Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

Instituto de Horticultura

FERTILIZACIÓN FOLIAR ORGÁNICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE FRUTO EN ARÁNDANO AZUL TIPO OJO DE CONEJO (*Vaccinium ashei* Reade)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO MEXICO
DIRECCION GENERAL ACADEMIC
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

LÓPEZ LÓPEZ GABRIELA

ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN
FITOTECNIA

FERTILIZACIÓN FOLIAR ORGÁNICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE FRUTO EN ARÁNDANO AZUL TIPO OJO DE CONEJO (*Vaccinium ashei* Reade)

Tesis realizada por **Gabriela López López** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Director:

Dr. Edilberto Avitia García

Asesor:

Dra. Ana María Castillo González

Asesor:

Dr. Joel Pineda Pineda

Chapingo, México, Junio de 2013.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado en la realización de mis estudios de posgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo por brindarme la oportunidad de estudiar el posgrado.

A la Sra. Alejandra Ivonne por prestarme su huerta de Arándano en el Rancho Dos Ríos de Hueyapan, Puebla.

A mi comité asesor, al Dr. Edilberto Avitia García, Dra. Ana María Castillo González y Dr. Joel Pineda Pineda, por su disposición, paciencia y valiosas aportaciones realizadas al desarrollo de este trabajo.

A los laboratoristas, Angela, Wences y Toño por su disposición y valiosas aportaciones para el desarrollo de este trabajo.

A los compañeros de clase por su ánimo y gratas experiencias vividas durante la maestría, gracias por compartir sus conocimientos y experiencia conmigo.

A mi familia por su apoyo durante el trabajo realizado en campo, pero en especial a mi mamá por estar conmigo siempre en todos los sentidos y sobre todo por confiar en mí.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora de esta tesis nació en el Municipio de Teziutlán Puebla el 13 de agosto de 1986. Realizó sus estudios de primaria en la escuela “Angel Rendón Cabañas”, la secundaria en la “Escuela Secundaria Federal Antonio Audirac” (ESFAA) y la preparatoria en la “Escuela Preparatoria Federal por Cooperación Antonio Audirac” (EPFAA). En agosto de 2005 ingresó a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica, donde obtuvo el grado de Ingeniera Agrohidráulica en Julio de 2010. En enero de 2011 ingresó al Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo, donde realizó sus estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura.

ÍNDICE

RESUMEN……..…….. xi
ABSTRACT……. xi
I. INTRODUCCIÓN……... 1
OBJETIVOS…… 2
II. REVISIÓN DE LITERATURA…….……..…… 3
2.1. Origen, Historia y Distribución……..….. 3
2.2. Importancia del Arándano a Nivel Mundial…….…..….. 3
2.3. Cultivo Comercial en México……..……..…… 4
2.4. Descripción Botánica……..……..……. 6
2.5. Crecimiento del Fruto……..… 7
2.5.1. Factores que influyen en el tamaño del fruto……..…..… 9
2.6. Valor Nutricional de los Frutos de Arándano……..……..…… 10
2.7. Cultivo Orgánico del Arándano……..……..……. 10
2.8. Consideraciones para Establecer una Plantación de Arándano…….…….... 12
2.8.1. Selección del cultivar……..……..…… 12
2.8.2. Requerimientos del suelo……..…..…….. 13
2.8.3. Fertilización……..……..…….. 13
2.8.3.1. Aplicación al suelo……..……..… 17
2.8.3.2. Aplicación foliar……...…….…... 18
2.8.4. Requerimientos específicos de nutrimentos…….…….... 19
2.8.4.1. Nitrógeno……...……...…….. 19
2.8.4.2. Fósforo……..……. 21
2.8.4.3. Potasio……..……... 22
2.8.4.4. Calcio……...…… 23
2.8.4.5. Magnesio……...……... 24
2.8.4.6. Hierro……...…… 25
2.8.4.7. Cobre…….....……. 26
2.8.4.8. Zinc……...……... 26

2.8.4.9. Boro……... 27
2.8.4.10. Manganeso……... 28
2.8.5. El riego……... 29
2.8.6. Control de plagas y enfermedades……..…… 29
2.9. Factores Precosecha que Afectan la Fisiología y Manejo Poscosecha de los frutos… 30
2.9.1. Factores ambientales……..……. 30
2.9.2. Prácticas culturales……..…… 31
2.10. Cosecha……..…… 32
2.11. Calidad de los Frutos de Arándano……..…….. 32
2.11.1. Factores que influencian la calidad de fruto……..…….. 34
2.11.1.1. Tamaño de fruto……..…….. 34
2.11.1.2. Firmeza……... 35
2.11.1.3. Sólidos solubles…….. 35
2.11.1.4. Acidez titulable……..……... 36
2.11.1.5. Capacidad antioxidante……..... 36
2.12. Manejo Poscosecha……..…….. 37
III. MATERIALES Y MÉTODOS…… 39
3.1. Localización del Huerto……..……. 39
3.2. Material Vegetal……..…. 39
3.3. Diseño Experimental……..….. 39
3.4. Fertilización Foliar……..…. 40
3.5. Muestreo y Variables Evaluadas en Hojas……..…. 40
3.5.1. Concentración de clorofilas…….. 41
3.5.2. Azúcares solubles totales……..….. 42
3.5.3. Determinación de nutrimentos en hoja……..……. 43
3.6. Muestreo y Variables Evaluadas en Fruto……..…. 44
3.6.1. Peso fresco del fruto (PFF)……..….... 44
3.6.2. Diámetro ecuatorial (DE)……..…….. 44
3.6.3. Índice de redondez (IR)…… 45

3.6.4. Firmeza de fruto (FIR)……..…….. 45
3.6.5. Sólidos solubles totales (SST)…….. 45
3.6.6. Acidez titulable (AT)……...…… 45
3.6.7. Azúcares solubles totales (AST)……...……... 46
3.6.8. Antocianinas (ANT)……...…….. 46
3.6.9. Determinación de nutrimentos en fruto…… 47
3.7. Análisis Estadístico……...…… 47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….. 48
4.1. Hoja……...…… 48
4.1.1. Concentración de clorofilas a, b, total y azúcares solubles totales…….. 48
4.1.2. Diagnóstico nutrimental……...…… 49
4.2. Fruto……...…... 53
4.2.1. Primer muestreo……...…… 53
4.2.1.1. Peso fresco……..…..…… 53
4.2.1.2. Diámetro ecuatorial……..……..…... 53
4.2.1.3. Índice de redondez……...…… 54
4.2.1.4. Firmeza……. 54
4.2.1.5. Sólidos solubles totales o °Brix……...…… 54
4.2.1.6. Acidez titulable……...……. 55
4.2.1.7. Azúcares solubles totales……...…….. 56
4.2.1.8. Antocianinas……. 56
4.2.1.9. Concentración de nutrimentos…….. 57
4.2.2. Segundo muestreo……...…. 58
4.2.2.1. Peso fresco……...…… 58
4.2.2.2. Diámetro ecuatorial……...…... 58
4.2.2.3. Índice de redondez……...… 59
4.2.2.4. Firmeza……. 59
4.2.2.5. Sólidos solubles totales o °Brix……...……...…. 60
4.2.2.6. Acidez titulable……...……. 61

4.2.2.7. Azúcares solubles totales……...…….. 61
4.2.2.8. Antocianinas……. 61
4.2.2.9. Concentración de nutrimentos…….. 62
4.2.3. Tercer muestreo…… 63
4.2.3.1. Peso fresco……...…… 63
4.2.3.2. Diámetro ecuatorial……...……... 63
4.2.3.3. Índice de redondez……...…… 64
4.2.3.4. Firmeza……. 64
4.2.3.5. Sólidos solubles totales o °Brix……...…… 65
4.2.3.6. Acidez titulable……...……. 65
4.2.3.7. Azúcares solubles totales……...…….. 66
4.2.3.8. Antocianinas……. 67
4.2.3.9. Concentración de nutrimentos…….. 67
4.3. Análisis de Tratamientos……...…… 69
4.3.1. Análisis entre tratamientos para índices de calidad……...…….. 69
4.3.2. Análisis entre tratamientos para concentración de nutrimentos……..... 71
4.4. Análisis entre Muestreos……...…… 73
4.4.1. Análisis entre muestreos para índices de calidad……...…….. 73
4.4.2. Análisis entre muestreos para concentración de nutrimentos…….. 75
V. CONCLUSIONES…….. 77
VI. LITERATURA CITADA……. 79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estándares recomendados para la calidad de frutos de arándano (Adaptado de Beaudry, 1992). ……. 34

Cuadro 2. Concentraciones nutrimentales de los fertilizantes foliares orgánicos aplicados a arándano ojo de conejo en Hueyapan, Puebla. …….. 40

Cuadro 3. Concentración de clorofilas a, b, total y de azúcares solubles totales en hojas de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla. …….. 49

Cuadro 4. Concentración de macro y micronutrimentos en hojas de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla. …….. 51

Cuadro 5. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Primer muestreo). ……. 54

Cuadro 6. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Primer muestreo). ……. 57

Cuadro 7. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Segundo muestreo). **……** 60

Cuadro 8. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Segundo muestreo). ……. 62

Cuadro 9. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Tercer muestreo). ……. 66

Cuadro 10. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Tercer muestreo). ……. 68
Cuadro 11. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla. ……. 70
Cuadro 12. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla. ……. 71
Cuadro 13. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla. ……. 74
Cuadro 14. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla. ……. 75

FERTILIZACIÓN FOLIAR ORGÁNICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE FRUTO EN ARÁNDANO AZUL TIPO OJO DE CONEJO (V*accinium ashei* Reade)

LEAF SPRAY WITH ORGANIC FERTILIZERS AND ITS RELATIONSHIP WITH FRUIT QUALITY IN RABBITEYE BLUEBERRY (V*accinium ashei* Reade)

Gabriela **López López**[1] **y** Edilberto **Avitia García**[2]

RESUMEN

El arándano es un fruto muy valorado por ser una importante fuente de antioxidantes (antocianinas) que benefician la salud humana. En México no se posee información sobre la producción orgánica del arándano debido a su reciente introducción, dejando de lado aspectos como la nutrición; lo que repercute negativamente en la producción y calidad. Con el fin de conocer el efecto de productos orgánicos (Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B) en la calidad del fruto; se realizaron cuatro aplicaciones foliares, la primera con una concentración de 0.4 % y las posteriores de 0.6 %. %. Se realizaron tres muestreos y se evaluó el peso fresco por fruto, diámetro ecuatorial, índice de redondez, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, azúcares solubles totales y antocianinas. El peso fresco por fruto varió de 1.14 a 1.52 g en los tres muestreos. Para diámetro ecuatorial hubo una variación de 12.79 a 14.25 mm, indicando que el fruto se encuentra dentro de los estándares de calidad. El índice de redondez indica que los frutos fueron homogéneos y frutos más largos que anchos al presentarse valores >1. La aplicación de CalciTop B mostró un ligero aumento en firmeza con respecto al testigo y a los demás productos. El contenido de sólidos solubles totales fue mayor en el primer muestreo (13.73-14.54 ºBrix), aunque los contenidos de los otros muestreos entran en los estándares de calidad. La acidez titulable no mostró diferencias significativas en los tres muestreos ni por efecto de los productos aplicados. Los azúcares solubles totales solo presentaron diferencias en el tercer muestreo, presentándose variaciones de 151.67-181.10 mg·g^{-1} p. f. Las antocianinas mostraron diferencias solo en el tercer muestreo.

Palabras clave: Antioxidantes, producción orgánica, índices de calidad del fruto.

ABSTRACT

Blueberry is a highly appreciated fruit as it is an important source of antioxidants (anthocyanins) that are beneficial for human health. In México, there is no information as to the organic cultivation or nutrition of blueberry due to its recent introduction; lack of knowledge results in low yield and quality. In order to study the effect of commercial products derived from organic sources (Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 and CalciTop B) on fruit quality, four foliar applications of each were sprayed: the first at a concentration of 0.4 % and the remaining three at 0.6 %. Three samplings were performed, and fresh weight, equatorial diameter, roundness index, firmness, total soluble solids, titratable acidity, total soluble sugars and anthocyanins of fruits were assessed. Fruit fresh weight ranged from 1.14 to 1.52 g in the three samplings. Equatorial diameter ranged from 12.79 to 14.24 mm, indicating that fruit was within quality standards. Roundness index indicated homogeneity of fruits and that fruit was longer than wide as the index was >1. Compared with other organic products, spraying with CalciTop B induced a slight increase in fruit firmness relative to that of control fruits. The content of soluble solids was higher on the first sampling date (13.73-14.54 ºBrix); however, in the other sampling dates quality standards were still met. Titratable acidity was not significantly affected by the sampling dates or the organic products sprayed. Effects on total soluble sugars and anthocyanins were detected only on the third sampling date, the former ranging from 151.67 to 181.10 mg·g^{-1} of fresh weight.

Key words: Antioxidants, organic production, fruits quality standards.

1 Tesista
2 Director

I. INTRODUCCIÓN

El arándano azul pertenece al género *Vaccinium*, el cual incluye alrededor de 450 especies que están distribuidas en el mundo desde las regiones más frías hasta las templadas del trópico y neotrópico (Trehane, 2004), es originario del noreste de Estados Unidos y es un fruto comercial muy importante (Jiménez *et al*., 2005). La demanda se está incrementando debido a posee propiedades que benefician la salud humana; actualmente el concepto de "alimentación sana y natural" está muy arraigado en los países desarrollados con mayores ingresos *per cápita*, donde es valorado por su sabor y propiedades medicinales (antioxidantes y antibióticas). Como resultado, la producción de arándano se está convirtiendo en un cultivo rentable especialmente en nuevas áreas (Jiménez *et al*., 2005). México se considera como una región no tradicional en la producción de arándanos junto con otras regiones subtropicales como el norte de Argentina, Chile y España; países que tienen el propósito de producir arándanos en menos tiempo y de calidad (Bañados, 2009). El manejo de huertas orgánicas de arándano aún no ha sido definido por lo que existen muchas preguntas acerca de la respuesta del cultivo a la aplicación de nutrimentos mediante la fertilización orgánica y su eficiencia en términos de producción. El manejo orgánico de este cultivo en México no está bien definido debido a las diferentes condiciones climáticas y edáficas con que cuenta cada región, teniendo que realizarse estudios preliminares de estos factores para proponer prácticas culturales racionales como la fertilización.

OBJETIVOS

Con base en los antecedentes, se plantearon los objetivos siguientes:

- Conocer el estado nutrimental de las plantas sometidas a fertilizaciones foliares orgánicas.

- Evaluar el efecto de cinco fertilizantes foliares orgánicos en los índices de calidad en frutos de arándano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen, Historia y Distribución

El arándano azul es originario de la parte este de Norteamérica, su cultivo empezó en Estados Unidos, país que se mantiene como el principal productor y consumidor. Los arándanos del tipo ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) fueron los primeros en cultivarse a finales del siglo XIX en el sur de Estados Unidos (Moore, 1994).

Existen tres especies que tienen importancia económica que son *Vaccinium angustifolium* Aiton (arándano bajo o 'lowbush'), *Vaccinium ashei* Reade (arándano 'ojo de conejo' o 'rabbiteye') y *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto o 'highbush') (Moore, 1994).

2.2. Importancia del Arándano a Nivel Mundial

La especie highbush (V*accinium corymbosum* L.) es la más plantada en el mundo (Strik y Yarborough, 2005). En Estados Unidos crece en las regiones más frías del norte; sin embargo, con el desarrollo de nuevos cultivares de bajos requerimientos de frío (7.2 °C) ha sido posible la expansión de la producción de arándanos en el sureste de Estados Unidos y California (Jiménez *et al*., 2005). La producción de arándanos en California se estimó para 2007 en 1 821 ha, entre los cultivares más comunes se incluyen 'Misty' y 'O´neal' (Hashim, 2004). Los cultivares con bajo requerimiento de frío

establecidos en el sureste son notables debido a su productividad, calidad de fruto y adaptación, requiriendo de 150 a 600 horas frío (Draper, 2007). La producción de arándanos en Norteamérica se ha incrementado desde 1975, debido a la expansión de la superficie cosechada y rendimiento a través de las mejoras en los cultivares y sistemas de producción.

En 2005 Norteamérica representó el 69 % de la superficie mundial cultivada con 30 185 ha, produciendo 139 000 toneladas, destinándose el 63 % de la producción al mercado de productos frescos. Norteamérica cuenta con gran parte de la producción mundial de arándano, representando el 67 % de producto fresco y 94 % del producto procesado (Brazelton y Strik, 2007); sin embargo, en muchos países como China, la siembra de arándanos ha contribuido positivamente en su mercado, al comercializarse estos frutos en fresco con un alto valor económico (Li y Yu, 2009). Industrias en todo el mundo están tratando de encontrar maneras de aumentar la demanda de arándanos, centrándose en los esfuerzos de investigación y mercadotecnia, y en las propiedades medicinales del arándano; así como en el fortalecimiento de mercados emergentes, lo cual incluye a la producción orgánica (Anónimo, 2007).

2.3. Cultivo Comercial en México

Las primeras plantas de arándano en México se introdujeron a la región de Zacatlán, Puebla en los años 70´s, con plantas del tipo ‘ojo de conejo’. En

1995 se reportaron plantaciones comerciales con una superficie de 175 ha en la misma región del estado de Puebla (Martínez, 1996). 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, con el interés de extender la oferta de productos en el rubro de las frutillas en una región consolidada en la producción de zarzamora localizada 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). Estados como Jalisco, México y Puebla, reportan un crecimiento lento con 196 ha plantadas (SAGARPA, 2009).

