

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LOS REGULADORES DE CRECIMIENTO
HORMONAL CPPU Y KELPAK COMO ALTERNATIVA DE
MANEJO PARA INCREMENTAR EL TAMAÑO DE FRUTA EN EL
CULTIVO DE ARÁNDANOS**

por

Carlos da ROSA BISIO

**TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2011**

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. PhD. Mercedes Arias

Ing. Agr. Vivian Severino

Ing. Agr. José Luis Orrico

Fecha: 20 de diciembre de 2011

Autor: -----

Carlos da Rosa Bisio

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la empresa Cerros Naturales S.A. y especialmente al Sr. Rodney Bisio, por facilitarme el predio así como la infraestructura necesaria para realizar el ensayo de campo que posibilitó la realización de esta tesis.

Igualmente agradezco a todo el personal de campo como de packing, por el apoyo y constante colaboración en todas las tareas necesarias.

Gracias a la empresa Enfoque, principalmente al Ing. Agr. José Luis Orrico por brindar los productos utilizados en el trabajo.

A Lucía Gutierrez del Departamento de Biometría, Estadística y Computación por su colaboración en la parte de diseño experimental y análisis estadístico.

A todos los funcionarios docentes como no docentes de la Facultad de Agronomía, con los cuales tanto he aprendido y compartido a lo largo de la carrera y sin los cuales este trabajo final no hubiera sido posible.

Un especial agradecimiento a la Ing. Agr. Mercedes Arias, que no solo ha sido la tutora de este trabajo y una excelente docente, sino un sostén y un estímulo continuo para mi formación como profesional y como persona.

Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi familia, a mi novia y a mis amigos, por todo el apoyo incondicional brindado a lo largo de estos años de estudio.

TABLA DE CONTENIDO

| | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN..... | II |
| AGRADECIMIENTOS..... | III |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES..... | VII |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| 1.1. OBJETIVOS..... | 4 |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> | 5 |
| 2.1. EL CULTIVO DE ARÁNDANO..... | 5 |
| 2.1.1. <u>El arándano en el mundo</u> | 5 |
| 2.1.1.1. Historia..... | 5 |
| 2.1.1.2. Especies y variedades..... | 5 |
| 2.1.1.3. Mercado y demanda..... | 8 |
| 2.1.2. <u>El arándano en el Uruguay</u> | 11 |
| 2.1.2.1. Caracterización y evolución del rubro..... | 11 |
| 2.1.2.2. Variedades..... | 13 |
| 2.1.2.3. Coyuntura actual del negocio..... | 17 |
| 2.2. REGULADORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL..... | 18 |
| 2.2.1. <u>Clasificación de los reguladores</u> | 19 |
| 2.2.2. <u>Reguladores de crecimiento en la fruticultura</u> | 22 |
| 2.2.2.1. Usos y productos más comunes..... | 23 |
| 2.2.3. <u>Auxinas y citoquininas: influencia sobre el crecimiento de frutos</u> | 25 |
| 2.2.3.1. Auxinas..... | 25 |
| 2.2.3.2. Citoquininas..... | 26 |
| 2.3. CICLO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE ARÁNDANO..... | 27 |
| 2.3.1. <u>Ciclo productivo de vida</u> | 27 |
| 2.3.2. <u>Ciclo productivo anual</u> | 28 |
| 2.3.2.1. Crecimiento vegetativo..... | 28 |

| | |
|---|----|
| 2.3.2.2. Crecimiento reproductivo..... | 29 |
| 2.3.3. <u>Polinización y fertilización</u> | 30 |
| 2.3.4. <u>Cuajado</u> | 31 |
| 2.3.5. <u>Crecimiento del fruto</u> | 32 |
| 2.4. MEDIDAS DE MANEJO PARA INCREMENTAR EL TAMAÑO DE FRUTA EN ARÁNDANOS..... | 33 |
| 2.4.1. <u>Poda</u> | 33 |
| 2.4.2. <u>Reguladores del crecimiento hormonal</u> | 34 |
| 2.4.2.1. CPPU..... | 34 |
| 2.4.2.2. Kelpak..... | 39 |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> | 41 |
| 3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO..... | 41 |
| 3.1.1. <u>Características agroclimáticas de la zona</u> | 42 |
| 3.1.2. <u>Descripción de los suelos del predio</u> | 42 |
| 3.2. MATERIAL VEGETAL UTILIZADO..... | 44 |
| 3.3. DISEÑO DEL TRABAJO..... | 45 |
| 3.3.1. <u>Diseño experimental</u> | 45 |
| 3.3.2. <u>Hipótesis</u> | 46 |
| 3.3.2.1. Hipótesis biológica..... | 46 |
| 3.3.2.2. Hipótesis estadística..... | 46 |
| 3.3.3. <u>Tratamientos evaluados</u> | 46 |
| 3.4. MEDICIONES REALIZADAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... | 47 |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> | 49 |
| 4.1. PRODUCCIÓN TOTAL (gr/planta)..... | 49 |
| 4.2. DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA..... | 49 |
| 4.3. NÚMERO DE FRUTOS COSECHADOS POR PLANTA..... | 51 |
| 4.4. PESO PROMEDIO POR FRUTO (g.)..... | 52 |
| 4.4.1. <u>Contrastes ortogonales</u> | 56 |

| | |
|---|----|
| 4.4.1.1. Contrastes entre grupos..... | 56 |
| 4.4.1.2. Contrastes entre tratamientos de CPPU..... | 57 |
| 4.4.1.3. Contrastes entre tratamientos de Kelpak..... | 57 |
| 4.5. FITOTOXICIDAD..... | 58 |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> | 59 |
| 6. <u>RESUMEN</u> | 60 |
| 7. <u>SUMMARY</u> | 61 |
| 8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> | 62 |
| 9. <u>ANEXOS</u> | 69 |

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No. | Página |
|--|--------|
| 1. Cuadro 1. Evolución y distribución de las exportaciones uruguayas de arándanos en las últimas tres temporadas. | 11 |
| 2. Evolución y distribución de las exportaciones sudamericanas de arándanos en las últimas tres temporadas. | 11 |
| 3. Superficie según variedades al año 2007. | 15 |
| 4. Variedades según época de cosecha. | 16 |
| 5. Variedades libres y protegidas. | 16 |
| 6. Comparación de algunos supuestos importantes en los proyectos, valores esperados (expectativas) y datos actuales (realidad). | 18 |
| 7. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la producción total en gramos/planta. | 49 |
| 8. Porcentaje acumulado del peso en gramos cosechado por planta para cada fecha. | 50 |
| 9. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el número total de frutos cosechados por planta. | 52 |
| 10. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el parámetro peso promedio de fruto (g.). | 53 |
| 11. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el parámetro peso promedio de fruto (g.), luego de quitado el efecto número de frutos. | 54 |

Figura No.

| | |
|--|----|
| 1. Ciclo anual del arándano. | 30 |
| 2. Croquis del predio. | 41 |
| 3. Grupos de suelos CONEAT. | 43 |
| 4. Plantas del cultivar Misty utilizadas para el ensayo. | 44 |
| 5. Esquema de diseño experimental. | 45 |
| 6. Plantas utilizadas para el ensayo según el diseño experimental. | 45 |
| 7. Aplicación con mochila pulverizadora. | 47 |
| 8. Frutos cosechados por planta en una pasada. | 48 |

Gráfico No.

| | |
|---|----|
| 1. Evolución de la producción durante los primeros 10 años de cultivo. | 28 |
| 2. Etapas de crecimiento del fruto. | 32 |
| 3. Curva de producción de arándanos southern highbush cultivar Misty para cada tratamiento durante la temporada de producción 2009. | 50 |
| 4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso promedio (g.) de 1000 frutos. | 55 |
| 5. Contrastes ortogonales sobre diferente grupo de tratamientos. | 56 |

1. INTRODUCCION

Los arándanos pertenecen al género *Vaccinium*, de la familia de las Ericáceas, son originarios de las regiones frías de Norteamérica y constituyen un grupo de especies ampliamente distribuidas por el Hemisferio Norte, sobre todo por Norteamérica, Europa central y Eurasia, encontrándose también en América del Sur, y unas pocas especies en África y Madagascar (Ciordia et al., 2007).

Los arándanos representan una de las especies de más reciente domesticación, los primeros programas de selección de arbustos y de técnicas de propagación se iniciaron en Norteamérica a finales del siglo XIX, comienzos del siglo XX (Ciordia et al., 2007), a causa de la creciente demanda de esta fruta.

Las plantaciones comerciales actuales de arándanos poseen tres especies que incluyen las variedades de mayor importancia: el arándano alto, *Vaccinium corymbosum* L., el arándano bajo *Vaccinium angustifolium* Aiton y los ojo de conejo *Vaccinium ashei* Reade. Los arándanos cultivados del tipo “highbush” (arándano alto), se desarrollaron originalmente a partir de dos especies: *Vaccinium corymbosum* L. y *Vaccinium australe* Small (Panuzzio, 2010).

La primer plantación comercial de arándanos en Uruguay fue establecida en el año 2001 con 4 ha, sin embargo la mayor proporción de área fue plantada entre los años 2005 y 2007 donde se llegó a 600 ha. En la actualidad en Uruguay hay plantadas 850 ha aproximadamente distribuidas entre el Litoral Norte y la zona Sur (Ozer, 2010).

La primera exportación en el Uruguay se realizó en 2003 por un valor de U\$S 3.500 y 250 kg, hasta llegar al 2009 donde se exportaron U\$S 8.750.000 y 1.210 ton. Hoy el arándano es la segunda fruta de exportación de Uruguay (en U\$S), detrás del cítrico (Ozer, 2010), siendo la fruta que más creció en volúmenes producidos y exportados en los últimos 10 años (Samuelle, 2011).

La demanda de arándanos ha experimentado en las últimas dos décadas un aumento significativo en Norteamérica, Europa y Japón, lo cual genera una excelente oportunidad para países del hemisferio sur como Uruguay, permitiéndole mantener una oferta en contra estación, momento en donde se generan buenos precios (Feippe et al., 2010). Sin embargo, la producción y exportación de arándanos, en expansión desde 2001, tuvo un freno por la baja rentabilidad dada por aspectos de índole interno como externo, tanto que previo a una nueva zafra, el 11% del área cultivada está abandonada y el 16 % desatendida (Samuelle, 2011).

Por esa razón, en este momento es clave para el éxito económico de la producción de arándanos un sistema de producción eficiente y sustentable en el tiempo. En este sentido los niveles de producción, la calidad de la fruta y los momentos de cosecha son factores decisivos. Para poder ingresar en el mercado en este momento es necesario tener variedades de cosecha temprana, siendo estas las más plantadas en Uruguay. La mayoría de las variedades pertenecen al grupo “Southern Highbush” (arándano alto), siendo estos los que presentan menores requerimientos de frío para levantar la dormición. Las variedades más plantadas son: O’Neal y Misty, variedades libres; seguido de variedades protegidas como Star, Jewel, Emerald, Millennia y Bluecrisp (Bruno, 2008).

Por tratarse de un cultivo nuevo en el país, el paquete tecnológico utilizado inicialmente de origen externo se ha ido adaptando a las condiciones locales. En esta situación, como es de esperar, el cultivo se enfrenta a algunas incertidumbres, las que deberán irse resolviendo para garantizar la competitividad del rubro (Bruno, 2008). Las dificultades técnicas durante el manejo del cultivo y durante la cosecha-poscosecha pueden disminuir los volúmenes exportables por falta de calibre, deshidratación, sobremadurez y enfermedades patológicas y fisiológicas. Dado la relevancia económica que ello significa, los resultados obtenidos a partir del desarrollo y validación, así como de transferencia de tecnología, permitirá minimizar las pérdidas de calidad exportable (Feippe et al., 2010).

Por lo citado anteriormente, existe un desafío por generar tecnologías que se adapten a las condiciones de producción del Uruguay las cuales permitan mejorar y aumentar la calidad y la cantidad de arándano como fruta fresca de exportación.

En la actualidad existen reguladores del desarrollo vegetal dentro de los cuales algunos son utilizados como una herramienta para obtener un mayor tamaño de fruta. Los reguladores del desarrollo, también llamados reguladores del crecimiento, son sustancias orgánicas, sin ser nutrientes, que afectan el crecimiento, el desarrollo y la maduración de estructuras vegetales vegetativas y reproductivas. El tipo y grado de respuesta vegetal varía con el tipo y concentración del regulador, el cultivo y el estado de la planta en el momento en que se aplicó (Lang et al., citados por Astessiano y Darino, 2008).

El uso de reguladores de crecimiento, para controlar el cuaje y mejorar el tamaño, el color y la forma de los frutos, se convirtió en una herramienta importante entre las prácticas frutícolas, ya que permite incrementar la calidad, el valor del producto y facilitar su expendio en el mercado (Sozzi, 2007b).

Existen antecedentes de utilización del regulador de crecimiento sintético del tipo citoquinina, folchlorfenuron (CPPU) y del regulador de crecimiento obtenido a partir del extracto de algas marinas (*Ecklonia máxima*), Kelpak, el cual posee alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citoquininas, para incrementar el tamaño de fruta en el cultivo de arándano, así como en el de otros frutales.

1.1. OBJETIVOS

General

- Evaluar la posibilidad de utilizar los reguladores de crecimiento CPPU y Kelpak en el cultivo del arándano, en las condiciones de producción del Uruguay, con el fin de generar una alternativa de manejo para incrementar el tamaño de fruta y consecuentemente la calidad de la misma.

Específicos

- Evaluar el efecto del momento de aplicación de CPPU y Kelpak sobre el peso promedio de fruto y número de frutos totales cosechados.
- Evaluar el efecto del número de aplicaciones realizadas de CPPU y Kelpak sobre el peso promedio de fruto y número de frutos totales cosechados.
- Evaluar los resultados obtenidos entre los diferentes productos sobre el peso promedio de fruto y número de frutos totales cosechados.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL CULTIVO DE ARÁNDANO

2.1.1. El arándano en el mundo

2.1.1.1. Historia

Los arándanos son originarios de las regiones frías de Norteamérica, pertenecen a la familia de las Ericáceas, subfamilia de las Vacciniaceae, tribu de Vaccinieae, género *Vaccinium*, subgénero *Cyanococcus* (Pannunzio, 2010). Se trata de arbustos erectos o rastreros, con alturas variables según la especie (0,3 a 7,0 m), de hojas alternas, caducas o perennes y de una gran longevidad, pudiendo superar los 50 años en muchos casos (Ciordia et al., 2007). El fruto pertenece al grupo de los frutales pequeños (berries), junto con frutilla, moras y frambuesas dentro de los principales (Vilaró y Soria, 2007).

El arándano es entre las frutas de más reciente domesticación. Probablemente dado por su abundancia silvestre que hacía innecesario su cultivo (Card, citado por Gough, 1994). Con el rápido crecimiento de la población de Estados Unidos, la demanda por la fruta aumentó al mismo tiempo que el hábitat apropiado de crecimiento disminuía, esto forzó el cultivo de la planta a fines del siglo XX (Gough, 1994).

Los arándanos fueron introducidos a Sud América entre 1979 y 1980 para evaluar su potencial como nuevo cultivo frutal. Las plantas fueron traídas desde Estados Unidos, primero a Chile y luego a Argentina, Uruguay y Brasil (Bañados, 2006).

2.1.1.2. Especies y variedades

De las 30 especies que constituyen el género *Vaccinium*, sólo un pequeño grupo de ellas tienen importancia comercial. Destacan *V. corymbosum* L., que representa aproximadamente el 80% del total de la superficie cultivada, seguido en importancia por *V. ashei* Reade, con un 15% aproximadamente. Entre el 5% restante destacan *V. angustifolium* Aiton y algunos híbridos de *V. angustifolium* x *V. corymbosum* (Ciordia et al., 2007).

Buzzeta (1997) realiza la siguiente caracterización de las principales especies cultivadas del género *Vaccinium*:

En primer lugar, el arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) fue la especie que primero se introdujo al cultivo a partir de selecciones provenientes de cruzamientos de *V. corymbosum* y *V. australe*, realizadas desde 1906 en Estados Unidos. Esta es una planta tetraploide originaria de la costa este de América del Norte, que bajo condiciones de cultivo puede alcanzar alturas de hasta 2,5 m. Actualmente existen más de 50 variedades mejoradas, todas producidas mayoritariamente en Estados Unidos. Debido al largo proceso de mejoramiento varietal a que ha sido sometido este tipo de arándano, produce la fruta de mayor calidad en cuanto a tamaño y sabor. En segundo lugar el arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade) es una especie hexaploide, que alcanza alturas de hasta 4,0 m, y su domesticación es más reciente. Es nativa del sur del continente norteamericano, y ha ganado gran popularidad debido a que tolera suelos con pH más altos, tiene mayor resistencia a la sequía, produce más cantidad de fruta, tiene mejor duración en post cosecha y menor requerimiento de frío, por lo que su adaptación es mejor en los estados del sur de Estados Unidos. Su desventaja es la menor calidad organoléptica del fruto en relación al arándano alto. Por último, el arándano bajo (*Vaccinium angustifolium*) es un arbusto que no alcanza alturas mayores a 1m, formando generalmente colonias extensas debido a la habilidad de sus raíces rizomatosas de emitir brotes vegetativos. Esta se encuentra básicamente en estado silvestre y tiene importancia económica, debido al gran volumen de producción que se origina anualmente de la cosecha de esta flora nativa en el noreste de EE.UU. Además, esta especie ha contribuido al aporte genético para la selección de clones mejorados de arándano alto.

