

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
ESCUELA DE AGRONOMIA

**Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y  
químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto  
(*Vaccinium corymbosum* L.)**

Tesis presentada como parte de  
los requisitos para optar al grado  
de Licenciado en Agronomía

**CARMEN MARIA PINO PINTO**  
VALDIVIA – CHILE  
2007

**PROFESOR PATROCINANTE**

Sr. Fernando Medel S.  
Ing. Agr., Dr. Ing. Agr.

\_\_\_\_\_

**PROFESORES INFORMANTES**

Sr. Ricardo Fuentes P.  
Ing. Agr., M. Sc.

\_\_\_\_\_

Sr. Peter Seemann  
Ing. Agr., Dr. rer. Hort.

\_\_\_\_\_

## AGRADECIMIENTOS

En este momento es importante agradecer a todos aquellos que hicieron posible la elaboración de esta tesis, al profesor patrocinante Sr. Fernando Medel y a los profesores colaboradores. Mención especial merece la colaboración de Don Ramón Mancilla en el Laboratorio de Fitoquímica.

No puedo dejar de agradecer a mis padres por cada uno de sus sacrificios que hoy pueden ver recompensados. A mi madre por todo su amor, tolerancia, cariño, comprensión y apoyo incondicional en todos los momentos. A mi padre por ese interminable esfuerzo y por ese ejemplo de trabajo y empuje que espero algún día poder imitar.

A mi hija, el mayor tesoro de mi vida por todo lo que significa para mi. A mi hermano mayor que hace de papá y a mi hermano que a pesar de ser ya un hombre grande sigue siendo mi hermano chico.

A mis amigos y a ti, compañero de vida....muchas gracias por todo.

**ÍNDICE DE MATERIAS**

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Descripción general del arándano	3
2.2	Situación del arándano en el mundo y en Chile	4
2.2.1	Situación en el mundo	4
2.2.2	Situación en Chile	6
2.3	Características botánicas del arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	9
2.4	Cultivares de arándano	10
2.5	Índices de madurez y cosecha de arándanos	11
2.5.1	Sólidos solubles	11
2.5.2	Acidez titulable	12
2.5.3	Relación sólidos solubles/acidez titulable	12
2.6	Composición nutricional del fruto del arándano	14
2.7	Antioxidantes en arándanos	15
2.7.1	Compuestos fenólicos	15
2.7.2	Antocianinas	16
3	MATERIAL Y MÉTODO	18
3.1	Ubicación del ensayo	18
3.2	Material vegetal y manejo	18
3.3	Cosecha	18
3.4	Observaciones y mediciones	19
3.4.1	Desarrollo vegetativo	19
3.4.1.1	Altura del arbusto	19
3.4.1.2	Ancho del arbusto	19

Capítulo		Página
3.4.1.3	Largo de brotes	19
3.4.1.4	Número de hojas por brote	19
3.4.1.5	Área foliar por brote	19
3.4.2	Características físicas de los frutos	20
3.4.2.1	Peso	20
3.4.2.2	Número de semillas	20
3.4.2.3	Forma del fruto	20
3.4.3	Características químicas de los frutos	20
3.4.3.1	Sólidos solubles	20
3.4.3.2	pH	20
3.4.3.3	Acidez titulable	20
3.4.3.4	Relación sólidos solubles/acidez titulable	21
3.4.3.5	Obtención de muestras para la determinación de antocianinas y fenoles totales	21
3.4.3.6	Determinación de fenoles totales	21
3.4.3.7	Determinación de antocianinas totales	22
3.5	Diseño experimental y tratamiento estadístico de los datos	23
4	<b>PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	24
4.1	Desarrollo vegetativo	24
4.1.1	Altura y ancho de los arbustos	24
4.1.2	Largo de brotes y número de hojas por brote	25
4.1.3	Área foliar por brote	27
4.1.4	Características generales del desarrollo vegetativo	28
4.2	Características físicas del fruto de arándano	29
4.2.1	Peso de los frutos	29
4.2.2	Número de semillas	31
4.2.3	Forma	32
4.3	Características químicas del fruto	32
4.3.1	Sólidos solubles	33

Capítulo		Página
4.3.2	pH	36
4.3.3	Acidez titulable	37
4.3.4	Relación sólidos solubles/acidez titulable	38
4.3.5	Fenoles totales	40
4.3.6	Antocianinas totales	42
5	CONCLUSIONES	44
6	RESUMEN	46
	SUMMARY	48
7	BIBLIOGRAFÍA	50
	ANEXOS	58