La oferta de frutos frescos en México va de marzo a mayo (Bañados, 2009), exportándose la totalidad de la producción a Estados Unidos. En la temporada del 2008 se exportaron 285 851 libras con un valor de 751 413 dólares (USDA, 2009).

Las empresas exportadoras son de capital chileno y estadounidense. Comercializadoras transnacionales que acopian frutillas (zarzamora, frambuesa, fresa y arándano) fueron atraídas por la disponibilidad de frutas, cercanía con Estados Unidos, condiciones generadas por los Tratados Comerciales y aún más con la posibilidad de cerrar el ciclo de producción y de mantener una oferta en el mercado durante todo el año (Sánchez, 2008).

El 80 % de la producción de arándanos se destina al mercado de exportación como producto fresco para consumo final; mientras que el 20 % restante se descarta debido a que no cumple requisitos para exportación; de este porcentaje el 15 % se industrializa para la elaboración de jugos, mermeladas, postres, etc. y el 5 % restante se va al consumo local (Forbes *et al*., 2009).

2.4. Descripción Botánica

Raíces. Son fibrosas y sin pelos absorbentes (Yang *et al*., 2002). Se conocen dos tipos de raíces: las de almacenamiento que son gruesas y las finas que son fibrosas y se encargan de la absorción (Gough, 1994).

Tallos. Los tallos de un año son llamados cañas, éstas 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 (Gough, 1994).

Yemas vegetativas. Son pequeñas de 4 mm de longitud aproximadamente y contienen un ápice que se extiende de 40 a 80 µm y 120 µm de diámetro. Se ubican en el sector medio y basal del brote; a partir de ellas se originarán los brotes normales de la siguiente temporada (Bañados, 2007).

Hojas. Pueden alcanzar 75 mm de longitud y pueden tener pelos finos en el envés. Tienen un grosor de 2.2 mm y contienen varias capas estructurales

entre las epidermis. El haz puede ser opaco o brillante, rugoso o suave, según el cultivar (Gough, 1994).

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 de mediados del verano a fines del otoño; dependiendo de los cultivares (Bañados, 2007).

Flores. Corola blanca o rosa compuesta de 5 pétalos y 5 sépalos fusionados. De 8 a 10 estambres y un estilo, todo fusionado a un ovario ínfero. Tiene forma de campana, el pedúnculo está adherido al brote y a lo largo las flores forman la inflorescencia o racimo (Gough, 1994).

Fruto. Es una baya casi esférica, dependiendo de la especie y cultivar puede variar en tamaño de 0.7 a 1.8 cm de diámetro y posee un color azul. Contiene cinco lóculos que son delineados por una pared de células simples, lo que constituye el endocarpio. Las semillas perfectas tienden a agruparse en la parte superior del eje del lóculo (Gough, 1994).

2.5. Crecimiento del Fruto

El desarrollo del fruto en arándano está representado por una curva doble sigmoide con tres etapas de crecimiento bien definidas. La primera etapa presenta un periodo de crecimiento rápido del pericarpio (división celular), caracterizada por la abscisión de la corola y estambres, pardeamiento del

estigma y en pocos días la abscisión del estilo. La duración de esta etapa es de 21 a 50 días para cultivares con un ciclo corto y largo, respectivamente; en esta etapa es importante la temperatura durante el periodo de floración; temperaturas bajas prolongan el desarrollo y temperaturas altas lo disminuyen. La segunda etapa del crecimiento del fruto se caracteriza por un marcado retardo en el desarrollo del pericarpio, asociado a un rápido crecimiento del embrión y endospermo; esta etapa puede variar entre especies y cultivares, considerando que está influenciada por el número de semillas que se han formado al interior del fruto. La duración de esta etapa es de 18 y 27 días para cultivares de ciclo corto y largo, respectivamente. En la tercera etapa se produce la expansión celular del mesocarpio y un rápido incremento en el desarrollo del pericarpio adquiriendo el calibre final del fruto, desarrollo del contenido de azúcares y del color. La duración de esta etapa oscila entre 23 y 26 días (Gough, 1994).

El período de formación y madurez del fruto se prolonga de 42 a 84 días después de la floración, la manifestación de los estados fenológicos del arándano están regulados por las características genéticas propias de cada cultivar y las condiciones ambientales existentes durante este periodo (Gough, 1994).

2.5.1. Factores que influyen en el tamaño del fruto

Draper (2007) señala que algunos factores genéticos inciden en el tamaño del fruto; por ejemplo, el arándano bajo (lowbush) cuyo carácter dominante es el calibre pequeño. Estudios realizados en arándano ojo de conejo señalan que el tamaño del fruto y el número de semillas estarían ligados genéticamente, se señala también que cruzamientos interespecíficos con un alto porcentaje de arándano bajo, tienden a producir plantas cuya floración es temprana y el tamaño del fruto es pequeño; en cambio, cruzamientos con mayor porcentaje de arándano alto el fruto es mayor. Moore (1994) encontró correlación entre el peso del fruto y el número de semillas en arándano ojo de conejo; observó que el tamaño del fruto se incrementa considerablemente cuando el número de semillas es alto, comparado con frutos que presentaron pocas semillas.

Los cultivares de arándano con elevado nivel de polinización producen frutos de mayor tamaño y con muchas semillas; por lo cual al intercalarse cultivares con periodos de floración similares ocurre una polinización cruzada, se anticipa la maduración y se obtienen frutos de mayor tamaño.

El tamaño de los frutos es afectado también por la ubicación de éstos en la planta. Por ejemplo, la madera más gruesa produce bayas más grandes. Esto puede deberse a una mayor capacidad de suministro de agua y nutrimentos para el fruto, por medio de un xilema más desarrollado que facilita

su trasporte. Además, la mayor producción de fotosintatos en hojas de madera con mayor espesor, también podría contribuir a un aumento de tamaño en el fruto (Gough, 1994).

2.6. Valor Nutricional de los Frutos de Arándano

Los arándanos son buena fuente de vitamina C, estimulantes de las defensas naturales del organismo y potente antioxidante; poseen facultades antibacterianas y pueden aliviar molestias digestivas. Disminuye la incidencia de placas de ateromas en las arterias (lo que disminuye el riesgo de infartos, accidentes cerebro-vasculares, etc.) cáncer, diabetes y Alzheimer **(**Cline y Fernández, 1998). El valor nutrimental del arándano en 100 g de fruto fresco es el siguiente: agua 85.15 g; proteína 1.12 g; grasa 0.02 g; cenizas 0.19 g; carbohidratos 13.51 g; azúcares 10.65 g; fibra dietética total 2.86 g; vitamina C 1.40 mg; sodio 10 mg; hierro 0.186 mg; potasio 56.40 mg y calcio 8.80 mg.

2.7. Cultivo Orgánico del Arándano

La demanda de productos orgánicos ha aumentado en los últimos años, debido a la idea que se tiene de que este tipo de productos traen beneficios a la salud y al medio ambiente. Se considera que los productos orgánicos son más nutritivos en comparación con los producidos convencionalmente; aunque no existen suficientes investigaciones que permitan corroborar las diferencias en el valor nutricional de los productos en estos dos sistemas de producción (FAO, 2000; Saba y Messina, 2003).

En Estados Unidos la producción orgánica en el año 2003 era de 220 ha (Strik y Yarborough, 2005) para 2008 pasó a 790 ha (Anónimo, 2010). Los arándanos producidos orgánicamente son separados en el mercado de los producidos convencionalmente (Sciarappa *et al.*, 2008). El precio de los arándanos producidos orgánicamente va de un 20 a 100 % más de los producidos convencionalmente; sin embargo, estos altos precios corresponden a la compensación de los sistemas de producción orgánica que incluyen certificación, costos altos en fertilizantes, manejo de maleza y mayor requerimiento de mano de obra (Krewer, 2001).

Un uso eficiente de los insumos agrícolas orgánicos, prácticas culturales precisas y conocimiento de las interacciones entre componentes del ambiente y sistemas de producción, podría significar la reducción de los costos de producción, incrementar el rendimiento y calidad de los frutos, así como aumentar las ganancias del productor (Sciarappa *et al.*, 2008).

Strik *et al.* (2009) consideraron el costo de establecimiento de una huerta orgánica de arándano, desde el establecimiento hasta la primera temporada en $ 32 850 por ha en Oregón. En contraste, Eleveld *et al.* (2005), consideraron que el costo en el establecimiento de una huerta con manejo convencional fue de $ 23 457 por ha.

Se podría esperar que los rendimientos en los sistemas de producción orgánica sean similares a los obtenidos convencionalmente, puesto que los

arándanos se adaptan muy bien al manejo orgánico (Kueper y Diver, 2004). Además, tienden a ser menos susceptibles a problemas de plagas por tratarse de un cultivo reciente (Sciarappa *et al.*, 2008).

2.8. Consideraciones para Establecer una Plantación de Arándano

2.8.1. Selección del cultivar

Los arándanos, al igual que otros frutales necesitan cierta cantidad de horas frío según el cultivar, bajas temperaturas durante el letargo resulta en crecimiento vigoroso y floración adecuada en primavera; mientras que el frío invernal insuficiente retrasa o limita la brotación de yemas. Los requerimientos de frío varían entre cultivares. Los arándanos altos del norte necesitan de 600 a 1,000 horas frío. Para los tipos “ojo de conejo” varía de 350 a 650 horas frío y para los altos del sur de 150 a 650 horas frío (Trehane, 2004). Las plantas son más susceptibles a daños por frío en otoño y en el inicio del crecimiento en primavera. Las yemas florales y flores pueden ser dañadas en primavera con temperaturas de 6.1 ºC y – 2.2 ºC, respectivamente. El tejido activo en crecimiento puede ser perjudicado a 2.2 ºC y para flores abiertas son letales 0 ºC (Gough, 1994). La fotosíntesis alcanza su óptimo entre 20 y 25 ºC (Lang, 1993). La iniciación de yemas florales ocurre con días que duran no más de 12 horas (Darnell, 1991; Maust *et al.*, 1999). Se requieren días soleados para producir fruta de calidad; veranos nublados y fríos resultan en frutos de baja calidad y bajo contenido de azúcar (Gough, 1994).

2.8.2. Requerimientos del suelo

Se debe elegir un terreno que esté libre de sustancias prohibidas como plaguicidas y fertilizantes sintéticos, por lo menos de tres años para que la plantación pueda ser certificada. Es importante seleccionar de forma adecuada el terreno y el tipo de plantación, considerando que el arándano es una planta longeva que puede seguir produciendo durante 40 años. Se debe considerar las condiciones físicas y químicas del suelo para poder establecer la plantación o hacer adecuaciones del suelo según se requiera. El arándano crece bien en casi todos los tipos de suelo, pero prefiere suelos ácidos con pH de 4.2 a 5.5 con adecuada humedad y alto contenido en materia orgánica (Austin, 1994). En suelos con pH´s altos se presentan generalmente deficiencias de Fe y Zn (Williamson y Lyrene, 2004). Los suelos arenosos con baja fertilidad y contenido de humedad son desfavorables para la producción, prefieren suelos con drenaje adecuado debido a que las plantas de arándano no toleran humedades excesivas por largos periodos de tiempo. Un suelo con adecuada estructura permite un buen crecimiento y desarrollo de la planta. Para mejorar la fertilidad del suelo se pueden establecer cultivos de cobertura, aplicación de compostas, abonos verdes y el uso de fertilizantes orgánicos (Austin, 1994).

2.8.3. Fertilización

La mayoría de las huertas de arándano son manejadas de forma convencional de acuerdo a guías de cultivo ya establecidas (Hepp, 2005). En el

manejo orgánico de huertas de arándano, la fertilización es uno de los principales problemas a que se enfrentan los productores cuando cambian de producción convencional a orgánica (Morales, 2004). La base del manejo de la fertilidad del suelo en sistemas de producción orgánica consiste en una incorporación importante de materia orgánica que permita mejorar las características del suelo a largo plazo. Sin embargo, con deficiencias nutrimentales es posible usar diversos fertilizantes de origen orgánico y/o mineral como suplemento que pueden ser, harina de roca, harina de pescado, harina de soya y semilla de algodón (Céspedes *et al*., 2005).

Los arándanos tienen bajos requerimientos de nutrimentos y son sensibles a los excesos de fertilización; sin embargo, el manejo nutrimental del arándano es un factor de mucha importancia en la productividad y calidad de la fruta producida. Elementos minerales como el potasio; el cual está asociado a rendimiento, calibre y firmeza de fruta; el calcio, asociado con firmeza, sanidad y aumento de vida en poscosecha deben ser ajustados en los programas de manejo nutrimental del cultivo. En la medida en que se disponga de mayor conocimiento respecto de las necesidades nutrimentales del arándano para diferentes escenarios de producción y ambientes productivos, como también de los diferentes cultivares que existen se podrán precisar los programas de manejo nutrimental y con ello mejorar e incluso optimizar la relación producción-calidad (Hirzel, 2010).

Algunos autores han reportado crecimientos adecuados en arándanos rabbiteye en suelos con baja fertilidad y sin aplicaciones de fertilizantes. Sin embargo, en ocasiones las aplicaciones regulares de fertilizantes son necesarias para cultivos comerciales. Los arándanos se han adaptado a condiciones de suelo ácido, los mejores crecimientos y productividad se obtienen con suelos que se encuentran en un intervalo de pH de 4.0 a 5.5; en este pH la disponibilidad de muchos nutrimentos en el suelo se ve limitada y así mismo se reduce la cantidad de nutrimentos que pueden ser absorbidos por la planta (Korcak, 1989). Las raíces de las plantas de arándano son poco profundas y carentes de pelos radicales lo cual limita el área de la superficie en contacto con el suelo y en hábitats naturales son colonizadas por un tipo específico de hongo llamado micorriza ericoidal (Golldack *et al.,* 2001).

Una vez que la cantidad de nutrimentos a aplicar esta definida, es necesario establecer el método de aplicación. Los fertilizantes pueden ser aplicados al voleo, en el riego o a través de aplicaciones foliares; aunque puede usarse la combinación de algunos métodos. La decisión de usar cierto tipo de aplicación dependerá de factores técnicos y económicos (Hart *et al.,* 2006).

La fertilización debe ser basada en análisis de suelo y planta, información sobre condiciones ambientales, manejo y comportamiento de la planta, y experiencia en el cultivar. La fertilización puede producir cambios en el crecimiento de la planta, desempeño de la misma o estado nutrimental. Los

resultados de las fertilizaciones pueden variar de año en año y de huerta en huerta (Hart *et al.,* 2006).

Para obtener rendimientos óptimos las plantas deben tener niveles suficientes de nutrimentos todo el tiempo. Deficiencias de nutrimentos o excesos pueden tener impacto en la producción y calidad de fruto. La importancia del impacto dependerá de la magnitud, oportunidad y duración de la desviación de los niveles óptimos nutrimentales (Marschner, 1986).

Las plantas interactúan con el ambiente (nutrimentos, luz, agua y factores bóticos) para generar el crecimiento. La cantidad de crecimiento y el balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo, determinan la producción. La nutrición adecuada está basada en la interacción entre el suelo y la planta (Hart *et al.,* 2006). Esas condiciones específicas maximizan el crecimiento de la raíz y la absorción de agua y nutrimentos. Para que ocurra el crecimiento de la planta, el suelo debe satisfacer ciertas condiciones biológicas, físicas y químicas. Las plantas contienen elementos minerales que son esenciales para su metabolismo, crecimiento y desarrollo, los cuales incluyen la etapa reproductiva (formación de flores y desarrollo de frutos). El principio de esenciabilidad, implica que un elemento es requerido por la planta para completar su ciclo y que no puede ser reemplazado por cualquier otro elemento (Lawlor, 1991).

2.8.3.1. Aplicación al suelo

En la última década, en huertas de arándano el fertilizante fue aplicado en la superficie del suelo. En muchas instancias, las aplicaciones fueron concentradas a comienzos de la estación cuando el crecimiento de la raíz es escaso y cuando la pérdida de nutrimentos es alta. Se mostró que a pesar de un pH bajo (el cual puede reducir las tasas de nitrificación) la formación de nitratos fue alta y una porción importante del N aplicado en forma de amonio se perdió por lixiviación, lo cual demuestra la ineficiencia que se tiene en el manejo del N no sólo para arándano sino para la mayoría de los cultivos (Retamales y Hanson, 1990).

En el caso de plantaciones jóvenes, cuando éstas están expandiendo su vegetación para la producción de fruto. En este periodo el balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo cambia de una estación a otra, lo cual dificulta estimar la cantidad de fertilizante requerido para satisfacer esas necesidades. Algunas guías publicadas en la literatura muestran el amplio rango de niveles recomendados en diferentes zonas, los datos reflejan largas diferencias en el suministro de nutrimentos al suelo, crecimiento de la planta y rendimientos esperados (Retamales y Hancock, 2012).

El uso de la fertirrigación se ha incrementado marcadamente para la producción de arándanos en los últimos años, debido a que proporciona ventajas en la eficiencia de la fertilización, pérdidas mínimas debidas a

lixiviación, optimización del balance nutrimental de las plantas por suministro de nutrimentos directamente a la zona de la raíz, reduce el potencial de gasto en fertilizantes y provee un control de la concentración de nutrimentos en la solución del suelo (Retamales y Hancock, 2012).