En la actualidad, se ha producido un número creciente de variedades, que en Estados Unidos alcanzan a más de 50 para el caso del arándano “alto” y más de 30 para el “ojo de conejo”. Todas ellas han sido producidas por el USDA, en EE.UU, instituciones estatales de investigación o por programas cooperativos entre estas instituciones (Buzeta, 1997).

Tomando en cuenta la zona en que se han desarrollado las variedades, junto con algunas características morfológicas sobresalientes las mismas se agrupan de la siguiente manera:

- Arándano “alto” (Southern Highbush) de bajo requerimiento de frío (híbrido entre *Vaccinium* sp. y *V. corymbosum*). Originarias de la Universidad de Florida en los ´70. Grupo de variedades más plantadas en Florida, California, España, Argentina y Uruguay. Requerimiento de 150 a 500 horas de frío. Al tener bajos requerimientos de frío florece muy temprano, siendo de producción muy temprana. Su cultivo es más exigente que el de los otros grupos, requiere mucha materia orgánica, muy buen drenaje, control de heladas y control de enfermedades de suelo (Gough 1994, Alliaume et al. 2010, Pannunzio 2010). En este grupo se incluyen variedades como: O’Neal, Misty, Bluecrisp, Emerald, Star, Millennia, Jewel, entre otras. No obstante, las productividades y la calidad obtenida de estas variedades aún son inferiores al tradicional arándano “alto” del norte de los EE.UU (Buzeta, 1997).
- Arándano “alto” (Northern Highbush) de alto requerimiento de frío (*Vaccinium corymbosum*). Originario en el noreste de EE.UU. y sur de Canadá. Requieren más de 800 horas de frío y son de producción tardía a muy tardía (Gough 1994, Pannunzio 2010). En este grupo se encuentran variedades como: Earliblue, Duke, Patriot, Bluehaven, Bluecrop, Elliott, entre otras.
- Arándano de tamaño medio: en este grupo se ubican una serie de variedades que han resultado de la hibridación del tradicional arándano “alto” con el arándano “bajo” (lowbush). El objetivo de la creación de estas variedades es obtener arbustos más resistentes a condiciones de frío extremo y nieve en

invierno, junto con un menor tamaño de la planta. Las variedades que se destacan en este grupo son: Northland, Northblue, Tophat, Northsky, Northcountry (Buzeta, 1997).

- Arándano Ojo de conejo (Rabbiteyes) *Vaccinium ashei*. Este grupo es originario del sur de Georgia y norte de Florida. Requieren entre 400 a 800 horas de frío, teniendo una producción semitemprana a tardía. La planta es muy rústica en requerimientos de suelo y fertilidad. Tiene alta autoesterilidad (Gough 1994, Pannunzio 2010). Este grupo presenta variedades como: Snowflake, Beckyblue, Premier, Brightwell, Bluebelle, Tifblue, entre otras.

De aquí en adelante se referirá exclusivamente a los arándanos del grupo arándano “alto” (Southern Highbush) de bajo requerimiento de frío, dada su importancia de cultivo y comercialización a nivel mundial, a nivel nacional así como para el presente trabajo.

2.1.1.3. Mercado y demanda

El cultivo del arándano, hasta hace poco muy popular solamente en EE.UU y Canadá donde hay grandes superficies con arándanos silvestres, se “globalizó” en los últimos años, impulsado por mejoras genéticas y tecnológicas, muy buenas y reconocidas características nutricionales, y altos precios que acompañaron un ciclo expansivo de la economía mundial (Tommasino, 2009).

El consumo de arándanos en los países desarrollados está creciendo a un ritmo mayor que la producción. En consecuencia, las importaciones totales de estos países también están aumentando y particularmente las importaciones en contraestación provenientes del Hemisferio Sur. Se estima que esta tendencia se mantenga pero se atenúe en un futuro cercano (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY, 2007).

EE.UU es un mercado maduro, o sea, se consume el arándano en todas sus modalidades desde el fresco hasta el procesado y se está sustituyendo el consumo de otras frutas a medida que el arándano está disponible todo el año en los supermercados, y los hábitos de consumo cambian de estivales a anuales. Por otro lado, Europa está en crecimiento, y va rumbo a convertirse en un mercado similar en volumen al norteamericano. Siguiendo los cambios de hábitos hacia el consumo de frutas y hortalizas y la vinculación de esta fruta con lo silvestre; Inglaterra lidera este proceso y la demanda europea, seguido por Europa continente con mucho campo para expandirse con acciones de promoción. Asia, es un mercado incipiente; en Japón lo han incorporado dadas las acciones de marketing que la USHBC (United States Highbush Blueberry Council) está haciendo. En Corea del Sur, Malasia, Taiwán, Singapur y la ciudad de Shanghái, recién comenzaron las acciones de penetración del mercado (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY, 2007).

A nivel mundial la producción de arándanos frescos en 2008 fue de 174.000 toneladas y ha tenido un crecimiento del 54% desde el año 2005. Únicamente entre el 2007 y el 2008 el crecimiento a ese nivel fue del 24%. La superficie plantada de arándanos highbush a nivel mundial es de 74.000 ha de las cuales el 59% se encuentran en Norteamérica, el 24% en Sudamérica, 11% en Europa y el 5% restante en el pacífico principalmente (Brazelton, citado por Ozer, 2010).

En América del Sur la producción se concentra en Chile, Argentina y Uruguay, en este orden. Hace más de 20 años se comenzó a cultivar en Chile, luego a fines de la década del 90 en Argentina y más recientemente en Uruguay (Ozer, 2010).

El mercado internacional pasó de 17.000 toneladas comercializadas en 1995 a 70.000 toneladas en el 2007. El hemisferio sur se integró al comercio internacional rápidamente representando el 5 y 36%, respectivamente (Molina et al., 2010).

En la actualidad las importaciones mundiales de arándanos están dadas fundamentalmente por: EE.UU, con una importación de 40.768 toneladas en el año

2009, representando el 45,2%. Canadá, con una importación de 32.122 toneladas en el año 2009, representando el 35,6%. Y, la Unión Europea, con una importación de 17.243 toneladas en el año 2009, representando el 19,1% (Molina et al., 2010).

Según un artículo publicado por el Departamento Técnico de la empresa Decofrut (2011) en la revista frutícola del sur de Chile, *Berries & Cherries*, a la semana 9 del 2011, Chile, principal exportador de arándanos del hemisferio norte en contraestación, con sus cosechas prácticamente finalizadas en ese momento llevaba un acumulado cercano a las 64.735 toneladas exportadas, mostrando un aumento del 50% superior respecto a igual semana de la temporada anterior. Por su parte, las exportaciones de arándano argentino finalizaron con balances positivos respecto a la temporada anterior, completando volúmenes aproximados de 15.385 toneladas, lo que representa alzas respecto a la campaña 2009/2010 en torno a un +22%. Uruguay también finalizó la temporada con balances positivos, pasando de 1.231 toneladas en la temporada 09/10 a 2.246 toneladas para la temporada 2010/2011, lo que representa un aumento del 82% en el volumen exportado (Cuadro 1).

Según lo publicado en el artículo citado anteriormente respecto a la distribución de las exportaciones sudamericanas, podemos ver que se mantuvo esta temporada una fuerte concentración de los envíos hacia el mercado norteamericano, el cual ha absorbido hasta la semana 9 de esta campaña, el 85% de las exportaciones chilenas (54.750 tons), el 67% de las argentinas (10.339 tons) y el 15% de las uruguayas (859 tons), lo que representa el 80% de la oferta sudamericana de esta temporada. Como segundo mercado de destino del arándano sudamericano se encuentra Europa (Cuadro 2), el cual ha recibido hasta la semana 9 de esta temporada el 12% de los envíos chilenos (7.606 tons) y el 24% de las exportaciones argentinas. En tanto para el arándano uruguayo, sigue siendo el principal mercado de destino, representando una participación del 55% de sus exportaciones durante esta temporada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evolución y distribución de las exportaciones uruguayas de arándanos en las últimas tres temporadas.

| URUGUAY | | | | | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| MERCADO | 08/09 | 09/10 | 10/11 | % VAR | % PARTICIP |
| EEUU | 621 | 488 | 859 | 76% | 38% |
| EUROPA | 614 | 667 | 1.238 | 85% | 55% |
| CANADA | 62 | 42 | 45 | 7% | 2% |
| LEJANO ORIENTE | - | 34 | 104 | 208% | 5% |
| LATINOAMÉRICA | - | - | 1 | - | 0% |
| MEDIO ORIENTE | - | - | - | - | 0% |
| TOTAL | 1.296 | 1.231 | 2.246 | 82% | 100% |

Fuene: Departamento Técnico Decofrut (2011).

Cuadro 2. Evolución y distribución de las exportaciones sudamericanas de arándanos en las últimas tres temporadas.

| SUDAMÉRICA | | | | | |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------------|
| MERCADO | 08/09 | 09/10 | 10/11 | %VAR | % PARTICIP |
| EEUU | 41.512 | 44.424 | 65.948 | 48% | 80% |
| EUROPA | 8.858 | 9.953 | 12.541 | 26% | 15% |
| CANADA | 364 | 1.080 | 1.547 | 43% | 2% |
| LEJANO ORIENTE | 1.125 | 1.429 | 2.236 | 56% | 3% |
| LATINOAMÉRICA | 131 | 51 | 77 | 51% | 0% |
| MEDIO ORIENTE | 0 | 1 | 16 | 1385% | 0% |
| TOTAL | 51.991 | 56.938 | 82.365 | 45% | 100% |

Fuente: Departamento Técnico Decofrut (2011).

2.1.2. El arándano en el Uruguay

2.1.2.1. Caracterización y evolución del rubro

El arándano, al día de hoy es el segundo rubro frutihortícola de exportación (en U\$\$) detrás de los cítricos que tienen más de 50 años de tradición en la exportación, y es el pionero en la apertura de mercados como el norteamericano para otros rubros exportables que se espera sigan los pasos del arándano (Ozer, 2010).

La primera plantación comercial de arándanos en Uruguay fue establecida en el 2001, sin embargo la mayor proporción del área fue plantada entre los años 2005 y 2007. La primera exportación se realizó en el 2003 por un valor de U\$S 3.500 hasta llegar al 2009 donde se exportaron U\$S 8.750.000 y 1.210 toneladas (Ozer, 2010). En la última temporada (2010/1011) se exportaron un total de 2.246 toneladas (Departamento Técnico Decofrut, 2011)

En Uruguay hay plantadas actualmente 850 ha aproximadamente de las cuales 55% se encuentran en el Norte y 45% en el Sur. En total existen 80 productores distribuidos en todo el país. Sin embargo las zonas de mayor concentración de empresas son: Salto-Paysandú, Canelones-Montevideo-Colonia (Ozer, 2010).

Se estima que solo un porcentaje menor de los establecimientos con arándanos corresponden a productores frutícolas tradicionales y que la mayor parte corresponde a pequeños y medianos inversores que en su mayoría desarrollan otras actividades profesionales o empresariales. Se destaca asimismo la existencia de un pequeño número de emprendimientos de gran escala. En el año 2007, el 81% de las plantaciones presentaban menos de 10 hectáreas representando el 34% de la superficie total de arándanos. Por otro lado, el 2% de las plantaciones presentaban más de 50 hectáreas, representando el 31% de la superficie plantada (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY, 2007).

En el año 2007 el sector comenzaba a exportar sus primeros embarques de volumen significativo, y junto con esto lograba la apertura del mercado de EE.UU., conquista significativa para el país. También en ese año se crea la Unión de Productores y Exportadores Frutihortícolas del Uruguay (UPEFRUY), organización que nuclea al 90% de los exportadores de arándanos y co-administra el programa pre embarque para el mercado de EE.UU. junto al Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP-DGSA) y el Departamento de Agricultura de EE.UU. a través del APHIS. También en 2007 el sector firma con DIPRODE el programa por el cual se crea el Cluster de

Arándanos. Todo el sector junto con el gobierno comienza un camino de desarrollo del rubro enfocado básicamente a la apertura de mercados, fortalecimiento de las instituciones (UPEFRUY), inserción internacional mediante participación en ferias y promociones del arándano producido en Uruguay, obteniendo un muy buen posicionamiento, sobre todo en el mercado europeo hacia donde exporta el 60% de su fruta (Ozer, 2010).

En las exportaciones realizadas desde el año 2003 al año 2009, el ingreso a los diferentes mercados fue el siguiente: 6 años se exportó a Bélgica, Italia y Alemania; 5 años a Francia y Holanda; 4 años al Reino Unido; 3 años a España, Canadá y EE.UU.; 2 años a Suiza y un año a Suecia, Singapur y Argentina (Tommasino, 2009). Para la temporada 2010 las exportaciones tuvieron como principales mercados: Europa representando el 55%, EEUU con el 38%, Lejano Oriente 5% y Canadá con el 2% (Cuadro 1).

De acuerdo a información recogida por UPEFRUY el área tenderá a aumentar con el tiempo hasta las 1.200 ha aproximadamente y los volúmenes de exportación alcanzarán los 5.000.000 de kg/año para el 2014 (Ozer, 2010), sin embargo, previo a una nueva zafra, el 11% del área cultivada está abandonada y el 16% está desatendida dada la baja rentabilidad (Samuelle, 2011).

2.1.2.2. Variedades

Existe un consenso técnico acerca de que los arándanos más adecuados para plantar en las condiciones de Uruguay corresponden al grupo Southern Highbush. Dentro de este grupo existe una diversidad de variedades con diferencias en requerimiento de frío (horas de frío), tamaño de fruta, calidad de fruta, vigor de planta, época de cosecha y se agrupan según este último criterio (Cuadro 4) (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, 2007). La elección de las variedades en función de la época de cosecha es un factor de suma importancia para la viabilidad económica

del cultivo, ya que el precio de los frutos va cayendo a medida que la temporada transcurre.

Los requerimientos de frío para las variedades del grupo Southern Highbush se encuentran entre 250 y 600 horas de frío, lo suficientemente bajo como para permitir la floración pero lo suficientemente altos para mantener las yemas dormidas durante los inviernos extendidos en zonas cálidas (Gough, 1994). Contarín y Curbelo (1987) utilizando el modelo de estimación de frío invernal para frutales de hoja caduca de Richardson, Seeley y Walker deducen la existencia de más frío en la zona sur que en el norte del país, esto coincidiendo con el comportamiento diferencial que presentan las especies y cultivares de hoja caduca en el sur y en el norte de nuestro país, explicando así la disminución de las aptitudes agrológicas en el norte, para los distintos cultivares y especies de hoja caduca con requerimientos de frío medios a altos.

Las variedades de arándanos utilizadas en el país, al ser de bajos requerimientos de frío invernal, cumplen satisfactoriamente con los mismos para la brotación y floración tanto en la zona sur como en la norte. Por otro lado, existe una precocidad en la cosecha de la zona norte, siendo el factor determinante la aparición anticipada de temperaturas benignas necesarias para la brotación en la zona norte (dada la mayor amplitud térmica) que en la zona sur.

La mayoría de las variedades cultivadas son de cosecha temprana. En la zona norte, la cosecha comienza a mediados de setiembre y se extiende hasta principios de diciembre y en el sur se cosecha desde principios de octubre a principios de enero. Más del 30% de la superficie está plantada con O'Neal seguida por Misty con un 17% (Cuadro 4) (Bruno, 2008).

Cuadro 3. Superficie según variedades al año 2007.

| Variedad | Tipo | Total (has.) |
|-----------------|--------------|---------------------|
| O'Neal | Temprana | 192 |
| Misty | Temprana | 105 |
| Blue Crisp | Temprana | 60 |
| Blue Cuinex | Temprana | 58 |
| Milenia | Temprana | 47 |
| Tempranas-S/D | Temprana | 23 |
| Reveille | Temprana | 20 |
| Blue Jay | Estación | 15 |
| Star | Muy Temprana | 15 |
| Jewel | Muy Temprana | 15 |
| Emerald | Muy Temprana | 15 |
| Blue Chip | Temprana | 11 |
| Blue Gold | Estación | 11 |
| Georgia Gem | Temprana | 10 |
| S/D | Estación | 8 |
| S/D | Estación | 8 |
| Duke | Temprana | 4 |
| Brigitta | Estación | 2 |
| Total | | 618 |

Fuente: URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (2007).

Cuadro 4. Variedades según época de cosecha.

| Época de Cosecha | Variedades | Máxima Cosecha |
|-------------------------|---|-----------------------|
| Muy Tempranas | Emerald, Jewel, Star | octubre a noviembre |
| Tempranas | O'Neal, Blue Cuinex, Blue Chip, Reveille, Millenia, Misty, Duke | noviembre a diciembre |
| Estación | Blue Jay, Blue Gold, Brigitta | diciembre a enero |
| Tardías | | febrero a abril |

Fuente: URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (2007).

Dentro de las variedades implantadas en Uruguay existen variedades libres y variedades protegidas (Cuadro 5) que presentan diferencias agronómicas entre sí. La mayor parte de la superficie ha sido plantada con variedades libres aunque existe una presencia importante de variedades modernas protegidas. Las variedades libres tradicionales son muy flexibles y tienen mejor comportamiento agronómico frente a las variaciones de las condiciones agroecológicas. Las variedades protegidas más “modernas” son más exigentes en relación a los factores del entorno pero para una misma época de cosecha, tienen mejores rendimientos cuando se cumplen todas las condiciones que les permiten expresar su potencial (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, 2007).

