.11.3 Forclorfenurón (CPPU)

El Forclorfenurón (CPPU, N-(2-cloro-4-pyridyl-N', phenylurea)) es una sustancia derivada de la fenilurea con actividad de citocinina que influencia la división celular y la morfogénesis en varias especies vegetales (Tartarini *et al.*, 1993). En frutales, el CPPU ha sido utilizado en diferentes fases fenológicas para probar sus efectos fisiológicos (Greene, 1989). Por otro lado, Ogata *et al.*, (1989) reportaron que forclorfenurón (CPPU) es útil para aumentar el tamaño de muchos tipos de frutas; incluyendo la uva de mesa (*Vitis* sp.) (Avenant y Avenant, 2006), el kiwi (*Actinidia chinensis* Planch y *A. deliciosa*) (Kim *et al.*, 2006), manzanas [*Malus domestica* (Borkh.) Mansf.] (Greene, 1993), pera (*Pyrus communis* L.) (Flaishman *et al.*, 2001), y caqui japonés (*Diospyros kaki* Thunb) (Sugiyama y Yamaki, 1995). Recientemente, la investigación de NeSmith, (2002) demostró que CPPU también puede ser beneficioso en la producción de arándano ojo de conejo. Posterior, Williamson y NeSmith (2007) encontraron que aplicaciones de CPPU aumenta el tamaño de los frutos de arándanos arbustos altos del sur.

2.11.4 Thidiazurón (TDZ)

Es uno de los derivados de la fenilurea con la actividad del regulador de crecimiento citocinina, estimula la división celular y formación de callo en cultivo in vitro, además retrasa la senescencia de hojas (Shudo, 1994).

N-phenil N-1,2,3-thidiazol 5-ylurea, conocida como thidiazuron (TDZ) es un producto químico, capaz de romper el endoletargo (Wang *et al.*, 1994) y de reducir el número de unidades frío requeridas para lograr brotación de yemas (Faust *et al.*, 1991).

El modo de acción del TDZ no es conocido totalmente, sin embargo Wang *et al.*, (1987) señalan que el TDZ puede convertir carbohidratos de reserva a formas más fácilmente asimilables y promover el transporte eficiente para la brotación de la yema. Mientras que Maxwell *et al.*, (2007) consideran que la acción del TDZ es una perturbación hormonal.

El thidiazurón se comercializa como un producto en suspensión humectable a una concentración de 500 g por litro de producto (Revent® 500); la acción que produce este producto se da de manera localizada, su efecto es en el sitio de aplicación (Wang *et al.*, 1991), por lo tanto la aplicación debe ser dirigida. Es efectivo para adelantar el inicio de la floración, la época de floración plena y acortar el tiempo entre estas etapas en ciruelo “Shiro” (Alvarado *et al.*, 2000). Almaguer *et al.*, (2000) encontraron para este mismo frutal en los cultivares Shiro y Santa Rosa, que las mezclas de citrolina 2% más TDZ 500 mg·litro⁻¹ y citrolina 3% más TDZ 500 mg·L⁻¹, adelantaron la brotación en 19 y 15 días respectivamente, con relación al testigo.

En zarzamora ‘Brazos’, 150 mg·litro⁻¹ aplicados en paraletargo, provocaron un 58 % más de brotación que el testigo (Calderón y Rodríguez, 1996).

En genotipos de durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch) con aplicaciones de TDZ a 200 mg·litro⁻¹ más citrolina 2 %, 30 días después de la aplicación se logró estimular la floración en más de 80 %, respecto al testigo sin aplicación (Calderón y Rodríguez, 1999).

En uva cv Flame Seedless se aplicó TDZ en dosis de 0, 150, 300 y 450 mg/L⁻¹ combinado con citrolina al 0, 2, 4 y 6% según el tratamiento correspondiente y los resultados mostraron que las aspersiones no aumentaron la brotación floral debido a que las yemas ya habían completado sus horas frío y que la citrolina inhibió la brotación; se concluyó

que una yema en estado fisiológico activo (a punto de brotar) no es sensible a aplicación de thidiazurón (Márquez *et al.*, 2003). Por lo que la actividad del thidiazurón varía dependiendo de su concentración, tiempo de exposición, explante cultivado y especie cultivada (Murthy *et al.*, 1998).

2.11.5 Giberelinas

Las giberelinas (AG) fueron descubiertas en el Japón, en la década de los 30, en plantas de arroz enfermas a causa del hongo *Gibberella fujikuroi*. Hooley (1994), describe las AG como hormonas diterpenoides tetracíclicas esenciales para el normal desarrollo de las plantas.

Actualmente se han identificado más de 90 giberelinas, de las cuales la más comercializada es AG₃, que contiene además pequeñas cantidades de otras giberelinas como AG₁, AG₄, y AG₇ (Gargia, 1991) y la más importante en plantas es AG₁ puesto que es la principal responsable del alargamiento de los tallos (Davies, 1995).

Las AG cumplen un importante papel fisiológico en el desarrollo de las semillas, el desarrollo de la floración y el crecimiento del tubo polínico. Además, promueven la división y elongación celular en los meristemos vegetativos terminales, así como en los tejidos y hojas, también interviene en la terminación de la dormancia de semillas, yemas y bulbos, participan además la formación de flor, expresión de sexo, amarre de fruto y senescencia de hojas y frutos (Díaz, 2002); la concentración de la hormona y la susceptibilidad del tejido vegetal influyen en estos procesos. Sin embargo, los mecanismos moleculares por los cuales las AG son traducidas a cambios morfológicos y bioquímicos dentro de las plantas son desconocidos (Ikeda *et al.*, 2001).

La aplicación de AG₃ en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) 'Heritage' adelantó la floración y la cosecha en plantas jóvenes (Calderón y Rodríguez, 1992). En zarzamora 'Comanche' a una dosis de 200 mg·L⁻¹ más urea 3%, promovió la brotación en más de 50 % y la producción de frutos en más de 100%, respecto a las plantas sin tratar (Vidal *et al.*, 1992).

El AG₃ se utiliza en uva en bajas concentraciones para hacer raleo de flores y aumentar el tamaño de las bayas (Muñoz y Valenzuela, 2000).

En cítricos el AG₃ ha mostrado un estímulo del crecimiento vegetativo, cuando es aplicado durante el receso invernal o al inicio de la brotación (Agustí, 1986) y se presenta como el inhibidor más potente de la inducción floral (Guardiola *et al.*, 1982).

En níspero la aplicación de ácido giberélico en dosis de 20 hasta 200 ppm, es eficaz en el control de la senescencia y ha permitido reducir la incidencia de numerosas alteraciones fisiológicas, reduciendo la intensidad de la mancha púrpura (Garilio *et al.*, 2002).

Por su lado, Merino *et al.* (2002) encontraron que aplicaciones foliares de AG₃ en combinación con CCPU en arándano aumenta el diámetro de las bayas, sin afectar la madurez ni la concentración de azúcar de los frutos.

2.12 Indicadores fisiológicos

2.12.1 Fotosíntesis

La fotosíntesis es uno de los procesos más importantes que controlan el crecimiento y la producción de la planta, en el que el CO₂ es asimilado por las hojas en presencia de luz y agua para transformar energía radiante en energía química y fijado en compuestos orgánicos carbonados (Gutiérrez *et al.*, 1998). Además, es uno de los principales procesos relacionados con la absorción y asimilación de nitrógeno en frutales, debido a la clorofila y proteínas enzimáticas involucradas en el proceso fotosintético (Evans, 1989). En este sentido hay plantas más eficientes que otras para utilizar el CO₂ del aire y del agua; tal es el caso de los árboles frutales tropicales y subtropicales que tienen una fotosíntesis máxima de 3 a 9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}^{-1}$ de CO₂ fijado, los templados de 3 a 12 μmol , mientras que en los tipos CAM como la piña es de 0.6 a 2.4 μmol , lo cual refleja que estos últimos son los menos eficientes en la utilización del bióxido de carbono (Díaz, 2002), esta característica las diferencia en cuanto a su capacidad fotosintética.

Existen factores externos e internos que pueden regular en mayor o menor grado el proceso de fotosíntesis. Entre los primeros están los parámetros climáticos como la temperatura, precipitación, radiación solar, humedad relativa del ambiente (alta o baja demanda evaporativa) y CO₂ (Salisbury y Ross, 2000). Mientras que los factores internos son la estructura de la hoja, edad de la hoja (Chaumont *et al.*, 1994), el contenido de

clorofila en las hojas y su duración activa (verdor en las hojas por más tiempo). Otros elementos que influyen en la fotosíntesis son la interacción entre el medio externo (suelo, disponibilidad de agua) y el metabolismo de la planta, como el balance nutricional y el status hídrico (Gutiérrez *et al.*, 2005). Por tanto, todas las condiciones deben ser óptimas para permitir la tasa máxima de fotosíntesis (Sánchez *et al.*, 2000).

2.12.1.1 Estimación de la fotosíntesis

Es complejo medir la fotosíntesis en árboles frutales debido principalmente, al tamaño que alcanzan los árboles adultos hace muy difícil realizar las medidas, la dificultad de medir fotosíntesis en árboles enteros o parcelas de bosques y, por último, la casi ausencia de modelos de crecimiento basados en la fotosíntesis y los procesos fisiológicos. Sin embargo los estimadores más utilizados son los siguientes:

Peso específico de la hoja. Una forma de estimar la fotosíntesis, es mediante la producción de materia seca por unidad de superficie foliar, o sea, el peso específico de la hoja (PEH) (Secor *et al.*, 1982).

Este cociente es afectado por la intensidad y duración de la luz (Reyes *et al.*, 2000), por la sombra, de manera que conforme ésta se incrementa el peso específico decrece (Marini y Sowers, 1990), así como también con la edad de la hoja y su estado de desarrollo, como lo indican Chaumont *et al.*, (1994), esto coincide con lo encontrado por Castillo (1996) que en cítricos el peso específico de hoja aumenta a medida que las hojas son más maduras.

Por su lado Nava (1994) encontró que en cultivares de naranja el peso específico de la hoja está estrechamente relacionado con la capacidad de estructuras fotosintéticas de la planta para producir y acumular materia seca por unidad de área foliar (tejido nuevo) y menciona que los cultivares con menor peso específico de hoja son los que tienen mayor número de hojas.

Grosor de la hoja. Marini y Sowers (1990), indican que a mayor intensidad de luz, las plantas tienen hojas más gruesas, por lo cual las hojas soleadas son de dos a tres veces más gruesas que las sombreadas, debido a que se forman células en empalizada más

largas o con una capa adicional, y el parénquima esponjoso está más desarrollado. Por lo cual se incrementa el tamaño de la hoja y se altera la estructura interna.

Faust (1989) señaló que las hojas más gruesas tienen mayor capacidad fotosintética en cítricos. Esto coincide con lo mencionado por Garnier *et al.*, (1999) que el mayor grosor de la hoja podría indicar que es más eficiente desde el punto de vista fotosintético.

Densidad estomática. Los estomas desempeñan un papel fundamental en el intercambio de gases entre la atmósfera y la hoja, pero también regulan la pérdida de agua. (Webb y Baker, 2002). Por lo cual, cuando existe déficit hídrico se afecta el funcionamiento del estoma, y con esto el intercambio gaseoso ya que reduce la entrada de CO₂, la transpiración, la fotosíntesis y la síntesis de proteínas (Munns y King, 1988), de ahí la importancia de conocer el número de estomas por unidad de superficie foliar, definición dada al término densidad estomática, el cual representa un valor diagnóstico para fragmentos de láminas foliares, siempre y cuando su uso se restrinja a órganos de la misma edad de desarrollo y de la misma taxonomía (Croxdale, 2000).

Thakur (1990) señalan que la disminución de la cantidad de estomas por mm² incrementa la resistencia estomática de la planta y de esta manera evita un exceso de transpiración; sin embargo, la densidad estomática es tan variable que está fuertemente influenciada por diversas condiciones estresantes como condiciones de sequía y altas concentraciones salinas además el material vegetal que se trate (Salas *et al.*, 2001).

Por su lado, Roth *et al.*, (1986) menciona la densidad estomática está relacionada con el tamaño de las células oclusivas, de tal manera que alta densidad estomática se presenta en plantas con células oclusivas pequeñas y viceversa. Otro factor que influye en la densidad estomática según Pares *et al.*, (2004) es la técnica de injertación, estos autores al estudiar la densidad e índice estomático en hojas de *Annona muricata* y *A. montana*, concluyeron que la técnica de injertación afectó los valores de densidad estomática disminuyendo el número de estomas/mm². Otra posible fuente de variación es el desarrollo y posición de las hojas. Tichá (1982) señala que la densidad estomática tiende a incrementarse en hojas completamente expandidas al avanzar de la base al ápice caulinar en plántulas derivadas de semilla.

Contenido de clorofila. La clorofila es un pigmento verde fotosintético que absorbe la luz solar (principalmente en las porciones del azul y el rojo del espectro electromagnético) y transfiere esta energía al centro de reacción de los fotosistemas. Algunos investigadores consideran a la clorofila como un buen indicador para seleccionar genotipos de alta tasa fotosintética (Buttery y Buzzell, 1977), basándose en que un alto contenido de clorofila indica alto potencial fotosintético; mientras que la pérdida de clorofila, es decir, la “clorosis”, es un indicativo del estrés inducido por calor, sequía, salinidad, deficiencia nutricional, envejecimiento, etc., y refleja una pérdida del potencial fotosintético de la planta. En kiwi (*Actidinia chinensis*, Planch.), De Jong *et al.*, (1984) observaron una relación directa entre la fotosíntesis neta y el contenido de clorofila. Sin embargo, Blum (1990) menciona que los niveles de clorofila no tienen influencia directa sobre la tasa de asimilación de CO₂ en genotipos de trigo y de otros cultivos que tienen alta tasa de fotosíntesis y no muestran un alto contenido de clorofila. Este compuesto está más bien asociado con el contenido de nitrógeno en las plantas, pero sin influir en la fotosíntesis (Austin *et al.*, 1987). No obstante, Calderón *et al.*, (1997) señalan que el contenido de nitrógeno en la hoja es un factor determinante en la tasa fotosintética por unidad de área foliar, ya que si tal contenido es alto, la tasa fotosintética también lo será. Sin embargo, ha sido difícil establecer una correlación entre fotosíntesis y el contenido de clorofila o de Nitrógeno en hojas, porque en condiciones de campo la fotosíntesis fluctúa durante el día, mientras que los contenidos de Nitrógeno y clorofila en hojas permanecen prácticamente constantes (Ryugo, 1988).

El contenido de clorofila de las hojas (y otros tejidos verdes) se puede medir de manera rápida y no destructiva usando un medidor óptico portable de mano que funciona a baterías (por ejemplo, el medidor de clorofila Minolta SPAD-502), el cual mide el contenido de clorofila a través de la transmitancia de la luz (absorbancia de la luz roja a 650 nm y de la luz infrarroja a 940 nm) y compensa los valores dependiendo del grosor de la hoja.

2.12.2 Tasa fotosintética

La tasa fotosintética o tasa de fotosíntesis neta corresponde a la asimilación de CO₂ por unidad de área foliar y de tiempo y se define como la cantidad neta de carbono que se

incorpora a la planta en un momento dado. Puede ser afectada por la radiación total incidente, la temperatura ambiente y de hoja, concentración de CO₂, la conductancia estomática, la disponibilidad de agua y nutrientes (Flore and Lakso, 1988) y la edad de la hoja.

Se ha reportado que las hojas más jóvenes (aun en expansión) tienen baja tasa de fotosíntesis, pero luego aumenta progresivamente a medida que la hoja crece, y se estima que alcanza su máximo cuando adquiere 80% de su tamaño, para luego reducirse o mantenerse hasta que inicia la senescencia, cuando disminuye de nuevo (Whiley, 1990). En vid, Chaumont *et al.*, (1994) encontraron que las hojas maduras tienen mayor tasa de fotosíntesis que las jóvenes, y que las hojas jóvenes reducen más la tasa fotosintética al disminuir la intensidad de luz.

El método más común para medir la tasa de fotosíntesis es registrando la cantidad de CO₂ absorbido por unidad de área por tiempo (Ryugo, 1988). Para esto se ha utilizado el sistema portátil medidor de fotosíntesis (IRGA LI-6200®), el cual se basa en la medición del intercambio de CO₂ con un detector de rayos infrarrojos.