2.8.3.2. Aplicación foliar

En la aplicación foliar se busca suministrar rápidamente los nutrimentos a los tejidos directamente (hojas, flores o frutos) en tiempos en que son necesitados. Cuando los tratamientos del suelo son largos, la aplicación al suelo de micronutrimentos puede ser restringida en algunas condiciones y ser indisponibles para las plantas, por lo tanto, las fertilizaciones foliares pueden ser necesarias (Strik *et al.,* 2010). Por ejemplo, bajas temperaturas del aire y suelos durante la brotación frecuentemente reducen la disponibilidad de nutrimentos. En ciertas estaciones y áreas de producción, la demanda de algunos nutrimentos es requerida para el rápido desarrollo de hojas y raíces que pueden exceder el suministro de las raíces y reservas. El pH del suelo puede disminuir la disponibilidad de nutrimentos y las aplicaciones foliares pueden amortiguar ese déficit más rápido que la corrección del pH. Las aplicaciones foliares son frecuentemente de duración limitada y coinciden con un estado específico de crecimiento vegetativo o productivo (Kuepper, 2003).

2.8.4. Requerimientos específicos de nutrimentos

2.8.4.1. Nitrógeno

Las deficiencias de nitrógeno son las más frecuentemente reportadas alrededor del mundo para arándanos. Plantas deficientes en nitrógeno comúnmente presentan bajo vigor y hojas de colores verde pálido y/o cloróticas, la clorosis es uniforme alrededor de las hojas. Por el contrario, excesos de nitrógeno producen raíces vigorosas y largas, así como hojas de color verde obscuro. Durante la temporada, las plantas pueden producir diversos crecimientos abundantes. El crecimiento que ocurre al final de la temporada no es común propiamente antes del invierno. Los ápices de esas raíces están frecuentemente muertos por las bajas temperaturas del invierno. Plantas con exceso de nitrógeno pueden reducir la producción, formar frutos más pequeños y producir una maduración tardía (Hanson y Hancock, 1996).

La urea es uno de los fertilizantes comúnmente usados para arándano, después de que se aplica la urea, los niveles de nitrógeno en la zona de la raíz aumentan solo después de 6 a 8 semanas, sugiriendo que aplicaciones múltiples pueden ser necesarias para mantener el suelo con niveles óptimos de nitrógeno durante el período de alta demanda (Retamales y Hanson, 1990). Las cantidades de nitrógeno son diferentes; por ejemplo, en el estado de Michigan se recomiendan 73 kg de nitrógeno por ha para huertos en etapa madura; por el contrario, para Oregón se sugieren 185 kg de nitrógeno por ha

(Hart *et al.,* 2006). Estas diferencias reflejan las variaciones en la demanda del cultivo, suministro del suelo y eficiencia al fertilizar. Generalmente se acepta suministrar nitrógeno en forma de amonio (urea, sulfato de amonio) que son los preferibles para arándano. Los arándanos se han adaptado a suelos ácidos que contienen NH_4^+ como la forma predominante de nitrógeno (Hanson, 2006).

Diferencias en respuesta a la forma de suministrar nitrógeno pueden deberse a la variabilidad del pH en la rizósfera. La absorción de NO_3^- está acompañada por una tasa libre en el exceso de OH^-, los cuales aumentan el pH de la rizósfera; por el contrario, la absorción de NH_4^+ requiere tasas libres de H^+ con un bajo pH en la rizosfera (Merhaut y Darnell, 1995).

Los arándanos recuperan relativamente bajos porcentajes de nitrógeno aplicado al suelo dependiendo de las condiciones ambientales y de las prácticas culturales. Altas demandas de nitrógeno y la capacidad de absorción en arándanos ocurren desde la floración hasta el crecimiento final del fruto. Absorciones eficientes ocurren solo después que ha empezado el crecimiento de raíces y hojas; por el contrario, la absorción disminuye conforme cesa el crecimiento al final de la temporada (Throop y Hanson, 1997).

Precisar tasas en la demanda de nitrógeno es complicado para plantas perennes; tales como los arándanos, debido a que el nitrógeno que pueden absorber durante un año puede ser retenido en la planta y ser usado durante las siguientes temporadas (Birkhold y Darnell, 1993).

2.8.4.2. Fósforo

Las deficiencias de fósforo están asociadas principalmente a suelos muy ácidos y posible lixiviación en suelos arenosos. Raramente se pueden observas síntomas por toxicidad de fósforo en campo. Los niveles de fósforo en las hojas suelen ser altos a principios de la etapa productiva y suelen disminuir conforme se acerca la cosecha. La deficiencia de fósforo impide el crecimiento de las plantas presentando hojas muy pequeñas. Otro síntoma común es la coloración purpura en hojas maduras y tallos. Se recomienda que las aplicaciones de fósforo estén basadas en análisis del suelo y foliar. Sin embargo, un bajo pH y altas concentraciones de Fe y Al en muchos suelos ocupados para producir arándanos pueden afectar los resultados de los análisis en cuanto a la disponibilidad de fósforo. En Oregón, solo se recomiendan las aplicaciones de fósforo cuando el análisis de suelo muestra un valor menor a 50 ppm y el análisis foliar es menor a 0.10 %. Con concentraciones de 26 a 50 ppm de fósforo en el suelo y de 0.08 a 0.10 % en las hojas, se recomienda aplicar 45 kg de P_2O_5/ha. Cuando la concentración de fósforo en el suelo es menor a 25 ppm y de 0.07 % en las hojas, se recomienda aplicar de 45 a 67 kg de P_2O_5/ha (Hart *et al.,* 2006). Se ha estimado que se necesitan 8 kg de fosfato para incrementar el nivel de fósforo por cada kilogramo de suelo, por lo cual, puede ser necesario aplicar fosforo de 3 a 4 veces por año (Krewer y NeSmith, 1999).

2.8.4.3. Potasio

Los niveles de potasio en arándano son raramente bajos, excepto en suelos arenosos. La clorosis en los márgenes de las hojas maduras puede ser el primer síntoma de deficiencia de potasio, en hojas jóvenes puede desarrollarse clorosis intervenal similar a la deficiencia de Fe (Hanson y Hancock, 1996). Excesos de potasio (hojas>0.9 %) pueden provocar desequilibrios entre nutrimentos, particularmente deficiencias de Ca y Mg. Bajos niveles de potasio se pueden deber a numerosos factores como reducción de la función de la raíz, inundación, mal drenaje, altos niveles de nitrógeno, sequía y suelos muy ácidos (Stiles y Reid, 1991). En suelos arcillosos o compactados la proliferación de la raíz puede ser reducida; en estas condiciones, el análisis de suelo puede mostrar un nivel alto de potasio pero un nivel bajo en hojas (Shaw, 2008). Debido a que el fruto es un importante demandante de potasio para la planta, los niveles foliares de potasio se ven grandemente influenciados por los frutos. Los niveles de potasio se incrementan conforme madura el fruto, disponiendo alrededor de 60 mg/fruto cuando está maduro. Se recomienda aplicar 84 kg de K_2O cuando los niveles de potasio en el suelo oscilen entre las 101 y 150 ppm, así como del 0.21 al 0.40 % en tejido. También se recomienda una aplicación de entre 84 y 112 kg de K_2O cuando los niveles de potasio oscilen entre 0 y 100 ppm, así como una concentración de potasio en el tejido menor a 0.2% (Hart *et al.,* 2006).

2.8.4.4. Calcio

Se dice que los arándanos tienen bajos requerimientos de calcio comparados con otros frutos. Plantas saludables de arándano tienen niveles foliares de 0.3 a 0.8 % de calcio, en comparación con otros cultivos que tienen niveles foliares de 1 a 3 %. Considerando los niveles foliares, los arándanos son raramente deficientes en calcio (Hanson y Hancock, 1996; Hart *et al.,* 2006). Sin embargo, se reconoce la importancia del calcio en la nutrición y en los efectos producidos en la calidad de frutos (textura del fruto, firmeza y madurez), siempre y cuando los niveles foliares sean los adecuados (Hanson *et al.,* 1993). No se han reportado deficiencias para este cultivo debido a la lenta translocación del calcio en la planta; sin embargo, se pueden presentar algunos síntomas en tejidos jóvenes. Altos suministros de potasio y nitrógeno pueden causar fluctuaciones del calcio durante su ciclo y acentuar la severidad en bajos niveles de calcio (Hirschi, 2004). Las deficiencias de calcio se pueden dar también en plantas que crecen en suelos con un pH bajo. Es conocido que las plantas que crecen en suelos calcáreos tienen altos niveles de calcio y por el contrario, las plantas que crecen en suelos con pH bajo mostrar niveles bajos de calcio (Demarty *et al.,* 1984). El calcio juega papales importantes en la planta; es un componente estructural y es importante en la comunicación entre tejidos y órganos. Cuando se excede la absorción de calcio, parte del calcio puede ser secuestrado formándose oxalatos de calcio, los cuales pueden ayudar en la detoxificación de metales pesados (Franceschi y Nakata, 2005).

Esto puede, en parte, explicar las relaciones que se encuentran usualmente en las aplicaciones de calcio y los cambios del calcio en procesos tales como la firmeza y la prevención en la pudrición de los frutos (Hart *et al.,* 2006). Excesivos niveles de calcio pueden interferir en la absorción de Fe, así como interferir en el metabolismo del Mg y K en las plantas (Krewer y NeSmith, 1999). Como en otros cultivos, los niveles de calcio en arándano influencían la firmeza y vida poscosecha de los frutos. Sin embargo, estas relaciones han sido difíciles de documentar (Hanson y Berkheimer, 2004).

2.8.4.5. Magnesio

Se han reportado deficiencias de magnesio en diversas áreas donde se cultiva arándano. Niveles bajos de magnesio se encuentran principalmente en cultivos con pH bajo mostrándose clorosis intervenal como un síntoma de deficiencia de este (Eck *et al.,* 1990). Sin embargo, Krewer y NeSmith (1999) observaron que el síntoma más común de deficiencia de magnesio se presenta en arándanos jóvenes ojo de conejo presentando hojas con bordes de color rosa y amarillamiento entre las venas. Eventualmente esas áreas en las hojas se tornan de amarillas a rojas, al tiempo que el tejido adyacente de la vena principal permanece de color verde. Las hojas basales más próximas a la raíz son las primeras que muestran estos síntomas (Hanson y Hancock, 1996). Altos niveles en calcio y/o potasio reducen la absorción de magnesio. Para propósitos prácticos en cultivos en general, se ha encontrado una relación en

porcentajes de potasio a magnesio igual a 4:1, en muestras foliares usualmente se indica que el magnesio suministrado es inadecuado (Stiles y Reid, 1991).

2.8.4.6. Hierro

Las deficiencias de hierro son comunes en arándanos. Un síntoma visible de la deficiencia de hierro se presenta en hojas jóvenes al tornarse los márgenes cloróticos al tiempo que las venas permanecen verdes, conforme progresa la deficiencia, las hojas se tornan de color café o doradas. El crecimiento de la raíz y las hojas frecuentemente se ve reducido. Síntomas de deficiencia de hierro son generalmente el primer indicador en suelos con pH alto mayor de 5.5 (Hanson y Hancock, 1996). Las deficiencias en hierro también han sido asociadas en suelos con drenaje insuficiente o con altos niveles de manganeso o fósforo (Stiles y Reid, 1991). Los niveles de hierro no siempre son un indicador real del estado de este en la planta, pueden encontrarse intervalos altos de este a nivel foliar, pero el problema es que parte de este hierro es indisponible para el metabolismo. Para corregir estas deficiencias es necesario principalmente ajustar el pH del suelo y realizar dos aplicaciones foliares de quelatos de hierro (10 % Fe) en una proporción de 1 kg/400 L de agua por hectárea (Krewer y NeSmith, 1999). También se pueden aplicar quelatos de hierro en una proporción de 17 a 34 kg/ha al suelo (Hart *et al.,* 2006).

2.8.4.7. Cobre

Las deficiencias de cobre son raramente vistas en arándano “ojo de conejo” o highbush (Hanson y Hancock, 1996; Krewer y NeSmith, 1999; Hart *et al.,* 2006). Algunas deficiencias han sido reportadas en suelos con alto contenido de materia orgánica en el norte de California (Krewer y NeSmith, 1999). Los síntomas de deficiencia de cobre son similares a los asociados con deficiencias de manganeso (Hanson y Hancock, 1996). Estos incluyen clorosis intervenal en hojas jóvenes, en casos severos muerte regresiva de la raíz. Las deficiencias de cobre pueden ser más severas en suelos con altos contenidos de materia organica (>25 %) (Hart *et al.,* 2006). Altos niveles de fósforo, así como el pH del suelo acentúan bajos niveles de cobre en los tejidos (Stiles y Reid, 1991). Cuando es necesario se recomienda aplicar sulfato de cobre (25 % Cu) en una proporción de 34 a 56 kg/ha. Otra opción es realizar aplicaciones foliares de 0.5 kg de sulfato de cobre en 900 L/ha (Hanson y Hancock, 1996; Hart *et al.,* 2006).

2.8.4.8. Zinc

Los síntomas de deficiencia de zinc muestran entrenudos cortos y hojas pequeñas. Bajos contenidos de zinc causan amarillamiento uniforme de hojas jóvenes. La importancia de las deficiencias de zinc varían alrededor de distintas regiones productoras. Las deficiencias de zinc se acentúan con un pH alto (>6.0) y bajas temperaturas del suelo. Excesivo uso de fósforo puede conducir

a la deficiencia de zinc (Stiles y Reid, 1991). Si las plantas tienen deficiencias de zinc, se recomienda una aplicación foliar de 454 g de quelato de zinc después de la cosecha y antes de la caída de las hojas en 935 L/ha. Otra opción es la aplicación al suelo de quelato de zinc de 11 a 34 kg/ha (Hart *et al.,* 2006).

2.8.4.9. Boro

La muerte regresiva de los ápices es el síntoma que mas prevalece en los arándanos cuando presentan deficiencia de boro. Las hojas se cierran y más tarde mueren, la raíz desarrolla en los ápices una clorosis moteada, los entrenudos tienden a ser más cortos (Hanson y Hancock, 1996). Las yemas florales y vegetativas pueden tener problemas al momento de abrir. La deficiencia se ve agravada por climas secos y cuando los cultivos están en producción. Las deficiencias de boro son más prevalentes en suelos pesados. Plantas bajas en boro pueden acentuar las deficiencias de otros nutrimentos debido a que dañan la función de la raíz. En otros frutos en general, bajo boro frecuentemente se asocia con problemas de deficiencia de calcio (Stiles y Reid, 1991). Si el boro es deficiente, se pueden aplicar de 11 a 22 kg/ha de Borax (11 % B) en otoño o cercano a la primavera previo a la lluvia. Alternativamente, se pude asperjar de 0.9 a 2.7 kg de Solubor (20 % B) en 950 L de agua antes de la floración o después de la cosecha antes de que las hojas caigan. Se sugiere una aplicación anual de 560 g de B/ha (Hart *et al.,* 2006).

2.8.4.10. Manganeso

Las deficiencias de manganeso son raras en áreas donde se cultiva arándano. Con deficiencias de manganeso, sectores cerca de los márgenes de las hojas pueden morir. También se pueden encontrar hojas pequeñas con clorosis intervenal. El efecto primario de una deficiencia de manganeso puede reducir la fotosíntesis (Stiles y Reid, 1991). Los niveles cercanos a 450 ppm en tejido son considerados excesivos, especialmente si se presentan por largos periodos. Sin embargo, está reportado que los arándanos tipo arbusto alto pueden crecer normalmente con concentraciones foliares de 650 ppm, siempre y cuando la planta tenga mecanismos tolerantes (Hart *et al.,* 2006). Los cultivares se pueden comportar de distinta manera en respuesta al manganeso. Alto contenido de agua en el suelo resulta en baja disponibilidad de oxígeno y se ha encontrado que induce toxicidad de manganeso en arándano (Bañados *et al.,* 2009). Altos contenidos de manganeso pueden inducir la deficiencia de calcio, resultando hojas pequeñas y malformación de las mismas. La aplicación foliar de diversos fungicidas incrementan los niveles de manganeso (Stiles y Reid, 1991). Si se encuentran niveles de manganeso deficientes, se pueden realizar dos aplicaciones foliares de quelatos de manganeso (2-8 % Mn), 7 kg/ha o sulfato de manganeso (32 % Mn), 2.2 kg/ha, estas aplicaciones se recomiendan durante el verano (Hanson y Hancock, 1996).

2.8.5. El riego

Estudios han demostrado que el riego es importante para obtener buenos rendimientos. El período en el cual la planta requiere más agua es desde el amarre de fruto hasta el término de la cosecha. Se debe mantener un buen contenido de humedad en el suelo evitando que ésta sea excesiva y cause daños por enfermedades fungosas. La frecuencia del riego dependerá del clima, tipo de suelo y cultivar. Se pueden aplicar fertilizantes líquidos junto con el riego (Williamson y Lyrene, 2004).