Cuadro 5. Variedades libres y protegidas.

| Variedades Libres | Variedades Protegidas |
|---|---|
| O'Neal, Blue Cuinex, Clue Chip, Reveille, Misty, Duke | Emerald, Jewel, Star, Brigitta, Millenia, Bluecrisp |

Fuente: URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (2007).

Las variedades más tempranas tienen menor producción (8.000 kg/ha en plena producción) en una época de precios más altos (setiembre, octubre y principios de

noviembre) que las variedades de estación (10.000 kg/ha en fines de noviembre y diciembre). La combinación de variedades tempranas y tardías en una misma plantación alarga la época de cosecha y puede permitir negociar mejor servicios de cosecha, transporte, etc (URUGUAY. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA, 2007).

2.1.2.3. Coyuntura actual del negocio

Según Ozer (2010), Samuelle (2011), en la actualidad existe una baja rentabilidad causada por factores tanto de índole interno como externo. Dentro de los principales factores internos se encuentran: la baja productividad del cultivo, con cosechas a los 9 años de plantado que no superan 3.000 a 4.000 kg/ha, no alcanzándose los 8.000 a 10.000 kg/ha que se esperaban obtener a los seis o siete años de plantado; bajo rendimiento de la mano de obra en la cosecha, encontrándose valores entorno a los 25kg/persona/día, que si se pudiera duplicar se vería notoriamente mejorada la productividad de la misma, la cual es un factor de mucho peso en la producción; ausencia de créditos acordes, tanto para la implantación del cultivo como para financiar gastos de cosecha, empaque y fletes internos para exportación. Dentro de los factores de índole externo los de mayor importancia son: el tipo de cambio, el cual al comenzar las exportaciones era de \$ 28,4 por dólar y que hoy está en el entorno de los \$ 19 por dólar, causando una pérdida de 33%; y el aumento de los principales costos de producción (mano de obra, energía, combustible y fletes), teniendo como resultado costos por kilo 50% mayores a los de Chile y un 20% mayor que los de Argentina.

Ozer (2010), indica que los proyectos de producción de arándanos desarrollados en Uruguay se basaron en algunos supuestos y parámetros que luego no fueron alcanzados (Cuadro 6). Muchos parámetros fueron mal calculados por desconocimiento y otros evolucionaron en sentido o magnitud no prevista, teniendo un impacto negativo sobre la rentabilidad del cultivo.

La rentabilidad futura del negocio en Uruguay estará en función de la eficiencia del manejo de los costos de producción, de la mejora en la eficiencia de la mano de obra

de cosecha, del levantamiento de las limitantes agronómicas a la productividad y la obtención de un volumen mínimo crítico necesario para negociar mejores condiciones comerciales (Ozer, 2010), existiendo la necesidad de encarar el cultivo desde un punto de vista más industrial, aplicando diferentes alternativas que logren más rentabilidad, como tecnologías de embarque, cosecha mecanizada o de envases en la exportación (Samuelle, 2011).

Cuadro 6. Comparación de algunos supuestos importantes en los proyectos, valores esperados (expectativas) y datos actuales (realidad).

| Supuestos utilizados en los proyectos | Expectativa | Realidad |
|--|----------------------|-----------------------|
| Inversión para implantar una Ha. | U\$S 10.000 a 30.000 | U\$S 30.000 a 100.000 |
| Kg./Ha exportable | 10.000 | 1.500 |
| Momento de producción estabilizada | 4to-5to año | 6to-7mo año |
| Inclusión de packing en proyecto | No es necesario | Indispensable |
| Retornos sur y norte del país U\$S/Kg. | Iguales | Mayor en el Norte |
| Precios de retorno al productor | 5 a 8 U\$S/Kg. | 2 a 4.5 U\$S/Kg. |
| Caída de los precios por mayor oferta | Al 4to-5to año | Al 2do año |
| Costos de mantenimiento de 1 ha./año | 4.000 a 5.000 U\$S | 8.000 a 10.000 U\$S |
| Mano de obra | Abundante | Escasa |
| Calidad de fruta | No era obstáculo | Es limitante |

Fuente: Ozer (2010).

2.2. REGULADORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL

Las respuestas de crecimiento y desarrollo de las plantas vienen reguladas por diversas sustancias endógenas que por su manera de actuar, similar a las hormonas animales, se conocen con el nombre de fitohormonas (Coletto, 1994).

El funcionamiento de una planta depende de niveles específicos de hormonas naturales, cada una en equilibrio con las otras. Las fitohormonas ni actúan solas ni tienen

una función simple, afectan a distintos órganos diferentemente, y al menos algunas operan secuencialmente (Westwood 1982, Agustí y Almela 1991, Taiz y Zeiger 2006).

El término “hormona vegetal” pues, correctamente utilizado, hace sólo referencia a las sustancias sintetizadas naturalmente por la planta. El término “regulador del desarrollo” o “fitorregulador” es más amplio y puede aplicarse a cualquier sustancia que modifique algún proceso fisiológico de la planta (Agustí y Almela, 1991).

Según Agustí y Almela (1991), Coletto (1994), Fuentes (2001) los reguladores del desarrollo vegetal o fitohormonas son compuestos orgánicos, de origen natural (endógeno) o sintético (exógeno), distintos a los nutrientes, que, en pequeñas cantidades, promueven, inhiben o modifican algunos de los procesos fisiológicos de las plantas. Se producen en determinados tejidos y normalmente son transportadas a otros en donde ejercen su acción, aunque también pueden ejercerla en los mismos tejidos en donde se forman (Fuentes, 2001).

Las técnicas tradicionales de cultivo de las plantas actúan sobre el medio o sobre el propio vegetal con el objetivo de conseguir una mayor energía cosechable y/o una mayor calidad de los productos. La actuación más intensiva que puede realizarse sobre la propia planta es la manipulación de su equilibrio hormonal para conducirla hacia una determinada respuesta de crecimiento o desarrollo como objetivo económico (Coletto, 1994).

2.2.1. Clasificación de los reguladores

Según Westwood (1982), Coletto (1994), los fitorreguladores se pueden clasificar en 5 grupos por su naturaleza química y por el efecto que producen en las plantas. A continuación se hace una breve descripción de los 5 grupos. En este mismo capítulo, más adelante, se realizará una descripción más detallada de los grupos auxinas y citoquininas y de su importancia como reguladores de crecimiento en la fruticultura.

- Auxinas: el término auxinas se aplica genéricamente al grupo de fitorreguladores (naturales o sintéticos) caracterizados por su capacidad para inducir elongación en las células de los brotes (Coletto, 1994). Según Westwood (1982), Sanchez (2003) las auxinas son sintetizadas en las hojas jóvenes, especialmente por las células presentes en los primordios en el meristema apical y también son producidas en los embriones de semillas que están en desarrollo. Según Fuentes (2001) sus principales efectos son activar el crecimiento en longitud de las células y el crecimiento en grosor de los tallos, estimular emisión de raíces, inhibir la caída de hojas y frutos y provocan la formación de frutos partenocárpicos. Westwood (1982) señala que también pueden estimular la síntesis de etileno en frutos, acelerando así la maduración.
- Giberelinas: son un grupo de fitorreguladores de estructura química muy compleja (esqueleto de gibane) que estimulan la división y/o prolongación celular (Coletto, 1994). Se sintetizan en los pequeños frutos y semillas, en los ápices vegetativos y radicales. Se transportan por el floema y xilema (en sentido ascendente con la savia no elaborada) (Sánchez, 2003). Según Fuentes (2001) su efecto principal consiste en estimular el crecimiento en longitudinal de los tallos y entre otros efectos destaca la inducción a la formación de frutos partenocárpicos, eliminación de la dormición en yemas y semillas y retraso de la maduración en algunos frutos.
- Citoquininas: se ha demostrado que las citoquininas afectan muchos procesos fisiológicos y del desarrollo, entre los que se incluyen la senescencia de la hoja, la movilización de los nutrientes, la dominancia apical, la formación y actividad de los meristemas del ápice caulinar, el desarrollo floral, la ruptura de la dormición de la yema y la germinación de la semilla. Las mismas regulan también muchos procesos celulares, destacando entre ellos el control de la

división celular en el crecimiento y desarrollo (Taiz y Zeiger, 2006), contrarrestan la dominancia apical y regulan la apertura estomática (Sánchez, 2003). Los principales lugares de síntesis de citoquininas son las raíces y los frutos jóvenes. Su movimiento en las plantas parece que es en ambos sentidos, hacia arriba desde las raíces en la savia del xilema y hacia abajo desde los puntos de aplicación o síntesis en los órganos aéreos, por el floema (Westwood, 1982).

- Etileno: el etileno se considera, en la actualidad, como la hormona de la maduración de los frutos (Coletto, 1994). El etileno es sintetizado en muchas partes de la planta, particularmente bajo stress físicos (Westwood, 1982). Los tejidos senescentes y los frutos en maduración producen más etileno que los tejidos jóvenes o maduros (Taiz y Zeiger, 2006). Existe como gas y se mueve a través del proceso de difusión (Sánchez, 2003). Según Westwood (1982), Fuentes (2001) sus principales efectos son la inducción de la maduración de los frutos, eliminación de la dormición de yemas y semillas, la estimulación del crecimiento de las raíces, promueve la abscisión de las hojas y frutos, estimula la iniciación floral.
- Ácido Abscísico: es producido por las hojas maduras y por las semillas, se mueve en el xilema y floema (Sánchez, 2003). Inhibe muchos fenómenos de crecimiento. Otros efectos destacables son: favorecer la dormición de yemas y semillas y provocar la caída (abscisión) de hojas y frutos (Fuentes, 2001). Regula el nivel de agua en la planta y promueve la síntesis de proteínas. Facilita el transporte y la descarga de productos de fotosíntesis (Sánchez, 2003).
- En la actualidad existe un gran avance en el conocimiento sobre otros compuestos que regulan el desarrollo vegetal, tanto a nivel fisiológico como genético y molecular. Algunos ejemplos de ellos son la evidencia sobre la

biosíntesis y actividad del ácido salicílico, los jasmonatos, los brasinoesteroides, las karriquinas, poliaminas, etc (Jordán y Casaretto 2006b, Taiz y Zeiger 2006)

2.2.2. Reguladores de crecimiento en la fruticultura

Desde fines de la década de 1940, los fitorreguladores juegan un papel destacado en el manejo de la producción de especies frutales en general (micropropagación, desarrollo en vivero, control del crecimiento y floración de árboles jóvenes) y de la fisiología del fruto con fines comerciales en particular (incremento del cuajado y del crecimiento en forma directa, raleo de frutos, demora de la abscisión de frutos, regulación de la maduración de los frutos y mejora de su calidad) (Sozzi, 2007b).

Tienen la particularidad de que en algunas oportunidades el mismo principio activo ofrece distintas repuestas de acuerdo al momento de aplicación y a la concentración empleada. El efecto del clima local es muy marcado, como también lo es el cultivar. Esto hace que la mayoría deban ser estudiados en cada región y a lo largo de varias temporadas (Sánchez, 2003).

El uso de reguladores de crecimiento, para controlar el cuajado y mejorar el tamaño, el color y la forma de los frutos, se convirtió en una herramienta importante entre las prácticas frutícolas, ya que permite incrementar la calidad y valor del producto y facilitar su expendio en el mercado (Sozzi, 2007b).

Hoy está bien establecido que la síntesis y la acción de citoquininas, auxinas y giberelinas son requeridas para el desarrollo normal de la mayoría de los frutos (Sozzi, 2007b).

La aplicación de los fitorreguladores nunca debe efectuarse indiscriminadamente y sin un mínimo conocimiento de su actividad y efectos. Los resultados suelen ser satisfactorios pero pueden ser peligrosos para el cultivo e, incluso, para la salud (Agustí y Almela, 1991).

2.2.2.1. Usos y productos más comunes

A continuación se enumeran algunos de los usos de mayor importancia para la fruticultura actual de los reguladores de crecimiento y los productos más comúnmente utilizados:

- **Raleo:** según Sánchez (2003) tal vez el uso más común e indispensable de los reguladores de crecimiento en la fruticultura moderna sea como raleadores. Existen productos que pueden usarse con marcada antelación para inhibir la inducción floral: tal es el caso del ácido giberélico (GA_3) (Arjona, 2007). Según Agustí (2004) la aplicación de ácido giberélico durante el reposo invernal en cítricos disminuye, significativamente, el número de flores formadas, al mismo tiempo que las redistribuye en los diferentes tipos de brotes. A su vez los tratamientos a finales de la primavera en frutales de hueso permite una inhibición parcial de la floración, reduciendo el número de frutos que inician el desarrollo. Los restantes agentes químicos, más difundidos y empleados principalmente en manzano como parte de la tecnología usual de cultivo, son verdaderos raleadores de frutos ya que se aplican después del cuaje, con frutos de mayor o menor tamaño según la naturaleza del producto. Estos raleadores son el ácido naftalenacético (ANA), la naftalenacetamida (NAAm) o el etefón (Arjona, 2007). Sin los raleadores, la fruticultura se tornaría en muchos casos costosa y difícil, al no poder regular efectivamente la carga frutal en variedades añeras (Sánchez, 2003).
- **Liberación de la dormición:** según Sozzi et al. (2007a) reguladores de crecimiento, particularmente las citoquininas de síntesis son efectivas en la ruptura de la dormición como para salir más rápidamente de la ecodormición. Erez (1987) también señala que algunos reguladores del crecimiento, como el ácido giberélico y las citoquininas pueden ser utilizados para superar la endodormición.

- Crecimiento y desarrollo de frutos: algunos productos de origen citoquinínico como CPPU fueron evaluados en manzana (Greene 1989, Curry y Greene 1993, Greene 1995, 2001, Petri et al. 2001, Stern et al. 2003), pera (Flaishman et al., 2001), caqui (Itai et al., 1995), kiwi (Patterson y Manson, 1993) y vid, obteniéndose resultados positivos en el control del crecimiento del fruto y el rendimiento (Sozzi, 2007b). Según Agustí (2004) la aplicación de auxinas de síntesis aplicadas durante los últimos días de la caída fisiológica de frutos aumenta el tamaño final del fruto.
- Mejorar cuajado: según Agustí y Almela (1991) la aplicación de fitoreguladores para mejorar el cuajado en la citricultura queda resumida a unas pocas variedades (mandarina clementina y sus mutaciones y el naranjo dulce Navelate) y al empleo exclusivo del ácido giberélico. Agustí (2004) señala que en algunos casos, cuando los manzanos presentan esterilidad, y/o cuando las condiciones climáticas no son las adecuadas para una correcta polinización, el empleo de ácido giberélico en el momento que las flores están perdiendo pétalos, aumenta el cuajado de flores. Cabe destacar que los raleadores utilizados para inhibir la inducción floral tienen como consecuencia una mejora del cuajado por una menor competencia entre frutos potencialmente creciendo en la planta.
- Posponer Cosecha: según Agustí y Almela (1991), en cítricos, se puede posponer la cosecha mediante la conservación del fruto en el campo, esto se puede lograr tratando al fruto previamente con ácido giberélico para retardar la senescencia y la coloración del fruto o con 2,4-D para evitar su caída, o con ambas sustancias a la vez.

2.2.3. Auxinas y citoquininas: influencia sobre el crecimiento de frutos

2.2.3.1. Auxinas

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales que regulan muchos aspectos del desarrollo y crecimiento de plantas. La forma predominante en las plantas es el ácido indolacético (AIA), otras formas naturales de auxinas son el ácido 4-cloro-indolacético (4-CL-AIA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (IBA) y el ácido indol propiónico (IPA) (Ludwig-Müller y Cohen, citados por Jordán y Casaretto, 2006a).

Según Penedo (2005), Jordán y Casaretto (2006a) tras el descubrimiento del AIA, se han obtenido compuestos químicos estimulantes del crecimiento basados en auxinas naturales. Posteriormente, el análisis de algunos ácidos fenoxiacéticos con actividad auxínica, llevó al descubrimiento del 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). A partir de éste se desarrollaron varios compuestos con actividad auxínica, como el ácido 2-metoxi-3,6-diclorobenzoico (dicamba), 2,4-diclorofenoxibutírico (2,4-DB), el ácido 2-metil-4-cloro fenoxiacético (MCPA), el ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T), ácido 4 amino-3,5,6-tricloropicolínico (Tordon o Picloram), ácido α -Naftalenacético (ANA), ácido N,N-Dimetil tiocarbamato, ácido 2,3,6-Triclorobenzoico, ácido indol-3-butírico (AIB).

Según Penedo (2005) las auxinas son reguladores de crecimiento que al unirse específicamente a receptores de membrana de células vegetales manifiestan su respuesta interfiriendo en un proceso fisiológico de la planta como puede ser la estimulación de la elongación celular “local”, que sería el proceso más aparente inducido por auxinas.

En general, se acepta que las auxinas son responsables del incremento en la expansión celular de los tejidos de los frutos, aunque las concentraciones de auxinas suelen ser superiores en la semilla que en las células circundantes. Se presume que las auxinas causan un incremento en la extensibilidad de las paredes celulares e inducen la toma y retención de agua y solutos. Junto con la extensión de la pared celular se produce la síntesis de nuevo material de pared celular, que permitiría el enorme incremento en el

volumen celular (más de 10 veces) durante el desarrollo del fruto. También es posible que la semilla en desarrollo, o su embrión, produzcan una molécula señal distinta de las auxinas que regule la expansión celular y la actividad como destino de las células circundantes, o que la acción de auxinas y otras moléculas señales sea conjunta (Taiz y Zeiger 2006, Sozzi 2007b).