2.12.3 Conductancia estomática

Otro parámetro fisiológico relacionado con el intercambio gaseoso en la hoja es la conductancia estomática, la cual indica si están abiertos o cerrados los poros de las estomas y el flujo de moléculas a través de ellos.

En griego la palabra estoma significa boca, y estas estructuras permiten la comunicación entre los entornos interno y externo de la planta. Su función principal es permitir que los gases como el CO₂, el vapor de agua y el oxígeno, entren y salgan de la hoja; por lo cual los cambios en el potencial hídrico foliar, temperatura de hoja y carboxilación pueden afectar la apertura y conductancia estomática. Si hay un déficit hídrico disminuye la conductancia estomática y a su vez la tasa fotosintética (Lawlor y Tezara, 2009). Así como también, la conductancia estomática puede disminuir a lo largo del perfil de la planta, debido a la edad de la hoja y al nivel de la irradiación (Monti, 2009). Lima (2004) encontró en plantas de ciruela mexicana que en la estación fuera de lluvias los valores de conductancia estomática fue menores (0.02 a 0.16 mmol m⁻² s⁻¹) a los de la estación lluviosa (0.72 a 1.17 mmol m⁻² s⁻¹) por lo cual menciona que la conductancia estomática

afecta la transpiración y fotosíntesis. Por lo que se ha considerado que una mayor conductancia estomática es un indicador de mayor capacidad de intercambio gaseoso de la hoja, incluyendo la asimilación de CO₂ y transpiración de la planta (Rho *et al.*, 2012).

2.12.4 Transpiración

La transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor. Este proceso involucra la evaporación del agua desde las superficies celulares hasta el interior de los espacios intercelulares y su difusión fuera del tejido vegetal, principalmente a través de los estomas, y en menor medida a través de la cutícula y las lenticelas

Se ha considerado que la transpiración es un mal necesario, ya que si los estomas no se abren no penetra el CO₂ requerido para la fotosíntesis por las células del parénquima clorofílico (Nobel, 1999). Otro efecto de la transpiración es la acción refrigerante de la hoja; ya que la evaporación de agua de la superficie foliar va acompañada por una pérdida de calor, ejerciendo un enfriamiento de la superficie foliar (Caird *et al.*, 2007).

La transpiración de la hoja depende de la diferencia en la concentración del vapor de agua entre los espacios de aire de las hojas y el aire externo y la resistencia de difusión de esta ruta (Nobel, 1999).

Los factores que afectan la pérdida de agua por las plantas son la presión de vapor del agua en la hoja y la presión de vapor de en la atmósfera. Otros factores importantes son: luz, temperatura, humedad y viento.

2.13 Fisiología del arándano

La mayoría de las variedades de arándanos provienen de material genético originario del sotobosque (bajo bosques con intensidad luminosa intermedia), donde habitan naturalmente. En consecuencia, el aparato fotosintético de los arándanos se satura con bajas intensidades de radiación incidente, de entre 600 y 800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{seg}^{-1}$ de flujo fotónico fotosintético según se trate de Highbush, de *V. darrowii* Camp (Moon *et al.*, 1987) o de Rabbiteye (Teramura *et al.*, 1979), lo cual indica que son plantas del tipo C3; asimilando el CO₂ en el ciclo de Calvin vía Rubisco (ribulosa bifosfato carboxilasa-oxigenasa).

Por otro lado el rango de temperatura ambiental óptima para la tasa fotosintética varía entre especies del género *Vaccinium*. Para *V. corymbosum* va de los 14 a 26°C y de los 25 a 30°C para *V. darrowii* Camp. (Moon *et al.*, 1987), mientras que para *V. virgatum* Ait es de 25°C (Gough, 1994); la temperatura superior a 30 °C se reduce la tasa de asimilación de CO₂ (Hancock *et al.*, 1992).

La combinación de alta radiación y alta temperatura también puede afectar a la eficiencia fotosintética (Barber y Anderson, 1992); afectando diversos procesos de desarrollo, crecimiento y productivos en arándanos como: la asimilación de carbohidratos, crecimiento del fruto, rendimiento y calidad de frutos e inducción floral (Lobos *et al.*, 2009).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización y Ubicación del Experimento

El experimento se estableció en invernadero en el área de invernaderos generales “Dr Josue Kohashi Shibata” del Colegio de Postgraduados con sede en Montecillo Edo. de México; geográficamente se localiza a 19°29´ Latitud Norte y 98°53´ Longitud Oeste a una Altitud de 2250 msnm. De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), el clima es C(W₀)(W)b(i)g, que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano de 574 mm anuales de precipitación y la temperatura media anual oscila entre 12 y 18°C y la temperatura mínima del mes más frío se encuentra en el rango de -3 a -18°C (García, 1973). La acumulación de frío oscila de 200 a 300 unidades frío (UF).

3.2 Material Vegetal

Se utilizaron 60 plantas de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar “Biloxi”, de 2 años de edad. Es un material que presenta las siguientes características: planta con tallos erectos, vigorosos y productivos. La fruta madura tempranamente, los frutos son de tamaño mediano, buen color, firmeza y sabor (Spiers y Stringer, 2002). Es un cultivar que requiere pocas horas de frío, de 200 a 300. No tolera temperaturas menores a -15°C fuera del invierno (Krewer y NeSmith, 2006). Fue liberado en Missisipi, Estados Unidos en 1998 y debería ser plantado junto con otras variedades “Highbush” para facilitar su polinización. Popular en México para el cultivo de hoja perenne (Hanconk and Retamales, 2012).

Con el objetivo de realizar un manejo previo al cultivo las plantas se obtuvieron de vivero, las cuales tenían un año de edad, se trasplantaron en contenedores de plástico (macetas de 40 L) en primavera 2014; el sustrato que se utilizó fue una mezcla de agrolita y turba de pantano (Peat Moss) en una relación 1:3. Posterior al trasplante las plantas se regaron con agua corriente, a partir del tercer día se agregaron 320 ml de agua acidificada a pH 5 con ácido fosfórico, a cada maceta, mediante un sistema de riego por goteo automatizado con un programador de tiempo aplicando tres disparos diarios de un minuto. La fertilización se aplicó semanalmente a través del riego en solución nutritiva durante todo el ciclo, utilizando Nitrato de calcio, Sulfato de amonio, Fosfato

monoamónico, Sulfato de potasio, Tradecorp AZ y Ultraferro. Adicionalmente se realizaron aplicaciones foliares de Tradecorp AZ semanales con un aspersor manual con el fin de corregir deficiencias de micronutrientes.

3.3 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en aspersiones con Thidiazurón (20, 40 y 80 mg·litro⁻¹) (Revent® 500 de Bayer), adicionadas cada una con ácido giberélico (50 mg·litro⁻¹) (Gibiotin polvo de Biochem crop & care systems). Además de tres intensidades de poda (5, 10, 20%) en las ramas del crecimiento del año inmediato anterior. Los tratamientos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Combinación de tratamientos de diferentes dosis de TDZ y AG3 con diferentes intensidades de poda

Tratamiento	TDZ+AG3 (mg·litro ⁻¹)	Poda (%)
1	20+50	5
2	20+50	10
3	20+50	20
4	40+50	5
5	40+50	10
6	40+50	20
7	80+50	5
8	80+50	10
9	80+50	20
Testigo	0+0	0

Se realizó la poda con tijera de podar, enseguida se hizo la aplicación por aspersión con un aspersor manual de las dosis respectivas de TDZ y AG3 hasta el punto de goteo temprano por la mañana. Se utilizó una pantalla protectora para evitar la aspersión sobre plantas ajenas al tratamiento. Los tratamientos se aplicaron el día 26 de febrero del 2015.

3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 10 tratamientos y 6 repeticiones, Cada planta representó una unidad experimental.

3.5 Variables evaluadas

Las variables a evaluar se dividen en cuatro; variables de producción y crecimiento, variables fisiológicas, variables de calidad de fruto y variables fisicoquímicas.

3.5.1 Variables de crecimiento y producción

Yemas en diferenciación. Se seleccionaron diez yemas al azar de la parcela experimental con el objetivo de determinar el grado de diferenciación floral existente justo antes de iniciar con la aplicación de los tratamientos. Para esto se siguió la siguiente metodología:

Microtenia

1. Fijación. Las muestras se se fijaron con solución FAA (5% de formaldehído + ácido acético glacial + 90% de alcohol etílico).

2. Deshidratación. Las muestras se lavaron dos veces con agua destilada, se dejaron secar y se metieron al cambiador automático de tejidos (Fisher Tissuematon) para deshidratar, donde se pasaron por alcohol al 30, 50, 70 y 100%, así como dos baños en xileno.

3. Inclusión en parafina. Ya deshidratadas las muestras se dejaron en parafina por un lapso de 12 horas. Posterior, se pasaron a una platina caliente para seccionar bloques de parafina con una muestra en cada bloque, colocándolas en orientación longitudinal.

4. Cortes. Para realizar los cortes se utilizó el micrótopo (American Optical Company, Spencer, Mod. 820) calibrado a 10 micrómetros, así cada muestra se seccionó para después ser montada en portaobjetos con adhesivo de cromo, dejándolo en la platina por 12 horas a 60°C.

5. Desparafinado e inicio de tinción. Posteriormente se pasaron tres veces por xileno, una vez por alcohol al 100%, una por alcohol al 70%, alcohol al 50% y safranina en la cual se dejó por 3 horas, pasado este tiempo se lavó con agua destilada y se volvió a pasar por alcohol al 50, 70 y 100%.

6. Final de la tinción y aplicación de verde fijo. Se pasó cada muestra por verde fijo, se quitó el exceso de este con alcohol al 100% y se pasó nuevamente por xileno.

7. Montaje. Cada muestra se montó con resina sintética (bálsamo de Canadá), colocando un cubreobjetos y se dejó en la platina por 24 horas para secar la resina.

8. Fotomicrografía. Con las muestras ya montadas se procedió a la toma de fotografías. Se usó un microscopio compuesto, usando los aumentos de 10, 20 y 40x.

9. Interpretación. Se utilizó la observación del desarrollo interno para describir el grado de desarrollo de la yema; mediante el uso de la escala empleada por Kovaleski (2015) la cual describe cinco etapas oscilando entre 1 (completamente vegetativa) a 5 (formación completa de todos los órganos florales).

Dinámica de brotación, una semana después del inicio de los tratamientos se inició el conteo en una rama completa por planta, del número de yemas laterales brotadas y se registró cada tres días para estimar la proporción (en porcentaje) de yemas brotadas por efecto de los tratamientos hasta los 42 DDAT.

Longitud de laterales fructificantes, se llevaron a cabo mediciones semanales del crecimiento de laterales por efecto de los tratamientos, a partir de los 46 hasta los 117 DDAT, utilizando para ello una regla. Para las mediciones se seleccionaron dos laterales de la parte apical de la caña. Se midió cada lateral desde su base hasta su ápice, una vez que había formado un botón floral y se estimó un promedio por cada tratamiento y cada repetición.

Dinámica de floración, se evaluó en laterales fructificantes desde que aparecieron las primeras flores (46 DDAT), realizándose conteos semanales. Se iniciaron las estimaciones por observación directa, del número de flores abiertas en cada lateral fructificante. Considerando la totalidad de flores abiertas respecto del total de yemas

brotadas por rama, para obtener un porcentaje acumulativo del ciclo de floración a través del tiempo (179 DDAT).

Número de inflorescencias por lateral fructificante. Se contó el número de inflorescencias (racimos) por lateral en una caña por planta. El conteo se realizó semanalmente desde los 46 y hasta los 179 DDAT.

Número de flores por inflorescencia. Se contó el número de flores por inflorescencia en cada lateral de una caña por planta. Se estimó un promedio por cada tratamiento. El conteo se realizó semanalmente desde los 46 y hasta los 179 DDAT.

Número de laterales fructificantes. Como respuesta a los tratamientos se contó a los 224 DDAT el número de laterales fructificantes (con frutos), para esta variable se evaluó una caña por planta.

Amarre de fruto. La estimación de amarre de fruto (AF) se llevó a cabo considerando el total de flores (TF) y el número total de frutos (NF) de cada una de las cañas por planta en las que se contabilizó el número de laterales. La ecuación empleada para obtener el porcentaje fue: $AF = (NF/TF) \cdot 100$.

Producción total de fruto por planta (g), se cuantificó la producción total en gramos por planta, considerando cada corte parcial realizado a los 183, 225 y 251 DDAT haciendo la sumatoria.

3.5.2 Variables fisiológicas

Intercambio de gases, para este proceso se consideraron los siguientes componentes: tasa de fotosíntesis, conductancia estomática y transpiración. Se midieron tres veces; cuando las plantas se encontraron al 30% de floración (10 de Junio), al 50% de fructificación (23 de Septiembre) y después de la cosecha final (20 de Noviembre). Las mediciones se realizaron con el sistema portable de fotosíntesis LI-6200 (LICOR Nebraska, USA), utilizando una hoja madura por cada planta, expuesta a la luz solar.

Peso específico de hoja. Se colectaron 5 hojas por planta por cada tratamiento; a las cuales se midió peso seco utilizando una balanza digital; posterior se determinó su área foliar mediante un integrador de área foliar (LICOR, Modelo LI-3100; Lincoln, Nebraska, EE.UU.). El peso específico de la hoja se determinó tomando el peso de cada foliolo (g) y dividiéndolo por su área foliar (cm²).

3.5.3 Variables de calidad de fruto

Peso de fruto, en cada corte se seleccionaron tres frutos por tratamientos y se obtuvo el peso promedio.

Sólidos solubles totales (Grados Brix), se obtuvo con un refractómetro automático ATago Modelo PR-100, calibrado con agua destilada; para esta variable se tomaron dos gotas del jugo de frutos firmes de cada planta por tratamiento. El resultado se expresó como °Brix.

Diámetro de fruto, se midió el diámetro polar en tres frutos por cosecha de cada tratamiento; mediante el uso de un vernier digital universal Modelo FDV-30. Entendiendo por diámetro polar la distancia que existe entre la cicatriz pedicelar y la cicatriz calicinar del fruto.

3.5.4 Variables fisicoquímicas

Fenoles totales, se determinó por el método adaptado de Rodarte *et al*, (2009). Se tomó una muestra de 0.06 g de arándano seco, se maceró en un mortero con 2 mL de metanol 80%. La mezcla se vació en un tubo de centrifuga y se centrifugó a 500 rpm por 10 minutos. Luego de 5 minutos de reposo y otros 10 minutos de centrifuga, se colocó del sobrenadante un volumen de 25 µL a un tubo de ensayo al que se le adicionaron 475 µL de agua destilada y 25 µL del reagente Folin-Ciocalteu 2 N al 50% (v/v), después se adicionaron 975 µL de carbonato de sodio (2% p/v). Después de 1 hora, se midió la absorbancia a 740 nm en un espectrómetro. La curva estándar se preparó usando el

mismo procedimiento con ácido gálico (10, 20, 50 y 100 mg.L⁻¹). El contenido de fenoles totales es expresado en mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g de peso seco.

3.6 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (SAS Institute, NC, EE. UU.), considerando el diseño experimental de bloques al azar; y en las variables donde la prueba de F del análisis de varianza indicó significancia, se aplicó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey con un nivel del 5% para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Variables de crecimiento y producción

4.1.1 Grado de diferenciación de yemas

La diferenciación floral es un proceso continuo en el que las yemas axilares en formación dan como resultado la diferenciación de la yema floral debido a las unidades o días de desarrollo que han acumulado, más que por el tiempo o periodos de tiempo del ambiente (Fulford, 1965). La inducción y diferenciación de yemas florales en arándano ocurre en forma basipétala, es decir, se inicia en la punta y prosigue hacia la base.