2.8.6. Control de plagas y enfermedades

Los arándanos tienen la ventaja de ser menos susceptibles al ataque de plagas y enfermedades, presentando una buena perspectiva para la producción orgánica. Las plantas sanas y de rápido crecimiento son más capaces de tolerar los problemas de plagas y enfermedades. Se recomienda realizar un manejo integrado de plagas (MIP); es decir, realizar monitoreos constantes. El objetivo no es necesariamente la eliminación completa de una plaga, sino realizar un control para mantener los posibles daños dentro de límites económicamente aceptables. En cuanto a enfermedades se pueden tener problemas con *Phytophthora*, debido a un excesivo riego y deficiente drenaje del suelo; la antracnosis se puede controlar con la poda y eliminación de las ramas enfermas, al generar una buena aireación y paso de la luz. El control de

estas enfermedades puede reducir las pérdidas económicas (Williamson y Lyrene, 2004).

2.9. Factores Precosecha que Afectan la Fisiología y Manejo Poscosecha de los Frutos

El período de almacenamiento, respiración, composición química, apariencia externa, estructuras anatómicas, deterioro, sabor, calidad y otros comportamientos, reflejan las condiciones ambientales y culturales a las cuales el producto fue expuesto (Duarte, 1992).

Los factores ambientales incluyen la temperatura, humedad relativa, luz, textura del suelo, viento, altitud y lluvia. Entre los factores culturales encontramos la nutrición mineral, manejo del suelo, poda, raleo, reguladores de crecimiento, densidad de plantación y riego. Estos factores afectan la obtención de la máxima calidad de los frutos en la cosecha. El tamaño de un fruto se determina por varias condiciones de crecimiento y desarrollo; sin embargo, es bien conocido que un factor y condición tiene más influencia en la obtención del tamaño del fruto que las demás (Duarte, 1992).

2.9.1. Factores ambientales

Para la mayoría de los productos hortícolas, entre más alta sea la temperatura durante el desarrollo del fruto, más temprana es su cosecha. Es

importante considerar la temperatura adecuada para cada cultivo, ya que ésta afecta el metabolismo y composición de los frutos (Duarte, 1992).

La duración, intensidad y calidad de la luz, afecta la calidad de los productos hortícolas en la cosecha. En plantaciones de alta densidad, en donde la penetración de luz y la intensidad de la misma son afectadas, los frutos tienden a tener menos azúcar y se ve afectada su fisiología (Duarte, 1992).

Las prácticas de riego deben ser las adecuadas para asegurar un producto de buena calidad. Por otro lado, una humedad excesiva también tiene sus desventajas (Duarte, 1992).

2.9.2. Prácticas culturales

La nutrición mineral durante el desarrollo del fruto es el factor más importante que afecta su composición, así como su comportamiento en poscosecha. La optimización de la nutrición mineral basada en el análisis foliar se ha convertido en una práctica universal (Duarte, 1992).

Desde principios de 1940 el calcio ha adquirido gran importancia como un factor decisivo en la nutrición y especialmente en el almacenamiento de frutos. Los principios básicos de absorción, distribución y funciones del calcio en relación con desórdenes, envejecimiento y madurez del fruto han sido recientemente revisados. Algunas investigaciones en proceso, están

encaminadas a estudiar el mecanismo del calcio y la acción de la calmodulina en el tejido de las plantas (Duarte, 1992).

El calcio tiene la capacidad de disminuir la permeabilidad de las membranas celulares, reducir la absorción de agua y aumentar la dureza de la pulpa (Argüello *et al.,* 1997); así como inducir menores daños en poscosecha de los frutos (Saks *et al.,* 1991).

2.10. Cosecha

La cosecha y selección de los frutos de arándano se puede realizar de forma manual y/o mecanizada, siendo estos procesos autorizados dentro de todo el manejo orgánico. La cosecha y poscosecha son las etapas con mayor costo del proceso productivo, por lo que un simple error puede significar importantes pérdidas. Los frutos deben cosecharse cuando presenten un color azul uniforme, ya que el contenido de azúcar no cambia después de ser cosechados. Los frutos de arándano pueden permanecer en la planta durante un máximo de diez días sin pérdida de calidad. Los frutos recién cosechados se pueden almacenar durante un máximo de dos semanas con refrigeración adecuada (Moggia, 1991).

2.11. Calidad de los Frutos de Arándano

La calidad de las frutas y vegetales es una combinación de atributos o propiedades que les proporcionan valor como alimento humano. El USDA-

FSCS (Departamento de Agricultura de Estados Unidos y el Servicio Agrícola de Seguridad y Calidad Alimentaria) es el organismo responsable del desarrollo, modificación y empleo de las normas de clasificación que abarca 80 productos diferentes. Las normas de clasificación en EUA incluyen una variedad de categorías, la norma que incluye los estándares a nivel mundial para comercialización de arándano es “U.S. Núm. 1”. Esta indica que las características a tener en cuenta son la uniformidad del calibre, color, madurez y ausencia de daños. Entre los requisitos mínimos a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas; los arándanos deberán ser frutos enteros, tener una consistencia firme, ser frutos frescos y sanos; excluirse los productos afectados por pudrición o deterioro que impidan su consumo, estar prácticamente exentos de materias extrañas visibles, daños causados por parásitos, magulladuras pronunciadas, daños causados por las bajas temperaturas, humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica, exentos de olores o sabores extraños, cuando tengan pedúnculo, su longitud no deberá ser superior a un centímetro, estar suficientemente desarrollados y presentar un grado de madurez satisfactorio según la naturaleza del producto (NeSmith *et al.,* 2002).

En general, los consumidores compran frutos basándose principalmente en características como apariencia y firmeza. Sin embargo, los compradores actualmente dependen de la satisfacción de los consumidores en cuanto a

sabor y calidad del fruto. Siendo características como sólidos solubles totales, acidez titulable, relación azúcares/ácido, firmeza de la pulpa y calidad nutricional las más importantes para los consumidores (Kader, 1999).

Beaudry (1992) sugirió los siguientes estándares de calidad para arándano en general (Cuadro 1).

Cuadro 1. Estándares recomendados para la calidad de frutos de arándano (Adaptado de Beaudry, 1992).

Atributo	**Nivel o rango**
pH	2.25 a 4.25
Acidez (principalmente acido cítrico)	0.3 a 1.3 %
Sólidos solubles	>10 %
Relación azúcares/ácido	10 a 33
Firmeza	>70 g para 1 mm de deformación
Tamaño	>10 mm
Color	Azul, <0.5 % antocianinas

2.11.1. Factores que influencian la calidad de fruto

2.11.1.1. Tamaño de fruto

Los frutos grandes son más fáciles y menos costosos para cosechar (Strik *et al.,* 2003) y son más pedidos por los consumidores en comparación con los frutos pequeños. Saftner *et al.* (2008) encontraron que el peso individual del fruto está altamente correlacionado con los resultados de aceptabilidad en los anaqueles; tales como tamaño, apariencia y calidad para comer. Estos resultados indican que los arándanos grandes son preferidos para consumo en fresco.

2.11.1.2. Firmeza

La firmeza de fruto es una característica importante en los arándanos, ya que entre más alta sea la firmeza será mayor la vida en anaquel de los frutos (NeSmith *et al.,* 2002). Un fruto con firmeza alta puede resistir mejor la cosecha (especialmente mecánica) y subsecuentemente la maduración. En arándanos el ablandamiento que ocurre durante la madurez está vinculado con la actividad enzimática de los componentes de la pared celular; tales como pectina, celulosa y hemicelulosa. En los arándanos parece que el ablandamiento ocurre fuera de modificaciones sustanciales en el tamaño de las moléculas de pectina. En contraste, los niveles de hemicelulosa disminuyen con el progreso de la maduración. El total de pectinas solubles; las cuales constituyen en gran medida la lámina media, disminuyen linealmente conforme el fruto pasa de color verde a azul. Esta degradación de la lámina media y la pared celular es directamente responsable de la pérdida de firmeza (Vicente *et al*., 2007).

2.11.1.3. Sólidos solubles

Durante el proceso de madurez, los arándanos pasan de un estado rojo a un estado azul y el total de azúcares se incrementa (Woodruff *et al.* (1960) establecen que el incremento ocurre durante los primeros seis días después de la coloración roja. Los niveles de sólidos solubles totales tienden a variar de año en año y en diferentes zonas. Beaudry (1992) sugirió que la percepción del

dulzor en arándanos se puede ver afectada por otros factores, tales como la acidez titulable.

2.11.1.4. Acidez titulable

Los ácidos orgánicos son importantes para determinar el sabor. La composición de los ácidos orgánicos es una característica distintiva entre especies de *Vaccinium*. En arándanos tipo arbusto alto, el ácido orgánico predominante usualmente es el cítrico en un intervalo del 38 al 90 %; mientras que las proporciones de los ácidos málico, quínico y succínico son de 3, 5 y 17 %, respectivamente. En el caso de ojo de conejo los ácidos orgánicos más importantes son el succínico y málico con un 50 y 34 %, respectivamente; mientras que el cítrico se encuentra solamente con un 10 % (Ehlenfeldt *et al.,* 1994). Como es reportado por Bremer *et al.* (2008) la composición de los ácidos orgánicos afecta la calidad sensorial de los frutos, la combinación de los ácidos cítrico y málico lleva a un sabor agrio, y el ácido succínico provee un sabor amargo. Las diferencias en los ácidos orgánicos pueden derivar en otros factores importantes del fruto; tales como el desarrollo del color, susceptibilidad a la descomposición, y predación de insectos y aves (Ehlenfeldt *et al.,* 1994).

2.11.1.5. Capacidad antioxidante

Existe una evidencia fuerte de que los antioxidantes presentes en frutos y vegetales protegen los lípidos, proteínas y ácidos nucléicos contra el daño oxidativo que se puede iniciar por los radicales libres. Se ha demostrado que

los radicales libres juegan un papel importante en la aparición de enfermedades como el cáncer, problemas vasculares y neurodegenerativos (Howard *et al.,* 2003).

Los frutos de arándano contienen una serie de fenoles, entre los que se incluyen las antocianinas. Las antocianinas ocupan cerca del 60 % del contenido total de fenoles en arándano (Kalt *et al*., 2003). Las antocianinas son responsables de proporcionar los colores rojo y azul en los frutos y son dependientes de los valores de pH. Los frutos de arándano tienen altas concentraciones de antioxidantes y fenoles en la epidermis. Varios autores han encontrado una relación inversa entre el tamaño de fruto y la actividad antioxidante (Connor *et al*., 2002; Moyer *et al*., 2002; Howard *et al*., 2003).

2.12. Manejo Poscosecha

Los arándanos son frutos muy perecederos debido a que cuentan con una tasa respiratoria elevada. En general se considera que son climatéricos, denominación que reciben los frutos que presentan un marcado aumento en su actividad respiratoria (Darnell *et al*., 1992), el cual se produce con posterioridad a la cosecha al cosecharse en madurez fisiológica (Beattie y Wade, 1997). Desde el punto de vista comercial, los arándanos más interesantes son los de tipo arbusto alto, este grupo incluye un gran número de variedades aptas para el mercado fresco, con bayas grandes, firmes, de color azul y de buen sabor (Moggia, 1991).

El frío es la principal herramienta para mantener la calidad de los productos perecederos, especialmente en el arándano y muchas veces su importancia es desconocida. Una de las ventajas es saber ocupar tecnologías para un eficiente proceso de enfriado; además de aportar un considerable ahorro energético y permitir que el fruto mantenga su calidad por más tiempo, así como disminuir la deshidratación y reducir las pudriciones (Moggia, 1991).

Es importante que el producto tenga un alto índice de productividad para el mercado en fresco, dado que los precios de los frutos frescos son significativamente más altos que los de frutos congelados o procesados para uso industrial. El arándano cosechado mecánicamente tiene un buen índice de productividad para mercado en fresco del 50 % y cosechado manualmente el índice de productividad óptimo es del 90 %. El arándano es el fruto de mayor vida poscosecha entre las principales frutillas. La duración de la vida poscosecha en estado fresco de un fruto va a depender de la nutrición en precosecha y los cuidados que se le den en la conservación de sus cualidades de sabor, textura y apariencia; factores determinantes para la comercialización del arándano (Darnell *et al*., 1992).

Se ha mostrado que los daños mecánicos y las altas temperaturas incrementan rápidamente el deterioro de los frutos de arándano propiciando pérdidas de peso y firmeza (NeSmith *et al.,* 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del Huerto

La presente investigación se realizó en el Rancho Dos Ríos, perteneciente al municipio de Hueyapan en la Sierra Nororiental del Estado de Puebla, ubicado a 19º 54’ latitud norte y 97º 25’ longitud oeste, a una altitud de 1,522 m. Predominan dos tipos de clima, el templado húmedo con lluvias todo el año C (fm) y el templado húmedo con abundantes lluvias en verano C (m). Sin embargo, la temperatura varía entre los 12 °C y 18 °C (Anónimo, 1993).

3.2. Material Vegetal

Se utilizaron plantas de tamaño homogéneo de arándano del tipo ojo de conejo, de nueve años de edad, plantadas a una distancia entre hileras de 3 m y entre plantas de 2.5 m, el manejo nutrimental de la huerta es nulo y de temporal, la incorporación de materia orgánica al suelo proviene de los residuos de malezas y podas. Dichas plantas fueron sometidas a fertilizaciones foliares orgánicas con diversos productos (Cuadro 2) en el ciclo de cultivo primavera 2012.

3.3. Diseño Experimental

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con seis tratamientos, tres repeticiones por tratamiento y cuatro bloques, usando como unidad experimental una planta.

3.4. Fertilización Foliar

En el Cuadro 2 se muestran los productos orgánicos que se aplicaron así como los nutrimentos presentes en cada uno.

Cuadro 2. Concentraciones nutrimentales de los fertilizantes foliares orgánicos aplicados a arándano ojo de conejo en Hueyapan, Puebla.

Nombre del producto	mg·L^{-1}								
	N	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**	**Zn**	**Cu**	**B**
Agrovida	100 000	21 830	207 446			25 000	50 000		10 000
K·Boron^{Ca}			100 000	67 241		50 000		2750	10 000
PotaminOrg			93 884	44 000	30 188	58 642			
FulpoMag25			207 446		30 000	80 000			
CalciTop B				150 000					20 000

Se realizaron cuatro aplicaciones foliares con un intervalo de 20 días entre aplicaciones, siendo los días 3 y 24 de febrero, 16 de marzo y 6 de abril. Las aplicaciones se realizaron entre las 07:00 y 09:30 am. La primera aplicación se realizó con una concentración de 0.4 % y las siguientes tres aplicaciones con una concentración de 0.6 % usando 25 ml del producto por 4 litros·planta^{-1} (unidad experimental) agregándoles un coadyuvante (adherente-dispersante) Inex-A con una dosis de 0.5 ml·litro^{-1}. Fue necesario ajustar el pH con Buffex debido a que en algunos productos el pH era de 8.1; por esta razón se realizó el ajuste a 5.0-5.3 al momento de realizar la aplicación.

3.5. Muestreo y Variables Evaluadas en Hojas

La recolección de las hojas se llevó a cabo 10 días después de la última aplicación foliar; es decir, el día 15 de abril. Se muestrearon 40 hojas maduras

y sanas de cada unidad experimental ubicadas en la parte media de los brotes y de los cuatro puntos cardinales de la misma. Una vez separadas las hojas de la planta, éstas se iban colocando en bolsas de plástico negras, las cuales a su vez se metieron en una hielera para transportarlas al laboratorio.

3.5.1. Concentración de clorofilas

Se determinó la concentración de clorofila a, clorofila b y clorofila total con la técnica descrita por Witham *et al.* (1971). El procedimiento fue el siguiente: se tomó la parte media de tres hojas por planta y se cortó en pedazos pequeños, se pesaron 100 mg de ese tejido fresco y se maceró en un mortero con 3 ml de acetona al 80 % v/v y se dejó reposar 3 minutos. Posteriormente se transfirió el líquido verde decantado a un embudo con papel filtro Whatman No. 1. Posteriormente, se aforó a 10 ml con acetona para obtener el volumen final y determinar la densidad óptica o absorbancia a 645 y 663 nm en un espectrofotómetro (Génesis 10 UV).

La concentración de clorofila presente en el extracto (en miligramos de clorofila por g de tejido fresco) se calculó con las ecuaciones siguientes:

mg **clorofila a** / g de tejido = [12.7 (D663)-2.69 (D645)] X V/ (1000 x W)
mg **clorofila b** / g de tejido = [22.9 (D645)-4.68 (D663)] X V/ (1000 x W)
mg **clorofila total** / g de tejido = [20.2 (D645)+ 8.02 (D663)] X V/ (1000 x W)

Donde:

D (645 y 663)= Densidad óptica o absorbancia

V= Volumen final

W= Peso fresco de la muestra

3.5.2. Azúcares solubles totales

Esta determinación se realizó por el método de antrona descrito por Witham *et al*. (1971), se cortaron siete hojas por planta en pedazos muy pequeños y se tomaron 5 g de estas, se pusieron a hervir con 50 ml de etanol al 80 % durante 5 minutos; de esta manera se realizó la extracción de los azúcares y la fijación enzimática; después de esto, las muestras se pusieron a enfriar. Posteriormente se molieron y filtraron; del extracto alcohólico obtenido de la forma ya descrita, se tomó 1 ml, que se evaporó en baño maría, el residuo se recuperó en 100 ml de agua destilada; de esta solución se tomó 1 ml que se colocó en un tubo de ensayo y se ajustó a un volumen de 3 ml con agua destilada; después a cada tubo se le agregó, con bureta y en baño de agua fría (para bajar la temperatura de la reacción) 6 ml del reactivo de antrona (0.4 g de antrona Merck, disuelta en 100 ml de ácido sulfúrico concentrado); luego de esto, los tubos se colocaron en baño maría (con el agua en ebullición) por 3 minutos, después los tubos se sumergieron en agua fría para bajar la temperatura y entonces se procedió a leer la absorbancia a 600 nm en un

espectrofotómetro Génesis 10uv. La concentración de azúcares se estimó a partir de una curva patrón que contenía de 25 a 250 µg de glucosa·ml^{-1}.