En cítricos, la utilización de auxinas permite aumentar el tamaño de fruto por su incidencia en el proceso de agrandamiento celular (fase II). El momento de su aplicación constituye un factor crucial que condiciona la respuesta, incluso más que la concentración de auxina aplicada (Agustí, 2004). Las auxinas actuarían sobre el desarrollo de la pulpa, dado que el porcentaje de pulpa es mayor en los frutos tratados, independientemente del tamaño de éstos. Estos resultados sugieren la acción de las auxinas es en la etapa de expansión celular y acumulación de jugo. Dado que las auxinas incrementan el tamaño de los lóculos y de las vesículas de jugo, el fruto tratado tiene mayor capacidad para acumular jugo (Agustí, 2004).

2.2.3.2. Citoquininas

Diversos derivados de la adenina con el N⁶ sustituido se conocen como promotoras de la división celular (citocinesis), y desde que Miller et al. (1955) aislaron la kinetina, tanto las citoquininas sintéticas como las naturales han sido utilizadas para modificar el crecimiento de las plantas. Las seis citoquininas conocidas son 6-Furfurilamino purina (kinetina), zetaina, 6-(- γ - γ -dimetilalilamino) purina (2iP), 6-Benzilamino purina (BA), 6-(Benzilamino)-9-(2-tetrahidroxipiranyl)-9-purina (PBA) y PPG (Westwood, 1982). Además de las citoquininas derivadas de adenina, se han detectado una serie de fenilureas sustituidas que tienen similar actividad y son utilizadas como citoquininas. Tales compuestos son el tidiazuron (TDZ), la N,N'-difenilurea (DPU) y la cloropiridilfenilurea (CPPU) (Llorente, 2001).

Según su origen se pueden distinguir dos tipos de citoquininas: aquellas naturales generadas por las plantas y otras artificiales, generadas por el hombre. Todas las

citoquininas naturales se generan a partir de DMAPP (vía del ácido mevalónico) y 5'-AMP y su síntesis acontece principalmente en la raíz, aunque también en el meristema apical y en semillas inmaduras (Kakimoto, 2003).

Existe una correlación entre los elevados niveles de citoquininas en semillas en desarrollo y la activa división celular del fruto joven, particularmente en las células que circundan a las semillas (Kamínek et al., 1992). Esto sugiere que las citoquininas juegan un papel importante en el crecimiento inicial de los frutos.

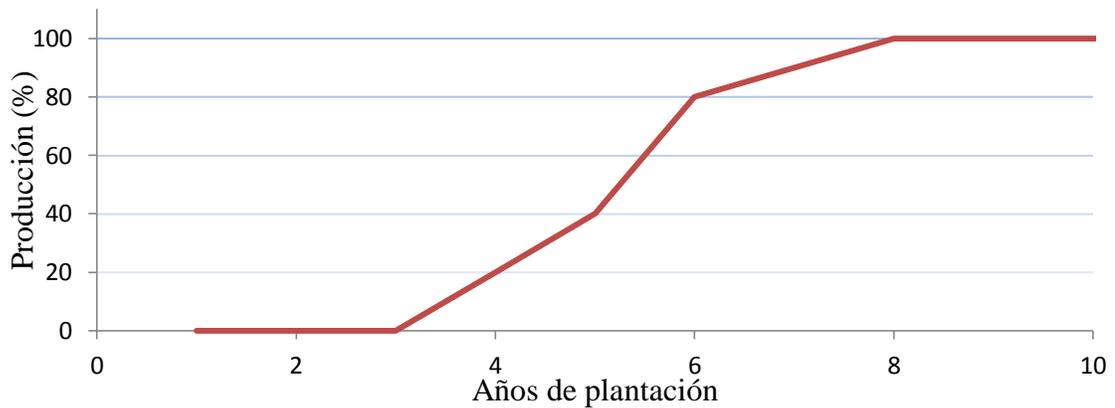
Si bien no se conocen aún los mecanismos moleculares precisos de la regulación de la división celular de los tejidos por las citoquininas sintetizadas en las semillas (Sozzi, 2007b), si puede definirse su efecto como potenciador de la fuerza fosa del fruto, como destino de fotoasimilados y minerales promoviendo la reactivación del crecimiento luego de la antesis (Agustí, 2003).

2.3. CICLO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE ARÁNDANO

2.3.1. Ciclo productivo de vida

La producción se inicia al 2º o 3º año de la plantación, en los que se pueden obtener entre 1 y 3 t/ha. Esta cosecha se incrementa de forma gradual hasta alcanzar la plena producción al 7º-8º año, que se estabiliza entorno a las 12-15 t/ha según variedad y condiciones de producción. Estas producciones se pueden mantener con regularidad durante un mínimo de 25 a 30 años, si reciben el manejo adecuado. En Alemania y Estados Unidos existen algunas plantaciones con más de 50 años que aún siguen produciendo satisfactoriamente. No obstante, la velocidad a la que evoluciona hoy en día la selección varietal, con la obtención de nuevos cultivares más productivos, resistentes a plagas y enfermedades, unido a las nuevas exigencias del mercado pueden favorecer la reconversión varietal (Ciordia et al., 2007).

Gráfico 1. Evolución de la producción durante los primeros 10 años de cultivo.



Fuente: adaptado de Ciordia et al. (2007).

2.3.2. Ciclo productivo anual

El ciclo anual del arándano (Figura 1) está dado por dos etapas, de crecimiento vegetativo y de crecimiento reproductivo, las cuales varían según las condiciones ambientales del sitio y del año, así como también por las prácticas de manejo. La fenología relaciona el crecimiento y/o desarrollo con cambios morfológicos de la planta.

2.3.2.1. Crecimiento vegetativo

Según Darnell (2006) el crecimiento de raíces y de brotes de arándano ocurre en flujos durante la estación de crecimiento. Parecería haber un modelo cíclico entre el crecimiento de raíces y brotes durante el verano, pero los ciclos no son absolutos. Abbott y Gough (1987) reportaron que los arándanos altos del norte en Rhode Island mostraron dos flujos mayoritarios de crecimiento de brotes y raíces. El primer flujo de crecimiento de raíces ocurrió durante la hinchazón de las yemas de hojas, floración y cuajado de fruto. Posteriormente el crecimiento de las raíces declinó a un nivel bajo hasta después de la cosecha de fruta. Un segundo flujo de crecimiento de raíces comenzó a mediados de agosto (febrero para el hemisferio Sur) y continuó durante setiembre (marzo para el hemisferio Sur), durante el período de iniciación de yemas florales, pero antes del

comienzo de la dormición. La apertura de la yema de hoja ocurriría después, durante, o antes de la apertura de la yema floral, dependiendo de la especie y cultivar. El primer flujo de crecimiento de brotes en arándanos altos del norte en las condiciones de Rhode Island ocurrió durante el máximo de la fase II de desarrollo del fruto y fue seguido por un segundo flujo posterior a la cosecha de fruto (Abbott y Gough, 1987). Según Darnell (2006) los arándanos altos del sur podrían tener más de dos flujos de brotación y crecimiento de raíces debido al largo de la estación de crecimiento.

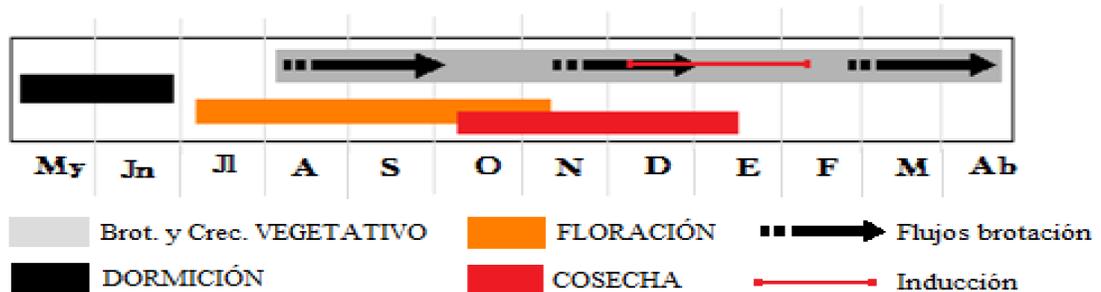
2.3.2.2. Crecimiento reproductivo

- La iniciación de las yemas florales en arándanos bajos (lowbush) es promovida por días cortos. En general, por lo menos 6 semanas con fotoperíodos por debajo de 12 horas son necesarias para que se dé una normal formación de yemas florales. Para arándanos altos (highbush) la respuesta al fotoperíodo es similar que para los arándanos bajos. Ocho semanas con fotoperíodos de 8, 10 o 12 horas resulta en la iniciación de las yemas florales para los cultivares de arándanos altos, mientras que se formaron menos yemas florales bajo fotoperíodos de 14 y 16 horas. Los días cortos no solo aumentan el número de yemas florales iniciadas, sino que también resultaría en una diferenciación floral más sincronizada (Davies y Darnell, 1994).
- Las yemas florales se inician al final del verano o al inicio del otoño (Darnell, 2006), usualmente en la parte superior del crecimiento del año (Eck, 1988). Los arándanos altos del sur en las condiciones de Louisiana comienzan la diferenciación de yemas florales al comienzo de setiembre (marzo para el hemisferio Sur) (Huang et al., citados por Darnell, 2006).
- Apertura de la yema floral. En arándanos la apertura de la yema floral es seguida por la antesis (floración) de las flores individualmente. El período de floración varía con la especie y cultivar, así como también varía por los factores

climáticos ocurridos durante la dormición y apertura de yemas. Cuando se da una acumulación rápida de unidades de calor, luego de haber satisfecho los requerimientos de horas de frío y levantada la endodormición, más corto y uniforme será el período de floración (Darnell, 2006).

- Crecimiento del Fruto: el porcentaje de cuajado de frutos varía con la especie y cultivar. Los arándanos son sometidos a un período de abscisión de frutos durante las tres o cuatro semanas posteriores a plena floración. Los pequeños frutos que serán destinados a abscisión generalmente aparecen de un color rojo y un poco arrugados (Darnell, 2006). En el siguiente capítulo se abordará con mayor profundidad el cuajado, desarrollo y fases de crecimiento del fruto.

Figura 1. Ciclo anual del arándano.



2.3.3. Polinización y fertilización

Las especies de arándanos altos del sur son autofértiles. Debido a las características morfológicas de la flor y del polen, el arándano requiere de insectos para su polinización y dentro de ellos, son visitados por diferentes especies de himenópteros, por este motivo uno de los manejos más tradicionales es el de colocar colmenas en las plantaciones (Dini, 2008). Gough (1994) señala que si bien la mayoría de los cultivares de arándanos altos se autofecundan, estos se ven favorecidos por la polinización cruzada, pudiendo obtener frutos que maduren antes, que sean más grandes y más abundantes, y con mayor número de semillas. Gough (1994) también indica que algunos

cultivares como Stanley, Coville, Elliott, Northcountry, Northsky, St. Cloud y Earliblue son parcialmente auto-incompatibles, por lo que no se obtendrán buenas cosechas con su propio polen.

Dado que los frutos de arándanos pueden tener hasta varias decenas de semillas, y que para el desarrollo de cada semilla se requiere un grano de polen, la importancia de obtener una buena polinización es obvia. Asimismo, existe una correlación entre el número de semillas desarrolladas y el tamaño del fruto. Mejorando la polinización cruzada, más semillas se desarrollan, resultando en un fruto de mayor tamaño (Gough, 1994). En el mismo sentido Knight y Scott (1964) afirman que la ventaja primaria del incremento del número de semillas por fruto es acelerar el desarrollo del fruto y maduración, resultando en una producción más temprana.

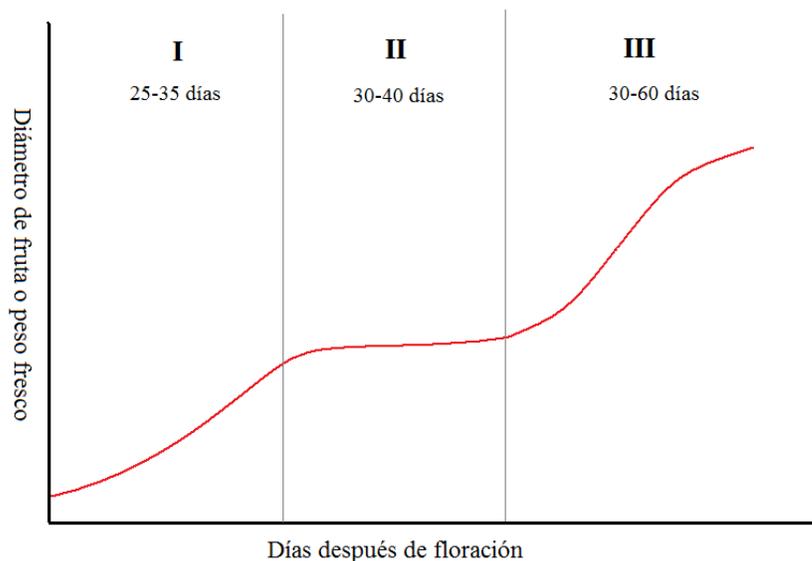
2.3.4. Cuajado

El crecimiento del tubo polínico se dirige hacia el saco embrionario mediante mecanismos de señalización que aún no han sido caracterizados. Después de crecer a través del tejido estilar y alcanzar el óvulo, el tubo polínico libera sus dos células espermáticas en una de las dos células sinérgicas. Una de las células espermáticas fertiliza la ovo célula haploide para formar un cigoto diploide (nueva generación esporofítica), y la otra célula espermática fertiliza la célula central diploide y se fusiona con el núcleo de la célula central, lo que daría lugar al endosperma triploide (Buchanan et al., 2002). Cuando la fertilización ha ocurrido y el ovario empieza a hincharse, se dice que el fruto ha cuajado. Después del cuajado, el desarrollo del fruto ya no depende de las hormonas de la planta sino que recibe las mismas del embrión y del endosperma de las semillas en desarrollo. De hecho, la pared del fruto no se desarrolla en el área alrededor de un óvulo sin fertilizar. Esto resulta en un fruto “desequilibrado”. Por supuesto, el agua y los minerales deben ser suministrados por la planta (Gough, 1994).

2.3.5. Crecimiento del fruto

Existe un lapso de unos dos meses entre la antesis y la maduración de las bayas. Durante este tiempo, el crecimiento de las bayas ocurre en tres diferentes etapas (Shutak et al., citados por Gough, 1994). Cuando el volumen se representa a través del tiempo, el crecimiento se caracteriza por una curva doble sigmoide (Eck 1988, Gough 1994, Tamada 2002) (Gráfico 2).

Gráfico 2. Etapas de crecimiento del fruto.



Fuente: adaptado de Darnell (2006).

Según Gough (1994), Darnell (2006) la etapa I se caracteriza por un rápido incremento del volumen de la baya, atribuido principalmente a la división celular y algo de elongación. El largo de la etapa I varía con la especie, cultivar, y el ambiente, pero generalmente va de 25 a 35 días (Darnell, 2006). Gough (1994), Darnell (2006) señalan que durante la etapa II, el tamaño de la baya se incrementa muy poco, pero los embriones y las semillas se desarrollan y maduran. Según Darnell (2006) el largo de la etapa II varía considerablemente con el cultivar y también está fuertemente influenciado

por el número de semillas viables, pero en general dura entre 30 y 40 días. En la etapa III, las bayas comienzan a madurar y se da un rápido incremento en volumen causado por la elongación celular (Gough, 1994). El largo de la etapa III dura entre 30 y 60 días, dependiendo del cultivar y de los factores climáticos (Cano-Medrano y Darnell, 1997). Durante la etapa III, se acumulan azúcares y cambia el color verde oscuro de la baya, primero a púrpura claro, luego al característico púrpura oscuro o azul oscuro al acumularse antocianinas (Darnell, 2006). El período total de desarrollo del fruto para arándanos altos del sur está en el rango de los 55 a 60 días (Maust et al., 1999).

2.4. MEDIDAS DE MANEJO PARA INCREMENTAR EL TAMAÑO DE FRUTA EN ARÁNDANOS

2.4.1. Poda

Según Marucci, citado en Yarborough (2006) existen algunos factores que influyen en el rendimiento del cultivo del arándano, la poda es el factor más significativo.

El objetivo de la poda de los cultivos de arándanos es conseguir altos rendimientos acumulados y fruta de buena calidad. La poda ayuda a regular y controlar el crecimiento de las plantas, permitiendo además la penetración de la luz, aumentando la fotosíntesis y la formación de yemas florales (Gough 1994, Buzeta 1997). La reducción del número de yemas de fruta resulta en un menor número de racimos de fruta en el arbusto. La poda puede incrementar el tamaño individual de las bayas hasta cierto punto. Cuanto más severa sea la poda, mayor el tamaño de las bayas restantes. La poda para incrementar el tamaño de fruta es un compromiso entre el tamaño de fruta deseado y el peso total de fruta (Yarborough, 2006).

La poda remueve algunas yemas florales, supera la tendencia a la disminución, y potencialmente incrementa el tamaño de fruta, particularmente durante condiciones de sequía. Como las plantas de arándanos producen más flores que las requeridas para una buena cosecha, sacar algunas yemas durante la poda puede incrementar el cuajado de

frutos de las yemas restantes y también concentrar la maduración (Mainland, citado por Gough, 1994).