Kovaleski *et al.*, (2015) identificaron cinco etapas del desarrollo interno del brote de vegetativo a reproductivo en dos cultivares de arándano, a partir de observaciones con un estereoscopio y apoyado por la observación con microscopio de luz. Las etapas y características se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 2. Etapas y características del desarrollo del brote vegetativo a reproductivo en arándano

Estado	Etapas	Características
Vegetativa	1	Se observa un meristemo vegetativo único, dos túnicas
Inducida	2	Es visible una túnica, meristemo floral terminal y meristemo floral lateral
Diferenciada	3	Es visible flor diferenciada, encerrada por dos brácteas y los sépalos están empezando a desarrollarse
Diferenciada	4	la flor está encerrada por brácteas; los pétalos sépalos, anteras y pistilo son visibles
Diferenciada	5	Brácteas ya no aprietan la flor; los sépalos, pétalos, anteras y pistilo se han ampliado

Fuente: Kovaleski *et al.*, (2015)

No obstante, en el muestreo realizado en la presente investigación el mayor porcentaje de yemas de arándano (50%) se ubicaron dentro de la etapa dos o estado de inducción; mientras que el 10% se ubicó en la etapa 4 o estado diferenciado (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número y porcentaje del grado de desarrollo de yemas de arándano cv 'Biloxi' antes de la aplicación de tratamientos

Etapa	Número de Yemas	Porcentaje de Yemas
1	1	10
2	5	50
3	3	30
4	1	10
5		
Total	10	100

Este resultado nos indica que la mayoría de las yemas en esta fase estaban en estado vegetativo con inducción a ser diferenciadas; las cuales se obtuvieron a partir de yemas analizadas en laboratorio de las cuales se seleccionaron las que hacen referencia significativa al grado de diferenciación, las cuales se ilustran en las figuras 1 y 2.

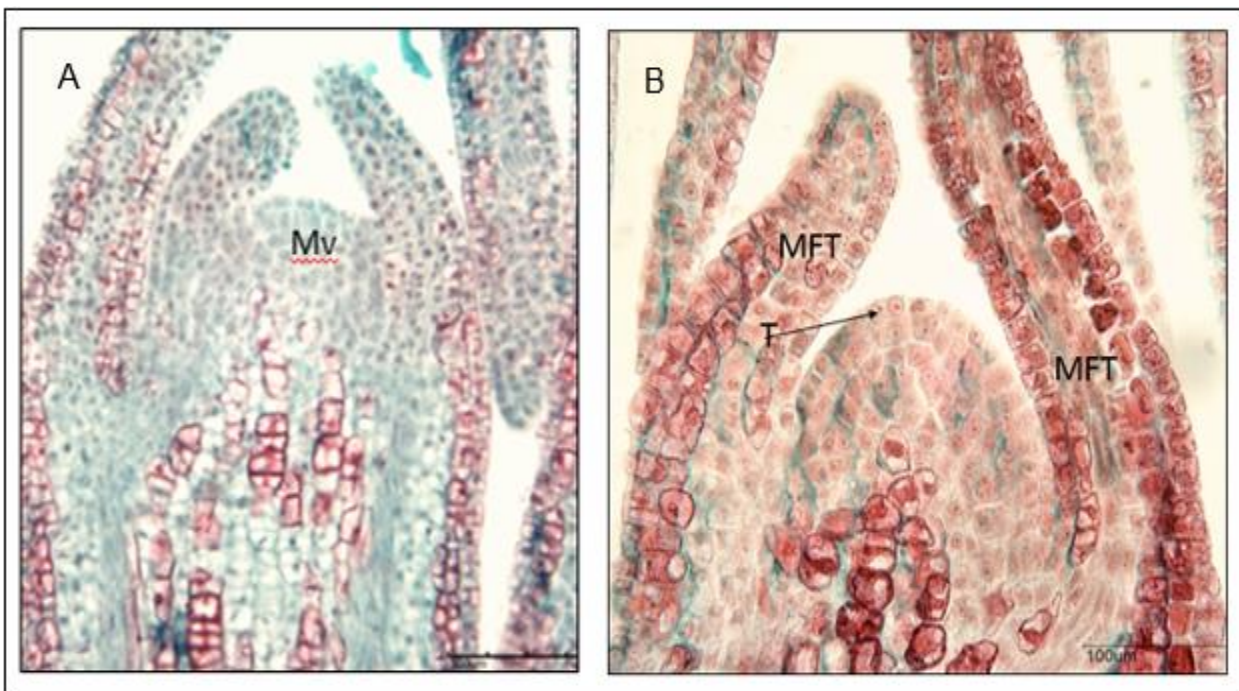


Figura 1. A. Etapa 1. Se muestra una solo meristemo vegetativo (Vm), fotografía tomada con el objetivo de 20X B. Etapa 2. Es visible una túnica (T) y los meristemos florales terminales (MFT), fotografía tomada con el objetivo de 40X.

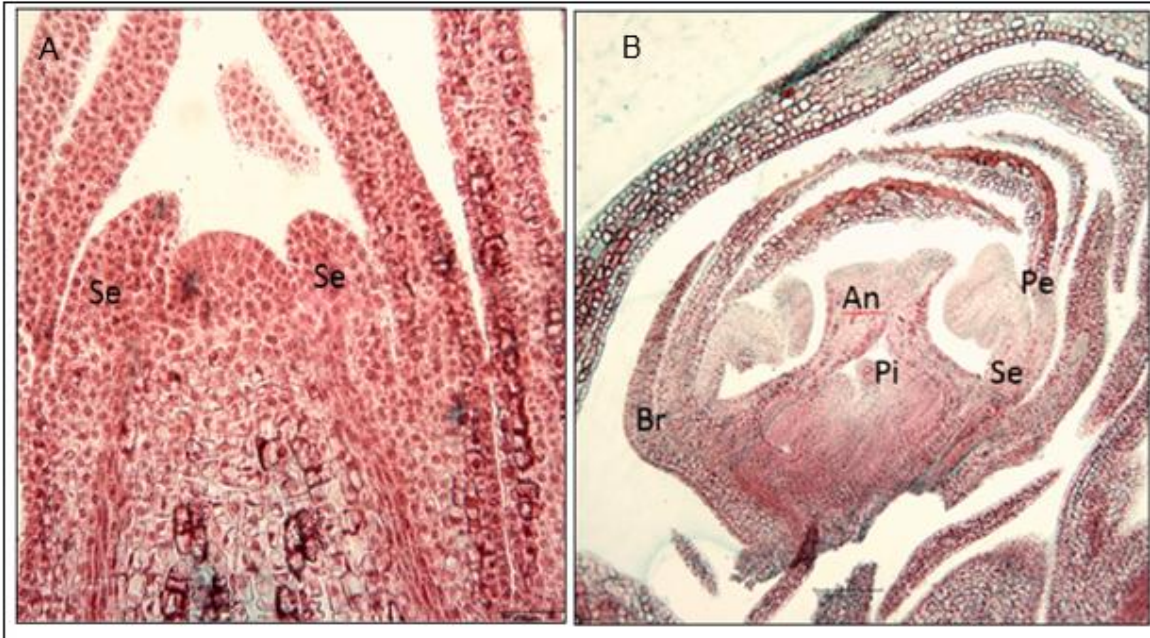


Figura 2. A. Etapa 3. Se muestra una yema diferenciada donde los sépalos están empezando a desarrollarse, fotografía tomada con el objetivo de 20X B. Etapa 4. Se muestra una yema diferenciada donde son visibles los pétalos (Pe), los sépalos (Se), anteras (An) y pistilo (Pi), fotografía tomada con el objetivo de 10X.

Bañados, (2007) menciona que la diferenciación de yemas ocurre desde mediados del verano hasta fines del otoño y en algunas variedades y zonas de inviernos templados este fenómeno se puede prolongar por más tiempo; por lo que es importante mencionar que la temperatura es un factor determinante para su desarrollo; al respecto, Hall *et al.*, (1970) señalan que las temperaturas cercanas a los 21 °C son las más efectivas para lograr una buena diferenciación de yemas, expresado en mayor diámetro de la yema floral, mayor número de primordios meristemáticos y grado de desarrollo de estos. Por su lado, Spann *et al.*, (2004) mencionan que la formación de yemas florales es mayor a temperaturas alrededor de 24°C: mientras que temperaturas altas reducen el número de yemas florales Durante el mes de febrero las temperaturas oscilaron entre 21 y 29°C.

4.1.2 Dinámica de brotación

El registro de la variable dinámica de brotación se inició a los siete días después de la aplicación de tratamientos; y la brotación prácticamente se estabilizó a los 32 días después de la aplicación de tratamientos (DDAT) (Figura 3).

A los siete DDAT, el mayor porcentaje de brotación vegetativa correspondió al tratamiento 9 con 8%, seguido de los tratamientos 2 y 1, con 5%; sin embargo, a los 42 DDAT el tratamiento 8 superó al tratamiento 9, obteniendo un 89 y 73% respectivamente (Figura 3).

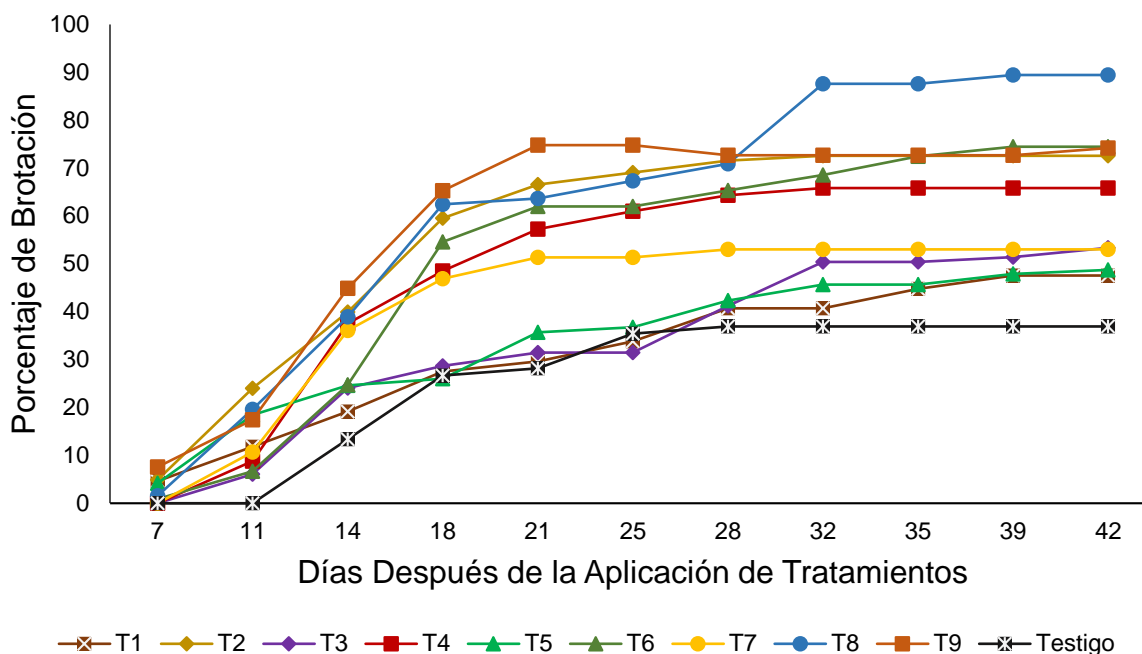


Figura 3. Dinámica de brotación vegetativa por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, del Colegio de Postgraduados en el Estado de México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

A los 42 DDAT se registró el porcentaje final de brotación donde el tratamiento 8 obtuvo el mayor porcentaje de brotación con 89%, seguido de los tratamientos 6 y 9 con 74% y T2 con 73%. De acuerdo al análisis de varianza existe diferencia significativa ($P \leq 0,05$) entre tratamientos, destacando el tratamiento con 80 mg·L⁻¹ de TDZ +50 mg·L⁻¹ de AG +10% poda (T8) comparándolo con el testigo (Figura 4).

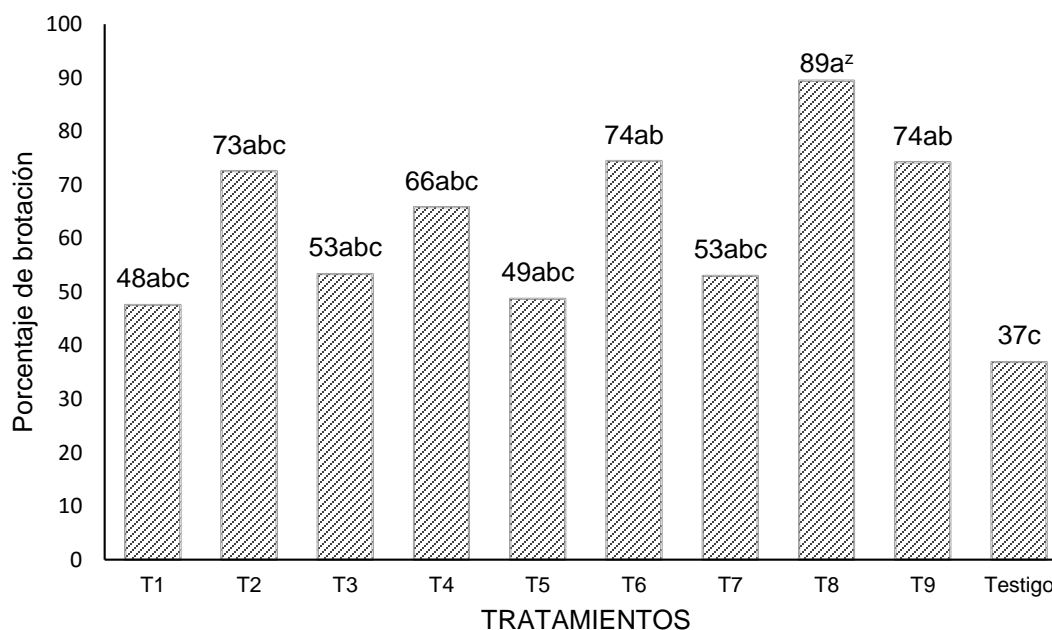


Figura 4. Porcentaje de brotación final a 42 DDAT por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero de Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Las diferentes dosis de TDZ adelantaron la brotación y elevaron su porcentaje con respecto al testigo; estos resultados coinciden con lo encontrado en zarzamora por Vidal *et al.*, (1992), Calderón y Rodríguez (1996) y Galindo *et al.*, (2004). En los cultivares Shiro y Santa Rosa de ciruelo japonés, el TDZ adelantó la brotación en 19 y 15 días, respectivamente, con relación al testigo (Almaguer *et al.*, 2000). Asimismo, además de mayor porcentaje de brotación se encontró mayor velocidad de brotación ya que a los 11 DDAT aún no iniciaba brotación en plantas testigo mientras que las plantas tratadas ya contaban con hasta con 24 % de yemas brotadas.

Similarmente Alvarado *et al.*, (2000) probaron diferentes concentraciones de thidiazurón en ciruelo japonés, encontraron una mayor velocidad de brotación en las plantas tratadas, con respecto al testigo.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Willianson *et al.*, (2002) con cianamida de hidrogeno que estimula una brotación vegetativa más temprana y vigorosa en varios cultivares de arándano. Así como lo encontrado por Ehlenfeldt (1998) que aplicaciones foliares de paclobutrazol estimularon la brotación temprana en los cultivares “Bluetta”, “Bluecrop” y “Jersey” de arándano.

Por otro lado, Davies y Crocker (1994) indican que la poda de despunte estimula yemas laterales a lo largo del brote, siendo la condición de la yema bajo el corte la que da la capacidad de los brotes a responder al despunte (Bañados, 2007). En cuanto a la combinación de la práctica de poda y aplicación de promotores de brotación, Avilán *et al.*, (2005) plantean que al aplicar poda, además del grado de severidad o intensidad de la misma, se debe considerar la utilización de un regulador de crecimiento y un promotor de la floración para controlar y minimizar la respuesta de la planta.

4.1.3 Longitud de laterales fructificantes

Esta variable es un índice para determinar la velocidad de crecimiento como resultado de una brotación temprana y el efecto de productos que inducen división celular como es considerado el TDZ, cuya acción citocinínica pudiera incrementar la velocidad de crecimiento. No obstante, la dinámica de crecimiento de brotes (figura 5) muestra que el comportamiento de los tratamientos es similar, es decir, tanto los promotores de brotación como la poda no influyeron en el crecimiento de los brotes vegetativos, puesto que al realizar el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre los tratamientos (Cuadro 4). Sin embargo, en la figura 5 se puede observar que al final de crecimiento el tratamiento con $80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de TDZ+ $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de AG+10% poda es el que numéricamente tiene la mayor longitud de brote (10.85 cm).

En la misma figura, se observa que el testigo se mantiene por debajo de los demás tratamientos desde el principio y hasta el final de las mediciones (117 DDAT).