3.5.3. Determinación de nutrimentos en hoja

Se realizó mediante digestión húmeda, ya que es el procedimiento más adecuado para determinar casi todos los nutrimentos presentes en la fracción mineral de las plantas. De la hojas restantes, que fueron aproximadamente 30 se metieron a secar a un horno con aire forzado (Binder) durante 72 horas y se procedió a molerlas en un molino (Arthur H. Thomas Co.) con malla de 20 µ. Posteriormente se pesaron 0.5 g de material vegetal seco en un matraz de digestión de 30 ml y se les adicionaron 4 ml de una mezcla ácida compuesta de ácido sulfúrico y ácido perclórico, relación 2:1 v/v, respectivamente, más 2 ml de peróxido de hidrogeno. Después se colocaron en la plancha, primero a baja temperatura (100-120 ºC) y después se aumenta en forma progresiva sin exceder los 300 ºC, teniendo cuidado para que las muestras no se evaporaran totalmente.

El N se determinó por microkjeldahl y los nutrimentos restantes, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, B y Mn se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES) marca Varian modelo Liberty serie II, en todos los casos se siguió la metodología descrita por Alcántar y Sandoval (1999).

3.6. Muestreo y Variables Evaluadas en Fruto

Se realizaron tres muestreos de frutos para su evaluación, es decir, tres cortes durante el ciclo de producción, siendo el primer corte al principio de la producción, el segundo a mediados de la producción y el tercer corte al final de la producción. Se tomaron 60 frutos de cada unidad experimental ubicados en la parte media de la planta y de los cuatro puntos cardinales de la misma, siendo frutos maduros y sanos, todos con un 100 % de superficie color azul. Una vez separados los frutos de la planta, estos se iban colocando en frascos de plástico, los cuales a su vez se metieron en una hielera para su transporte al laboratorio. Las variables que se evaluaron a continuación fueron para los tres muestreos de fruto por separado.

3.6.1. Peso fresco del fruto (PFF)

El peso fresco del fruto se determinó con una balanza digital (Ohaus Scout Pro) tomando 10 frutos al azar por planta, es decir, por cada unidad experimental.

3.6.2. Diámetro ecuatorial (DE)

El diámetro ecuatorial se determinó en 10 frutos al azar por planta con un vernier digital (GENERAL® UPC 22064).

3.6.3. Índice de redondez (IR)

El índice de redondez de los frutos se obtuvo dividiendo el diámetro ecuatorial entre el diámetro polar; ambos diámetros se midieron con un vernier digital (GENERAL® UPC 22064) en 10 frutos al azar por planta. Valores mayores a 1 indican frutos más largos que anchos, mientras que valores menores a 1 indican lo contrario.

3.6.4. Firmeza de fruto (FIR)

Se determinó con un penetrómetro (QaSupplies) en 10 frutos al azar por planta usando un puntal de 0.4 mm de diámetro.

3.6.5. Sólidos solubles totales (SST)

Se determinaron los sólidos solubles totales (ºBrix) de 10 frutos maduros al azar por planta, con un refractómetro digital (Atago PR-301).

3.6.6. Acidez titulable (AT)

Para determinar la acidez titulable se pesaron 10 g de fruto maduro y se mezclaron con 50 ml de agua destilada, obteniendo así un volumen conocido; posteriormente se filtró el extracto obtenido anteriormente y se tomaron 10 ml depositándolos en un matraz Erlenmeyer, al cual se le agregaron 3 gotas de fenolftaleína y se procedió a titular con NaOH 0.01N. El valor final de acidez titulable se obtuvo mediante la fórmula siguiente tomando como base al ácido

succínico el cual se encuentra en mayor proporción en los frutos de arándano ojo de conejo:

$$\% \text{ Ácido} = \frac{(\text{ml NaOH})(\text{N NaOH})(\text{volumen total de jugo})(\text{meq ac. succínico})(100)}{(\text{alícuota})(\text{peso de la muestra})}$$

3.6.7. Azúcares Solubles Totales (AST)

Esta determinación se realizó de la misma manera que se hizo en hojas, la cual fue anteriormente descrita.

3.6.8. Antocianinas (ANT)

Se pesaron 0.5 g de tejido y se adicionaron 5 ml de metanol acidificado al 0.01 % con ácido clorhídrico en proporción de 1:10 a 4 ºC y en la oscuridad por 24 h. Las antocianinas totales se cuantificaron empleando el método diferencial de pH descrito por Giusti y Wrolstad (2001). Para lo cual se prepararon dos soluciones amortiguadoras (KCl, 0.025N pH 1.0 y $CH_3COONa\ 3H_2O$, 0.4M a pH 4.5), se prepararon dos diluciones de cada extracto con cada uno de los amortiguadores hasta una dilución 1:10, se estabilizaron las reacciones por 15 minutos y se leyó la absorbancia de cada dilución a 520 y 700 nm. Para determinar la concentración de antocianinas monoméricas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Antocianinas totales mg·litro}^{-1} = A \times PM \times FD \times 1000 \times \varepsilon^{-1}$$

Donde:

A = Se obtiene de la ecuación $A = (A_{520}-A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520}-A_{700})_{pH\ 4.5}$

PM = Peso molecular de antocianina como cianidin-3-glucósido

FD = Factor de dilución

ε = Coeficiente de extinción 26 900

Los resultados fueron expresados en miligramos de antocianinas totales por 100 g de peso fresco.

3.6.9. Determinación de nutrimentos en fruto

Se realizó de la misma manera que se hizo en hoja de acuerdo con la metodología de Alcántar y Sandoval (1999).

3.7. Análisis Estadístico

Se realizaron análisis de varianza, tomando como base un diseño de bloques completamente al azar; también se realizó la prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Para llevar a cabo todo el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico SAS System Versión 9 (SAS Institute Inc., 2006).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Hoja

4.1.1. Concentración de clorofilas a, b, total y azúcares solubles totales

En el Cuadro 3 se puede observar que la concentración de clorofila a no presentó diferencias significativas entre tratamientos, aunque el testigo fue el que presentó mayor concentración de clorofila (0.44 $mg \cdot g^{-1}$PF) con respecto a los demás. En cuanto a la concentración de clorofila b, los tratamientos que corresponden a Agrovida, K·Boron^{Ca} y CalciTop B fueron estadísticamente similares; mientras que los tratamientos con PotaminOrg y FulpoMag 25 tuvieron efectos similares; sin embargo, los tratamientos con PotaminOrg, FulpoMag 25 y testigo presentaron diferencias estadísticas entre ellos. En cuanto a la concentración de clorofila total no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

El Cuadro 3 muestra que la concentración de azúcares solubles totales presentó diferencias estadísticas entre tratamientos. Los tratamientos PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B mostraron concentraciones similares, mientras que los tratamientos con Agrovida, K·Boron^{Ca} y testigo presentaron diferencias estadísticas significativas. Los tratamientos que correspondieron a

Agrovida y K·Boron^{Ca} presentaron menor concentración de azúcares solubles totales; mientras que el testigo fue el que presentó mayor concentración.

Cuadro 3. Concentración de clorofilas a, b, total y de azúcares solubles totales en hojas de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla.

Tratamiento	Clorofila a ($mg \cdot g^{-1}$ p. f.)	Clorofila b ($mg \cdot g^{-1}$ p. f.)	Clorofila total ($mg \cdot g^{-1}$ p. f.)	Azúcares solubles totales ($mg \cdot g^{-1}$ p. f.)
Agrovida	0.37 a[z]	0.20 ab	0.57 a	112.10 c
K·Boron^{Ca}	0.38 a	0.21 ab	0.60 a	118.47 bc
PotaminOrg	0.36 a	0.19 b	0.55 a	126.01 abc
FulpoMag 25	0.36 a	0.20 b	0.56 a	125.39 abc
CalciTop B	0.38 a	0.21 ab	0.60 a	150.03 ab
Testigo	0.44 a	0.25 a	0.69 a	156.52 a
DMS	0.09	0.05	0.14	32.80
CV	20.81	20.73	20.28	20.60

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

4.1.2. Diagnóstico nutrimental

En el Cuadro 4 se puede observar que para N de acuerdo con la concentración normal descrita por Hanson y Hancock (1996) se encontraron niveles bajos para todos los tratamientos, esto puede deberse al contenido de materia orgánica en el suelo, ya que cuando se tienen altos contenidos de materia orgánica el N disponible suele ser bajo, debido a que este es usado principalmente por los microorganismos para descomponer materiales orgánicos (Eck *et al.,* 1990). La concentración de P se encontró en un nivel suficiente para todos los tratamientos; de la misma manera, el tratamiento que corresponde a Agrovida fue el único que contenía P; aunque fue mínimo el

aumento, aún así presentó diferencias significativas con respecto al testigo quién presentó el rango mínimo de suficiencia.

Para el caso del K, tenemos que todos los tratamientos se encontraron abajo de la concentración normal, aunque los primeros cuatro tratamientos contienen K no se puede saber con certeza si no se presentó efecto debido a la concentración aplicada o si éste pudo ser retraslocado al fruto. En cuanto a la concentración de Ca, los seis tratamientos se encontraron por debajo de los niveles de suficiencia; se puede observar también que los tratamientos que corresponden a Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y testigo presentaron la misma concentración de Ca; mientras que los tratamientos con FulpoMag 25 y CalciTop B presentaron un aumento mínimo; sin embargo, este último contenía 15 % de Ca, lo cual nos puede indicar que el efecto mínimo obtenido se pudiera deber a la concentración que se usó. Por último, para el caso del Mg se puede observar que todos los tratamientos se encontraron por debajo de la concentración normal.

Como se puede observar (Cuadro 4), para la mayoría de los macronutrimentos y algunos micronutrimentos no se presentaron diferencias pudiendo deberse a la concentración aplicada, frecuencia en aplicaciones y estructura anatómica de la hoja (grosor de la cutícula).

En el Cuadro 4 se muestra que la concentración de Fe se encontró por debajo de los niveles de suficiencia, aunque ningún producto que se usó

contenía este nutrimento; sin embargo, recordemos que el pH en rangos de 4.0 a 6.0 favorece el contenido de Fe disponible en el suelo.

Cuadro 4. Concentración de macro y micronutrimentos en hojas de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla.

Nutrimento	Concentración normal	Tratamientos[Y]					
		1	2	3	4	5	6
Macronutrimentos (%)							
N	1.70-2.10	1.16 a[Z]	1.05 a	1.08 a	1.05 a	1.04 a	1.01 a
P	0.08-0.40	0.11 a	0.10 ab	0.09 b	0.09 ab	0.09 b	0.08 b
K	0.40-0.65	0.15 a	0.14 a	0.15 a	0.15 a	0.14 a	0.14 a
Ca	0.30-0.80	0.19 a	0.19 a	0.19 a	0.20 a	0.21 a	0.19 a
Mg	0.15-0.30	0.10 a	0.10 a	0.10 a	0.10 a	0.10 a	0.09 a
Micronutrimentos ($mg \cdot kg^{-1}$ p. s.)							
Fe	60-200	31.86 a	32.66 a	30.28 a	32.12 a	33.96 a	30.17 a
Cu	5-20	4.06 a	4.69 a	5.08 a	4.71 a	4.57 a	3.95 a
Zn	8-30	34.20 a	10.67 b	12.06 b	14.23 b	18.62 b	11.13 b
B	25-70	55.13 ab	53.97 ab	51.85 b	53.35 ab	69.15 a	44.50 b
Mn	50-350	50.98 a	39.4 a	47.05 a	52.45 a	53.84 a	46.03 a

Concentraciones normales o suficientes de acuerdo con Hanson y Hancock, (1996) para arándano tipo arbusto alto. [Y] Se refiere a los productos usados, donde: 1=Agrovida, 2=K·Boron[Ca], 3=PotaminOrg, 4=FulpoMag 25, 5=CalciTop B y 6=Testigo. [Z] Medias con la misma letra dentro de hileras no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de medias de Tukey (P≤0.05).

Se puede observar en el Cuadro 4 que las concentraciones de Cu en los tratamientos correspondientes a Agrovida, K·Boron[Ca], FulpoMag 25, CalciTop B y testigo se encontraron por debajo de los niveles de suficiencia; por otro lado, el tratamiento con PotaminOrg fue el único que se encontró dentro de estos niveles. En cuanto a Zn, podemos observar que los tratamientos K·Boron[Ca], PotaminOrg, FulpoMag 25, CalciTop B y testigo se encontraron dentro del rango de suficiencia. El tratamiento con Agrovida se consideró con alta

concentración de Zn al presentar 34.2 ppm; cabe mencionar que este producto contiene 5 % de Zn considerando que es una concentración alta para micronutrimentos. Para B, todos los tratamientos se encontraron dentro de los rangos de suficiencia; es importante resaltar que con el tratamiento de CalciTop B se obtuvo mayor concentración de B con respecto a los otros productos usados en los tratamientos. Por último, en el caso de Mn, los tratamientos que correspondieron a K·BoronCa, PotaminOrg y testigo, se encontraron por debajo de los niveles normales para este micronutrimento; por el contrario, los tratamientos de Agrovida, FulpoMag 25 y CalciTop B se encontraron dentro de los rangos de suficiencia.

4.2. Fruto

4.2.1. Primer muestreo

4.2.1.1. Peso fresco

Se puede observar en el Cuadro 5 que los tratamientos que corresponden a K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y FulpoMag 25 presentaron resultados similares entre ellos y diferencias estadísticas con respecto al testigo, el tratamiento de CalciTop B fue el que presentó mayor peso fresco por fruto en cuanto a los tratamientos que correspondieron a aplicaciones foliares; sin embargo, no presentó diferencias estadísticas con el testigo. El testigo fue el que presentó mayor peso fresco por fruto; mientras que el tratamiento con Agrovida fue el que presentó menor peso mostrando diferencias estadísticas entre estos.

4.2.1.2. Diámetro ecuatorial

El tratamiento con Agrovida fue el que mostró menor diámetro ecuatorial con respecto a los demás tratamientos. El testigo fue el que presentó mayor diámetro ecuatorial aunque no presentó diferencias significativas con el tratamiento de CalciTop B; sin embargo, se presentaron diferencias estadísticas en los tratamientos con K·BoronCa, PotaminOrg y FulpoMag 25 con respecto al testigo (Cuadro 5).

4.2.1.3. Índice de redondez

Se muestra en el Cuadro 5 que para la variable de índice de redondez los resultados son similares estadísticamente, lo cual nos indica que se tuvieron frutos homogéneos en cuanto a redondez.

4.2.1.4. Firmeza

Se puede observar en el Cuadro 5 que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; por lo cual, no hubo efecto de tratamientos en la firmeza de los frutos.

Cuadro 5. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Primer muestreo).

Tratamiento	PFF[1] (g)	DE (mm)	IR	FIR (Lb)	SST (ºBrix)	AT (%)	AST ($mg \cdot g^{-1}$ p.f.)	ANT ($mg \cdot 100g^{-1}$ p.f.)
Agrovida	1.14 c[z]	13.02 c	1.24 a	0.15 a	14.54 a	0.49 a	280.25 a	440.82 a
K·Boron^{Ca}	1.20 bc	13.16 bc	1.24 a	0.17 a	14.36 ab	0.50 a	260.08 a	408.88 a
PotaminOrg	1.19 bc	13.14 bc	1.23 a	0.18 a	14.25 ab	0.51 a	257.19 a	437.32 a
FulpoMag25	1.21 bc	13.28 bc	1.23 a	0.18 a	13.92 ab	0.54 a	268.91 a	507.31 a
CalciTop B	1.26 ab	13.50 ab	1.25 a	0.21 a	14.22 ab	0.54 a	262.91 a	467.31 a
Testigo	1.34 a	13.75 a	1.22 a	0.18 a	13.73 b	0.50 a	272.36 a	414.45 a
DMS	0.10	0.41	0.03	0.06	0.69	0.05	37.52	151.83
CV	7.27	2.58	1.89	27.70	4.05	8.64	11.60	28.09

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).
[1]PFF: Peso fresco por fruto; DE: Diámetro ecuatorial; IR: Índice de redondez; FIR: Firmeza; SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable (Ácido succínico); AST: Azúcares solubles totales; ANT: Antocianinas. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

4.2.1.5. Sólidos solubles totales o ºBrix

Los tratamientos con K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B no mostraron diferencias entre ellos (Cuadro 5), es decir, no hubo efecto de

tratamientos; mientras que el tratamiento de Agrovida fue el que presentó mayor contenido de sólidos solubles totales, debido a que este contenía alrededor de 20 % de K, nutrimento que influye directamente en el contenido de azúcares; por el contrario, el testigo presentó menor contenido de sólidos solubles totales. Estos resultados obtenidos de sólidos solubles totales son altos en comparación con otros cultivares, solo el cv. Reveille presentó contenidos de 14.3, 13.3 y 15.8 ºBrix durante los ciclos de cultivo 2005, 2006 y 2007, respectivamente (Bremer *et al*., 2008).