Cada yema floral producirá un racimo de 5 a 8 frutos. Si se dejaran todas las yemas florales se producirían demasiados frutos y muchos serían pequeños y sin valor. También crecerán brotes cortos y delgados, resultando en una pobre generación de madera de fruta para el siguiente año del cultivo (Yarborough, 2006).

2.4.2. Reguladores del crecimiento hormonal

2.4.2.1. CPPU

A final de los años 70 fue desarrollada por investigadores japoneses una nueva citoquinina de síntesis cuyo nombre químico es N-(2-chloro-4-pyridinyl)-N'-phenylurea) o forclorfenuron, conocido como CPPU (Dokoozlian, 2001). Según Neri et al. (1993), Antognozzi et al. (1997), este compuesto es capaz de inducir la división y elongación celular, promoviendo así el crecimiento en los diferentes tejidos del fruto.

Serri y Hepp (2006) realizaron un ensayo en la Estación Experimental de la Universidad de Concepción en Chillan, Chile, durante la temporada 2002-2003 para determinar el efecto de CPPU en la calidad y madurez de fruta en los cultivares Elliott y Lateblue de Highbush Blueberries. El ensayo se basó en la aplicación de CPPU a una dosis de 10mg. L⁻¹ aplicado 10 y 15 días después del 50% de floración. Para el cultivar Elliott se obtuvo que el peso de las bayas fue en promedio un 50% mayor en las plantas tratadas con CPPU comparado con las no tratadas. También se obtuvo que para este cultivar los tratamientos con CPPU causaron un retraso en la maduración de dos semanas. Para el cultivar Lateblue los resultados no fueron tan claros como para el cultivar Elliott, aunque si hubo un pequeño incremento en el peso de fruto en las plantas tratadas y no se registró retraso en la maduración.

Por otra parte Contreras (2010) realizó un ensayo para evaluar el efecto de CPPU sobre la calidad de fruta en arándano alto en plantas de 12 años del cultivar

Elliott, durante la temporada 2004-2005 en la provincia de Bio-Bio en la octava región de Chile. Realizó aplicaciones en caída de pétalos, a los 10 y a los 20 días posteriores a caída de pétalos con dosis de 5, 10 y 20 ppm. En este ensayo Contreras determinó que: 1) No existieron diferencias en la producción total de frutos por planta (g/pl); 2) No se observaron alteraciones sobre el incremento en el número de frutos por planta ni prolongación del período de cosecha, manteniéndose el mismo patrón productivo observado en el testigo; 3) Hubo un aumento en el peso promedio de fruto con aplicaciones de 15 ppm de CPPU en caída de pétalos y 10 días posteriores y con aplicaciones de 15 ppm de CPPU en caída de pétalos, 10 y 20 días posteriores. El peso promedio de fruto para estos tratamientos fueron de 1,23gr y 1,20gr respectivamente, obteniéndose 28,4% y 27,5% mayor tamaño que el testigo, el cual tuvo un peso promedio de fruto de 0,87gr; 4) El tratamiento que recibió la mínima dosis (5 ppm) en un solo momento (caída de pétalos) también registró un aumento en el peso promedio de fruto en el orden de 7,4% superior al testigo, no siendo estadísticamente superior. Finalmente Contreras concluye que a medida que se aumenta la dosis y el número de aplicaciones de CPPU se logra aumentar el peso y volumen de los frutos, sin embargo, existe la posibilidad de una fitotoxicidad del producto utilizando dosis muy elevadas las que provocarían un efecto inhibitorio.

NeSmith (2002) realizó ensayos durante las temporadas de producción 1999 y 2000 para determinar la respuesta a los reguladores de crecimiento CPPU y ácido giberélico en los arándanos ojo de conejo, sobre plantas de 6 años de edad del cultivar Tifblue. Las aplicaciones de CPPU se realizaron a los 7 y 17 días posteriores al 50% de flores abiertas, con una concentración de 10mg. L⁻¹. Según este ensayo se determina que el peso promedio de las bayas fue mayor en las plantas tratadas con CPPU que en las no tratadas, siendo el aumento en promedio de 15% a 34% mayor para todas las cosechas. Las aplicaciones realizadas a los 17 días posteriores al 50% de flores abiertas mostraron una tendencia a los mayores aumentos en el peso de las bayas. Las plantas con aplicaciones de CPPU mostraron una tendencia a atrasar la madurez. Asimismo,

aplicaciones de CPPU en los cultivares de arándanos ojo de conejo Climax y Tifblue con una concentración de 10mg. L^{-1} aplicadas 10 a 18 días después del 50% de flores abiertas mostraron, en general un efecto positivo en el cuajado de fruto. El tamaño de fruta se incrementó entre un 12 y un 22% para el cultivar Climax y también se incrementó el tamaño de fruta para el cultivar Tifblue. En este ensayo también se detectó un pequeño retraso en la maduración del fruto (NeSmith y Adair, 2004).

Williamson y NeSmith (2007) realizaron un estudio para determinar el efecto de la aplicación de CPPU en arándanos altos del sur (Southern Highbush). Los ensayos fueron realizados bajo invernáculo y a campo en Georgia, y en cultivos comerciales en Florida, realizando aplicaciones de CPPU a diferentes dosis y momentos, sobre diversas variedades y durante varias temporadas.

Los ensayos realizados bajo invernáculo se hicieron durante la temporada de producción 2001 en dos variedades (Magnolia y Reveille) y durante la temporada 2003 en tres variedades (Star, Legacy y Palmetto). Durante la temporada 2001 determinaron que el cuajado de fruta para el cultivar Magnolia aumentó sustancialmente con aplicación de CPPU comparado con el testigo y en el caso del cultivar Reveille el cuajado se incrementó solo con aplicación de CPPU a una dosis de 5 mg L^{-1} aplicado a los 14 días posteriores al 50% de flores abiertas o días después de plena floración (DAF). Durante la temporada 2003 determinaron que el efecto de aplicación de CPPU sobre cuajado de frutos depende de la concentración del producto, momento de aplicación y cultivar. La mejor respuesta observada sobre este parámetro fue en el cultivar Legacy, con aplicaciones de 10 mg L^{-1} de CPPU 14 días después de plena floración (DAF). En cuanto al efecto de la aplicación de CPPU sobre el tamaño de fruta, observaron un incremento de un 15% a un 25% para los cultivares Reveille y Magnolia con una única aplicación de 5 mg L^{-1} a los 14 DAF. El cultivar Magnolia mostró un aumento adicional en el tamaño de fruto con aplicación de 10 mg L^{-1} de CPPU 14 DAF. Durante la temporada 2003 el peso fresco del fruto aumentó para todos los cultivares cuando se aplicó CPPU a los 14 DAF, siendo el tratamiento de una sola aplicación de 5

mg L⁻¹ aplicado a los 14 DAF el que mostrara los resultados más contundentes, lográndose aumentos de entre 20% y 40% en el peso del fruto dependiendo del cultivar. Durante las dos temporadas observaron daños causados por fitotoxicidad del producto, como quemado de hojas o necrosis, principalmente en brotes de hojas recién emergidas, siendo el grado de daño dependiente del estado de desarrollo de la planta y de la dosis de CPPU utilizada. Una sola aplicación de 5 mg L⁻¹ de CPPU causó menor daño que una sola aplicación de 10 mg L⁻¹, sin embargo el tratamiento que causó los mayores daños fue el de una aplicación de 5 mg L⁻¹ 14 DAF seguida de otra a igual dosis 10 días después.

Los ensayos a campo en Georgia se realizaron durante las temporadas 2001 en cuatro variedades (Georgiagem, Palmetto, Bladen y Reveille) y 2005 en tres variedades (Bluecrisp, Millennia y O'neal). Durante la temporada 2001 observaron que dos de los cuatro cultivares (Georgiagem y Palmetto) aumentaron el cuajado de fruto como respuesta a la aplicación de CPPU, un cultivar (Bladen) tuvo una disminución en el cuajado de fruto y un cultivar (Reveille) no mostró ningún efecto. Por otra parte las aplicaciones de CPPU en la temporada 2005 aumentaron el cuajado de frutos de los cultivares Bluecrisp y Millennia, pero no de O'neal. En cuanto al efecto de la aplicación de CPPU sobre el tamaño de fruta, existió un aumento del mismo durante la temporada 2001 para los cultivares Reveille y Bladen en un 20% comparado con el control, pero no para los cultivares Georgiagem y Palmetto. El mejor resultado en la temporada 2005 se obtuvo con aplicaciones de 15 mg L⁻¹ de CPPU en el cultivar Millennia. Si bien durante la temporada 2001 no observaron ningún grado de fitotoxicidad en respuesta a las aplicaciones de CPPU, en la temporada 2005 si observaron daño considerable a las yemas de hojas jóvenes emergentes en los cultivares O'neal y Bluecrisp. Por último, en ambas temporadas determinaron que existió tendencia a retrasar la maduración de los frutos en todos los cultivares por efecto de la aplicación de CPPU, sin embargo esta diferencia en muchos casos fue muy pequeña.

Los ensayos a campo en Florida fueron realizados en las temporadas 2001 en tres cultivares (Sharpblue, Star y Santa Fé), y 2002 en dos cultivares (Star y Millennia). El cuajado de fruto no se vio incrementado en ningún año con los tratamientos de CPPU. Durante la temporada 2001 el cuajado de fruto disminuyó en los cultivares Sharpblue y Santa Fé con aplicaciones de 10 mg L^{-1} de CPPU. Según estos autores esta reducción parece estar relacionada con los daños causados por quemado a hojas o flores en desarrollo provocado por las aplicaciones de CPPU. En 2002 determinaron que el cuajado de fruta no fue afectado por ninguno de los tratamientos de CPPU, lo que pudo haber ocurrido dado el alto cuajado natural de los frutos, y en, o cerca de la capacidad de carga de las plantas, y no observaron daños causados por las aplicaciones. El peso fresco medio de bayas en la temporada 2001 para los cultivares Star y Santa Fé aumentó para todos los tratamientos de CPPU, para el cultivar Sharpblue también aumentó con todos los tratamientos excepto con aplicaciones de 5 mg L^{-1} de CPPU aplicado a los 10 días después de floración (DAFB) y a los 20 DAFB. En 2002 todos los tratamientos de CPPU, menos el tratamiento de 10 mg L^{-1} a los 7 DAFB, aumentaron el peso medio de fruta del cultivar Star comparado con el control. Millennia mostró menor respuesta que Star. En 2001 existió una tendencia a retrasar la maduración del fruto para la mayoría de los tratamientos con CPPU, siendo este retraso más notable cuando existió quemado de las hojas jóvenes emergentes causado por las aplicaciones. En 2002, varios de los tratamientos de CPPU resultaron en un retraso en la maduración de la fruta de Star, pero no en Millennia, no observándose quemado ese año. Los mayores retrasos en la maduración se vieron asociados a los tratamientos que incrementaron más el peso medio de fruto.

Williamson y NeSmith (2007) concluyen que, en general, los datos de los experimentos bajo invernáculo y a campo indican que CPPU puede aumentar el tamaño de fruta y cuajado en arándanos altos del sur, consecuentemente el rendimiento total de fruta puede también verse incrementado. Sin embargo, la respuesta parece ser dependiente del cultivar y varía con el año, la tasa y el momento de la aplicación,

relativa a la floración. El cuajado de fruta aumentó en los experimentos en invernáculo y a campo en Georgia, pero no en los experimentos a campo en Florida donde el cuajado natural de fruta fue alto, y probablemente cerca de la máxima capacidad de carga de las plantas. La pulverización con CPPU retardó la maduración de la fruta en varios de los experimentos, lo cual no sorprende dado que la fecha de maduración de los arándanos altos del sur está a menudo relacionada con la carga del cultivo. Por último estos autores observaron que varios de los tratamientos de CPPU resultaron en quemado o necrosis de las hojas nuevas emergentes, lo que podría ser perjudicial para el rendimiento y probablemente contribuiría en algunos casos al retraso en la maduración.

2.4.2.2. Kelpak

Si bien no se han encontrado antecedentes de la utilización de kelpak en arándanos, este regulador obtuvo buen resultado en el mejoramiento del tamaño de fruta en otros frutales. Por este motivo y dada la disponibilidad del producto en el país, se lo incluye en el ensayo para estudiar la posibilidad de utilizarlo a nivel comercial en la producción de arándanos como alternativa para mejorar el tamaño de fruta.

Kelpak es un concentrado líquido de alga marina fresca *Ecklonia máxima*, obtenida de la costa suroeste de África del Sur, con alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citoquininas (BASF, 2005).

En cerezas las aplicaciones de Kelpak están destinadas a garantizar un buen cuajado de fruta y un mayor tamaño. Tres aplicaciones estándar de 3 litros por hectárea aplicadas en 50% de floración, caída de pétalos y shuck split (aproximadamente 12 días después), pudiendo ser complementada con aplicaciones en el momento de cambio de color y 14 días después, siendo estas aplicaciones adicionales dirigidas a mejorar el tamaño de fruta, color y desarrollo de azúcares. En frutales de hoja caduca (ciruelas, duraznos, nectarinos, manzanas y peras) la aplicación apunta a obtener un mejor cuajado, alcanzándose finalmente un mejor rendimiento y calidad de la fruta. El momento de aplicación es en plena floración y no antes de la floración porque los

pétalos y las primeras hojas están en crecimiento vegetativo (hojas) necesario para la absorción. En uva de mesa se recomiendan aplicaciones foliares de 3 litros de Kelpak por hectárea en un volumen de caldo de 1000 litros (solución de Kelpak 0,3%). Estas comienzan después de floración y son repetidas dos o tres veces en intervalos de 10 a 12 días. Las aplicaciones deben empezar justo después de la floración para asegurar que el programa de aplicaciones se realice durante las etapas de desarrollo activo de la baya ya que cuando se aplica Kelpak en floración, aumenta el cuajado (número de bayas). No se espera en la producción de uva de mesa un exceso de cuajado (número de bayas) por lo que se debe evitar la aplicación en esta etapa (Bernad, 2008).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo fue realizado durante la temporada de producción 2009, en un predio comercial de la empresa Cerros Naturales S.A., ubicado en el departamento de Salto (57°55'W; 31°18'S) (sección catastral 2ª) sobre la Avenida Luis Batlle Berres (ex ruta Nacional No. 3 Gral. José Artigas), sobre el margen izquierdo en dirección Nor-Oeste desde la ciudad de Salto, a 8.6 kilómetros desde la terminal de ómnibus de la misma.

El predio cuenta con 43,3 hectáreas divididas en dos padrones (4.830 y 2.351) destinadas a la fruticultura (Figura 2), principalmente cítricos. 5,142 hectáreas se encuentran plantadas con arándanos 'Southern Highbush' (*Vaccinium corymbosum* L. hybrids), con las variedades Misty y O'neal.

Figura 2. Croquis del predio.



Fuente: adaptado de Google Earth (2011).

3.1.1. Características agroclimáticas de la zona

Según datos recabados por el Grupo de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS) del INIA, en el período comprendido entre los años 1980 a 2009 el clima de esta localidad se caracteriza por:

- Temperatura: la temperatura mínima promedio mensual varía entre 19.7°C en el mes de enero y 7.6°C en el mes de julio, con una mínima promedio anual de 13.5°C. La Temperatura máxima promedio varía entre 32.8°C en el mes de enero y 18.1°C en el mes de julio, con una máxima promedio anual de 25.2°C.
- Heladas agrometeorológicas: el período de heladas para el departamento de Salto comienza en el mes de mayo y finaliza en el mes de setiembre con un promedio mensual de 2 heladas para ambos meses. El mes con mayor ocurrencia de heladas es julio con una media mensual de 7,5 heladas. Para el total del período de heladas la ocurrencia media es de 23,5 heladas.
- Unidades de frío Richardson: según las estadísticas agrometeorológicas mensuales para la estación experimental INIA Salto Grande (1971-2000), existen dos meses donde ocurre una acumulación positiva de unidades de frío, estos son los meses de junio con una acumulación de 43,1 unidades y julio con una acumulación de 169,8 unidades.
- Precipitaciones: las precipitaciones medias máximas mensuales acumuladas para este período se presentan en los meses de marzo con 157.7 mm y 162.2 mm en abril, mientras que las mínimas mensuales acumuladas ocurren en los meses de julio con 53.1 mm y en agosto con 58.7 mm. El promedio de precipitación acumulada anual es de 1339.2 mm.
- Humedad Relativa: esta presenta un máximo en junio con un 80% y mínima en los meses de diciembre y enero con un 62%, siendo la media anual del 71%.

3.1.2. Descripción de los suelos del predio

El predio presenta dos tipos de suelos dentro de los grupos de suelos CONEAT: grupo B03.1 y grupo S09.20. El sector donde están ubicados los cuadros con arándanos tiene ambos tipos de suelo, aunque con mayor presencia del grupo B03.1. (Figura 3).

La empresa no cuenta con datos locales de textura y estructura de los cuadros donde se encuentran ubicadas las plantas de arándanos. Si se realizan análisis químicos, no encontrándose limitantes en cuanto al pH y a la conductividad. Las limitantes nutricionales son levantadas mediante el agregado de nutrientes vía fertirriego.

Figura 3. Grupos de suelos CONEAT.