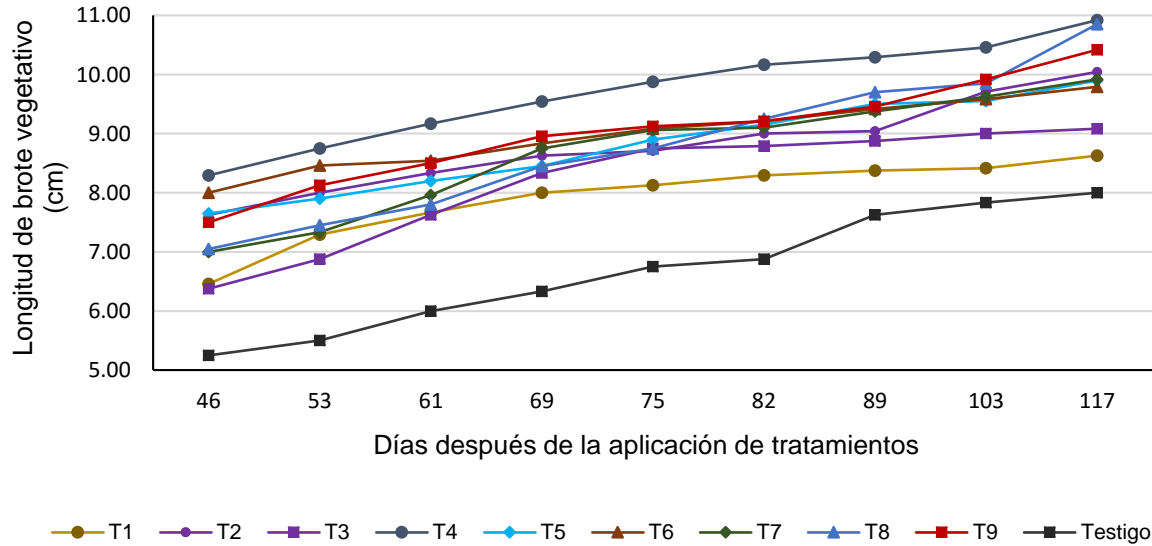


Figura 5. Dinámica de crecimiento de brotes vegetativos de por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en la longitud de laterales fructificantes en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.

Tratamiento	TDZ (mg·litro ⁻¹)	AG3 (mg·litro ⁻¹)	Poda (%)	Longitud de brote (cm)
1	20	50	5	8.63a ^z
2	20	50	10	10.04a
3	20	50	20	9.08a
4	40	50	5	10.92a
5	40	50	10	9.90a
6	40	50	20	9.79a
7	80	50	5	9.092a
8	80	50	10	10.85a
9	80	50	20	10.42a
Testigo	0	0	0	8.00a

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05)

Estos resultados difirieron a lo encontrado por Márquez *et al.*, (2003) encontraron que en uva 'Flame Seedless' aplicaciones de TDZ ayudaron a mayor longitud de brote. Así mismo, Segura (2000) menciona que el ácido giberélico promueve el alargamiento de tallos en frutales caducifolios jóvenes y otras especies. Mientras que, Pavone (2008) encontró que al aplicar poda en diferentes intensidades y Paclobutrazol incrementaron el número y longitud de los entrenudos en mango, evidenciándose efecto de estímulo de la poda sobre el crecimiento vegetativo.

No obstante, Bañados (2005) menciona que en arándano una poda suave, produce escaso crecimiento vegetativo, brotes cortos y delgados; mientras, que una poda severa aumenta la brotación vegetativa y dispara el crecimiento (Spiers *et al.*, 2000). Esto pudiera ser la razón por la cual no se obtuvo diferencia estadística, posiblemente porque el efecto restrictivo del TDZ se neutralizó con el estímulo causado por la poda ligera sobre el crecimiento. Otra posible razón es la época de poda, que como menciona Bañados (2007) el resultado obtenido de un poda de despunte depende de la intensidad de corte y del estado de latencia de la yema. Si el corte se realiza temprano, entonces las laterales serán largos. Por el contrario, cortes realizados tarde en la temporada, resultarán en laterales más cortos.

4.1.4 Dinámica de floración

La variable dinámica de floración fue acumulativa durante la toma de datos, como se muestra en la Figura 6. También se puede observar que con la aplicación de tratamientos, la floración se vio claramente adelantada por efecto de los tratamientos hasta 40 días comparado con el testigo.

El registro de la variable se inició a los 46 días después de la aplicación (13 abril de 2015) con los tratamientos T1, T2 y T3 aunque con porcentajes bajos (menos del 6%). A los 67 DDAT las plantas tratadas ya contaban con cierto porcentaje de floración mientras que en las plantas testigo la floración inicio a los 102 DDAT.

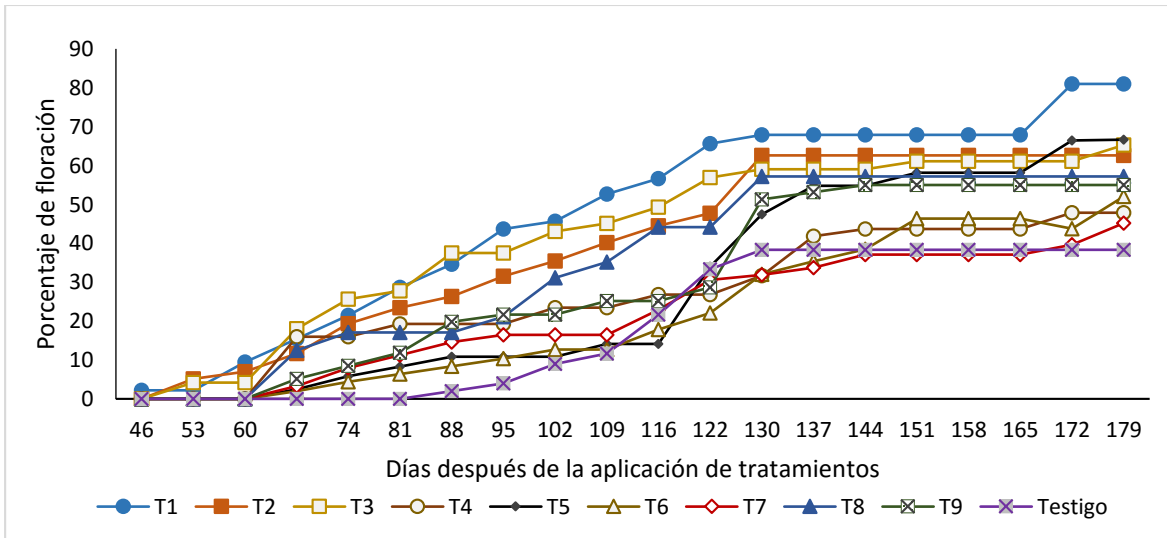


Figura 6. Dinámica de floración por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

No obstante, en el porcentaje final de floración obtenido a los 179 DDAT (figura 7) no se encontró diferencia significativa ($P \leq 0,05$) mediante el análisis de varianza.

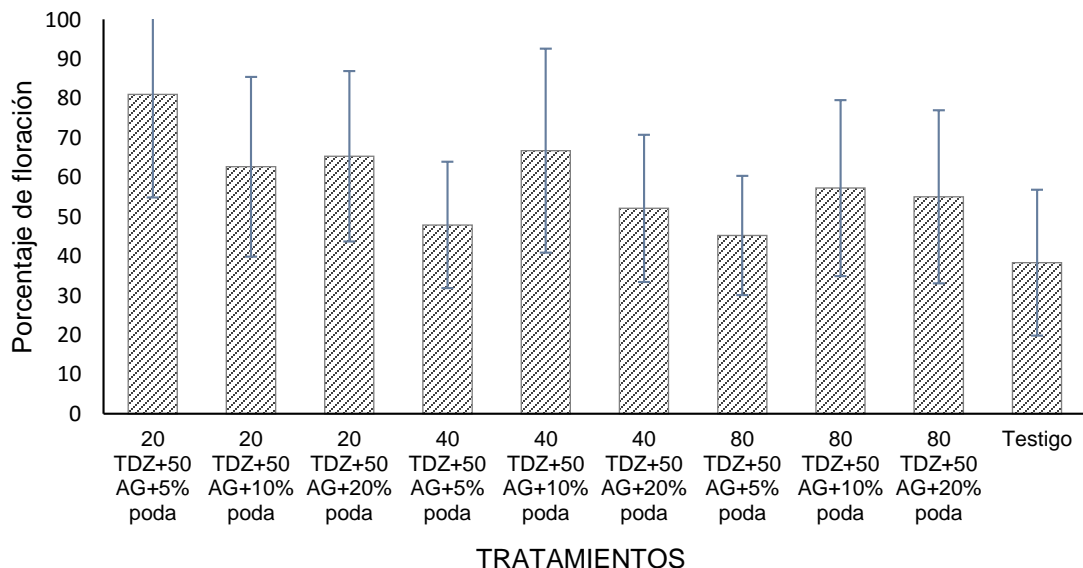


Figura 7. Porcentaje de floración por efecto de los tratamientos aplicados el 27 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, Texcoco, México. Las columnas son el promedio más la desviación estándar (líneas verticales en cada barra).

Rappaport *et al.*, (1980) señala que las AG₃ inducen la floración en plantas fotoperiodicamente sensibles que requieren de invernadero; en frambuesa (*Rubus idaeus* L.) “Heritage” adelantó la floración y la cosecha (Calderón y Rodríguez, 1992).

El TDZ se ha utilizado dando resultados similares, en ciruelo cv Shiro se aplicó thidiazurón (Revent 20%) en dosis de 50, 100 y 200 mg L⁻¹ en combinación con 40 ml L⁻¹ de aceite mineral y los resultados indicaron que tiene efecto de adelantar el inicio de la floración así como acortar la etapa entre inicio de la floración y antesis (Alvarado *et al.*, 2000). Así mismo, Galindo *et al.*, (2003) mencionan que la aplicación de TDZ a concentraciones de 100, 200 y 250 mg L⁻¹ combinado con AG₃ a 100 mg L⁻¹ en la producción forzada de otoño en zarzamora cultivar Comanche adelantó de 10 a 15 días la floración. Similarmente, Calderón y Rodríguez (1996) probaron varias concentraciones de thidiazurón y de cianamida de hidrógeno en diferentes especies, encontraron una mayor velocidad de floración en las plantas tratadas con estos productos, con respecto al testigo.

4.1.5 Número de inflorescencias por lateral fructificante

Las inflorescencias de las plantas de arándano son axilares, en forma de racimos que se diferencian en las yemas terminales de las ramillas cuando se detiene el crecimiento vegetativo al inicio del otoño (Bañados, 2005); pero también se pueden dar en forma terminal en una sola flor (Buzeta, 1997).

En el número de inflorescencias por lateral fructificante el análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos. No obstante, el tratamiento T2 presentó la mayor cantidad de laterales fructificantes (11), numéricamente superior al de las plantas testigo (3) (Figura 8).

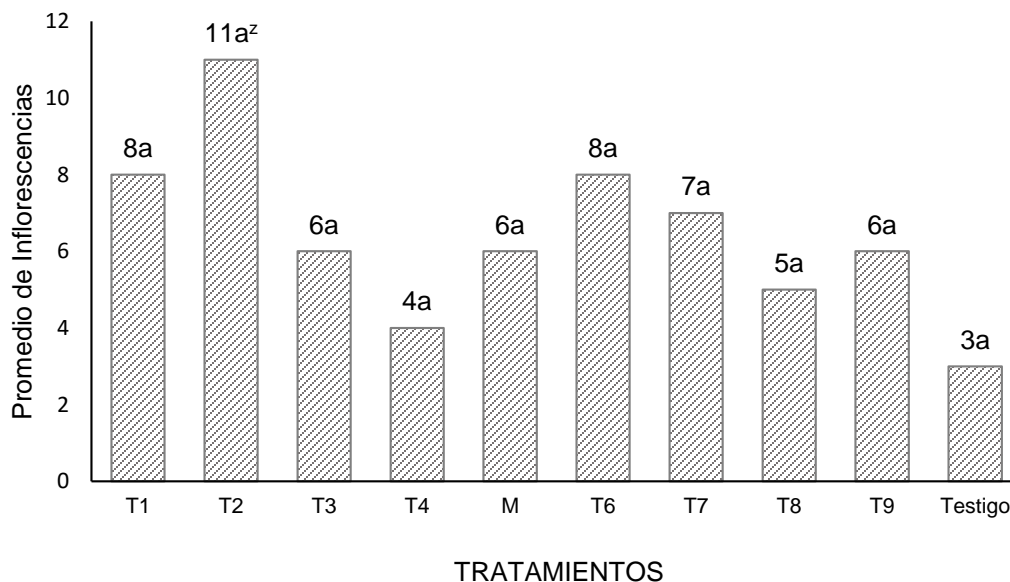


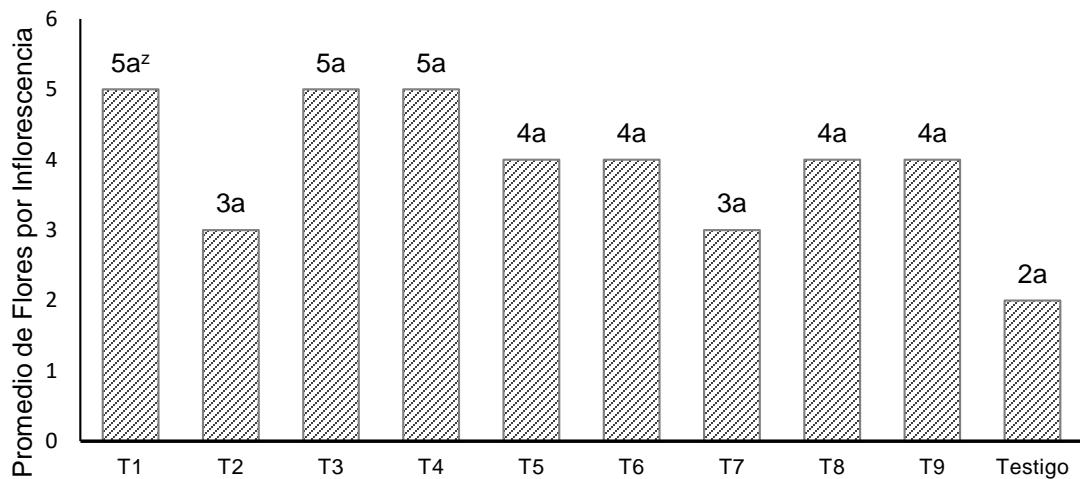
Figura 8. Número de inflorescencias por lateral fructificante por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' del Campus Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

²Valores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

4.1.6 Número de flores por inflorescencia

Las flores de arándano son perfectas en inflorescencias o solitarias, ovario súpero o ínfero, generalmente con numerosos óvulos en placentas axilares; un estilo y estigma simples, gamopétalas de color blanco o rosado.

En el número final de flores por inflorescencia en cada lateral fructificante el análisis de varianza indicó que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre esta variable. Al analizar el número de flores por inflorescencia, la variación fue de 2 a 5 flores entre tratamientos. Numéricamente, los tratamientos que promovieron el mayor número de flores en las ramas muestreadas fueron los tratamientos 1, 3 y 4 con 5 flores por inflorescencia. Por el contrario, el menor número de flores por inflorescencia correspondió al tratamiento testigo con apenas 2 flores (figura 9). Sin embargo, Eck, (1988) menciona que cada inflorescencia puede contener de 1 a 16 flores.



TRATAMIENTOS

Figura 9. Número de flores por inflorescencias por lateral fructificante por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' del Campus Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

4.1.7 Número de laterales fructificantes

La aplicación de tratamientos promotores de brotación y poda se realizaron con el fin de promover mayor brotación y desarrollo de laterales fructificantes por tallo, con el objetivo de concentrar la producción. Considerando que el rendimiento de tallos fructificantes es resultado del producto del número de laterales de tallo, número de frutos por lateral y peso de fruto. Consecuentemente, si el tallo de arándano tiene mayor número de laterales fructificantes se obtendrán mayores rendimientos.

A los 224 DDAT se contabilizó el número total de laterales fructificantes y con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza; este indicó que los tratamientos tuvieron un efecto significativo ($P \leq 0,05$) sobre el número de brotes laterales por tallo. Siendo el T2 superior al tratamiento testigo, como lo muestra la figura 10.