4.2.1.6. Acidez titulable

Para este variable no se presentaron diferencias estadísticas, mostrándose así que no hubo efecto de tratamiento (Cuadro 5). Para arándano ojo de conejo se considera al ácido succínico como el más predominante con un 50 %; mientras que los ácidos que también se encuentran presentes son el málico y cítrico con 34 y 10 %, respectivamente (Ehlenfeldt *et al*., 1994).

La composición de ácidos orgánicos es una característica distintiva de una gran cantidad de especies de *Vaccinium*. En arándanos tipo arbusto alto, el ácido orgánico que predomina usualmente es el ácido cítrico. Bremer *et al*. (2008), reportan que la composición de los ácidos orgánicos afecta la calidad de los frutos, la combinación de ácido cítrico y ácido málico producen un sabor agrio, y el ácido succínico produce un sabor amargo. Investigaciones en arándanos tipo arbusto alto establecen que la acidez disminuye marcadamente

en los primeros seis días después de que los frutos alcanzan un color rojo (Woodruff *et al*., 1960).

4.2.1.7. Azúcares solubles totales

Para esta variable, los resultados muestran que no existieron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 5). Al igual que en la variable de sólidos solubles totales, se puede observar que el tratamiento con Agrovida presentó mayor concentración de sólidos solubles totales y la menor concentración se encontró con PotaminOrg. Aunque estadísticamente esto no es significativo, puede haber indicio de que hay aprovechamiento por la planta de algunos productos y por tanto se pudiera aumentar la concentración de las aplicaciones foliares posteriormente.

4.2.1.8. Antocianinas

Se puede observar (Cuadro 5) que en el contenido de antocianinas no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos; es decir, no hubo efecto de tratamientos para esta variable. El contenido de antocianinas varía entre especies y manejo agronómico. En un estudio realizado por Wang *et al.* (2008) en arándano tipo arbusto alto encontraron diferentes contenidos de antocianinas en huertas manejadas como orgánicas y convencionales, obteniendo contenidos de 131.02 y 82.36 $mg \cdot 100g^{-1}$ p. f., respectivamente; de acuerdo con esto, podemos ver que existen diferencias entre especies, puesto que para nuestro caso en arándano ojo de conejo se encontraron contenidos

que van de 408.88 a 507 mg·100g^{-1} p. f., contenidos más altos que en arándanos del tipo arbusto alto.

4.2.1.9. Concentración de nutrimentos

En cuanto a la concentración de nutrimentos en fruto no se tiene información publicada, solo se han encontrado concentraciones de macronutrimentos (N, P, K) en otras partes de la planta como yemas florales y vegetativas, cañas de 1 a 4 años, copa del arbusto y raíces. Por lo tanto, solo se hará referencia a las concentraciones obtenidas en arándano azul ojo de conejo.

Se puede observar en el Cuadro 6 que para todos los macronutrimentos (N, P, K, Ca y Mg) no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En cuanto a los micronutrimentos (Fe, Cu, B y Mn) de la misma manera fueron estadísticamente similares.

Cuadro 6. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Primer muestreo).

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)
Agrovida	0.15 a[z]	0.03 a	0.17 a	0.04 a	0.02 a	12.69 a	3.23 a	16.78 a	50.00 a	20.67 a
K·Boron [Ca]	0.19 a	0.03 a	0.15 a	0.04 a	0.02 a	13.63 a	3.63 a	4.72 b	48.49 a	16.60 a
PotaminOrg	0.19 a	0.03 a	0.18 a	0.04 a	0.02 a	13.54 a	3.99 a	14.87 a	44.31 a	19.09 a
FulpoMag 25	0.19 a	0.03 a	0.16 a	0.04 a	0.02 a	13.44 a	3.67 a	7.80 ab	49.91 a	20.19 a
CalciTop B	0.23 a	0.03 a	0.16 a	0.05 a	0.02 a	15.71 a	4.07 a	7.30 ab	46.74 a	20.86 a
Testigo	0.18 a	0.03 a	0.16 a	0.04 a	0.02 a	13.55 a	3.28 a	14.40 a	48.06 a	14.84 a
DMS	0.099	0.008	0.031	0.015	0.010	4.963	2.06	9.63	17.018	7.695
CV	23.03	12.18	8.39	14.88	20.45	16.04	25.12	38.34	15.80	18.29

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

Los tratamientos que corresponden a Agrovida, PotaminOrg, FulpoMag 25, CalciTop B y testigo no presentaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 6). En el conjunto de tratamientos con Agrovida, PotaminOrg y testigo, la concentración de Zn fue mayor (16.78, 14.87 y 14.40 ppm) y presentó diferencias significativas con respecto al tratamiento con K·Boron^{Ca} que fue el que tuvo menor concentración de Zn (4.72 ppm).

4.2.2. Segundo muestreo

4.2.2.1. Peso fresco

En la variable de peso, no se encontraron diferencias significativas entre los primeros cinco tratamientos que corresponden a las aplicaciones foliares (Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B), el testigo mostró diferencias significativas en relación a los demás tratamientos exceptuando al tratamiento de CalciTop B, con el cual mostró resultados similares (Cuadro 7). Es importante mencionar que el aumento en el peso por fruto de este segundo muestreo se debió en gran medida al exceso de humedad en el suelo ocasionado por las condiciones ambientales de lluvia que se presentaron durante los 10 días previos al muestreo.

4.2.2.2 Diámetro ecuatorial

El Cuadro 7 muestra que el diámetro ecuatorial de los tratamientos que corresponden a Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y FulpoMag 25 presentaron

resultados similares estadísticamente. En los tratamientos con CalciTop B y testigo no se presentaron diferencias entre estos. El testigo presentó mayor diámetro ecuatorial (14.25 mm), mientras que el tratamiento con Agrovida menor diámetro (12.99 mm).

4.2.2.3. Índice de redondez

Los tratamientos con Agrovida, PotaminOrg y FulpoMag 25 presentaron índices de redondez similares estadísticamente, este mismo comportamiento se encontró con los tratamientos de K·Boron^{Ca} y testigo, los cuales no presentaron diferencias significativas. El tratamiento con CalciTop B fue el que presentó mayor índice de redondez, por lo tanto se puede observar (Cuadro 7) que hubo efecto de tratamientos.

Para la variable de forma valores mayores a 1 indican frutos más largos que anchos, mientras que valores menores a 1 indican lo contrario. Sin embargo, no debemos olvidar que para obtener el resultado de esta variable es necesario realizar mediciones de diámetro ecuatorial y polar, lo cual nos indica el tamaño de los frutos.

4.2.2.4. Firmeza

Se puede observar (Cuadro 7) que en la firmeza de frutos no hubo diferencias significativas entre tratamientos; se muestra un ligero aumento con el tratamiento que corresponde a CalciTop B, misma tendencia que se encontró

en el primer muestreo para esta variable. Se consideró que debido a la aplicación de algunos productos con calcio podríamos obtener buenos resultados en esta variable; sin embargo, no debemos olvidar que se cuenta con poca información en cuanto a la nutrición de arándano en México.

4.2.2.5. Sólidos solubles totales o ºBrix

Los resultados obtenidos muestran (Cuadro 7) que durante este segundo muestreo los contenidos de sólidos solubles totales no difieren estadísticamente entre tratamientos. El contenido de sólidos solubles totales disminuyó con respecto al primer muestreo; ya que como se mencionó anteriormente, se tuvieron días con exceso de humedad y poca luz, lo cual tuvo influencia en la baja capacidad fotosintética y por ende la baja formación y transporte de fotosintatos.

Cuadro 7. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Segundo muestreo).

Tratamiento	PFF[1] (g)	DE (mm)	IR	FIR (Lb)	SST (ºBrix)	AT (%)	AST (mg·g^{-1} p.f.)	ANT (mg·100g^{-1} p.f.)
Agrovida	1.20 b[2]	12.99 b	1.18 b	0.22 a	10.97 a	0.54 a	173.42 a	367.66 a
K·Boron ^{Ca}	1.27 b	13.32 b	1.19 ab	0.24 a	11.06 a	0.53 a	174.51 a	369.05 a
PotaminOrg	1.33 b	13.48 b	1.18 b	0.20 a	11.06 a	0.52 a	176.09 a	354.47 a
FulpoMag 25	1.34 b	13.50 b	1.18 b	0.21 a	11.16 a	0.50 a	171.63 a	455.01 a
CalciTop B	1.37 ab	13.63 ab	1.21 a	0.24 a	11.14 a	0.55 a	166.67 a	462.58 a
Testigo	1.52 a	14.25 a	1.20 ab	0.21 a	11.50 a	0.50 a	187.40 a	447.50 a
DMS	0.18	0.65	0.02	0.06	0.60	0.06	29.61	108.55
CV	11.19	3.99	1.71	24.92	4.44	9.73	13.96	21.88

[2] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).
[1]PFF: Peso fresco por fruto; DE: Diámetro ecuatorial; IR: Índice de redondez; FIR: Firmeza; SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable (Ácido succínico); AST: Azúcares solubles totales; ANT: Antocianinas. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

4.2.2.6. Acidez titulable

El Cuadro 7 muestra que para la variable de acidez titulable no existen diferencias significativas entre tratamientos. El porcentaje de ácido succínico va de 0.50 para FulpoMag 25 y testigo a 0.55 para CalciTop B; sin embargo, el porcentaje de ácido succínico difiere entre cultivares. Saftner *et al.* (2008) encontraron un porcentaje de 0.35 para arándano ojo de conejo cv. Coastal y de 0.58 % para el cv. Montgomery.

4.2.2.7. Azúcares solubles totales

El Cuadro 7 muestra que no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Los azúcares solubles totales para este muestreo registraron una disminución importante con respecto al primer muestreo, considerando que esto se debió principalmente a las condiciones ambientales. Se considera primordial que esta disminución se dio por el exceso de humedad y poca luz, lo cual afectó la formación de carbohidratos y distribución de los mismos, de los lugares fuente a los de demanda.

4.2.2.8. Antocianinas

El Cuadro 7 muestra que no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Existe más contenido de antocianinas en algunos tratamientos, aunque estas diferencias no son representativas estadísticamente. En este muestreo, el contenido de antocianinas se encuentra

por debajo de los contenidos encontrados por Ballinger *et al.* (1979), quienes reportaron contenidos de 501 a 556 mg·100g^{-1} p. f. en frutos de *Cyanococcus ashei*.

4.2.2.9. Concentración de nutrimentos

Se puede observar en el Cuadro 8 que en la concentración de los macronutrimentos (N, P, K y Mg) no se encontraron diferencias entre tratamientos. En cuanto a Ca, los primeros cuatro tratamientos (Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y FulpoMag 25) no presentaron diferencias estadísticas entre ellos. Se encontró diferencia entre los tratamientos de CalciTop B y testigo, presentando el tratamiento de CalciTop B mayor concentración de Ca en fruto indicando que hubo efecto de tratamiento.

Cuadro 8. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Segundo muestreo).

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)
Agrovida	0.20 a[z]	0.03 a	0.16 a	0.04 ab	0.02 a	12.71 a	4.58 a	13.48 a	43.30 a	18.56 a
K·Boron ^{Ca}	0.18 a	0.03 a	0.17 a	0.04 ab	0.02 a	12.99 a	5.88 a	N. D[y].	42.46 a	14.76 ab
PotaminOrg	0.19 a	0.03 a	0.18 a	0.04 ab	0.03 a	13.11 a	5.98 a	9.92 a	47.08 a	15.08 ab
FulpoMag 25	0.19 a	0.03 a	0.17 a	0.04 ab	0.02 a	16.97 a	6.36 a	20.66 a	47.12 a	16.75 ab
CalciTop B	0.20 a	0.03 a	0.16 a	0.05 a	0.02 a	13.13 a	5.23 a	6.36 a	52.00 a	17.45 a
Testigo	0.20 a	0.02a	0.15 a	0.03 b	0.02 a	9.95 a	4.43 a	7.53 a	42.54 a	11.52 b
DMS	0.128	0.007	0.030	0.017	0.012	7.108	4.190	15.084	12.56	5.384
CV	29.27	11.62	7.93	16.92	21.96	24.05	34.44	44.86	12.21	15.27

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).
[y]N.D=No detectado. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

En cuanto a la concentración de micronutrimentos (Fe, Cu, Zn y B) no se encontraron diferencias entre tratamientos. El tratamiento con Agrovida presentó mayor concentración de Mn, aunque no mostró diferencias

significativas con los tratamientos que correspondieron a K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B; por el contrario, la diferencia se presentó con el testigo. Hubo efecto de tratamientos solo con Agrovida y CalciTop B, con respecto al testigo que fue el que presentó menor concentración de Mn.

4.2.3. Tercer muestreo

4.2.3.1. Peso fresco

En el peso por fruto (Cuadro 9) los tratamientos con K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y CalciTop B presentaron resultados similares estadísticamente; de la misma manera, los tratamientos con Agrovida y FulpoMag 25 no presentaron diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el testigo mostró diferencias estadísticas con los tratamientos de Agrovida y FulpoMag 25. Se consideraba que con el tratamiento de Agrovida el fruto tendría mayor tamaño y peso, ya que contiene 10 % de N, nutrimento importante durante la etapa de crecimiento y división celular. El mayor peso por fruto se encontró en el testigo con 1.43 g, aunque este peso es bajo considerando el peso de diversos cultivares que oscila entre 1.56 y 2.85 g (Saftner *et al*., 2008).

4.2.3.2. Diámetro ecuatorial

El Cuadro 9 muestra que los tratamientos con K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y CalciTop B presentan diámetros similares estadísticamente. Los tratamientos

de Agrovida y FulpoMag 25 no presentaron diferencias estadísticas entre ellos. El mayor diámetro ecuatorial se encontró en el testigo (13.81 mm) y presenta diferencias solo con los tratamientos de Agrovida (12.79 mm) y FulpoMag 25 (12.95 mm), lo cual indica que no hubo efecto de tratamientos.

4.2.3.3. Índice de redondez

En esta variable no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 9). Es importante recordar que para obtener esta variable se necesitan realizar mediciones de diámetros en el fruto, mediciones que se presentaron en mm y de acuerdo a Beaudry (1992), establece que el tamaño recomendado en fruto para considerarse de calidad debe ser mayor a 10 mm; por lo cual, estos frutos cumplen esta condición aunque no se debe olvidar que el tamaño varía de acuerdo con el cultivar y manejo agronómico.

4.2.3.4. Firmeza

Se muestra en el Cuadro 9 que no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para esta variable, aunque el tratamiento con CalciTop B presentó más firmeza, esta diferencia no es significativa. Para determinar esta variable se pueden usar diversos métodos mecánicos, los cuales determinan la fuerza necesaria para perforar, penetrar o deformar el fruto. La firmeza en arándano se ve más afectada por cambios en madurez que diferencias entre cultivares (Beaudry, 1992).

4.2.3.5. Sólidos solubles totales o ºBrix

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 9). Durante este muestreo las condiciones ambientales mejoraron de forma mínima, mientras que en el primer muestreo tuvimos un rango de sólidos solubles totales de 13.73 a 14.54 ºBrix considerado alto; en el segundo muestreo el contenido de sólidos solubles totales osciló entre 10.97 y 11.50, ºBrix mostrándose una disminución muy significativa e importante debido a las condiciones ambientales adversas previas al muestreo. En este tercer muestreo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y el contenido de sólidos solubles totales se encontró en un rango de 11.59 a 12.21 ºBrix. Aunque Beaudry (1992) establece un contenido de sólidos solubles totales mayor a 10 ºBrix para considerar a un fruto dentro del estándar de calidad; por lo que, estos frutos entrarían sin ningún problema en este estándar.

4.2.3.6. Acidez titulable

De la misma forma que en los muestreos anteriores para esta variable no se encontraron diferencias estadísticas en porcentaje de ácido succínico entre tratamientos (Cuadro 9). Existió una diferencia en porcentaje de ácido succínico entre muestreos; en el primer muestreo encontramos porcentajes que oscilan entre 0.49 y 0.54%; para el segundo muestreo porcentajes de 0.50 a

0.55 % y para este último muestreo tenemos una disminución en el porcentaje de ácido succínico de 0.43 a 0.48 %.

Cuadro 9. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Tercer muestreo).

Tratamiento	PFF[1] (g)	DE (mm)	IR	FIR (Lb)	SST (ºBrix)	AT (%)	AST ($mg \cdot g^{-1}$ p.f.)	ANT ($mg \cdot 100g^{-1}$ p.f.)
Agrovida	1.17 b	12.79 b	1.19 a	0.25 a	12.05 a	0.43 a	175.93 ab	527.06 ab
K·Boron ^{Ca}	1.27 ab	13.16 ab	1.18 a	0.22 a	12.11 a	0.45 a	175.86 ab	467.08 ab
PotaminOrg	1.34 ab	13.26 ab	1.17 a	0.25 a	11.96 a	0.46 a	175.26 ab	408.66 b
FulpoMag 25	1.23 b	12.95 b	1.15 a	0.19 a	11.59 a	0.48 a	181.10 a	444.38 ab
CalciTop B	1.34 ab	13.39 ab	1.20 a	0.26 a	12.21 a	0.47 a	169.50 ab	600.39 a
Testigo	1.43 a[z]	13.81 a	1.19 a	0.25 a	11.86 a	0.48 a	151.67 b	405.44 b
DMS	0.18	0.66	0.04	0.07	0.65	0.06	26.24	159.28
CV	12.03	4.14	3.34	24.79	4.48	11.28	12.62	27.64

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). [1]PFF: Peso fresco por fruto; DE: Diámetro ecuatorial; IR: Índice de redondez; FIR: Firmeza; SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable (Ácido succínico); AST: Azúcares solubles totales; ANT: Antocianinas. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

4.2.3.7. Azúcares solubles totales

El Cuadro 9 muestra que la concentración de azúcares solubles totales para los tratamientos con Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y CalciTop B fue similar estadísticamente. Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con FulpoMag 25 y testigo, siendo el tratamiento de FulpoMag 25 el que tuvo mayor concentración de azúcares solubles totales (181.10 $mg \cdot g^{-1}$ p. f.) y el testigo que presentó menor concentración (151.67 $mg \cdot g^{-1}$ p. f.). Estas concentraciones se pueden ver influenciadas por las variables de peso y diámetro; ya que el tratamiento de FulpoMag 25 presentó frutos más pequeños lo cual puede indicar que están más concentrados los azúcares totales;

mientras que para el testigo los frutos fueron más grandes pudiendo indicar que los azúcares totales estaban más diluidos.