Grupo B03.1: esta unidad está asociada a las grandes vías de drenaje de la región basáltica. La rocosidad y pedregosidad son prácticamente nulas. En este grupo se distinguen dos tipos de terrenos. Los suelos correspondientes al primer tipo de terreno (asociados dentro del grupo) son aluviales, generalmente arcillo limosos, a veces franco limosos en todo el perfil, ricos en materia orgánica. Se trata de Fluvisoles Isotexturales Melánicos. En el segundo tipo de terreno (dominantes dentro del grupo), los suelos son profundos, de colores negros que se agrisan a los 50 cm y en ocasiones a los 200 cm., de texturas arcillo limosas, por lo general con transición gradual a sedimentos limosos. Se trata de Vertisoles Haplicos paracuicos/aerico/no Hidromórficos (Grumosoles). Este grupo se corresponde con la unidad Arapey de la carta a escala 1:1.000.000 (URUGUAY. MGAP. DGRNR, 1994).

Grupo S09.20: los suelos predominantes corresponden a Argisoles Districos Ocricos y Melánicos Típicos y Abrupticos, de color pardo grisáceo a pardo grisáceo muy oscuro, textura franco arenosa, fertilidad baja y drenaje imperfecto, que a veces

pueden ser pseudolíticos, ya que presentan una línea de cantos rodados de más de 20 cm de espesor. Sobre los cantos rodados, existen Inceptisoles Ocrícos (Regosoles de cantos rodados) que tienen normalmente un horizonte superior de color pardo muy claro, textura arenosa, fertilidad muy baja y drenaje interno bueno, aunque en presencia de estratos arcillosos y en posiciones altas planas puede ser pobre. Este grupo integra la unidad Salto en la carta a escala 1:1.000.000 (D.S.F) (URUGUAY. MGAP. DGRNR, 1994).

3.2. MATERIAL VEGETAL UTILIZADO

Para el ensayo se utilizaron plantas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) ‘Southern Highbush’ cultivar Misty (Figura 4), implantadas entre mayo y junio de 2006, con un marco de plantación de 3 metros entre filas y 1 metro entre plantas determinando una densidad de 3.333 plantas por hectárea.

Figura 4. Plantas del cultivar Misty utilizadas para el ensayo.



El manejo (poda, fertilización, riego, momento y frecuencia de uso de sistema anti-heladas, aplicación de fitosanitarios y aplicación de herbicidas) realizado a las plantas utilizadas para el ensayo fue el mismo realizado comercialmente al resto del cultivo.

3.3. DISEÑO DEL TRABAJO

3.3.1. Diseño experimental

El diseño utilizado fue de Bloques completamente al azar (DBCA). Se utilizaron 5 filas, cada una representando a un bloque y dentro de cada bloque se asignó cada tratamiento mediante un proceso independiente y aleatorio a cada una de las unidades experimentales. Luego de realizar la asignación de tratamientos a los bloques se aplicó cada tratamiento a tres plantas por bloque y luego se utilizó la planta central como medida de cada tratamiento (Figura 5).

Figura 5. Esquema de diseño experimental.

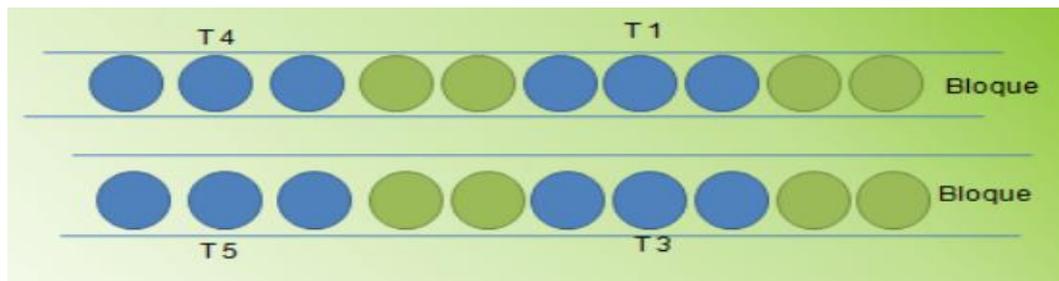


Figura 6. Plantas utilizadas para el ensayo según el diseño experimental.



3.3.2. Hipótesis

3.3.2.1. Hipótesis biológica

Según antecedentes de trabajos realizados en arándanos en otros países y sobre otros frutales se plantea que, con la aplicación foliar de reguladores del crecimiento hormonal (CPPU y Kelpak) se puede obtener un aumento significativo en el tamaño y peso final de los frutos en arándanos.

3.3.2.2. Hipótesis estadística

H_0 : no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los diferentes tratamientos.

H_1 : al menos existe una diferencia entre tratamientos.

3.3.3. Tratamientos evaluados

Dado el estudio realizado de los antecedentes con aplicaciones de compuestos hormonales y según la hipótesis planteada anteriormente se realizaron los siguientes tratamientos:

1. Aplicación de CPPU 15 días después del 50% de flores abiertas.
2. Aplicación de CPPU 30 días después del 50% de flores abiertas.
3. Aplicaciones de CPPU 15 y 30 días después del 50% de flores abiertas.
4. Aplicación de Kelpak 15 días después de inicio de cuajado.
5. Aplicación de Kelpak 30 días después de inicio de cuajado.
6. Aplicaciones de Kelpak 15 y 30 días después de inicio de cuajado.
7. Testigo.

En cada tratamiento las plantas fueron pulverizadas utilizando una mochila pulverizadora hasta punto de goteo (Figura 7), con un gasto de 250 ml de caldo por planta. Las aplicaciones se realizaron con CPPU N-(2-chloro-4-pyridyl)N'-phenylurea 0,1% con una dosis de 5 mg. L⁻¹ y Kelpak a una dosis de 5cc L⁻¹ (composición química anexo 1).

La primer aplicación de CPPU (15 días después de 50% de flores abiertas) se realizó el 27 de agosto de 2009 y la segunda aplicación (30 días después de 50% de flores abiertas) el 11 de setiembre de 2009. Por su parte la primer aplicación de Kelpak (15 días después de inicio de cuajado) se realizó el 10 de setiembre de 2009 y la segunda aplicación (30 días después de inicio de cuajado) el 25 de setiembre de 2009.

Figura 7. Aplicación con mochila pulverizadora.



3.4. MEDICIONES REALIZADAS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realiza la cosecha individual de cada planta en sucesivas pasadas con una separación de 5 a 7 días. El criterio de cosecha de los frutos fue el mismo utilizado por la empresa para el resto del cultivo, siendo este cuando los frutos alcanzaban el 100% de coloración azul. La cosecha se inició el 29 de octubre de 2009 y culminó el 03 de diciembre de 2009, realizándose un total de 8 pasadas durante el período de cosecha.

Los frutos cosechados de cada planta en cada pasada se colocaban en recipientes identificados por bloque y tratamiento (Figura 8), los que inmediatamente terminada la cosecha se trasladaban al packing, en donde se contabilizaba el número de frutos cosechados por planta y el peso total en gramos de los mismos utilizando una balanza digital.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRODUCCIÓN TOTAL (gr/planta)

Luego de realizado el análisis de varianza y la posterior prueba de comparación múltiple de Tukey HSD (valor $p \leq 0,05$), se determina para el parámetro producción total de frutos en gramos por planta que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos y el testigo. Esto concuerda con lo expresado por Contreras (2010). Solo existe diferencia para este parámetro entre el tratamiento 3 (CPPU 15DPPF/30DPPF) y el tratamiento 6 (kelpak 15 DPIC/30DPIC).

Cuadro 7. Efecto de los diferentes tratamientos sobre la producción total en gramos/planta.

| Tratamientos | Época de aplicación | Dosis | Producción (gr.) |
|--------------|---------------------|----------------------|------------------|
| T1 (CPPU) | 15 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 3597,8 ab |
| T2 (CPPU) | 30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 4100,4 ab |
| T3 (CPPU) | 15 DPPF/30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 3061,8 a |
| T4 (Kelpak) | 15 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 3915,8 ab |
| T5 (Kelpak) | 30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 3210,8 ab |
| T6 (Kelpak) | 15 DPIC/30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 4641,8 b |
| T7 (testigo) | - | - | 3895,6 ab |

DPPF: días posteriores a plena floración; DPIC: días posteriores al inicio de cuajado.

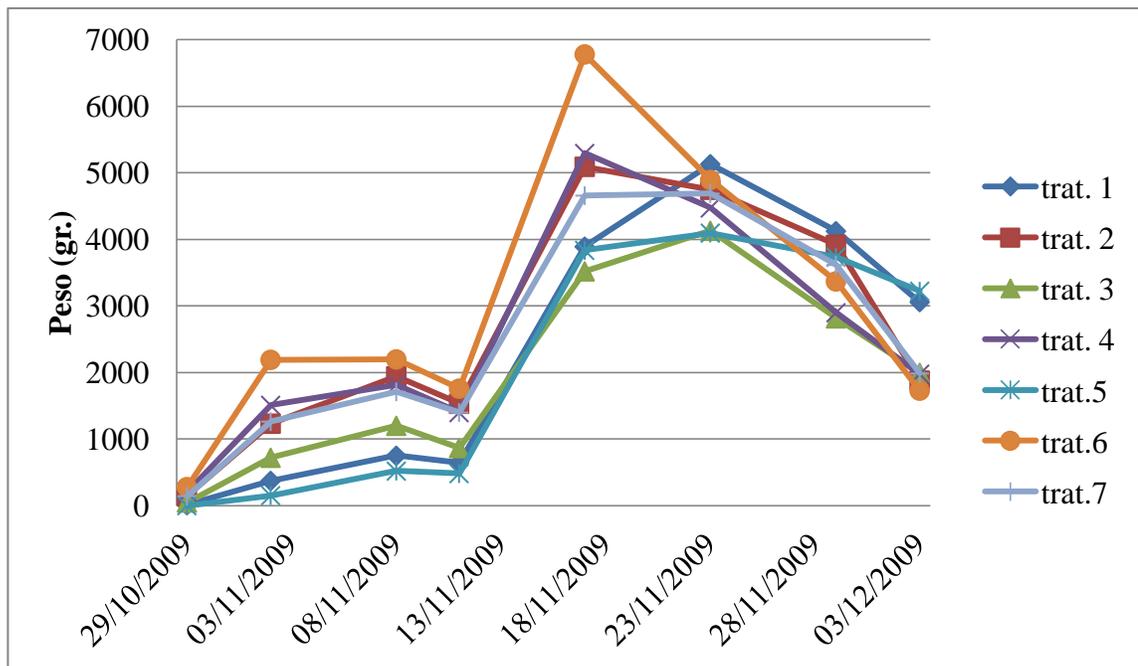
Valores con letras distintas indican diferencias significativas según prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.2. DISTRIBUCIÓN DE LA COSECHA

En el gráfico 3 se observa una tendencia general hacia la concentración del pico de producción de frutos maduros, para todos los tratamientos, entre el 13 y el 28 de noviembre. Sin embargo, los tratamientos 1, 3 y 5 muestran un desplazamiento de la curva de producción, retrasándose en unos 5 días el pico máximo de cosecha. Asimismo, observando el cuadro 8, el cual muestra el porcentaje acumulado de lo cosechado en cada fecha, se puede ver un claro retraso en el inicio de la misma como consecuencia del retraso de la maduración, principalmente para los tratamientos 1 y 5, pero también,

aunque en menor medida, para el tratamiento 3. En el mismo cuadro podemos observar que al 17 de noviembre los tratamientos 2, 4, 6 y 7 llevaban en el entorno del 50% de cosecha acumulada, mientras que para los tratamientos 1, 5 y 3 el acumulado era de 31,5%, 31,1% y 41,6% respectivamente, demostrando nuevamente un retraso en la cosecha.

Gráfico 3. Curva de producción de arándanos southern highbush cultivar Misty para cada tratamiento durante la temporada de producción 2009.



Cuadro 8. Porcentaje acumulado del peso en gramos cosechado por planta para cada fecha.

| Fecha | 29/10/2009 | 02/11/2009 | 08/11/2009 | 11/11/2009 | 17/11/2009 | 23/11/2009 | 29/11/2009 | 03/12/2009 |
|--------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Trat.1 | 0,1 | 2,1 | 6,3 | 9,9 | 31,5 | 60,1 | 83,0 | 100,0 |
| Trat.2 | 0,7 | 6,8 | 16,2 | 23,7 | 48,6 | 71,7 | 90,8 | 100,0 |
| Trat.3 | 0,3 | 5,0 | 12,9 | 18,6 | 41,6 | 68,6 | 86,9 | 100,0 |
| Trat.4 | 1,1 | 8,8 | 18,1 | 25,2 | 52,2 | 75,1 | 89,9 | 100,0 |
| Trat.5 | 0,0 | 1,0 | 4,2 | 7,2 | 31,1 | 56,6 | 79,9 | 100,0 |
| Trat.6 | 1,2 | 10,7 | 20,1 | 27,7 | 56,9 | 78,0 | 92,5 | 100,0 |
| Trat.7 | 0,7 | 7,2 | 16,0 | 23,2 | 47,2 | 71,2 | 89,8 | 100,0 |

Diversos autores, coincidiendo con lo obtenido en este ensayo, observaron un retraso en la maduración con aplicaciones de CPPU. Serri y Hepp (2006) en ensayos realizados en arándanos southern highbush cultivar Elliott y Lateblu observaron un retraso en la maduración de dos semanas para el primero, no registrándose retraso en el segundo. NeSmith (2002) indica que las aplicaciones de CPPU mostraron una tendencia a atrasar la madurez en el cultivar Tifblue de arándanos ojo de conejo. NeSmith y Adair (2004) también encontraron un pequeño retraso en la maduración de fruto para los cultivares Climax y Tifblue de arándanos ojo de conejo. Williamson y NeSmith (2007), en ensayos realizados bajo invernáculo y a campo en varias localidades durante varias temporadas concluyen que, la pulverización con CPPU retarda la maduración de la fruta en varios de los experimentos, lo cual no sorprende dado que la fecha de maduración de los arándanos altos del sur está a menudo relacionada con la carga del cultivo.

Distintas investigaciones indican que utilizaciones de CPPU provocan un atraso en la maduración de los frutos, debido a que las citoquininas producen un retardo en la senescencia foliar suprimiendo la expresión de los genes específicos de este suceso o favoreciendo la actividad de los genes involucrados en los procesos de fotosíntesis, conservando por más tiempo su clorofila. La utilización de CPPU estimula la síntesis de proteína en el aparato fotosintético, lo que permite mantener por más tiempo la fotosíntesis y la retención de sustancias fotosintetizadoras (Jouannet, citado por Contreras, 2010).

4.3. NÚMERO DE FRUTOS COSECHADOS POR PLANTA

Luego de realizado el análisis de varianza y la posterior prueba de comparación múltiple de Tukey HSD (valor $p \leq 0,05$), se determina para el parámetro número de frutos por planta que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tratamientos y el testigo. Si existe diferencia para este parámetro entre el tratamiento 6, que fue el que mostró los máximos valores de frutos cosechados por planta y los tratamientos 1, 3 y 5, que fueron los que mostraron los valores más bajos de frutos cosechados por planta.

Lo anterior concuerda con lo expresado por Contreras (2010) el cual no observó alteraciones sobre el incremento en el número de frutos por planta con aplicaciones de CPPU.

Por otra parte NeSmith y Adair (2004) encontraron en que en general la aplicación de CPPU en los cultivares de arándanos ojo de conejo Climax y Tifblue con una concentración de 10 mg. L^{-1} aplicadas 10 a 18 días después del 50% de flores

abiertas mostraron un efecto positivo en el cuajado de fruta. En el mismo sentido, Williamson y NeSmith (2007) en arándanos altos del sur observaron un aumento en el cuajado de fruta en los experimentos realizados bajo invernáculo y a campo en Georgia, pero no en los experimentos a campo en Florida donde el cuajado natural de fruta fue alto y probablemente cerca de la máxima capacidad de carga de las plantas.

Rodríguez¹ expresó que en la zona donde se realizó el ensayo no existen problemas de cuajado, siendo este alto. Coincidiendo con los resultados de los experimentos a campo en Florida de Williamson y NeSmith (2007) y lo anteriormente citado se puede concluir que la no existencia de diferencias significativas en el número de frutos por planta entre los diferentes tratamientos y el testigo se debe a un cuajado natural de fruta alto, cercano a la máxima capacidad de carga de las plantas.

Cuadro 9. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el número total de frutos cosechados por planta.

| Tratamientos | Época de aplicación | Dosis | Número de frutos |
|--------------|---------------------|----------------------|------------------|
| T1 (CPPU) | 15 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 2124 a |
| T2 (CPPU) | 30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 2926 ab |
| T3 (CPPU) | 15 DPPF/30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 2110 a |
| T4 (Kelpak) | 15 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 2634 ab |
| T5 (Kelpak) | 30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1962 a |
| T6 (Kelpak) | 15 DPIC/30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 3380 b |
| T7 (testigo) | - | - | 2874 ab |

DPPF: días posteriores a plena floración; DPIC: días posteriores al inicio de cuajado.

Valores con letras distintas indican diferencias significativas según prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$).

4.4. PESO PROMEDIO POR FRUTO (g.)

En el cuadro 10, se puede observar que todos los tratamientos presentan mayor peso promedio por fruto con respecto al testigo, sin embargo, la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD ($P \leq 0,05$) muestra que los tratamientos 1 (CPPU aplicado 15

¹ Rodríguez, M. J. 2010. Com. personal.

días posteriores a plena floración) y 5 (Kelpak aplicado 30 días posteriores al inicio del cuajado) fueron los únicos que mostraron diferencias estadísticamente significativas.

El tratamiento 1 fue el que presentó el mayor peso promedio por fruto (1,72 g.) seguido por el tratamiento 5 (1,66 g.), lo que representa un aumento en el peso promedio de la baya en el orden de 24,6% y 20,3% respectivamente con respecto al testigo (1,30 g.).