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Estimación de la producción mundial de arándano cultivado, en el año 2003	5
2	Composición nutricional del fruto del arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	14
3	Altura (m) y ancho (m) de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	24
4	Largo de brotes (cm) y número de hojas por brote en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	26
5	Área foliar (cm <sup>2</sup> ) por brote de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	27
6	Clasificación de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) de acuerdo a su desarrollo vegetativo	28
7	Peso (g) de los frutos de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	29
8	Número de semillas presentes en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	31
9	Forma de los frutos de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	32
10	Nivel de sólidos solubles (%) en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	33
11	Estado de madurez (%) de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	34
12	pH de los frutos de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	36
13	Acidez titulable (% ácido cítrico) en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	37

Cuadro		Página
14	Relación sólidos solubles/acidez titulable en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	39
15	Contenido de fenoles totales (mg ácido gálico/100 g peso fresco) en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	40
16	Contenido de antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco) en cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	42

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura		Página
1	Estimación de la superficie (ha) de arándanos en Chile.	6
2	Evolución de los destinos de las exportaciones chilena de arándanos.	7
3	Exportaciones (t) y precio (US\$FOB/kg) de arándanos chilenos.	8
4	Temperaturas (°C) y precipitaciones (mm) ocurridas en Valdivia entre mayo 2004 y abril 2005.	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Calendario de producción mundial de arándanos	59
2	Antecedentes climáticos de Valdivia desde mayo 2004 hasta abril 2005	60
3	Análisis de varianza del peso de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	61
4	Análisis de varianza del número de semillas de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	61
5	Análisis de varianza de la forma de los frutos de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	61
6	Análisis de varianza del nivel de sólidos solubles de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) ( $\text{asen}\sqrt{x}/100$ )	62
7	Análisis de varianza de la acidez titulable de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	62
8	Análisis de varianza de la relación sólidos solubles/acidez titulables de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) ( $\log ss/at$ )	62
9	Análisis de varianza del pH de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	63
10	Análisis de varianza del contenido de fenoles totales de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	63
11	Análisis de varianza del contenido de antocianinas totales de cuatro clones de arándano alto ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) ( $\sqrt{x}$ )	63
12	Acidez titulables (% ácido cítrico) en dos fechas de cosecha para dos clones de arándano alto ( <i>V. corymbosum</i> L.)	64

## 1 INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un arbusto frutal nativo de norteamérica. En los últimos años la producción de este fruto ha experimentado un considerable crecimiento debido a que sus beneficios en la salud de las personas han sido ampliamente publicitados. En el presente, Estados Unidos es el principal productor y consumidor de arándanos, sin embargo existen otros países que lo están demandando en forma creciente, especialmente en Europa y Asia.

En Chile, la producción es exportada casi en su totalidad, generando positivos retornos económicos a los exportadores, por lo que el valor exportado ha crecido considerablemente en los últimos diez años. De esta manera en el año 1995 se exportaban US\$ 4 millones y el año pasado (2005) concluyó con US\$ 89 millones en retornos para la exportación de arándanos (DINAMARCA, 2006). Es importante destacar que aproximadamente el 50% de las exportaciones proviene de la IX y X región (SANCHEZ, 2006).

El notable crecimiento en los últimos años tanto en superficie como en producción exportable ha permitido el desarrollo de inversiones de alto valor comercial, fuentes de trabajo e incorporación de insumos desde otros sectores de la economía lo que ha multiplicado el valor de esta especie, siendo hoy uno de los con mayor rentabilidad, a nivel de productor, en el rubro frutícola.

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral se inició en el año 1977 el Programa de Mejoramiento Cultural de Arbustos Frutales con la introducción de una serie de cultivares de arándanos procedentes de Estados Unidos. En este programa se realizaron múltiples ensayos de adaptabilidad productiva, de técnicas de propagación, manejo cultural y postcosecha que fueron ampliamente divulgados y que finalmente impactaron en el sur de Chile y en la zona Central haciendo de este cultivo uno de los de mayor crecimiento en Chile en los últimos años.