4.2.3.8. Antocianinas

Se muestran (Cuadro 9) diferencias en contenido de antocianinas. Los tratamientos con Agrovida, K·Boron^{Ca} y FulpoMag 25 presentaron contenidos de antocianinas similares estadísticamente. Las diferencias se encontraron en los tratamientos de PotaminOrg y testigo con respecto al tratamiento con CalciTop B, que presentó el mayor contenido de antocianinas en el fruto, incluso más alto que los reportados por Ballinger *et al.* (1979).

4.2.3.9. Concentración de nutrimentos

En las concentraciones de N, Ca y Mg no se encontraron diferencias entre los seis tratamientos (Cuadro 10). En la concentración de P, los tratamientos con Agrovida, K·Boron^{Ca}, FulpoMag 25 y CalciTop B no presentaron diferencias; de la misma forma, los tratamientos que corresponden a K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25, CalciTop B y testigo fueron estadísticamente similares; sin embargo, las diferencias se encontraron entre los tratamientos con PotaminOrg y testigo, con respecto al tratamiento con Agrovida. En cuanto a K, existen diferencias entre algunos tratamientos, se encontró una diferencia significativa entre el tratamiento de Agrovida y el testigo, mientras que los tratamientos restantes mostraron concentraciones estadísticas similares.

Para este muestreo, los micronutrimentos como Fe, Cu y B, no presentaron diferencias de concentración entre sus tratamientos (Cuadro 10). En la concentración de Zn, los tratamientos con K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25, CalciTop B y testigo no mostraron diferencias entre ellos, solo se presentó diferencia de todos estos con respecto al tratamiento de Agrovida, siendo el que tuvo mayor concentración de Zn (17.93 ppm). En cuanto a Mn, los tratamientos con PotaminOrg, FulpoMag 25, CalciTop B y testigo mostraron concentraciones similares; mientras que las diferencias se obtuvieron entre los tratamientos de Agrovida y K·Boron^{Ca}; es decir, la más alta y la más baja concentración de Mn, respectivamente.

Cuadro 10. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla (Tercer muestreo).

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)
Agrovida	0.18 a[z]	0.03 a	0.17a	0.04 a	0.02 a	23.48 a	3.78 a	17.93 a	51.14 a	15.39 a
K·Boron ^{Ca}	0.16 a	0.02 ab	0.15abc	0.04 a	0.02 a	12.34 a	3.42 a	2.21 b	52.43 a	10.60 b
PotaminOrg	0.18 a	0.02 b	0.15 bc	0.03 a	0.02 a	24.47 a	3.33 a	4.13 b	48.08 a	12.95 ab
FulpoMag 25	0.15 a	0.03 ab	0.16 ab	0.04 a	0.02 a	14.81 a	3.58 a	5.07 b	36.33 a	14.84 ab
CalciTop B	0.17 a	0.03 ab	0.15 bc	0.04 a	0.02 a	12.43 a	3.26 a	2.86 b	48.91 a	14.23 ab
Testigo	0.17 a	0.02 b	0.14 c	0.04 a	0.02 a	14.46 a	3.06 a	1.00 b	37.36 a	12.96 ab
DMS	0.086	0.009	0.022	0.016	0.003	28.106	1.578	11.60	17.951	4.594
CV	22.54	14.84	6.23	17.53	7.58	73.56	20.60	67.43	17.47	15.14

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

4.3. Análisis de Tratamientos

4.3.1. Análisis entre tratamientos para índices de calidad

Se puede observar en el Cuadro 11 que para la variable de peso fresco por fruto el testigo mostró mayor peso con respecto a los demás tratamientos, que presentaron pesos similares estadísticamente.

En cuanto a diámetro ecuatorial, los tratamientos con K·Boron^{Ca} y FulpoMag 25 fueron estadísticamente similares; de la misma forma, los tratamientos con PotaminOrg y CalciTop B no presentaron diferencias significativas entre ellos. El testigo presentó mayor diámetro ecuatorial (13.94 mm) y mostró diferencias significativas con los demás tratamientos, incluso se pudo notar esta diferencia muy marcada con el tratamiento de Agrovida que presentó menor diámetro ecuatorial (12.93 mm).

El índice de redondez mostró resultados similares en los tratamientos que corresponden a Agrovida, K·Boron^{Ca}, CalciTop B y testigo; mientras que se encontraron diferencias en los tratamientos con PotaminOrg y FulpoMag 25, quienes presentaron menor índice de redondez con respecto al tratamiento con CalciTop B, que presentó mayor índice de redondez.

En la variable de firmeza no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, aunque el tratamiento con CalciTop B presento más firmeza, no fue suficiente para mostrar diferencias significativas.

En cuanto a las variables de sólidos solubles totales, acidez titulable y azúcares solubles totales no hubo efecto de tratamientos.

Para la variable de antocianinas, los tratamientos que corresponden a Agrovida, K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y testigo presentaron contenidos similares estadísticamente; el tratamiento con mayor contenido de antocianinas fue CalciTop B (510.09 mg·100g^{-1} p. f.) y mostró diferencias solamente con los tratamientos K·Boron^{Ca}, PotaminOrg y testigo (415.00, 400.15 y 422.46 mg·100g^{-1} p. f.), respectivamente. Por lo cual, hubo efecto de tratamientos para contenido de antocianinas.

Cuadro 11. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla.

Tratamiento	PFF[1] (g)	DE (mm)	IR	FIR (Lb)	SST (ºBrix)	AT (%)	AST (mg·g-1 p.f.)	ANT (mg·100g-1 p.f.)
Agrovida	1.17 c[2]	12.93 c	1.20 ab	0.21 a	12.52 a	0.48 a	209.87 a	445.18 ab
K·Boron ^{Ca}	1.25 bc	13.21 bc	1.20 ab	0.21 a	12.51 a	0.49 a	203.49 a	415.00 b
PotaminOrg	1.29 b	13.29 b	1.19 b	0.21 a	12.43 a	0.50 a	202.85 a	400.15 b
FulpoMag25	1.26 bc	13.24 bc	1.19 b	0.19 a	12.22 a	0.51 a	207.22 a	468.90 ab
CalciTop B	1.32 b	13.51 b	1.22 a	0.24 a	12.53 a	0.52 a	199.70 a	510.09 a
Testigo	1.43 a	13.94 a	1.21 ab	0.22 a	12.36 a	0.50 a	203.81 a	422.46 b
DMS	0.10	0.35	0.02	0.04	0.97	0.03	38.24	81.85
CV	11.54	3.89	3.05	27.90	11.53	11.54	27.58	27.21

[2] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). [1]PFF: Peso fresco por fruto; DE: Diámetro ecuatorial; IR: Índice de redondez; FIR: Firmeza; SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable (Ácido succínico); AST: Azúcares solubles totales; ANT: Antocianinas. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

4.3.2. Análisis entre tratamientos para concentración de nutrimentos

En el Cuadro 12 se muestra que la concentración de N no presentó diferencias significativas entre tratamientos. Para el caso del P, los tratamientos con K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B presentaron concentraciones similares, pero existieron diferencias en los tratamientos con Agrovida que presentó la mayor concentración de P respecto al testigo, el cual presentó la menor concentración. En cuanto a la concentración de K, los tratamientos de Agrovida y PotaminOrg presentaron mayor concentración (0.17), mientras el testigo y CalciTop B presentaron menor concentración mostrando diferencias significativas y los tratamientos con K·Boron^{Ca}, FulpoMag 25 y CalciTop B presentaron concentraciones similares estadísticamente entre ellos.

Cuadro 12. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla.

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)
Agrovida	0.18 a[z]	0.03 a	0.17 a	0.04 b	0.02 a	16.29 a	3.86 a	16.06 a	48.14a	18.21 a
K·Boron^{Ca}	0.17 a	0.02ab	0.16 ab	0.04 ab	0.02 a	12.98 a	4.31 a	3.64 b	47.79a	13.98 bc
PotaminOrg	0.19 a	0.02ab	0.17 a	0.04 ab	0.02 a	17.04 a	4.43 a	9.09 ab	46.49a	15.70 abc
FulpoMag25	0.17 a	0.03ab	0.16 ab	0.04 ab	0.02 a	15.07 a	4.53 a	8.38 b	44.45a	17.26 ab
CalciTop B	0.20 a	0.03ab	0.15 ab	0.05 a	0.02 a	13.76 a	4.19 a	5.75 b	49.21a	17.51 ab
Testigo	0.18 a	0.02 b	0.15 b	0.04 b	0.02 a	12.65 a	3.59 a	9.33 ab	42.65a	13.11 c
DMS	0.05	0.005	0.01	0.01	0.005	9.11	1.82	7.52	9.11	4.08
CV	24.78	14.69	8.60	16.85	21.16	51.99	36.56	58.60	16.36	21.37

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

En la concentración de Ca podemos observar (Cuadro 12) que el tratamiento de CalciTop B presentó mayor concentración, aunque no mostró

diferencias significativas con los demás tratamientos. Se pudo observar un ligero aumento con este tratamiento, lo cual indica que hubo una mínima asimilación de este producto y para estudios posteriores se podría aumentar la concentración aplicada para obtener buenos resultados y así mismo tener un efecto marcado de tratamiento. Por último, para la concentración de Mg no hubo efecto de tratamientos, todos presentaron concentraciones similares estadísticamente.

En cuanto a los micronutrimentos, podemos observar (Cuadro 12) que para Fe, Cu y B no existieron diferencias significativas; es decir, no hubo efecto de tratamientos en la concentración de éstos. Mientras tanto, para Zn los tratamientos de Agrovida, PotaminOrg y testigo no fueron diferentes estadísticamente, las diferencias se pueden observar en los tratamientos de K·Boron^{Ca}, FulpoMag 25 y CalciTop B con respecto al tratamiento con Agrovida, que fue el que presentó mayor concentración de Zn (16.06) y por lo tanto un marcado efecto de tratamiento. Para el caso de Mn, los tratamientos con K·Boron^{Ca}, PotaminOrg, FulpoMag 25 y CalciTop B presentaron concentraciones similares estadísticamente. La diferencia en concentración se pudo observar en los tratamientos con Agrovida (18.21), que fue el que presentó mayor concentración con respecto al testigo que mostró menor concentración (13.11).

4.4. Análisis entre Muestreos

4.4.1. Análisis entre muestreos para índices de calidad

En el Cuadro 13 se muestra que para la variable de peso fresco por fruto existieron diferencias significativas del primer muestreo con respecto al segundo y tercer muestreos, mientras que el segundo y tercer muestreos presentaron mayor peso fresco por fruto.

De la misma forma, para diámetro ecuatorial encontramos que durante el segundo muestreo se obtuvo mayor diámetro con respecto al tercer muestreo que presentó menor diámetro. Aunque el primer y segundo muestreos no presentaron diferencias significativas.

Para la variable de índice de redondez se obtuvieron diferencias entre el primer muestreo, que presentó frutos de mayor tamaño con respecto al segundo y tercer muestreos, que presentaron tamaños similares estadísticamente.

Se encontraron diferencias estadísticas entre muestreos para la variable de firmeza. El primer muestreo presentó menor firmeza, con respecto al segundo y tercer muestreos, que presentaron mayor firmeza.

El contenido de sólidos solubles totales presentó diferencias en los tres muestreos. En el primer muestreo se tuvo un mayor contenido de sólidos solubles totales (14.17 ºBrix), mientras que en el segundo muestreo disminuyó

el contenido de sólidos solubles totales (11.15 ºBrix) debido a las condiciones ambientales de lluvia y poca luz que se presentaron días antes del muestreo y las cuales tuvieron influencia en los sólidos solubles totales. Para el tercer muestreo se registró un ligero aumento en el contenido de sólidos solubles totales (11.96 ºBrix). Como se puede observar claramente las condiciones ambientales influyeron en el contenido de sólidos solubles totales.

Cuadro 13. Índices de calidad obtenidos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla.

Muestreo	PFF[1] (g)	DE (mm)	IR	FIR (Lb)	SST (ºBrix)	AT (%)	AST (mg·g^{-1} p.f.)	ANT (mg·100g^{-1} p.f.)
Primer	1.22 b[2]	13.31 ab	1.23 a	0.18 b	14.17 a	0.51 a	266.94 a	446.01 ab
Segundo	1.34 a	13.53 a	1.19 b	0.22 a	11.15 c	0.52 a	174.95 b	409.38 b
Tercer	1.30 a	13.23 b	1.18 b	0.24 a	11.96 b	0.46 b	171.55 b	475.50 a
DMS	0.06	0.23	0.01	0.02	0.24	0.02	13.44	48.21
CV	12.48	4.41	2.52	25.87	5.01	10.30	16.71	27.62

[2] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).
[1]PFF: Peso fresco por fruto; DE: Diámetro ecuatorial; IR: Índice de redondez; FIR: Firmeza; SST: Sólidos solubles totales; AT: Acidez titulable (Ácido succínico); AST: Azúcares solubles totales; ANT: Antocianinas. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

La variable de acidez titulable (con base en el ácido succínico) presentó porcentajes similares en el primero y segundo muestreos, mientras que para el tercer muestreo disminuyó.

Se presentaron diferencias en la concentración de azúcares solubles totales, durante el primer muestreo se tuvo la mayor concentración de azúcares solubles totales, mientras que en el segundo y tercer muestreos las concentraciones fueron similares estadísticamente.

El contenido de antocianinas mostró diferencias entre muestreos, el primer y tercer muestreos fueron similares estadísticamente, el segundo y tercer muestreos presentaron diferencias significativas y el primer y segundo muestreos mostraron contenidos de antocianinas similares. El mayor contenido de antocianinas se encontró en el tercer muestreo y el menor contenido en el segundo muestreo (Cuadro 13).

4.4.2. Análisis entre muestreos para concentración de nutrimentos

En la concentración de macronutrimentos se puede observar (Cuadro 14) que para N no se presentaron diferencias significativas entre muestreos, incluso el primer y segundo muestreos presentaron la misma concentración. Para el caso del P, el primer y segundo muestreos presentaron concentraciones similares y de la misma manera el segundo y tercer muestreos fueron similares estadísticamente. Las diferencias significativas se encontraron entre el primer y tercer muestreo.

Cuadro 14. Concentración de nutrimentos en frutos de arándano azul ojo de conejo con aplicaciones foliares de fertilizantes orgánicos en Hueyapan, Puebla.

Muestreo	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)
Primer	0.19 a	0.03 a[z]	0.16 a	0.04 a	0.023 a	13.76 a	3.64 b	10.81 a	47.91 a	18.71 a
Segundo	0.19 a	0.03 ab	0.16 a	0.04 a	0.024 a	13.14 a	5.41 a	10.35 a	45.75 a	15.69 b
Tercer	0.17 a	0.02 b	0.15 b	0.04 a	0.020 b	17.00 a	3.40 b	6.35 a	45.71 a	13.49 c
DMS	0.03	0.003	0.01	0.005	0.003	5.13	0.84	5.11	5.33	2.19
CV	23.89	14.69	9.12	17.58	19.47	50.77	29.36	69.08	16.60	19.87

[z] Medias con la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05). DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

La concentración de K se vio reducida durante el tercer muestreo (Cuadro 14), mientras que los primeros dos muestreos presentaron mayor concentración de K. No se presentaron diferencias significativas en la concentración de Ca y por lo tanto no hubo efecto entre muestreos. La concentración de Mg se vio disminuida durante el tercer muestreo, mientras que los dos primeros muestreos no presentaron diferencias significativas entre ellos.

En cuanto a micronutrimentos, se puede observar (Cuadro 14) que las concentraciones de Fe, Zn y B no presentaron diferencias significativas entre muestreos. Para Cu el segundo muestreo presentó mayor concentración. Para el caso del Mn, los tres muestreos presentaron diferencias significativas. El primer muestreo presentó mayor concentración de Mn (18.71 ppm), mientras que el tercer muestreo presentó menor concentración (13.49 ppm).

V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se llegó a las conclusiones siguientes:

El diagnóstico nutrimental en hojas mostró con excepción del P niveles de insuficiencia en la mayoría de macronutrimentos, mientras que los micronutrimentos Fe, Cu, B y Mn se encontraron dentro de los niveles de suficiencia y solo el Zn se encontró en nivel alto.

La aplicación foliar de Agrovida, FulpoMag 25 y CalciTop B, produjo frutos con mayor contenido de antocianinas.