Por otra parte el tratamiento 4 presentó un peso promedio de fruto de 1,49 g. y el tratamiento 3 un peso promedio de fruto de 1,45 g., y aunque no fueron estadísticamente diferentes al testigo mostraron un aumento del 8,0% y 5,1% respectivamente con respecto a este.

Cuadro 10. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el parámetro peso promedio de fruto (g.).

| Tratamientos | Época de aplicación | Dosis | Peso de fruto (g.) |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| T1 (CPPU) | 15 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 1,72 c |
| T2 (CPPU) | 30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 1,40 a |
| T3 (CPPU) | 15 DPPF/30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 1,45 ab |
| T4 (Kelpak) | 15 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1,49 abc |
| T5 (Kelpak) | 30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1,66 bc |
| T6 (Kelpak) | 15 DPIC/30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1,39 a |
| T7 (testigo) | - | - | 1,38 a |

DPPF: días posteriores a plena floración; DPIC: días posteriores al inicio de cuajado.

Valores con letras distintas indican diferencias significativas según prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$).

El crecimiento de un fruto es consecuencia de distintas interacciones que rigen la disponibilidad de fotoasimilados, nutrientes y su distribución, entre ellas la competencia entre órganos por esos recursos (Sozzi, 2007b). Dado que, entre algunos tratamientos existe una diferencia significativa en el número total de frutos cosechados, lo cual estaría influyendo en el peso final del fruto, se realizó un análisis de covarianza para así poder mejorar la precisión de las comparaciones entre tratamientos. Este análisis se utilizó para poder corregir a la variable respuesta (peso promedio de fruto en g.) en función de la

covariable (número de frutos por planta), tomando como supuesto que el tratamiento no tiene efecto sobre el número final de frutos por planta.

En el cuadro 11, se puede observar que todos los tratamientos, a excepción del tratamiento 3, presentan mayor peso promedio por fruto con respecto al testigo. La prueba de comparación múltiple de Tukey HSD ($P \leq 0,05$), luego de realizado el análisis de covarianza, muestra que el tratamiento 1 (CPPU aplicado 15 días posteriores a plena floración) fue el único que mostró diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo, pero sin ser estadísticamente diferente a los tratamientos 4, 5 y 6.

El tratamiento 1, sigue presentando el mayor peso promedio por fruto (1,68 g.) seguido por el tratamiento 5 (1,61 g.), lo que representa un aumento en el peso promedio de la baya en el orden de 19,2% y 14,2% respectivamente con respecto al testigo (1,41 g.).

Por otra parte el tratamiento 4 presentó un peso promedio de fruto de 1,49 g. y el tratamiento 6 un peso promedio de fruto de 1,47 g., y aunque no fueron estadísticamente diferentes al testigo mostraron un aumento del 5,7% y 4,3% respectivamente con respecto a este.

Cuadro 11. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el parámetro peso promedio de fruto (g.), luego de quitado el efecto número de frutos.

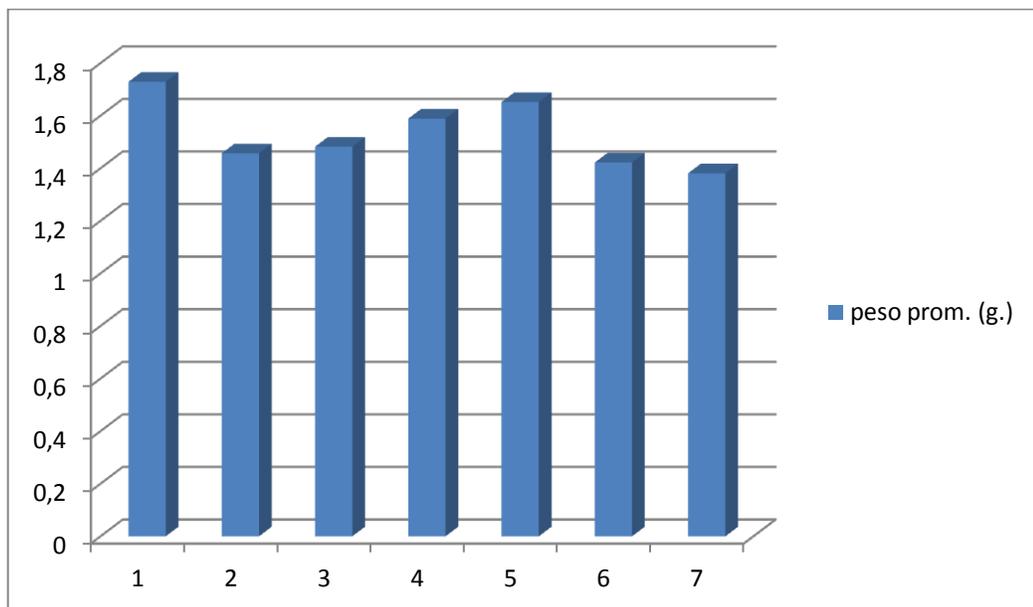
| Tratamientos | Época de aplicación | Dosis | Peso de fruto (g.) |
|--------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| T1 (CPPU) | 15 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 1,68 b |
| T2 (CPPU) | 30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 1,43 a |
| T3 (CPPU) | 15 DPPF/30 DPPF | 5 mg L ⁻¹ | 1,41 a |
| T4 (Kelpak) | 15 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1,49 ab |
| T5 (Kelpak) | 30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1,61 ab |
| T6 (Kelpak) | 15 DPIC/30 DPIC | 5 cc L ⁻¹ | 1,47 ab |
| T7 (testigo) | - | - | 1,41 a |

DPPF: días posteriores a plena floración; DPIC: días posteriores al inicio de cuajado.

Valores con letras distintas indican diferencias significativas según prueba de rango múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$).

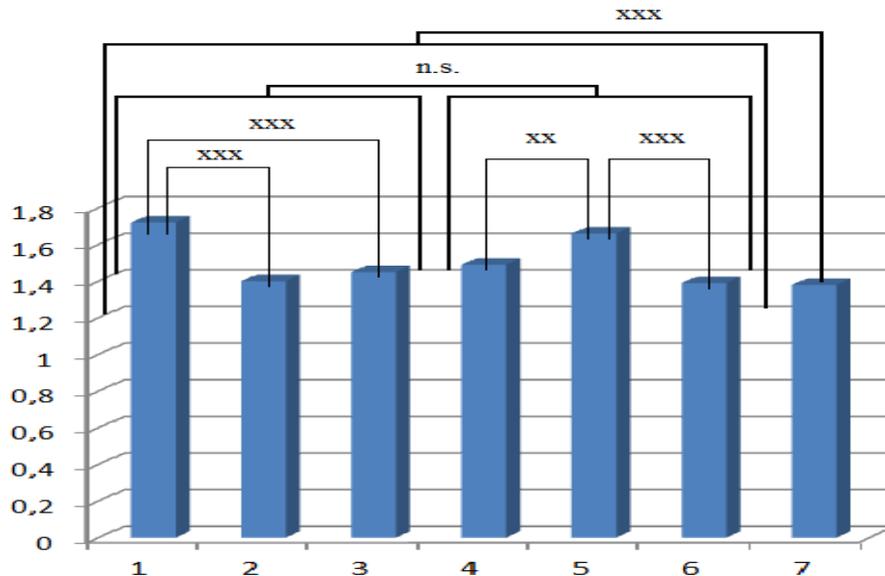
El resultado obtenido con el tratamiento 1 (CPPU) coincide con lo expresado por algunos autores en ensayos similares con CPPU. Contreras (2010), indica en su ensayo que, el tratamiento que recibió una dosis de 5 ppm en un solo momento (caída de pétalos) registró un aumento en el peso promedio de fruto. NeSmith (2002) determinó en su ensayo que el peso promedio de las bayas fue mayor en las plantas tratadas con CPPU que en las no tratadas, resultando las aplicaciones realizadas a los 17 días posteriores al 50% de flores abiertas las que mostraron una tendencia a los mayores aumentos en el peso de las bayas. NeSmith y Adair (2004) obtuvieron por su parte un aumento en el tamaño de las frutas de dos cultivares de arándanos ojo de conejo con aplicaciones de CPPU. Williamson y NeSmith (2007) observaron un incremento de un 15% a un 25% para los cultivares de arándanos altos del sur Reveille y Magnolia bajo invernáculo durante la temporada 2001 con una única aplicación de 5 mg L⁻¹ de CPPU a los 14 DAF, durante la temporada 2003 el peso fresco del fruto aumentó para todos los cultivares cuando aplicaron CPPU a los 14 DAF, siendo el tratamiento de una sola aplicación de 5 mg L⁻¹ aplicado a los 14 DAF el que mostrara los resultados más contundentes, lográndose aumentos de entre 20% y 40% en el peso del fruto dependiendo del cultivar.

Gráfico 4. Efecto de los diferentes tratamientos sobre el peso promedio (g.) de 1000 frutos.



4.4.1. Contrastes ortogonales

Gráfico 5. Contrastes ortogonales sobre diferente grupo de tratamientos.



La utilización del método de contrastes ortogonales permite comparaciones entre medias individuales o entre grupos de medias. En base a lo anteriormente dicho se realizaron una serie de contrastes, tanto individuales como entre grupos (Gráfico 5).

4.4.1.1. Contrastes entre grupos

El primer contraste realizado, aplicar (cualquiera de los tratamientos) versus no aplicar (testigo), es significativo, lo cual indica que cualquiera de los tratamientos en su conjunto tienen un mayor peso medio de fruto con respecto al testigo. Por tanto, aplicar cualquiera de los productos en cualquier momento es mejor (en peso medio de fruto) que no realizar ninguna aplicación.

El segundo contraste compara el conjunto de aplicaciones con CPPU versus el conjunto de aplicaciones con Kelpak. En este caso no hay diferencias significativas, por lo tanto no podemos decir que uno de los productos tenga un mayor efecto sobre el peso medio de fruto que el otro.

4.4.1.2. Contrastes entre tratamientos de CPPU

El tratamiento 1 (CPPU 15 DPPF) fue el que obtuvo el mayor peso medio de fruto, por lo cual se realizaron contrastes entre este y los demás tratamientos con CPPU.

El contraste realizado entre el tratamiento 1 (CPPU 15 DPPF) y el tratamiento 2 (CPPU 30 DPPF) es significativo. Esto indica que el peso medio de fruto que se obtuvo con la aplicación de CPPU más temprana fue mayor que el obtenido con la aplicación más tardía. Tomando en cuenta que CPPU es una citoquinina de síntesis, y que ésta hormona actúa en mayor medida en las primeras etapas de desarrollo del fruto (etapa I, división celular) (Gráfico 2), es razonable esperar un mayor efecto de este producto aplicado en una etapa más temprana del desarrollo.

También se realizó un contraste entre el tratamiento 1 (CPPU 15 DPPF) y el tratamiento 3 (CPPU 15 DPPF+30 DPPF), el cual resultó significativo. Esto me indica que aplicar CPPU solo, 15 DPPF es mejor que aplicar CPPU 15 DPPF+30 DPPF. Si bien es difícil explicar la diferencia entre estos tratamientos, ya que el supuesto es que no existe un efecto negativo en realizar una segunda aplicación 15 días después de la primera (tratamiento 3), NeSmith (2002), Williamson y NeSmith (2007) en ensayos realizados con CPPU observaron resultados similares.

4.4.1.3. Contrastes entre tratamientos de Kelpak

Al igual que con CPPU, para Kelpak se tomó el tratamiento que mostró los mejores resultados en peso medio de fruto (tratamiento 5) para realizar los contrastes.

Se realizó un contraste entre el tratamiento 4 (Kelpak 15 DPIC) y el tratamiento 5 (Kelpak 30 DPIC). El tratamiento 5 resultó estadísticamente mayor en peso medio de fruto, mostrando que el tratamiento realizado más tardío fue mejor que el realizado más temprano. Kelpak presenta un alto contenido de auxinas y relativamente bajo contenido de citoquininas, las auxinas actúan en mayor medida en la etapa de elongación celular durante el desarrollo del fruto, la que ocurre principalmente durante la etapa III del mismo (Gráfico 2), lo que estaría explicando los mejores resultados obtenidos con el tratamiento 5.

Por último se realizó el contraste entre el tratamiento 5 (Kelpak 30 DPIC) y el tratamiento 6 (Kelpac 15 DPIC+30DPIC) el que resultó significativo. Esto no es lo esperable, ya que el supuesto es que no exista un efecto negativo en realizar una aplicación más temprana. El menor peso promedio de fruto del tratamiento 6 podría

estar explicado por el mayor número total de frutos cosechados (mayor competencia entre frutos).

4.5. FITOTOXICIDAD

Contreras (2010) indica que existe la posibilidad de una fitotoxicidad del producto (CPPU) utilizando dosis muy elevadas las que provocarían un efecto inhibitorio. Williamson y NeSmith (2007), durante las dos temporadas del ensayo realizado bajo invernáculo, observaron daños causados por fitotoxicidad del producto, como quemado de hojas o necrosis, principalmente en brotes de hojas recién emergidas, siendo el grado de daño dependiente del estado de desarrollo de la planta y de la dosis de CPPU utilizada. Una sola aplicación de 5 mg L^{-1} de CPPU causó menor daño que una sola aplicación de 10 mg L^{-1} , sin embargo el tratamiento que causara los mayores daños fue el de una aplicación de 5 mg L^{-1} 14 DAF seguida de otra a igual dosis 10 días después. Estos autores observaron que varios de los tratamientos de CPPU resultaron en quemado o necrosis de las hojas nuevas emergentes, lo que podría ser perjudicial para el rendimiento y probablemente contribuiría en algunos casos al retraso en la maduración.

Con el fin de determinar la existencia o no de una fitotoxicidad de los dos productos utilizados en este ensayo se realizó un seguimiento visual del cultivo posteriormente realizada las aplicaciones hasta el final de la cosecha. En ningún caso se detectó un efecto de fitotoxicidad del cultivo para con ninguno de los productos, no coincidiendo con lo expresado por algunos autores.

La no aparición de algún efecto como necrosis o quemado en las plantas, indicaría que los productos CPPU y Kelpak a las dosis utilizadas en este ensayo no estarían causando ningún efecto de fitotoxicidad.

5. CONCLUSIONES

1. La utilización de los reguladores de crecimiento hormonal Kelpak y CPPU sobre plantas de arándanos altos del sur, cultivar Misty, no evidencian diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos considerados y el testigo, sobre el parámetro producción total (gramos/planta).
2. Todos los tratamientos registraron un peso promedio de fruto (g.) superior al testigo. Realizada la prueba de comparación múltiple de Tukey ($P \leq 0,05$), se observa que los tratamientos 1 (CPPU aplicado 15 días posteriores a plena floración) y 5 (Kelpak aplicado 30 días posteriores al inicio de cuajado) mostraron diferencias estadísticamente significativas para este parámetro. Luego de realizado el análisis de covarianza solamente el tratamiento 1 resultó ser estadísticamente diferente al testigo. Realizado un análisis de contrastes entre todas las aplicaciones y el testigo se obtiene que aplicar mejora el peso medio de fruto. Esto demuestra que tanto Kelpak como CPPU pueden ser utilizados como herramientas para aumentar el tamaño de fruto.
3. Se observa un retraso en el inicio de la cosecha así como en el momento de ocurrencia del pico máximo de cosecha, principalmente en los tratamientos 1 y 5, que como ya fue señalado fueron los que presentaron los valores máximos de peso promedio por fruto (g.). Se puede concluir que, a medida que el fruto aumenta su capacidad de crecimiento se retrasa el proceso de maduración.
4. A las dosis utilizadas en el ensayo no se detecta disminución en el número final de frutos cosechados, ni la existencia de fitotoxicidad en ninguno de los tratamientos evaluados.
5. Existe la necesidad de continuar con la investigación, repitiendo el ensayo durante varias temporadas, a diferentes dosis y en diferentes localidades para poder realizar recomendaciones de dosis y momentos de aplicación para estos productos.

6. RESUMEN

El cultivo de arándanos tipo Southern Highbush, en creciente expansión desde el año 2001, se encuentra enfrentado actualmente a problemas de índole coyuntural mundial, que obliga a maximizar y mejorar las tecnologías de producción aplicadas para así lograr un sistema de producción eficiente y sustentable en el tiempo. El Uruguay es oferente de fruta en contraestación para el Hemisferio Norte, al igual que Chile y Argentina. Los niveles de producción, la calidad de fruta y los momentos de cosecha son factores decisivos para la rentabilidad del cultivo. En este sentido se requieren técnicas y tecnologías de producción que permitan obtener volúmenes adecuados, cosechas tempranas en la temporada y maximizar el porcentaje de fruta exportable. La aplicación de reguladores de crecimiento hormonal para aumentar el tamaño de fruta, con el fin de minimizar los descartes causados por tamaño, es una de las prácticas culturales que estaría ayudando a mejorar la rentabilidad del cultivo. El objetivo principal de este trabajo fue la evaluación de dos reguladores de crecimiento hormonal (CPPU Y Kelpak) con el fin de determinar el efecto de los mismos sobre el tamaño de fruta y consecuentemente sobre la calidad. El ensayo fue conducido en el Norte del país, departamento de Salto, en una quinta comercial (57°55'W; 31°18'S), sobre arándanos Southern Highbush variedad Misty (*Vaccinium corymbosum* L. hybrid) de 3 años de edad con un marco de plantación de 3m. x 1m. Las plantas fueron pulverizadas con CPPU (N-(2-chloro-4-pyridyl)N'-phenylurea) en un momento: 15 días posteriores a plena floración (DPPF) y 30 DPPF, y en dos momentos: 15 DPPF+30DPPF, a una dosis de 5 mg. L⁻¹. Las pulverizaciones con Kelpak se realizaron en un momento: 15 días posteriores a inicio de cuajado (DPIC) y 30 DPIC, y en dos momentos: 15 DPIC+30 DPIC a una dosis de 5cc L⁻¹. Las aplicaciones de CPPU 15 DPPF así como la de Kelpak 30 DPIC mostraron un aumento estadísticamente significativo en el peso medio de fruto, siendo este 24,6% y 20,3% respectivamente superior con respecto al testigo, detectándose un retraso en el inicio, así como en la ocurrencia del pico máximo de cosecha. En ninguno de los tratamientos evaluados se detectó efecto de fitotoxicidad. Este ensayo arroja resultados positivos sobre la posibilidad de utilizar los reguladores de crecimiento hormonal, como una herramienta de manejo para incrementar el % de fruta exportable.