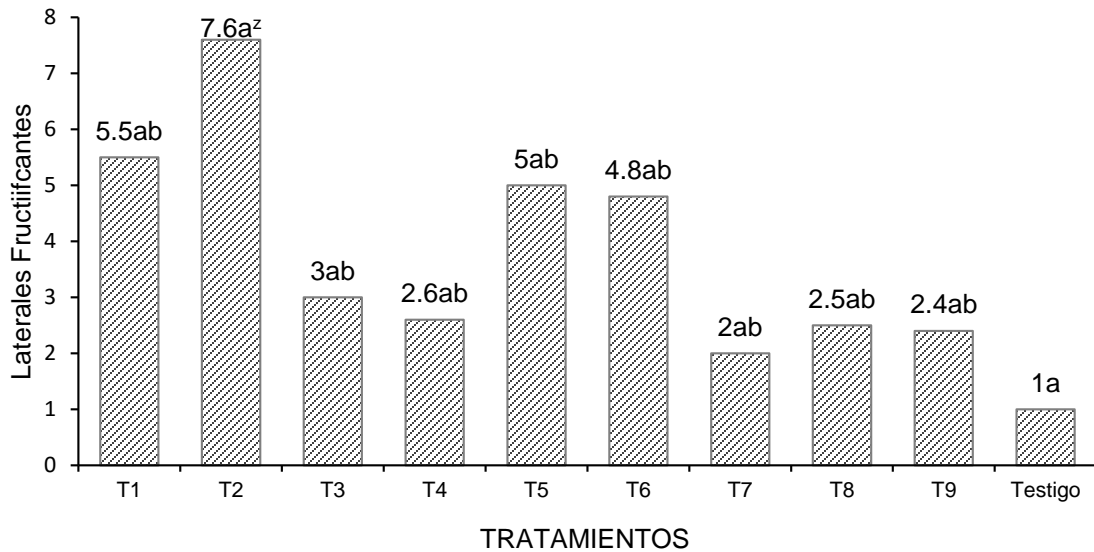


Figura 10. Número de laterales fructificantes por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' del Campus Montecillo, Texcoco, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05)

Díaz, (2002) menciona que se tiene mayor número de brotes fructificantes a medida que se aumenta la dosis de reguladores; particularmente en estos resultados no fue así pudiéndose deberse a la intensidad de poda, ya que una poda severa aumenta la brotación vegetativa y dispara el crecimiento de laterales (Spiers et al., 2000).

4.1.8 Amarre de fruto

El 4 de agosto (158 DDAT) se contabilizó el número de flores y posteriormente el 13 de octubre el número de frutos (228 DDAT). Con estas variables se obtuvo el amarre de fruto (figura 11). El análisis de varianza indicó que los tratamientos no tuvieron un efecto significativo (P ≤ 0,05). Aunque, numéricamente, el tratamiento T5 es el que tiene el mayor amarre de fruto (90%); mientras que el tratamiento testigo se encuentra por debajo de los demás tratamientos con un 43% de amarre de fruto

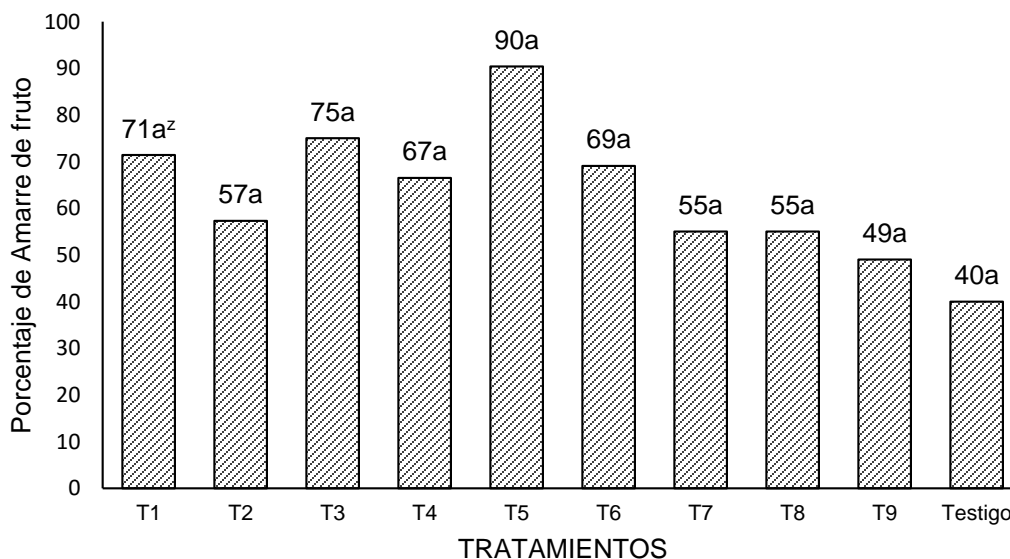


Figura 11. Porcentaje de amarre de fruto por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero del Campus Montecillo, México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Álvarez y Almeida (2005) señalan que el amarre de fruto se incrementa en la mayoría de los cultivos con aplicaciones de AG3, así como también rompen la latencia de yemas en frutales, actuando como sustituto de las bajas temperaturas (Salisbury y Ross, 2000). No obstante, en producción forzada de frutales se presentan problemas con el amarre de fruto, que tiene una relación directa con el nivel nutrimental (Soria *et al.*, 1993). Al respecto, estos mismo autores encontraron que al combinar Dormex® con Bayfolán® se aumenta el amarre de frutos en durazno.

Por otra parte, Armas (1997) encontró que aplicaciones de TDZ en chabacano se aumenta significativamente el porcentaje de amarre de fruto.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con lo reportado por Calderón y Rodríguez (2000), quienes comprobaron que aplicaciones de TDZ en durazno y ciruelo promueve la brotación pero no afecta el amarre de fruto.

4.1.9 Producción total de fruto por planta

Si bien los valores absolutos, en cuanto a producción total por planta, difieren entre los tratamientos, los análisis estadísticos ($P \leq 0,05$) señalan que esas diferencias no se deben a los tratamientos aplicados, por lo que son iguales estadísticamente entre sí (figura 12). La ausencia de diferencias significativas pudo deberse a un error experimental grande, ya que se obtuvo un coeficiente de variación elevado (65.64) y un coeficiente de determinación bajo (0.34).

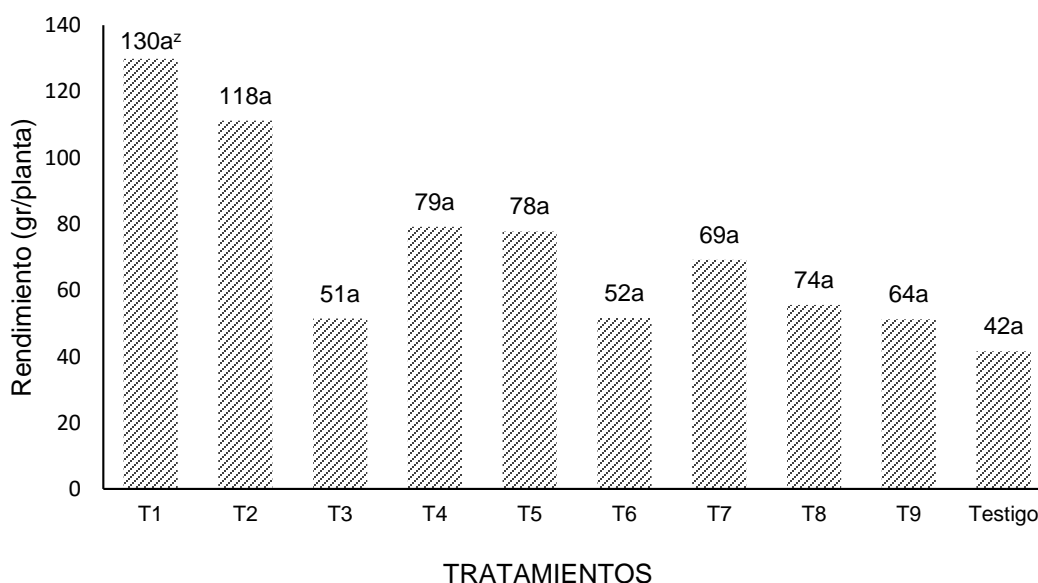


Figura 12. Producción de frutos por planta por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero en Montecillo, Edo de México. Los tratamientos fueron: (T1) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T2) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T3) 20 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T4) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T5) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T6) 40 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T7) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 5% poda; (T8) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 10% poda; (T9) 80 mg·L⁻¹ TDZ +50 mg·L⁻¹ + 20% poda; (T10) Testigo.

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Esto resultados pudieran deberse al estado nutricional de la planta, ya que altos rendimientos son el resultado de una buena fertilización (Lakso *et al.*, 1999). Al respecto, Soria *et al.*, (1993) mencionan que la producción fuera de temporada propicia problemas fisiológicos relacionados con respuestas inestables en los frutales, así como cambios en el almacenamiento de nutrimentos y sustancias de reserva (Rivas, 2003). Esto trae como

consecuencia un efecto negativo en el rendimiento, puesto que Greet *et al.*, (2002) reportaron que el mayor rendimiento en manzano, se obtiene en árboles con reservas altas de carbohidratos y si estas disminuyen por efecto de la utilización de promotores de brotación, se reduciría considerablemente el rendimiento y consecuentemente habría un desgaste paulatino de la planta, reduciendo su vida útil productiva, siendo necesaria una buena cantidad de reservas de carbono y otros nutrimentos para poder apoyar el crecimiento inicial en primavera (Lakso *et al.*, 1999).

Otro factor importante es la edad de la planta, ya que el rendimiento de los frutales varía en función de la edad de las plantas: a medida que avanza en el tiempo, el rendimiento aumenta. La planta de arándano alcanza su máximo rendimiento en el noveno año de plantada (Gough, 1994).

4.2 Variables fisiológicas

4.2.1 Intercambio gaseoso

4.2.1.1 Tasa fotosintética

La tasa fotosintética puede ser afectada por la radiación total incidente, la temperatura ambiente y de hoja, la conductancia estomática y la disponibilidad de agua y nutrientes (Flore y Lakso, 1988). Cuanta más gruesa es la hoja, menos capacidad fotosintética demuestra; ese grosor en las hojas impedirá una rápida difusión del dióxido de carbono y la luz solar penetrará con mayor dificultad hasta las capas inferiores; la capacidad fotosintética se va incrementando; este descenso se ve incrementado por dos factores, la pérdida del poder fotosintético y la caída natural de hojas.

En la Cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de fotosíntesis neta (asimilación de CO₂) después de la aplicación de tratamientos en las tres diferentes fechas de medición. Mediante análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 5) entre tratamientos en las tres fechas de medición.

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda sobre la tasa fotosintética en arándano cv ‘Biloxi’ en diferentes fechas de medición en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.

Tratamiento	TDZ (mg·L ⁻¹)	AG ₃ (mg·L ⁻¹)	Poda (%)	Tasa fotosintética en tres fechas de medición (μmol m ⁻² s ⁻¹)		
				(10 Jun)	(23 Sep)	(20 Nov)
1	20	50	5	7.44a	8.21a	5.85a
2	20	50	10	8.25a	7.76a	5.87a
3	20	50	20	8.87a	6.50a	4.37a
4	40	50	5	7.91a	6.27a	5.32a
5	40	50	10	7.68a	6.61a	5.77a
6	40	50	20	8.48a	6.50a	4.41a
7	80	50	5	6.79a	8.24a	5.76a
8	80	50	10	5.96a	6.66a	5.33a
9	80	50	20	7.33a	7.48a	5.36a
Testigo	0	0	0	5.93a	5.99a	4.07a

²Valores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05)

Las condiciones de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR en μmol m⁻² s⁻¹) y Temperatura (T en °C) fueron las siguientes: 10 de junio PAR= 359.2 ± 188.9 y T=33.7 ± 2.7; 23 de septiembre PAR=222.3 ± 106.7 y T=28.4 ± 2.8; 20 de noviembre PAR=107.9 ± 40.5 y T=26.05 ± 3.3.

Las mayores tasas de fotosíntesis en la fecha de 10 de Junio (floración) pudieron deberse a que las hojas se encontraban en óptimas condiciones para realizar fotosíntesis (tamaño, edad, sanidad) mientras que en las fechas 23 de Septiembre y 20 de Noviembre (fructificación y cosecha) las menores tasas de fotosíntesis pudieron deberse a que las hojas estaban en condiciones menos eficientes. Estas diferencias se deben a las condiciones ambientales, puesto que el comportamiento de la fotosíntesis se ve afectado por el ambiente, incluyendo el nivel de luz, temperatura y concentración de CO₂; además de la disponibilidad de nutrientes y estado de desarrollo de la planta (Dale y Luby, 1990).

Las bajas tasas fotosintéticas pudieron ser resultado de los bajos niveles de PAR (datos al pie del Cuadro 5; media de 359.2, 222.3 y 107.9 μmol m⁻² s⁻¹, respectivamente para cada fecha de medición) ya que el punto de saturación por luz para plantas C3 se encuentran entre 800 y 1000 μmol m⁻² s⁻¹ (Dale y Luby, 1990).

Asimismo, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Woolley *et al.*, (1991) en kiwi, donde las aplicaciones de CCPU no afectaron a fotosíntesis foliar. Así como lo señalado por Calderón *et al.*, (1997) en durazno que aplicaciones de cianamida de hidrógeno no incrementa fotosíntesis.

4.2.1.2 Conductancia estomática

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos en las tres fechas de medición. Los resultados obtenidos de conductancia estomática (Cuadro 6) coinciden con los datos de fotosíntesis (Cuadro 5), en concordancia con lo que mencionan Rho *et al.*, (2012) en cuanto a que la mayor conductancia estomática es un indicador de mayor capacidad de intercambio gaseoso de la hoja, incluyendo la asimilación de CO₂.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda sobre la Conductancia estomática en arándano cv 'Biloxi' en diferentes fechas de medición en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.

Tratamiento	TDZ (mg·L ⁻¹)	AG3 (mg·L ⁻¹)	Poda (%)	Conductancia estomática en tres fechas de medición (mmol m ⁻² s ⁻¹)		
				(10 junio)	(23 Sept)	(20 Nov)
1	20	50	5	349.7a	322.1a	200.78a
2	20	50	10	430.8a	287.2a	302.22a
3	20	50	20	485.4a	180.1a	116.89a
4	40	50	5	423a	134.5a	176.62a
5	40	50	10	358.3a	226.3a	190.27a
6	40	50	20	435.3a	198.2a	119.47a
7	80	50	5	226.5a	367.3a	188.51a
8	80	50	10	219.6a	245.4a	177.01a
9	80	50	20	247.9a	281.8a	180.39a
Testigo	0	0	0	207.2a	131.1a	114.83a

²Valores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05)

Las condiciones de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR en μmol m⁻² s⁻¹) y Temperatura (T en °C) fueron las siguientes: 10 de junio PAR= 359.2 ± 188.9 y T=33.7 ± 2.7; 23 de septiembre PAR=222.3 ± 106.7 y T=28.4 ± 2.8; 20 de noviembre PAR=107.9 ± 40.5 y T=26.05 ± 3.3.

Los valores mayores los presentó el tratamiento T3 presentó mayor conductancia estomática en la fecha 10 de junio (floración) con $485 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para la fecha 23 de Septiembre (fructificación) fue el T7 con $367 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; mientras que para el 20 de Noviembre (cosecha) el valor mayor lo presentó el T2 con $302 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

4.2.1.3 Traspiración

Para la variable traspiración, los resultados muestran diferentes tendencias en los periodos de evaluación (figura 13) pero no se aprecia en diferencias estadísticas entre los tratamientos en ninguna fecha de muestreo.