Los tratamientos con Agrovida y PotaminOrg generaron mayor concentración de potasio con respecto al testigo. El tratamiento de Agrovida, generó la mayor concentración de Zn y Mn con respecto al testigo que presentó la menor concentración.

En las variables de peso fresco por fruto, índice de redondez, sólidos solubles totales y azúcares solubles totales se obtuvieron mejores resultados durante el primer muestreo.

El mayor diámetro ecuatorial y acidez titulable se presentaron durante el segundo muestreo. Los mejores resultados de firmeza y contenido de antocianinas se tuvieron en el tercer muestreo.

La concentración de K y Mg fue mayor en el primero y segundo muestreos, la concentración más alta de Cu se presentó en el segundo muestreo, mientras la mayor concentración de Mn se obtuvo durante el primer muestreo.

VI. LITERATURA CITADA

ALCÁNTAR, G. G; M. SANDOVAL V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 156 p.

ANÓNIMO, 1993. Síntesis Geográfica del Estado de Puebla. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 38 p.

ANÓNIMO, 2007. Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of selected foods. Beltsville Human Nutrition Research Center (BHNRC), Agricultural Research Service (ARS). U. S. Department of Agriculture (USDA) and Arkansas Children´s Nutrition Center. 34 p.

ANÓNIMO, 2010. Organic production survey. National Agriculture Statistics and Services (NASS) and U. S. Department of Agriculture (USDA). Vol. 3 Special studies part 2. AC-07-SS-2. CenOrganics (2-10).

ARGÜELLO, D.; MURILLO, M.; CAVALLINI, F. 1997. Efecto del calcio en la aplicación precosecha sobre la severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la calidad de frutos de papaya (*Carica papaya* L.). Mercanet. pp. 2-7.

AUSTIN, M. E. 1994. Rabbiteye blueberries. Development, Production and Marketing. AGSCIENCE, INC. AUBURNDALE, FLORIDA. U.S.A. 160 p.

BALLINGER, W. E.; GALLETA, G. J.; MANESS, E. P. 1979. Anthocyanins of Fruits of *Vaccinium*, Sub-genera *Cyanococcus* and *Polycodium*. Journal of the American Society for Horticultural Science 104(4):554-557.

BAÑADOS, M. P. 2007. Poda en verde en arándanos. Revista Agronómica Forestal. UC 31:16-19.

BAÑADOS, M. P. 2009. Expanding blueberry production into non-traditional production areas: northern Chile and Argentina, México and Spain. Proc. IXth IS on Vaccinium. Eds.: K. E. Hummer et al. Acta Horticulturae 810:439-445.

BAÑADOS, M. P.; IBAÑEZ, F.; TOSO, A. M. 2009. Manganese toxicity induces abnormal shoot gowth in ´O´Neal´blueberry. Acta Horticulturae 810: 509-512.

BEATTIE, B.; WADE, N. 1997. Almacenamiento, maduración y manipulación de las frutas. pp. 43-75. *In:*ARTHEY, D.; ASHURST P. R. (eds.). Procesado de frutas. Acribia, Zaragoza, España.

BEAUDRY, R. M. 1992. Blueberry quality characteristics and how can they be optimized. Annual Report of the Michigan State Horticultural Society 122:140-145.

BIRKHOLD, K. T.; DARNELL, R. L. 1993. Contribution of storage and currently assimilated nitrogen to vegetative and reproductive growth of rabbiteye blueberry fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science 118:101-108.

BRAZELTON, D.; STRIK, B. C. 2007. Perspective on the U. S. and global blueberry industry. Journal of the American Pomological Society 61(3):7-144.

BREMER, V.; CRISOSTO, G.; MLINAR, R.; JIMENEZ, M.; DOLLAHITE, S.; CRISOSTO, C. H. 2008. San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. California Agriculture. 62:3. http://CaliforniaAgriculture.ucop.edu (Consultado el 18 de Septiembre de 2012).

CÉSPEDES, C.; OVALLE, C.; HIRZEL, J. 2005. Manejo de la fertilidad del suelo en producción orgánica. Boletín No. 131. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chillán, Chile. pp. 25-63.

CLINE, B.; FERNÁNDEZ, G. 1998. Principles of Prunning the Highbush Blueberry. Extension Horticultural Specialists. Department of Horticultural Science. NC State University. http://www.ces.ncsu.edu/hil/hil-201-b.html. (Consultado el 18 de Septiembre de 2012).

CONNOR, A. M.; LUBY, J. J.; TONG, C. B. S.; FINN, C. E.; HANCOCK, J. F. 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: 89-97.

DARNELL, R. L. 1991. Photoperiod, carbon partitioning and reproductive development in rabbiteye blueberry. Journal of the American Society for Horticultural Science 116:856-860.

DARNELL, R. L.; STUTTE, G. W.; MARTIN, G. C.; LANG, G. A.; EARLY, J. D. 1992. Developmental physiology of rabbiteye blueberry. HortScience 13:339-405.

DEMARTY, M.; MORVAN, C.; THELLIER, M. 1984. Calcium and the cell wall. Plant Cell and Environment 7:441-448.

DRAPER, A. 2007. Blueberry breeding: Improving the unwild blueberry. Journal of the American Pomological Society 61(3):3-140.

DUARTE, U. M. A. 1992. Factores de Precosecha que Afectan la Fisiología y Manejo Postcosecha de Frutas y Hortalizas. pp. 37-45 *In:* YAHIA, M. E.; HIGUERA, I. Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. (ed) LIMUSA. Mexico, D. F. 302 p.

ECK, P.; GOUGH, R. E.; HALL, I. V.; SPIERS, J. M. 1990. Blueberry management. pp. 277-333. *In:* GALLETTA, G. J.; HIMELRICK, D. G. (eds) Small Fruit Crop Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

EHLENFELDT, M. K.; MEREDITH, F. I.; BALLINGTON, J. R. 1994. Unique organic acid profile of rabbiteye vs highbush blueberries. HortScience 29:321-323.

ELEVELD, B.; STRIK, B.; DE VRIES, K. AND YANG, W. 2005. Blueberry economics. The cost of establishing and producing blueberries in the Willamette Valley. EM 8526.

ESCALERA V., J. C. 2009. Propagación vegetativa de blueberry (Vaccinium corymbosum L.). Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 34 p.

FAO, 2000. Food safety and quality as affected by organic farming. Consultado el 29 de septiembre del 2011. En línea: http://www.fao.org/organicag/frame2-e.html.

FORBES, P.; MANGAS R., E.; PÁGANO, N. 2009. Producción de arándanos. Diseño y evaluación de Proyectos Agroindustriales. Universidad Nacional de la Pampa. Facultad de Agronomía. Argentina. 67 p.

FRANCESCHI, V. R.; NAKATA, P. A. 2005. Calcium oxalate in plants formation and function. Annual Review of Plant Biology 56:41-71.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. 2001. Currents Protocols in Food Analytical Chemistry. John Wiley & Sons, Inc. A 2.1.1.-A 2.1.3.

GOLLDACK, J.; SCHUBERT, R.; TAUSCHKE, M.; SCHWARZEL, H.; HOFFLICH, G.; LENTZSCH, P.; MUNZENBERGER, B. 2001. Mycorrhization and plant growth of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) on arable land in Germany http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest/icoms/icom3/icom3.htm (accessed 14 June 2010).

GOUGH, R. E. 1994. The highbush blueberry and its management. The Haworth Pres, Inc. Binghamton, New York. 272 p.

HANSON, E. J.; BEGGS, J. L.; BEAUDRY, R. M. 1993. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. HortScience 28:1033-1034.

HANSON, E. J.; HANCOCK, J. F. 1996. Managing the Nutrition of Highbush Blueberries. Bulletin E-2011. Michigan State University Extension. East Lansing, Michigan.

HANSON, E. J.; BERKHEIMER, S. F. 2004. Effect of soil calcium applications on blueberry yield and quality. Small Fruit Review 3:133-139.

HANSON, E. J. 2006. Nitrogen fertilization of highbush blueberry. Acta Horticulturae 715:347-351.

HART, J.; STRIK, B.; WHITE, L.; YANG, W. 2006. Nutrient Management for Blueberries in Oregon. Publication Num. EM 8918. Oregon State University Extension Service. Corvallis, Oregon. 16 p.

HASHIM, J. 2004. Blueberry production gaining in California. Western Farm Press.http://westernfarmpress.com/mag/farming_blueberry_production_gaining.

HEPP, R. 2005. Proyecto de investigación y desarrollo: Optimización en el manejo orgánico del arándano. *In*: Seminario Internacional Cultivo del Arándano, La Serena, Chile. Centro de berries, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

HIRSCHI, K. D. 2004. The calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal. Plant Physiology 136:2438-2448.

HIRZEL, C. J. 2010. Acumulación de nutrimentos en frutos de Arándano. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Quilamapu, Chile. http://www.redagricola.com/noticia/acumulacion-de-nutrientes-en-frutos-de-arandano. (Consultado el: 25 de Septiembre de 2012).

HOWARD, L. R.; CLARK, J. R.; BROWNMILLER, C. 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. Journal of the Science of Food and Agriculture 83:1238-1247.

JIMÉNEZ, M.; CARPENTER, F.; MOLINAR, R. H. 2005. Blueberry research launches exciting new California specialty crop. California Agriculture 59(2):9-65.

KADER, A. 1999. Fruit maturity, ripening and quality relationships. Acta Horticulturae 485:203-208.

KALT, W.; LAWAND, C.; RYAN, D. A. J.;MCDONALD, L. E.; DONNER, J.; FORNEY, C. F. 2003. Oxygen radical absorbing capacity, anthocyanin and phenolic content of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during ripening and storage. Journal of the American Society for Horticultural Science 128:917-923.

KORCAK, R. F. 1989. Variation in nutrient requirements of blueberries and other calcifuges. HortScience 24:573-578.

KREWER, G.; NeSMITH, D. S. 1999. Blueberry Fertilization in Soil. Fruit Publication Num. 01-1. University of Georgia Extension, Athens, Georgia. 12 p.

KREWER, G. 2001. Suggestions for Organic Blueberry Production in Georgia. University of Georgia. Fruit Publication 00-1. May. 14 p.

KUEPPER, G. L. 2003. Foliar fertilization. http://www.attra-pub./PDF/foliar.pdf. (Consultado el 2 de Marzo de 2011).

KUEPER, G.; Diver, S. 2004. Blueberries: Organic production. ATTRA. http://www.attra.org/attra-pub/blueberry.html. (Consultado el 5 de Marzo de 2012)

LANG, G. A. 1993. Southern highbush blueberries: physiological and cultural factors important for optimal cropping of these complex hybrids. Acta Horticulturae 46:72-80.

LAWLOR, D. W. 1991. Concepts of nutrition in relation to cellular processes and environment. In: PORTER, J. E.; LAWLOR, D. W. (eds) Plant Growth Interactions with Nutrition and Environment. Seminar Series Num. 43. Society for Experimental Biology. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 1-32.

LI, Y.; YU, H. 2009. The current status and future of the blueberry industry in China. Acta Horticulturae 810:445-455.

MARSCHNER, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London. 889 p.

MARTÍNEZ C., L. 1996. Detección de insectos plaga en blueberry (*Vaccinium ashei* Reade), en Zacatlán, Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. 86 p.

MAUST, B. E.; WILLIAMSON, J. G.; DARNELL, R. L. 1999. Flower bud density affects vegetative and fruit development in field-grown southern highbush blueberry. HortScience 34:607-610.

MERHAUT, D. J.; DARNELL, R. L. 1995. Ammonium and nitrate accumulation in containerized southern highbush blueberry plants. HortScience 30:1378-1381.

MOGGIA, C. 1991. Aspectos de cosecha y poscosecha de arándanos. pp. 80-92. *In:* Retamales, J.; Moggia, C.; Lolas, M.; Roman, H. (eds.). Seminario Internacional: Arándano-producción comercial y perspectivas económicas. Universidad de Talca, Chile.

MOORE, J. N. 1994. Cultivars, breeding and culture of blueberries in North America. Acta Horticulturae 11-16.

MORALES, K. 2004. Efecto de la incorporación de compost y cubiertas vivas anuales, sobre el crecimiento vegetativo del cerezo (*Prunus avium* L.), bajo un enfoque de producción orgánica, en la comuna de Lumaco, IX Región de la Araucanía. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Católica de Temuco, Chile. 70 p.

MOYER, R. A.; HUMMER, K. E.; FINN, 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.

NeSMITH, S. D.; RUIZ, V. J.; SÁNCHEZ, C. E.; NUÑEZ, B. A. 2002. Calidad de Poscosecha en Cultivares de Arándano (*Vaccinium sp*.) sometidos a períodos de prealmacenamiento y temperaturas. Agricultura Técnica México. Vol. 34. No. 4. Pp. 453-457.

RETAMALES, J. B.; HANSON, E. J. 1990. Effect of nitrogen fertilizers on leaf and soil nitrogen levels in highbush blueberries. Communications in Soil Science and Plant Analysis 21:2067-2078.

RETAMALES, J. B.; HANCOCK, J. F. 2012. Blueberries. Crop Production Science in Horticulture series: no. 21. British Library, London, UK. 323 p.

SABA, A.; MESSINA, F. 2003. Attitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. Food Quality and Preference 14:637-645.

SAFTNER, R.; POLASHOCK, J.; EHLENFELDT, M. K.; VINYARD, B. 2008. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. Postharvest Biology and Technology 49:19-26.

SAGARPA, 2009. 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: 15 Nov. 2010.

SAKS, Y.; LILIAN, S.; RUTH, B. 1991. Senescent breakdown of “Jonathan” apples in relation to the water soluble calcium content of the fruit pulp before and alter storage. Journal of the American Society for Horticultural Science 115(4):615-618.

SÁNCHEZ, R. 2008. La red de Valor de la Zarzamora. El Cluster de los Reyes, un ejemplo de reconversión competitiva. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Mich. 116 p.

SAS INSTITUTE INC. 2006. Base SAS 9.1.3 Procedures Guide, Second Edition, Volumes 1, 2, 3 and 4. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1906 p.

SCIARAPPA, W.; POLAVARAPU, S.; BARRY, J.; OUDEMANS, P.; EHLENFELDT, M.; PAVLIS, G.; POLK, D. AND HOLDCRAFT, R. 2008. Developing and organic production system for Highbush Blueberry. HortScience 43(1):51-57.

SHAW, M. 2008. Soil pH is more important than fertilizer for blueberries. New York Fruit Quarterly 16:25-28.

STILES, W. C.; REID, W. S. 1991. Orchard Nutrition Management Information Bulletin Num. 219. Cornell Cooperative Extension. Ithaca, New York. 24 p.

STRIK, B.; BULLER, G.; HELLMAN, E. 2003. Pruning severity affects yield, berry weight and hand harvest efficiency of highbush blueberry. HortScience 38:196-199.

STRIK, B.; YARBOROUGH, D. 2005. Blueberry production trends in North America, 1992 to 2003 and predictions for growth. HortTechnology. 15:8-391.

STRIK, B.; BULLER, G.; LARCO, H.; JULIAN, J. 2009. The economics of establishing blueberries for organic production in Oregon- a comparison of weed management systems. Acta Horticulturae 810: 457-464.

STRIK, B.; FISHER, G.; HART, J.; INGHAM, R.; KAUFMAN, D.; PENHALLEGON, R.; PSCHEIDT, J.; WILLIAM, R.; BRUN, C.; AHMEDULLAH, M.; ANTONELLI, A.; ASKHAM, L.; BRISTOW, P.; HAVENS, D.; SCHEER, B.; SHANKS, C.; BARNEY, D. 2010. Highbush Blueberry Production. Publication Num. PNW215. Oregon State University Extension, Corvallis, Oregon. 70 p.

THROOP, P. A.; HANSON, E. J. 1997. Effect of application date on absorption of 15N by highbush blueberry. Journal of the American Society for Horticultural Science 114:728-732.

TREHANE, J. 2004. Blueberries, Cranberries and others Vacciniums. Timber Press, Portland and Cambridge. 256 p.

USDA. 2009. Department of Agriculture of the United States. Imports of fresh cultivated blueberries by country 1993 to 2008. Department of Commerce, U. S. Census bureau.

VICENTE, A. R.; ORTUGNO, C.; ROSLI, H.; POWELL, A. L. T.; GREVE, L. C.; LABAVITCH, J. M. 2007. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. Analysis of blueberry (*Vaccinium* species). Journal of Agricultural and Food Chemistry 55:4125-4130.

WANG, Y. S.; CHEN, T. C.; SCIARAPPA, W.; WANG, Y. C.; CAMP, J. M. 2008. Fruit Quality, Antioxidant Capacity, and Flavonoid Content of Organically and Conventionally Grown Blueberries. Journal of the Agricultural and Food Chemistry 56:5788-5794.

WILLIAMSON, J. G; LYRENE, P. 2004. Blueberry gardener´s guide. Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. CIR 1992.

WITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. 1971.Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. 245 p.

WOODRUFF, R. E.; DEWEY, D. H.; SELL, H. M. 1960. Chemical changes of 'Jersey' and 'Rubel' blueberry fruit associated with ripening and deterioration. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 75:387-401.

YANG, W. Q.; GOULART, B. L.; DEMCHAK, K.; LI, Y. 2002. Interactive effects of mycorrhizal inoculation and organic soil amendments on nitrogen acquisition and growth of highbush blueberry. Journal of American Society for Horticultural Science 127:742-748.