Palabras clave: *Vaccinium corymbosum*; Reguladores de crecimiento hormonal; Kelpak; CPPU.

7. SUMMARY

The cultivation of the ‘Southern Highbush’ blueberry, which has been experiencing a growing expansion since 2001, is currently facing some temporary problems worldwide, which obliges to maximize and improve applied production technologies in order to achieve a sustainable and efficient production system. Uruguay –as well as Chile and Argentina– is a counter seasonal supplier of this fruit for the North Hemisphere. The production levels, the quality of the fruit and the moment of harvest are decisive factors for the profitability of the fruit growing. Thus, it is required to apply some techniques and production technologies that allow to obtain the adequate volumes, early harvests on each season and also to maximize the exportable percentage of the production. The application of hormonal growth regulators to enlarge the size of the fruit with the intention of minimizing the discards caused by small size is one of the cultural practices that would be helping in improving the cultivation profitability. The main purpose of this paper is to evaluate two hormonal growth regulators (CPPU and Kelpak) with the aim of determining the effect of these on the size of the fruit and, consequently, on its quality. The test was conducted on the North of the country, in the department of Salto, in a commercial estate (57°55’W;31°18’S), on 3-year-old Southern Highbush blueberries Mysty variety (*Vaccinium corymbosum* L. hybrid) with a planting pattern of 3m x 1m. The plants were sprayed with CPPU (N-(2-chloro-4pyridyl)N’-phenylurea) in one time: 15 days after full bloom (DAFB) and 30 DAFB, and in two times: 15 DAFB+30DAFB, with one dose of 5 mg. L⁻¹. The sprayings with Kelpak were done in one time: 15 days after initiation of the fruit set (DAIFS) and 30 DAIFS, and in two times: 15 DAIFS+30 DAIFS, with one dose of 5cc L⁻¹. The applications of CPPU 15 DAFB, as the one with Kelpak 30 DAIFS, showed a statistically significant enlargement in the fruit’s average weight, being this superior in 24,6% and 20,3%, respectively, compared to the control planting. In none of the evaluated treatments was it detected any case of phytotoxicity. This essay outputs positive results over the possibility of using the hormonal growth regulators as a tool for enlarging the percentage of exportable fruit.

Key words: *Vaccinium corymbosum*; Hormonal growth regulators; Kelpak; CPPU.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ABBOTT, J.D.; GOUGH R. E. 1987. Seasonal development of highbush blueberry under sawdust mulch. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 112: 60-62.
2. AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. 1991. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. Barcelona, Aedos. 260 p.
3. _____. 2004. Fruticultura. Madrid, Mundi-Prensa. 493 p.
4. ALLIAUME, F.; OLIVERA, G.; FRANCO, J.; ARIAS, M. 2010. Organic Matter Amendments to a silt loam and a loam soil on O'neal blueberry orchards in south Uruguay. *Acta Horticulturae*. no. 872: 339-348.
5. ANTOGNOZZI, E.; FAMIANI, F.; PROIETTI, P.; TOMBESI, A.; FERRANTI, F.; FRENGUELLI, G. 1997. Effect of CPPU (cytokinin) treatments on fruit anatomical structure and quality in *Actinidia deliciosa*. *Acta Horticulturae*. no. 444: 459-466.
6. ARJONA, C. 2007. Raleo. In: Sozzi, G. ed. Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 333-340.
7. ASTESSIANO, R.; DARINO, M.E. 2008. Evaluación de la cianamida hidrogenada como compensador de frío en arándanos tipo "Southern Highbush" variedad O'neal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 50 p.
8. BAÑADOS, M.P. 2006. Blueberry production in South America. *Acat Horticulturae*. no. 715: 165-172.
9. BASF. 2005. Kelpak; la raíz de todo cultivo. (en línea). s.n.t. Consultado 08 jun. 2011. Disponible en <http://www.basf.com.pe/agro/folleto/kelpak.pdf>
10. BERNAD, D. 2008. Kelpak, las claves del eficaz fisioactivador comercializado por Daymsa. (en línea). *Vida Rural*. oct.: s.p. Consultado 08 jun. 2011. Disponible en http://www.daymsa.com/content/files/productof-es_141_02_Articulo-Kelpak-Vida-Rural-oct08.pdf

11. BRUNO, Y. 2008. Arándanos; situación y perspectivas. (en línea). Anuarios OPYPA 2008: 187-196. Consultado 15 mar. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario08/material/pdf/16.pdf>
12. BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. 2002. Biochemistry and molecular biology of plants. Rockville, American Society of Plant Physiologists. 1367 p.
13. BUZETA, A.P. 1997. Chile; Berries para el 2000. Santiago, Fundación Chile. 133 p.
14. CANO-MEDRANO, R.; DARNELL, R. 1997. Cell number and cell size in parthenocarpic vs. pollinated blueberry fruits. *Annals of Botany*. no. 80: 419-425.
15. CIORDIA, M.; GARCÍA, J.C.; GARCÍA, G. 2007. El cultivo del arándano. Oviedo, Serida. 109 p.
16. COLETTI, J.M. 1994. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. Madrid, Mundi-Prensa. 169 p.
17. CONTARÍN, S.; CURBELO, L.A. 1987. Aporte para la regionalización del cultivo de frutales de hoja caduca en el país según la ocurrencia de frío invernal efectivo para el rompimiento del receso. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 116 p.
18. CONTRERAS, M. 2010. Efecto de la aplicación de CPPU sobre calidad de fruta en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar Elliott. Tesis Ing. Agr. Temuco, Chile. Universidad de la Frontera. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 38 p.
19. DARNELL, R. 2006. Blueberry botany/environmental physiology. *In*: Childers, N; Lyrene, P. eds. Blueberries; for growers, gardeners, promoters. Gainesville, Norman F. Childers. pp. 5-12 (Horticultural Publications).
20. DAVIES, F.; DARNELL, R. 1994. Blueberries, Cranberries, and Red Raspberries. *In*: Schaffer, B.; Andersen, P. eds. Handbook of environmental physiology of fruit crops, Vol. 1. Temperate crops. Boca Raton, CRC Press. pp. 43-77.

21. DEPARTAMENTO TÉCNICO DECOFRUT. 2011. Avance de la temporada de Arándanos. (en línea). Berries & Cherries. Revista frutícola del sur de Chile. no. 8: 37-40. Consultado 23 jun. 2011. Disponible en <http://revista.berriesandcherries.cl/>
22. DINI, Y. 2008. Evolución de la polinización del cultivo de arándanos tipo Southern Highbush, variedad O'Neal, mediante Apis Melífera. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 73 p.
23. DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., ROBLEDO, C. W. 2008. InfoStat, Manual del usuario. (en línea) Córdoba, Brujas. 336 p. Consultado 27 jun. 2011. Disponible en http://intranet.catie.ac.cr/intranet/posgrado/Herramientas_Estadisticas/Manual.pdf
24. DOKOOZLIAN, N. 2001. CPPU; a potencial new plant growth regulator for California table grape (en línea). University of California. Grape note. Consultado 30 mar. 2011. Disponible en <http://cetulare.ucdavis.edu/pub/grapelst.htm>
25. ECK, P. 1988. Blueberry Science. New Brunswick, Rutgers University Press. 284 p.
26. EREZ, A. 1987. Chemical control of budbreak. Journal of the American Society for Horticultural Science. 22 (6): 1240-1243.
27. FEIPPE, A.; IBÁÑEZ, F.; CALISTRO, P.; PEREIRA, C.; LADO, J. 2010. Efecto del estado de madurez a la cosecha sobre la calidad de arándano de exportación. Montevideo, INIA. 27 p. (Actividades de Difusión no. 607).
28. FUENTES, J.L. 2001. Iniciación a la Botánica. Madrid, Mundi-Prensa. 233 p.
29. GOUGH, R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. New York, Food Products Press. 272 p.
30. INIA. s.f. Grass. (en línea). Montevideo, s.e. s.p. Consultado 30 may. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html
31. JORDÁN, M.; CASARETTO, J. 2006a. Hormonas y reguladores del crecimiento; auxinas, giberelinas y citocininas. (en línea). *In*: Squeo, F. A.; Cardemil, L. eds. Fisiología vegetal. La Serena, Chile, Universidad de la Serena. p. irr.

Consultado 23 may. 2011. Disponible en <http://www.biouls.cl/librofv/web/index03.php>

32. _____.; _____. 2006b. Hormonas y reguladores del crecimiento; etileno, ácido abscísico, brasinoesteroides, poliaminas, ácido salicílico y ácido jasmónico. (en línea). In: Squeo, F.A.; Cardemil, L. eds. Fisiología Vegetal. La Serena, Chile, Universidad de La Serena. p. irr. Consultado 23 may. 2011. Disponible en <http://www.biouls.cl/librofv/web/index03.php>
33. KAKIMOTO, T. 2003. Biosynthesis of cytokinins. Journal of Plant Research. 116: 233-239.
34. KAMÍNEK, M.; MOK D.W.S.; ZAZÍMALOVÁ, E. 1992. Physiology and biochemistry of cytokinins in plants. The Hague, SPB Academic Publishing. 507 p.
35. KNIGHT, R.; SCOTT, D. 1964. Effects of temperatures on self-and cross pollination and fruiting of four Highbush Blueberry varieties. Journal of the American Society for Horticultural Science. 85: 302-306.
36. LLORENTE, B. E. 2001. Aislamiento, purificación, caracterización y producción in vitro de peptidasas de alcaucil coagulantes de la leche. (en línea). Tesis de doctorado en Ciencias Bioquímicas. La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. 196 p. Consultado 12 abr. 2011. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/ARG-UNLP-TPG-0000000012/138.pdf>
37. MAUST, B.; WILLIAMSON J.; DARNELL, R. 1999. Flower bud density affects vegetative and fruit development in field-grown southern highbush blueberry. Journal of the American Society for Horticultural Science. 34: 607-610.
38. MOLINA, N.; TAIARIOL, D.; DELSSIN, E.; SERIAL, C. 2010. Producción de arándanos en corrientes; análisis técnico y económico. (en línea). INTA. Estación Experimental Agropecuaria Bella Vista. Centro Regional Corrientes. Serie Técnica no. 38. 20 p. Consultado 02 abr. 2011. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/bellavista/info/documentos/otros/ST38.pdf>

39. NERI, D.; BIASI, R.; TARTARINI, S.; SUGIYAMA, N.; GIULIANI, R.; SANSAVINI, S.; COSTA, G. 1993. Sink strength as related to CPPU mobility and application site in apple and kiwifruit spurs. *Acta Horticulturae*. no. 329: 77-80.
40. NESMITH, D.S. 2002. Response of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) to the growth regulators CPPU and giberelic acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 37: 666-668.
41. _____.; ADAIR, H.M. 2004. Rabbiteye blueberry field trials with the growth regulators CPPU. *Small Fruits Review*. 3: 183-191.
42. OZER, H. 2010. Situación y desafíos de la producción de arándanos en Uruguay. (en línea). Montevideo, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. s.p. Consultado 10 mar. 2011. Disponible en http://www.iica.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=220&Itemid=220
43. PANNUNZIO, A. 2010. Estudios de sustentabilidad de los sistemas de riego en arándanos. Buenos Aires, Orientación Gráfica Editora. 96 p.
44. PENEDO, E. 2005. Reguladores de crecimiento. Tema 27. (en línea). Oviedo, España, Universidad de Oviedo. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas. s.p. Consultado 28 mar. 2011. Disponible en [www.unioviedo.es/bos/Asignaturas/Fvca/Apuntes/Tema27\(2\).doc](http://www.unioviedo.es/bos/Asignaturas/Fvca/Apuntes/Tema27(2).doc)
45. SAMUELLE, J. 2011. Se frenó el crecimiento de la vedette de la fruticultura. *El Observador Agropecuario*. no. 916: 4.
46. SANCHEZ, E. E. 2003. Reguladores de crecimiento empleados en la fruticultura. (en línea). *Rompecabezas Tecnológico*. no. 39: 15-22. Consultado 22 mar. 2011. Disponible en http://www.inta.gov.ar/altovalle/info/biblo/rompecabezas/pdfs/rompe39_sanchez.pdf
47. SERRI, H.; HEPP, R. 2006. Effect of the growth regulator CPPU on fruit quality and fruit ripening of highbush blueberries. *Acta Horticulturae*. no. 715: 279-282.
48. SOZZI, G.; GARIGLIO, N.; FIGUEROA, M.I. 2007a. Dormición en árboles frutales de hoja caduca. *In*: Sozzi, G. ed. *Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y*

- aprovechamiento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 85-101.
49. _____. 2007b. Fisiología del crecimiento de los frutos. In: Sozzi, G. ed. Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. pp. 309-328.
50. TAIZ, L.; ZEIGER, E., 2006. Plant physiology. Sunderland, Sinauer Associates. 764 p.
51. TAMADA, T. 2002. Stages of Rabbiteye and Highbush Blueberry fruit development and the associated changes in mineral elements. Acta Horticulturae. no. 574: 129-137.
52. TOMMASINO, H. 2009. Situación actual y perspectivas del cultivo de arándanos. (en línea). Anuarios OPYPA 2009: 205-210. Consultado 15 mar. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario2009/material/pdf/18.pdf>
53. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1994. Índice de productividad de suelos grupos CONEAT. Montevideo. 182 p.
54. _____. PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY, OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO. 2007. Plan de Refuerzo de la Competitividad (PRC), Conglomerado de Arándanos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 17 mar. 2011. Disponible en http://www.diprode.opp.gub.uy/pacc/Conglomerado_arandanos/Arandanos_A4.pdf
55. VILARÓ, F; SORIA, J. 2006. El cultivo de arándanos. (en línea). Anuarios OPYPA 2006: s.p. Consultado 15 mar. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario06/docs/20%20%20A RANDANO%20VILARO.pdf>
56. WESTWOOD, N. H. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Madrid, Mundi-Prensa. 461 p.

57. WILLIAMSON, J.; NESMITH, D.S. 2007. Effects of CPPU applications on southern highbush blueberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 42 (7): 1612-1615.
58. YARBOROUGH, D. 2006. Blueberry Pruning and Pollination. In: Childers, N; Lyrene, P. eds. *Blueberries; for growers, gardeners, promoters*. Gainesville, Norman F. Childers. pp. 75-83 (Horticultural Publications).

9. ANEXOS

ANEXO 1.

| Datos técnicos Kelpak | |
|--|-------------|
| Macro y Micro nutrientes: | |
| Nitrógeno (N) | 0,40% |
| Fósforo (P ₂ O ₅) | 1,80% |
| Potasio (K ₂ O) | 0,60% |
| Calcio | 800,00 mg/l |
| Magnesio | 200,00 mg/l |
| Boro | 0,24 mg/l |
| Zinc | 4,20 mg/l |
| Manganeso | 8,40 mg/l |
| Hierro | 13,60 mg/l |
| Cobre | 0,20 mg/l |
| Cobalto | 0,30 mg/l |
| Molibdeno | 0,38 mg/l |
| Fitohormonas: | |
| Auxinas | 11,0 mg/l |
| Acido-3-Indol acético (IAA) | |
| Acido-3-Indol carboxílico (ICA) | |
| Indol-3-Aldehído | |
| N,N Dimetyl Triptamina | |
| N-Hidroxietilphthalimida | |
| Citoquininas | 0,031 mg/l |
| Trans-Zetina (tZ) | |
| Cis-Zeatina (cZ) | |
| Trans-Ribosilzeatina (cZR) | |
| Dihidrozeatina (DHZ) | |
| Isopenteniladenosina (IPA) | |
| Isopenteniladenina (2iP) | |

| | |
|-----------------|------------|
| | |
| Aminoácidos: | |
| Alanina | 280 mg/l |
| Valina | 150 mg/l |
| Glicina | 140 mg/l |
| Isoleucina | 92 mg/l |
| Leucina | 180 mg/l |
| Prolina | 184 mg/l |
| Treonina | 152 mg/l |
| Serina | 208 mg/l |
| Metionina | 72 mg/l |
| Hidroxyprolina | 36 mg/l |
| Fenilalanina | 8 mg/l |
| Acido aspártico | 316 mg/l |
| Acido glutámico | 20 mg/l |
| Tirosina | 332 mg/l |
| Ornitina | 20 mg/l |
| Lisina | 272 mg/l |
| Arginina | 16 mg/l |
| | |
| Vitaminas: | |
| B1 | 0,908 mg/l |
| B2 | 0,080 mg/l |
| C | 20,00 mg/l |
| E | 0,680 mg/l |