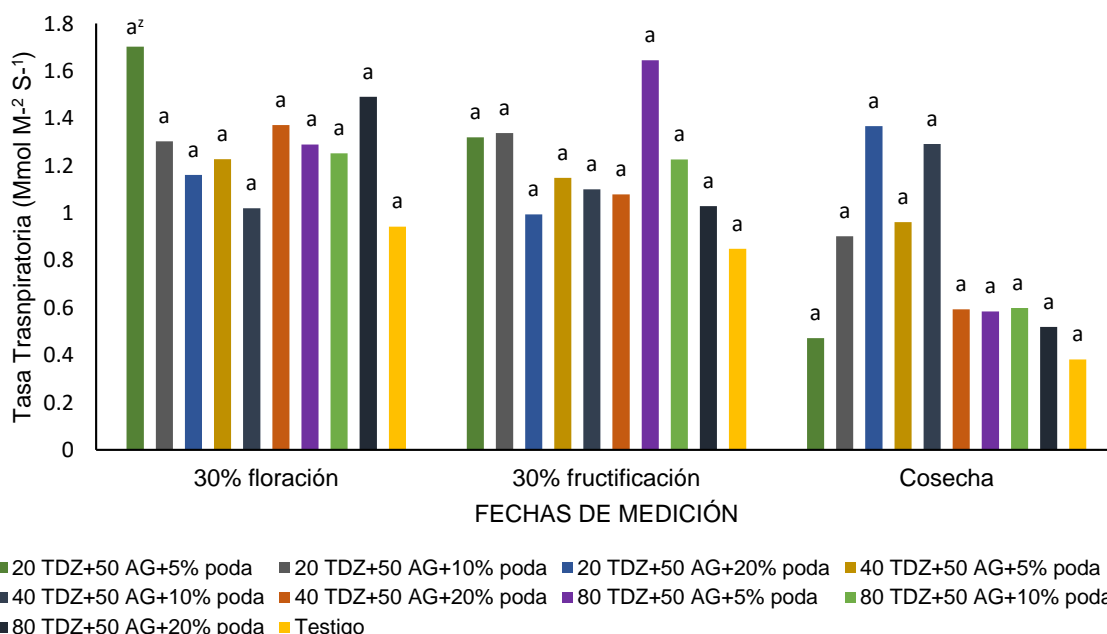


Figura 13. Tasa transpiratoria en diferentes fechas de 2015 por efecto de los tratamientos aplicados el 26 de febrero de 2015 en arándano cv 'Biloxi' en invernadero en Montecillo, Edo de México. Las condiciones de Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y Temperatura (T en $^{\circ}\text{C}$) fueron las siguientes: 10 de junio PAR= 359.2 ± 188.9 y T= 33.7 ± 2.7 ; 23 de septiembre PAR= 222.3 ± 106.7 y T= 28.4 ± 2.8 ; 20 de noviembre PAR= 107.9 ± 40.5 y T= 26.05 ± 3.3 .

²Valores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

Para la fecha 10 de Junio (floración) el tratamiento T1 tuvo la mayor tasa de transpiración (0.0017), para el 23 de Septiembre (fructificación) el tratamiento T7 y T2 tuvieron la mayor tasa de transpiración (0.0016); mientras que en la cosecha el tratamiento T3 tuvo la mayor tasa de transpiración (0.0013).

Estos resultados muestran como la transpiración es un proceso que está en constante cambio y son muchos los factores que afectan la pérdida de agua por las plantas (transpiración), tales como los ambientales que afectan la presión de vapor del agua en la hoja (Anderson, 1982).

4.2.2 Peso específico de hoja

El peso específico de hoja es un estimador de la capacidad fotosintética de la hoja (Secor *et al.*, 1982) y está estrechamente relacionado con la capacidad de estructuras fotosintéticas de la planta para producir y acumular materia seca por unidad de área foliar y que los cultivares con menor PEH son las que cuentan con mayor número de hojas (Nava, 1994). Esta variable se evaluó a los 259 DDAT, resultando sin ninguna diferencia significativa entre tratamientos, así como tampoco en factores (dosis y poda). Esto nos muestra que existe una similar proporción de fotosintatos retenidos por el follaje de las plantas tratadas a la plantas testigo. Aunque, numéricamente el tratamiento 5 muestra el mayor peso específico de hoja de 4.59 mg cm⁻² (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en el peso específico de hoja en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.

Tratamiento	TDZ (mg·litro ⁻¹)	AG3 (mg·litro ⁻¹)	Poda (%)	Peso específico de hoja (mg cm ⁻²)
1	20	50	5	3.16a ^z
2	20	50	10	3.69a
3	20	50	20	3.51a
4	40	50	5	4.43a
5	40	50	10	4.59a
6	40	50	20	3.39a
7	80	50	5	3.20a
8	80	50	10	4.44a
9	80	50	20	3.19a
Testigo	0	0	0	2.70a

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey (P ≤ 0.05)

4.3 Variables de calidad de fruto

La calidad de fruto involucra principalmente el peso, el diámetro polar y el contenido de sólidos solubles totales (SST) (°Brix). En ninguna de estas variables se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 8).

En cuanto al peso de fruto se obtuvo un peso promedio en frutos de arándano cv 'Biloxi' fue de 0.6 g, lo cual está por debajo de los rangos óptimos en cosecha para este cultivo (peso medio de fruto de 1,47 g) (Spiers y Stringer, 2002).

Numéricamente los tratamientos 3 y 8 (20 mg·litro⁻¹ de TDZ+50 mg·litro⁻¹ de AG+20% poda y 20 mg·litro⁻¹ de TDZ+50 mg·litro⁻¹ de AG+5% poda) obtuvieron mayor peso promedio de fruto con 0.73 y 0.65 g. respectivamente.

Maust *et al.*, (2000) indicaron que el peso de fruto de arándano se encuentra directamente relacionado con las reservas de carbohidratos y fertilización realizada a los arbustos antes de la fructificación, el cual es utilizado por la planta de forma eficientemente durante el proceso fotosintético, siempre y cuando se desarrolle en las condiciones adecuadas de luz, temperatura, suelo y agua. Los resultados obtenidos no están relacionados con las temperaturas, sino más bien se encontró relación con el número de frutos por planta; resultando que al incrementarse este número se disminuye el peso de fruto por mayor competencia de nutrientes.

En arándano, la aplicación de GA₃ causa un retraso en la madurez y se obtienen frutos más pequeños más pequeños (Williamsom *et al.*, 1995; NeSmith and Krewer, 1999). Para el uso de promotores de brotación, Stringer *et al.*, (2002) encontraron que Cianamida de hidrogeno aumenta el peso de fruto, coincidiendo con lo encontrado por (Williamson *et al.*, 2002) que mencionan que con las aplicaciones de Dormex (cianamida hidrogenada) se tiene una maduración más temprana de los frutos y un incremento del peso medio fresco de fruto. En cuanto a la poda, Siefker and Hancock, (1987), encontraron que el peso de fruto aumenta con una poda severa.

En el cuadro 8 se muestra el tamaño de frutos de arándano medido como diámetro polar; el cual en promedio general fue igual a 6.83 mm. Al respecto (Cordenunsi *et al.*, 2002) indican que el tamaño de fruto no se pierde cuando llega al estado completamente azul

como pasa con la firmeza debido al incremento en la respiración provocado por el exceso de temperatura y luz solar, las alteraciones en la pared celular aumentan el ablandamiento de los tejidos (Ahmed *et al.*, 1980). El tamaño de frutos de arándano puede variar en diámetro de 0,7-1,8 cm (Gough, 1994). El análisis de varianza de los datos de la variable diámetro promedio polar no indicó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) entre los distintos tratamientos. Claramente se puede observar que el peso de fruto y el diámetro están relacionados, por lo que los tratamientos con menor peso tuvieron menor dimensión de diámetro.

Según el Departamento de Extensión de la Michigan Blueberry Growers (MBG), quien clasifica de acuerdo a valores en mm el diámetro del fruto de arándano alto en: calibre pequeño (\leq a 10 mm), medio (entre 11 y 15 mm) y fruto grande (\geq a 16 mm) (Godoy, 2002), y de acuerdo a lo indicado por Araya y Escudero (2002), quienes señalan que los calibres requeridos para la exportación de arándanos corresponden a 9,0 mm. Se puede señalar que esta premisa fue inferior por todos los tratamientos evaluados, incluido el tratamiento testigo.

En sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) no se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre tratamientos (Cuadro 8), observando que el TDZ no afecta la concentración de azúcar en el fruto. Numéricamente el tratamiento 1 obtuvo el valor mayor para esta variable con 12.67%, seguido de T2, T6 y T3 (12.52, 11.92 y 11.48%, respectivamente.

El valor de SST al momento de la cosecha fue de 11.5% lo que coincide con lo propuesto por Kushman y Ballinger (1968) quienes indican que niveles superiores a 10 $^{\circ}$ Brix son un buen criterio de cosecha, el cual es considerado como el índice de calidad mínimo para arándanos (Kader, 1999). Por su lado, Lobos (1988) indicó que frutos de arándano con 11 y 12 $^{\circ}$ Brix reúnen las cualidades organolépticas deseadas. Sin embargo, es importante señalar que el cultivar 'Biloxi', variedad utilizada en esta investigación se caracteriza por presentar niveles de azúcar de 13.4%. Morgan Greer., (1984) indican que el contenido de SST está fuertemente asociado con el peso del fruto, ya que aumentan con el tamaño de éste.

Estos resultados coinciden a lo encontrado por Galindo *et al.*, (2004) en zarzamora y Zermeño *et al.*, (2009) en manzano, en relación a que el TDZ no ejerce ningún efecto significativo sobre el contenido de °Brix en estos frutos.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en el peso de fruto, diámetro y sólidos solubles totales en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.

Tratamiento	TDZ (mg·L ⁻¹)	AG3 (mg·L ⁻¹)	Poda (%)	Peso fruto (g)	Diámetro ecuatorial (mm)	°Brix
1	20	50	5	0.62a	7.0a	12.67a
2	20	50	10	0.64a	7.3a	12.52a
3	20	50	20	0.73a	8.2a	11.48a
4	40	50	5	0.63a	7.1a	11.3a
5	40	50	10	0.53a	5.8a	11.27a
6	40	50	20	0.64a	7.4a	11.9a
7	80	50	5	0.49a	5.3a	11.22a
8	80	50	10	0.65a	8.0a	11.42a
9	80	50	20	0.61a	6.6a	11.24a
Testigo	0	0	0	0.46a	5.2a	10.7a

²Valores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤ 0.05)

4.4 Variables fisicoquímicas

4.4.1 Fenoles totales

La cantidad de fenoles que tiene el fruto de arándano es de importancia en la salud, ya que presenta alto contenido de estos metabolitos secundarios como compuestos que atrapan radicales libres retardando el envejecimiento celular. Los tipos de fenoles que contiene el fruto del género *Vaccinium* son antocianinas como malvidin 3-galactósido, delphinidin 3-galactósido, delphinidin 3-arabinosido, petunidin 3- arabinosido, petunidin 3-galactósido cianidina; flavonoles como myricetina y quercetina y ácidos fenólicos como clorogénico y elágico, cianidin – 3- glucósido se encuentra en mayor proporción con hasta el 40% del total de compuestos coloridos en arándano azul (Sinelli *et al*, 2008).

El contenido medio de fenoles osciló entre 172 y 214 mg/100 g equivalentes de ácido gálico (EAG) sin encontrar diferencias estadísticas (Cuadro 3). Los datos obtenidos son similares a los valores observados por otros autores como: Prior *et al.* (1998) que dan a conocer niveles de fenoles totales que varían entre 189 y 390 mg de equivalente ácido gálico/100 g de fruta fresca. Por otro lado, Moyer *et al.* (2002) observaron valores que fluctúan entre 171 y 868 mg eq. Ácido gálico/100 g fruta fresca. Sin embargo, el contenido de fenoles totales puede presentar una gran variabilidad incluso dentro del mismo cultivar y de la misma localidad. Esta variabilidad es debida a que existen diversos factores que pueden afectar el nivel de fenoles, entre estos está la madurez de la fruta, la época de maduración, las condiciones ambientales de precosecha (tales como clima, luminosidad, radiación UV, temperatura, humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, prácticas agronómicas), además del método utilizado para la determinación de fenoles. (Clark *et al.*, 2002).

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de promotores de brotación y poda en el contenido de fenoles totales en arándano cv 'Biloxi' en condiciones de invernadero sin control ambiental en Montecillo, Edo. de México.

Tratamiento	TDZ (mg·L ⁻¹)	AG3 (mg·L ⁻¹)	Poda (%)	Fenoles totales (mg/100 g equivalentes de ácido gálico)
1	20	50	5	214.35a
2	20	50	10	181.41a
3	20	50	20	182.68a
4	40	50	5	172.61a
5	40	50	10	173.27a
6	40	50	20	207.74a
7	80	50	5	202.15a
8	80	50	10	186.05a
9	80	50	20	199.52a
Testigo	0	0	0	172.57a

^zValores seguidos por letras iguales no son significativos de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

V. CONCLUSIONES

La aplicación de altas dosis de Thidiazurón (TDZ) ($80 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) en combinación con ácido giberélico e intensidad de poda (10 y 20%) promueve mayor porcentaje de brotación lateral en plantas de arándano 'Biloxi' y adelanta la floración.

Los tratamientos a base de aspersiones de promotores de brotación y poda no afectan el intercambio de gases en la planta de arándano y tampoco influye de manera significativa sobre los parámetros de calidad de frutos en arándano y variables fisicoquímicas.

La aspersión de Thidiazurón y AG_3 en combinación con poda puede ser una herramienta para programar y concentrar la floración y cosecha de arándano; no obstante, esto debe ser validado en condiciones de producción en lugares subtropicales bajo condiciones ambientales normales de producción en los llamados sistemas de cultivo siempre verdes.

VI. LITERATURA CITADA

- Aalders, L.E. and Hall, I.V. 1964. A comparison of flower-bud development in the lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* Ait. Under greenhouse and field conditions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 85:281-284
- Agustí, M. 1986. Estímulo del desarrollo vegetativo en los agrios. Agrícola Vergel. 60:642-644
- Ahmed, A. and Labavish, J. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit. Plant Physiol. 65: 1009-1013.
- Albert, T. Karp, K. Starast, M. and Paal. T. 2010. The effect of mulching and pruning on the vegetative growth and yield of the half-high blueberry. Agronomy Research 8 (1), 759–769
- Almaguer, V. G. 1997. Fruticultura general. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. 2ª. Edición. México. 366 p.
- Anderson, J. E. 1982. Factors controlling transpiration and photosynthesis. J. Ecol 63: 48-56.
- Almaguer, V. G., Espinosa, E. J. R., Luna, C. A y Paz, S. J. C. 2000. Aplicación de promotores de la brotación en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lind.) 'Shiro' Y 'Santa Rosa'. Revista Chapingo Serie Horticultura 6(1): 111-115
- Alvarado, R. H. Rodríguez, A. J. Calderón, Z. G. y Cárdenas, S. E. 2000. El thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lind.) 'Shiro'. Agrociencia 34 (3):321-327.
- Álvarez, Z. X. y Almeida, G. G. 2005. Producción de ácido giberélico vía microbiana. Laborat-acta 17(1):21-24
- Armas, R. R. 1997. Factores que limitan el amarre y apertura de yemas florales en chabacano (*Prunus armeniaca* L.). Tesis de doctorados en ciencias. Especialidad en fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Austin, M.E. (1994) Rabbiteye blueberries: Development, production and marketing. Agscience, Inc., Auburndale, FL. 160 p.

- Austin, R. B; M. A. Ford; T. E. Miller; C. L. Morgan y M. A. J. Perry (1987). Variation in Photosynthetic Characteristics Among Triticum Species and Attempts to Exploit it in Breeding, en Biggins, J. (ed.). Progress in Photosynthesis Research. Vol. IV. Núm 7, Martinus Nijhoff, Dordrecht, Países Bajos
- Avenant, J.H. and Avenant, A. 2006. Effects of gibberellic acid and CPPU on color and berry size of 'Redglobe' grapes in two soil types. Acta Hort. 727:371-379
- Avilán, L., Martínez, G., Marín, C., Rodríguez, M., Ruiz, J. y Escalante, H. 2003. Las podas cuadradas y piramidal truncada con o sin aserrado en la producción del mango. Agronomía Trop. 53(3):239-257.
- Bañados, M.P. 2005. Claves para la poda de arándanos. Revista Agronómica Forestal. UC 7:28-31
- Bañados, M.P. 2007. Poda en verde en arándanos. Revista Agronómica Forestal. UC Número 31: 16-19
- Bañados, M.P. 2009. Expanding blueberry production into non-traditional production areas: northern Chile and Argentina, Mexico and Spain. Acta Hort. 810: 439-445
- Bañados, M.P. and Strik, B. 2006. Manipulation of the annual growth cycle of blueberry using photoperiod. Acta Hort. (ISHS) 715:65-72
- Barber, J. and Andersson, B. 1992. Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis. Trends Biochem Sci 17: 61-66
- Blum, A. 1990. Variation among Wheat Cultivars in the Response of Leaf Gas Exchange to Light. J. Agric. Sci, 115: 305-311
- Bonnaire, A y Rieder, G. 1985. Cianamida hidrogenada un nuevo regulador de crecimiento para uva de mesa. Aconex 9: 21-22
- Bryla, D.R. and Strik, B.C. 2007. Effects of Cultivar and Plant Spacing on the Seasonal Water Requirements of Highbush Blueberry. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 132:270-277.
- Buttery, B. R. and Buzzell, R. I. 1977. The relation between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. Can. J. Plant Sci. 57: 1-5.
- Buzeta, A. 1997. Chile: Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile. 133 p.

- Caird, A. M. Rixhards, H. J. and Donovan, A. L. 2007. Nighttime Stomatal Conductance and Transpiration in C3 and C4 plants. *Plant Physiology*. Vol. 143, 4-10 p.
- Calderón, Z. G. y Rodríguez, A. J. 1992. Respuesta de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) 'Heritage' a aspersiones de ácido giberélico en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana* 15: 85-94
- Calderón, Z. G. y Rodríguez, A. J. 1996. Adelanto de la floración con revent (i.a. tidiazurón o TDZ) en zarzamora 'Brazos'. *Memorias del XVI Congreso Nacional de Fitogenética*. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México. 89p.
- Calderón, Z. G., Rodríguez A. J., Becerril, R. A. E., Livera, M. M. y Colinas, L. M.T. 1997. Fertilización foliar nitrogenada en la fotosíntesis y el desarrollo de durazno en producción forzada. *Agrociencia* 31: 291-296
- Calderón, Z. G. y Rodríguez, A. J. 1999. Evaluación de ocho clones de durazno en producción forzada con tidiazurón. *Memorias del VIII Congreso de Horticultura*. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. Manzanillo, Colima, México. 40 p.
- Calderón, Z. G. y Rodríguez, A. J. 2000. Thidiazuron (n-phenil-n¹ (1,2,3-thidiazol) urea) as a promoter of budbreak on peach (*Prunus persica* L. Btsch) and Japanese plum (*Prunus salicina* Lindl). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6: 117-120.
- Caruso, F. and Ramsdell, L. 2007. *Compendium de blueberry and cranberry diseases*. Ed. APS PRESS. St. Paul, MN. 87 p.
- Castillo, G. A. M. 1996. Fluctuación anual de carbohidratos y nutrimentos en relación al amarre de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill) cv. Colín V-33. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 137 p.
- Chaumont, M., Morot-Gaudry, J. F. and Foyer, C.H. 1994. Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vines with and without fruit. *J. Exp. Bot.* 278: 1235-1243
- Clark, J. R., Howard, L. and Talcott, S. 2002. Variation in phytochemical composition of blueberry cultivars and breeding selections. In: *Proc Seventh International Symposium on Vaccinium Culture*. Acta Hort. 574: 203-207

- Cline, W.O. and Schilder, A. 2006. Identification and control of blueberry diseases. 115-138 p. In: N.F. Childers and P.M. Lyrene, (eds.). Blueberries for growers, gardeners, and promoters. Dr. Norman F. Childers Publications, Melrose, Florida, USA. 266 p.
- Connor, A. M., Luby, J. J. and Tong, C. S. 2002. Genotypic and Environmental Variation in Antioxidant Activity, Total Phenolic Content, and Anthocyanin Content among Blueberry Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 127 (1): 89-97
- Coque, F. M y Díaz, H. B. 2005. Poda de frutales y técnicas de propagación y plantación. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Grupo Mundi-prensa. 213-217 p.
- Cordenunsi, B., Oliveira, J., Genovese, M. Lajolo, F. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruit grown in Brazil. *J. Agric. Food Chem.* 50 (9): 2581-2586
- Corporación de Fomento de la Producción, 1980. Berries situación actual y perspectivas CORFO, Santiago, Chile. 118 p.
- Croxdale, J. 2000. Stomatal patterning in angiosperms. *American Journal of Botany* 87(8): 1069-1080
- Dale, A. and Luby, J. J. 1990. The strawberry into the 21st century. Timber Press. Portland, Oregon. 133-135
- Darnell, L. R. and Williamson G. J. 1997. Feasibility of blueberry production in warm climates. *Act. Hort.* 446
- Darnell, L.D. 2006. Blueberry botany/environmental physiology, 5-13 p. In: N.F. Childers and P.M. Lyrene (eds.), Blueberries for growers, gardeners, promoters. Horticultural Publications. Gainesville. Florida.
- Darnell, R.L., Stutte, G.W., Martin, G.C., Lang, G.A. and Early, J.D. 1992. Developmental physiology of rabbiteye blueberry. *Hort. Review* 13: 339-405
- Davies, F.S. and Crocker, T.E. 1994. Pruning blueberries in Florida. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. HS-77

- Davies, P. J. 1995. The plant hormones: their nature, occurrence, and functions. 1-12p.
In: Peter J. Davies (ed.) Plant hormones. Physiology, biochemistry and molecular biology. 2nd edition. Kluwer academic Publishers, Netherlands
- De Jong, T. M., Tombesi, A. and Ryugo, K. 1984. Photosynthetic efficiency of kiwi (*Actinidia chinensis*, Planch.) in response to nitrogen deficiency. *Photosynthetica* 18: 139-145
- De Silva, A., Patterson, K. Rothrock, C. and McNew, R. 1999. *Phytophthora* root rot of blueberry increases with frequency of flooding. *HortScience* 34:693–695
- Dookozlian N. K.; Williams L. E. and Neja R. A. 1995. Chilling exposure and hydrogen cyanamide interact in breaking dormancy of grape fruits. *HortScience* 30(6): 1244-1247.
- Díaz, M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT EDITOR, S. A. México, D. F.
- Eck, P. 1988. Blueberry Science. Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.
- Edwards, G. R. 1987. Temperatures in relation to peach culture in the tropics. *Acta Horticulturae* 199: 61-62
- Ehlenfeldt, M.K. 1998. Enhanced bud production in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in response to paclobutrazol. *HortScience* 33:75-77.
- Escalera, V. J.C. 2009. Propagación vegetativa de blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Erez, A. 1987. Chemical control of budbreak. *HortScience* 22: 1240-1243
- Evans, J. R. 1989. Partitioning of nitrogen between and within leaves grown under different irradiances. *Australian Journal of Plant Physiology* 16:533-548.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. FAOSTAT. 25 Abril 2015. <<http://faostat.fao.org>>.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperature zone fruit trees. John Wiley y sons, ed. U. S. A. 338 p.

- Faust, M., Liu, D., Millard, M. M. and Stutte, S.W. 1991. Bound versus free water in dormant apple buds-A theory for endodormancy. *HortScience* 26: 887-890
- Faust, M., Erez, A., Rowland, J.L, Wang, S.Y. and Norman, H.A. 1997. Bud Dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. *HortScience*. 32(4):623-628
- Fernandez, G.E. and M.P. Pritts. 1996. Carbon supply reduction has a minimal influence on current year's red raspberry (*Rubus idaeus* L.) Fruit production. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:473-477
- Flaishman, M.A., Shargal, A. and Stern, R.A. 2001. The synthetic cytokinin CPPU increases fruit size and yield of 'Spadona' and 'Costa' pear (*Pyrus communis* L.). *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 76:145–149
- Flore, J. A. and Lakso, A. N. 1988. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Horticultural Reviews*, 11, 111-157 p.
- Galindo, R. M. A., González, H. V. A., Muratalla, L. A., Soto, H. R. M. y Livera, M. M. 2004. Producción forzada en zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. *Rev. Chapingo S. Hort.* 10(2):205-209.
- Galletta, G.J. y Ballington, J.R 1996. Moras, arándanos y arándanos rojos. En J. Janick y JN Moore (eds.), *Frutas Cría. 2, Parra y Frutas pequeñas Cultivos*: 1- 107p. Prentice Hall. Nueva York.
- Gargia, de O. L. J. 1991. Fitohormonas: tratamientos hormonales en frutales. *Fruticultura profesional* No. 37- Marzo/Abril. España.
- Garilio, N., A. Castillo, M. Juan, V. Almela y M. Agustí. 2002. *El Níspero Japonés*. Generalitat Valenciana, Valencia, España. 61 p.
- Garnier, E. J., Salager, G. and Sonie, L. 1999. Relationships between photosynthesis, nitrogen and leaf structure in 14 grass species and their dependence n the basic of expression. *New Phytologist* 143: 119-129
- George, A. P. and Nissen, R. J. 1993. Effects of growth regulants on defoliation, flowering, and fruit maturity of the low chill peach cultivar Flordaprince in subtropical Australia. *Austr. J. Exp. Agric.* 33: 787-795.

- Godoy, A. C. 2002. Arándanos, fisiología y tecnologías de postcosecha. Argentina. infoBerry.11:58-59.
- Gough, R. and Shutak, V. 1978. Anatomy and Morphology of Cultivated Highbush Blueberry. Univer. R.I. Agr. Exp. Sta. Bull. 423 p.
- Gough, R.E. 1983. Time of pruning and bloom date in cultivated highbush blueberry. HortScience 18:934-935
- Gough, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. Food Products Press, Binghamton, N.Y.
- Greene, D. W. 1989. CPPU: Influences McIntosh Apple crop load and fruit characteristics. HortScience 24(1):94-96
- Greene, D.W. 1993. A comparison of the effects of several cytokinins on apple fruit set and fruit quality. Acta Hort. 329:144–146
- Guardiola, J. L.; Monerri, C. and Agustí, M. 1982. The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. Physiol. Plantarum. 55:136-142
- Gutiérrez, R. M., San M., C. R., Nava, S. T. Larqué, S. A. 1998. Métodos avanzados en fisiología vegetal experimental. In: determinación de fotosíntesis, asimilación neta. Colegio de postgraduados en ciencias agrícolas y recursos naturales, especialidad en botánica. 93 pp
- Gutiérrez, R. M., Paul, R. M., Escalante, E. A., Larqué, S. A. 2005. Algunas consideraciones en la relación entre fotosíntesis y el rendimiento de grano en trigo. Ciencia Ergo Sum, vol. 12, núm. 2. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 149-154
- Hancock, J.F., Haghghi, K., Krebs, S.L., Flore, J.A., Draper, A.D., 1992. Photosynthetic heat stability in highbush blueberries and the possibility of genetic improvement. Hortscience 27, 1111–1112
- Hirzel J. y Rodríguez, N. 2003. Acidificación de suelos para plantación de arándanos. Informativo Agropecuario- INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación. Quilamapu, Chillán, Chile.

- Hooley R. 1994. Gibberellins: perception, transduction and gibberellin signal transduction pathway. *The Plant Cell responses*. *Plant Molecular Biology* 26, 1529–1555
- Howell, S.H, Lall, S. and CHE, P. 2003. Cytokinins and shoot development. *Trends Plant Science* 8: 453-459
- Ikeda, A., Ueguchi-Tanaka, M., Sonoda, Y., Kitano, H., Koshioka, M., Futsuhara, Y., Matsuoka, M. and Yamaguchi, J. 2001. Slender rice, a constitutive gibberellin response mutant, is caused by a null mutation of the SLR1 gene, an ortholog of the height regulating gene AGI/RAG/RHT/D8. *Plant Cell Nagoya* 113,999-1010.
- Jackson J. E. and Bepete M. 1995. The effect of hydrogen cyanamide (Dormex) on flowering and cropping of different apple cultivars under tropical conditions of subtropical winter chilling. *Scientia Horticulturae* 60(3): 293-304
- Jansen, W.A.G.M. 1997. Pruning of highbush blueberries. *Acta Hort.* 446:333-336
- Jordán, M. y Casaretto, J. 2006. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. *Fisiología Vegetal*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.1-28 p.
- Kader, A. A. 1999. Fruit maturity, ripening and quality relationship. *Acta Horticulturae*. 485: 203-208
- Kim, J.G., Takami, Y., Mizugami, T., Beppu, K., Fukuda, T. and Kataoka, I. 2006. CPPU application on size and quality of hardy kiwifruit. *Scientia Hort.* 110:219-222
- Kovaleski, P. A., Williamson, G. J., Olmstead, W. J. and Darnell, L. R. 2015. Inflorescence Bud Initiation, Development, and Bloom in Two Southern Highbush Blueberry Cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 140(1):38–44
- Kuepper, G., and Diver, S. 2004. Blueberries: Organic production. In *Horticulture production guide*. ATTRA Publication N° IP021. 1-26p. The National Center for Appropriate Technology (NCAT) Agriculture Specialist, Fayetteville, Arkansas, USA.
- Kushman, L. and Ballinger, W. 1968. Acid and sugar changes during ripening in Wolcott Blueberries. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci* 2: 290-295

- Lakso, A. N., Wunsche, J. N., Palmer, J. W. and Grappadelli, L. C. 1999. Measurement and modeling of carbon balance of the apple tree. *HortScience* 34 (6): 1040-1047
- Lawlor, D. and Tezara, W. 2009. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. *Annals of Botany* 103:561-579
- Lima, F. J. 2004. Gas exchange of the umbu tree under semi-arid conditions. *Revista Brasileña de Fruticultura* 26: 206-208
- Lin, H. S., Lin, C. H. and Liaw, W. J. 1990. Production of oriental pear at low latitudes. *Acta Hort.* 279: 75-82
- Lobos, G.A., Retamales, J.B., Del Pozo, A., Hancock, J.F. and Flore, J.A., 2009. Physiological response of *Vaccinium corymbosum* 'Elliott' to shading nets in Michigan. *Acta Hort.* 810 465–470.
- Lobos, W. 1988. El Arándano en Chile. En: Seminario El cultivo del arándano. INIA Carillanca. Temuco, Chile. 191-202 p.
- Lyrene, P. 2004. Flowering and leafing of low-chill blueberries in Florida. *Horticultural Sciences Department* 3(3-4): 375-379
- Lyrene, P.M. and Ballington, R.B. 2006. Varieties and their characteristics, 26-37p. In: N.F. Childers and P.M. Lyrene (eds.), *Blueberries for growers, gardeners, promoters*. Horticultural Publications. Gainesville. Florida.
- Lyrene, P.M. and Crocker. T.E., 1991. Commercial blueberry production in Florida. Institute of Food and Agricultural Science, University of Florida, Gainesville, USA. Bull. SS-FRC-002.
- Marini, R. P and Sowers, D. L. 1990. Net photosynthesis, specific leaf weight and flowering of peach as influenced by shade. *Horticultural science* 25:331-334
- Márquez, C. J. A., Cano, M. R. y Rodríguez, A. J. 2003. Promotores de Brotación substitutos de la Cianamida de Hidrógeno en Vid de Mesa 'Flame Seedless'. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 9(1): 45-54

- Maust, B., Williamson, J. and Darnell, R. 2000. Carbohydrate reserve concentrations and flower bud density effects on vegetative and reproductive development in Southern Highbush Blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125 (4): 413-419
- Maxwell, P. A., Jones, J. A., Brien, R. O., Murch S. J. and Saxena, K. 2007. The mode of action of thidiazuron: auxins, indoleamines, and ion channels in the regeneration of *Echinacea purpurea* L. *Plant Cell Rep.* 26:1481-1490
- Melgarejo, P. 1996. El frío invernal, factor limitante para el cultivo frutal. A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid, España. 166 p.
- Merino, R., Serri, H. and Holzapfel, J. 2002. Effect of GA3 and CPPU on Fruit of 'Tifblue' Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* R.). *Acta Hort.* 574: 239-243
- Monti, A. Bezzi, G. and Venturi, G. 2009. Internal conductance under different light conditions along the plant profile of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Brown). *Journal of experimental Botany* 60:2341-2350
- Moon J.W., J.A. Flore and J.F. Hancock, Jr. 1987. A comparison of carbon and water vapor gas exchange characteristics between a diploid and Highbush blueberry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112 (1):134-138.
- Moore, J.N. 1994. The blueberry industry of North America. *HortTechnology* 4:96–102.
- Morgan, D., Stanley, C., Volz, R. and Warrington, I. 1984. Summer pruning of 'Gala' apple: The relationships between pruning time, radiation penetration, and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (5): 637-642
- Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei C.E., Wrolstad R.E. 2002. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus* and *Ribes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 519 – 525.
- Munns, R. and King, W. 1988. Abscisic acid is not the only stomatal inhibitor in the transpiration stream of wheat plants. *Plant Physiology* 88: 703-708
- Muñoz, C. 1988. Arándano: Variedades y su Propagación. Instituto de Investigación Agropecuaria. Seminario: El cultivo del Arándano. Temuco, 30 de Noviembre y 1 y 2 de Diciembre de 1988. 53-65pp.

- Muñoz, I. y Valenzuela, J. 2000. Principales cultivares. In: Valenzuela Jorge. Uva de mesa en Chile. Santiago. Centro Regional de Investigación La Platina. 43-59 p.
- Murthy, B. N., Murch, S. J. and Saxena, K. 1998. Thidiazuron: a potent regulator of in vitro plant morphogenesis. *In vitro Cell* 34:267-275
- Nava A., J. y A. Villegas M. 1994. Comportamiento en vivero de portainjertos tolerantes a la tristeza de los cítricos. *Proc. Interam. Soc. Trop. Hort.* 38: 86-89
- NeSmith, S. D. and Krewer, G. 1999. Effect of Bee Pollination and GA₃ on Fruit Size and Maturity of Three Rabbiteye Blueberry Cultivars with Similar Fruit Densities. *HortScience* 34(6):1106–1107
- NeSmith, S. D. 2002. Response of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) to the Growth Regulators CPPU and Gibberellic Acid. *HortScience* 37(4):666–668
- Nobel, P. S. 1999. Physicochemical and environmental plant physiology. 2a edition. Academic Press. USA. 474 pp
- Ochmian, I., Grajkowski, J. and Skupień, K. 2008. Effect of three substrates on fruit and leaf chemical composition of Highbush Blueberry 'Sierra' Cultivar. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. Volume 11 (4): 12
- Ogata, R., Saito, T. and Oshima, K. 1989. Effect of N-phenyl-N-(4-pyridyl) urea (4-pu) on fruit size: apple, Japanese pear, grapevine and kiwifruit. *Acta Hort.* 239:395-398
- Osorio, A. G., Díaz, M. D. and Siller C. J. 1997. Regulación de la brotación en vid bajo condiciones del desierto de Sonora. Folleto Técnico No. 14. INIFAP produce. 72 p.
- Pares, M. J. Arizaleta, M. Sanabria, e. y Brito, L. 2004. Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la injertación en *A. muricata* L. y *A. Montana*. *Biagro* 16: 213-218
- Pavone, R., Avilán, L. y Herrera, L. 2008. Efecto del Despuntado, Poda y Paclobutrazol, sobre la Brotación vegetativa y reproductiva de cuatro cultivares de mango. *Agronomía Trop.* 58(4): 351-356
- Pescie, M.A. y López, C.G. 2007. Inducción floral en arándano alto del sur (*Vaccinium corymbosum*), var. *O'Neal*. *Revista de Investigaciones agropecuarias*. 36:97-107.

- Pescie, M.A. y Lovisolo, M. 2005. Momento de inducción floral en arándano (*Vaccinium corymbosum*) variedad O'Neal en Buenos Aires. En resúmenes del XII Congreso Latinoamericano XXVIII Congreso Argentino de Horticultura, 5 de Septiembre 2005. Río Negro. 40p.
- Pescie, M., Borda, M. Fedyszak, P. y López, C. 2011. Efecto del momento y tipo de poda sobre el rendimiento y calidad del fruto en arándano altos del sur (*Vaccinium corymbosum*) var. O'Neal en la provincia de Buenos Aires. Revista de Investigaciones Agropecuarias. vol. 37, núm. 3. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina 268-274 p.
- Prior, R.L., G. Cao, A. Martin, E. Sofic, J. McEwen, C. O'Brien, N. Lischner, M. Ehlenfeldt, W. Kalt, G. Krewer, and C.M. Mainland. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. J. Agr. Food Chem. 46:2686–2693.
- Petri, J.J., 1987. Breaking dormancy of apple trees with chemicals. Acta Hort. 199, 109-117 p.
- Pritts M.P. and Hancock J.F. 1992. Highbush blueberry production guide. No. 55.
- Pritts, M. 2004. Blueberry pruning and rejuvenation. New York Berry News–Cornell University, 3:4-5
- Rappaport, I., and Skoong, F. 1980. Application of gibberellins in agriculture in plant growth substances. Journal Plant 377
- Reeder, R. K., Obreza, T. A. and Darnell, R.L. 1998. Establishment of a non-dormant blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrid) production system in a warm winter climate. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 73:655-663
- Retamales, J.B. and Hancock, J.F. 2012. Blueberries. CABI, Wallingford, UK, 336p.
- Reyes, S. M., Villegas, M. A. Colinas, L. M.t. y Calderon, Z. G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. Agrociencia 34: 49-55.
- Rivas, J. I. C. 2003. Fenología, nutrición y almacenamiento de reservas en la producción forzada de durazno 'Flordamex 1' en plantación intensiva en valles altos. Tesis de

- Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 115p.
- Roth, I., T. Merida y H. Lindorf. 1986. Morfología y anatomía foliar de plantas de la Selva Nublada de Rancho Grande. Parque Nacional "Henry Pittier". El ambiente físico, ecología general y anatomía vegetal. Fondo Editorial Act. Cient. Venezolana. 205-241 p.
- Ryugo, K. 1988. Fruit Culture. Its Science and Art. John Wiley. Davis, Calif. 344 p.
- Salas, J., M. Sanabria y R. Pire. 2001. Variación en el índice y densidad estomática en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sometidas a tratamientos salinos. Bioagro 13(3): 99-104.
- Salisbury, F. B. y Ross, C. w. 2000. Fisiología vegetal. 4ta ed. Grupo ed. Interamericana-McGraw Hill: México. 275 pp
- Sánchez, E. P. Larqué, S. A., Nava, S. T. y Trejo, C. 2000. Respuestas de plantas de maíz y frijol al enriquecimiento de dióxido de carbono. Agrociencia 34: 311-320
- Sánchez, R. 2008. La red de Valor de la Zarcamora. El Cluster de Los Reyes, un ejemplo de reconversión competitiva. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Mich. 116 p.
- Scott, D. H., Draper, A. D. and Darrow, G. M. 1973. Pruning of highbush varieties. In: Commercial blueberry growing. Farmer's Bui. U.S. Dept. Agr. 2254. 9-11 p.
- Secor, J., D. R. McCarty, R. Shibbes, and D. E. Green. 1982. Variability and selection for leaf photosynthesis in advanced generation of soybean. Crop Sci. 22: 255-258.
- Segura, J. 2000. Citoquininas. In, J. Azcón-Bieto, y M. Talón. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, España. 17p.
- SIAP-SAGARPA, 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura producción anual. Cierre de la producción por cultivo. (<http://www.siap.gob.mx>) Ultimo acceso: 23. Marzo. 2015.

- Siefker, J.A.; Hancock, J.F. 1987. Pruning effects on productivity and vegetative growth in the highbush blueberry. *HortScience* 22:210-211.
- Shudo, K. 1994. Chemistry of phenylurea cytokinins. Mok, D. W. S.; Mok, M. C. Cytokinins—Chemistry, activity, and function. Boca Raton, FL: CRC Press; 35–42.
- Sinelli, N., Spinardi, A., Di Egidio, V., Mignani, I. y Casiraghi, E. 2008. Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by near and mid-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*. 50: 31-36.
- Smith, B. J. 2002. Susceptibility of Southern Highbush Blueberry Cultivars to *Phytophthora* Root Rot. *Acta Hort.* (ISHS) 574:75-79
- Soria, I. N. A., Becerril, R. E., Rodriguez, A. J. y Colinas, L. M. T. 1993. Fluctuación nutrimental en durazno con diferentes tratamientos para producción forzada. *Agrociencia Serie Fitotecnia* 4: 47-48
- Spann, M. T. Williamson, G. J. and Darnell, L. R. 2004. Photoperiod and temperature effects on growth and carbohydrate storage in southern highbush blueberry interspecific hybrid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(3):294-298
- Spiers, M. J. Constantin, R. J. and Braswell, H. J. 2000. Effects of Pruning on ‘Climax’ Rabbiteye Blueberry. *Acta Hort.* 574:233-237
- Spiers, M. J. and Stringer, S. J. 2002. ‘Biloxi’ Southern Highbush Blueberry. *Proc. 7th IS on Vaccinium*. Ed. R. F. Hepp. *Acta Hort.* 574
- Starr, G., Seymour, R.M., Olday, F. and Yarborough, D.E. 2004. Determination of evapotranspiration and drainage in lowbush blueberries (*Vaccinium angustifolium*) using weighing lysimeters. *Small Fruits Rev.* 3:273–283
- Strik, B. 2006. Blueberry Production and Research Trends in North America. *Acta Hort.* 715:173-184
- Strik, B. and Hart, J. 1997. Fertilizer Guide: Blueberries. Oregon State University. Extension Service.
- Strik, B., Brun, C., Ahmedullah, M., Antonelli, A., Askam, L., Barney, D., Bristow, P., Fisher, G., Hart, J., Havens, D., Ingham, R., Kaufman, D., Penhalgon, R., Pscheidt,

- J. Scheer, B., Shanks, C. and William, R. 1993. Highbush blueberry production. Ore. State Univ. Ext. Serv. Pub. PNW 215.
- Strik, B., Buller, G., and Hellman, E. 2003. Pruning severity affects yield, berry weight and hand harvest efficiency of highbush blueberry. HortScience 38:196-199
- Sugiyama, N. and Yamaki, Y.T. 1995. Effects of CPPU on fruit set and fruit growth in Japanese persimmon. Scientia Hort. 60:337-343
- Swain, A. W. and Darnell, L. R. 1997. Reproductive Development in Evergreen vs. Deciduous Blueberry Production System. HortScience. Vol. 32. No. 3:443
- Tarango R., S. H. 2001. Efecto de la cianamida hidrogenada en la fenología del nogal [*Carya Illinoensis* (Wang.) K. Koch] variedades Western y wichita. INIFAP-CEDEL. Folleto Técnico No. 16
- Tartarini, S., Sansavini, S. and Ventura, M. 1993. CPPU control of fruit morphogenesis in apple. Sci. Hort. 53:273-279
- Teramura, A.H., F.S. Davies and D.W. Buchanan. 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. 256 p.
- Tichá, I. 1982. Photosynthetic characteristics during ontogenesis of leaves. 7. Stomata density and sizes. Photosynthetica 16: 375-471
- Valenzuela, J. 1988. Requerimientos Agroclimáticos de las Especies de Arándano. Instituto de Investigación Agropecuaria. Seminario: El cultivo del Arándano. Temuco, 30 de Noviembre y 1 y 2 de Diciembre de 1988. 17- 23 p.
- Vidal, D. B., Muratalla, L. A. y García, V. E. 1992. Potencial de la zarzamora cultivar 'Comanche' para la doble cosecha. Memorias del XIV Congreso de Fitogenética. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 214 p.
- Volz, R. K. and Knight, J. N. 1986. The use of growth regulators to increase precocity in apple trees. J. Hort. Sci. 61:181-189

- Wang S. Y., Jiao, J. H. and Faust, M. 1991. Changes of fatty acids and steroids in apple buds during bud break induced by a plant bioregulator, thidiazurón. *Physiologia-Plantarum*. 72:115-120
- Wang, S. Y. Faust, M. and Line, J. M. 1994. Apical dominance in apple (*Malus domestica* Borkh): the possible role of indole-3-Acetic Acid (AIA) *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 119, 1215-1221
- Wang, S. Y., Steffens, G. L. and Faust, M. 1986. Breaking bud dormancy in apple with a plant bioregulator Thidiazurón. *Phytochem.* 25: 311-317
- Wang, S.; J. I., Z. L.; Faust. M. 1987. Metabolic changes associated with bud break induced by thidiazuron. *Journal of Plant Growth Regulation* 6: 85-95
- Webb, A. R. and Baker, A. J. 2002. Stomatal biology: New techniques, new challenges. *New Phytologist* 153:365-370
- Whiley, A. W. 1990. CO₂ assimilation of developing shoots of cv. Hass avocado (*Persea Americana* Mill.), a preliminary report. South African Avocado Growers Association. Yearbook 13: 28-30
- Williams, W. T., and Tax, B. A. 1990. Preliminary observations on the effects of hydrogen cyanamide on breaking dormancy and harvest of apples in Guatemala. *Acta Hort.* 279: 399-408
- Williamson, J.G., Darnell, R.L., Krewer, G., Vanerwegen, J. and NeSmith, S. 1995. Gibberellic acid: A management tool for increasing yield of rabbiteye blueberry. *J. Small Fruit Viticult.* 3: 203–218.
- Williamson, J. G., Krewer, G., Maust, B. E. and Miller, E. P. 2002. Hydrogen Cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. *HortScience.* 37(3):539-542
- Williamson, J.G. and Lyrene, P.M. 2004_a. The Florida blueberry industry: A decade of growth. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 117:234–235
- Williamson, J. G. and Lyrene, P. M. 2004_b. Blueberry gardener's guide. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. CIR1192.
- Williamson, J. G. and NeSmith, S. D. 2007. Effects of CPPU Applications on Southern Highbush Blueberries. *HortScience* 42(7):1612–1615

- Williamson, J., Davies, F. and Lyrene, P. 2004. Pruning blueberry plants in Florida. HS985. University of Florida and Institute of Food and Agricultural Science (UF/IFAS)
- Wood B. D. 1997. Hydrogen cyanamide advances pecan budbreak and harvesting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118(6): 690-693.
- Woolley, D. J., Lawes, G. S. and Cruz, C. J. G. 1991. The growth and competitive ability of *Actinidia deliciosa* 'Hayward' fruit: carbohydrate availability and response to the cytokinin-active compound CPPU. Acta Horticulturae 297: 467-473.
- Yadong,L., Lin, W and Zhidong, Z. 2002. Blueberry Species Introduction, Selection and Cultivation Practice in China. Acta Hort. 574
- Zermeño, G. A., Gil, M. J. A., Ramírez, R, H., Hernández, H. A., Rodríguez, G. R., Benavides, M. A. y Jasso, C. D. 2009. Efecto del encalado total del manzano en la temperatura interna, rendimiento de frutos y su relación con la aplicación de thidiazurón. Rev. Chapingo Ser. Hortic vol.15 no.3

VII. APENDICE´

Cuadro A1. Valores de Cuadrado Medio del Error (CME), Coeficiente de Variación (CV) y prueba de significancia del modelo (Pr mayor F) para las variables evaluadas.

Variable	CME	CV	R²	Pr mayor F
Brotación	398.16	31.10	0.48	0.02
Longitud de brote	9.84	32.23	0.17	0.8619
Floración	542.86	35.18	0.40	0.1343
Inflorescencias	25.27	77.13	0.24	0.3623
Flores por inflorescencia	4.54	51.67	0.34	0.2200
Laterales fructificantes	7.31	74.05	0.44	0.0272
Amarre de fruto	808.97	45.42	0.34	0.4671
Producción por planta	2208.77	65.64	0.34	0.1693
Tasa fotosintética 1	4.78	31.23	0.26	0.6102
Tasa fotosintética 2	2.11	27.87	0.32	0.2276
Tasa fotosintética 3	6.23	33.5	0.23	0.8522
Conductancia estomática 1	0.000263	42.81	0.207	0.6545
Conductancia estomática 2	0.000362	63.72	0.44	0.3898
Conductancia estomática 3	0.000153	53.43	0.12	0.9666
Tasa transpiratoria 1	0.00000047	54.23	0.13	0.8991
Tasa transpiratoria 2	0.00000037	40.49	0.35	0.1535
Tasa transpiratoria 3	0.00000044	83.82	0.35	0.6892
PEH	1.57	34.81	0.31	0.5704
Peso de fruto	0.0174	21.78	0.47	0.2138
Diámetro de fruto	2.8821	24.87	0.40	0.1358
Solidos solubles	0.9159	8.25	0.58	0.2322
Fenoles totales	553.36	12.43	0.40	0.2998