Con el fin de encontrar nuevos nichos de exportación y mantener la alta rentabilidad antes señalada en la Décima región de Los Lagos es necesario contar con cultivares de madurez semitardía o tardía que se vean favorecidos con las condiciones climáticas de la zona y que permitan comercializar el producto en una de las épocas en que se reportan los mejores precios. Sin embargo hoy en día en Chile no se encuentran disponibles, a nivel predial, cultivares de madurez tardía, salvo el cultivar Elliot, por lo cual la búsqueda de nuevas alternativas que permitan ampliar el calendario de producción es un desafío de gran importancia para Chile.

Dentro del programa citado se ha realizado una selección de clones semitardíos y tardíos con adaptabilidad productiva a las condiciones edafoclimáticas del sur de Chile, de los cuales es necesario conocer mayores antecedentes para la evaluación de su desarrollo en las condiciones de la zona. De esta manera la hipótesis de esta tesis plantea que existen diferencias entre cuatro clones de arándano desarrollados para el mercado tardío, en aspectos de estructura física de las plantas y en las características físicas y químicas de sus frutos.

El objetivo general es: describir cuatro clones de arándano de maduración tardía desde el punto de vista de desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas del fruto, con la finalidad de aportar los resultados al Programa de Mejoramiento Cultural de Arbustos Frutales.

Los objetivos específicos de esta tesis son:

- Describir aspectos del desarrollo vegetativo de cuatro clones de arándano (altura y ancho de planta, largo de brotes, número de hojas por brote, área foliar por brote).
- Evaluar diferencias clonales en las características físicas de los frutos (peso, forma y número de semillas).
- Determinar diferencias en la composición química de los frutos de cuatro clones de arándano (sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación sólidos solubles/acidez titulable, contenido de fenoles y antocianinas totales)

## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Descripción general del arándano.

El arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), es un frutal arbustivo nativo de norteamérica, pertenece al orden Ericales, familia Ericaceae, género *Vaccinium* (BUZETA, 1997; SUDSUKI, 2002). Esta planta se originó de múltiples cruzamientos entre diferentes especies de *Vaccinium* que dieron origen a una planta tetraploide la cual, luego de sucesivos mejoramientos ha dado origen al “arándano alto” de hoy (MEDEL, 1982).

El género *Vaccinium* está compuesto por más de 30 especies, pero solo un pequeño grupo tiene importancia comercial. Algunas especies que pertenecen a este grupo son “arándano alto” (*Vaccinium corymbosum* L.), “arándano ojo de conejo” (*Vaccinium virgatum* Ait., ex *V. ashei* Reade), “arándano bajo” (*Vaccinium angustifolium* Ait.), “arándano europeo” (*Vaccinium myrtillus* L.) y “arándana” (*Vaccinium macrocarpon*) (BUZETA, 1997).

De las especies mencionadas se han adaptado favorablemente a las condiciones de Chile los cultivares de las especies “arándano alto” y “arándano ojo de conejo” (VALDES, 2005).

El “arándano alto” fue la primera especie que se introdujo al cultivo, y ha sido sometida a sucesivos procesos de selección por lo cual existen, actualmente, más de 50 variedades mejoradas, generadas principalmente en Estados Unidos (BUZETA, 1997).

El “arándano ojo de conejo” es una especie que ha obtenido popularidad debido a que tolera suelos con pH más altos, posee mayor resistencia a la sequía, produce mayor cantidad de fruta, tiene mejor duración en postcosecha, pero presenta una menor calidad organoléptica del fruto en relación con el “arándano alto” (BUZETA, 1997; MEDEL, 1986).

El “arándano bajo” se encuentra principalmente en estado silvestre. Presenta una alta capacidad para emitir brotes vegetativos que le permiten formar extensas colonias. Tiene importancia porque ha contribuido al mejoramiento genético para la selección de clones mejorados de “arándano alto” (MUÑOZ y MOREIRA, 2002). Además, dado que estas colonias producen una gran cantidad de fruta que es comercializada, también tiene importancia económica en países como Canadá y Estados Unidos (VALDES, 2005).

## **2.2 Situación del arándano en el mundo y en Chile.**

El arándano representa a nivel mundial y nacional un mercado en expansión por lo que se han registrado aumentos en la superficie dedicada a este cultivo y también en el consumo de esta fruta (CAMPOS, 2003).

Es importante destacar que en cuanto a las estadísticas de superficie y producción de arándanos existen grandes diferencias entre los distintos autores. Estas diferencias se deben principalmente a la consideración u omisión de una o todas las especies existentes.

**2.2.1 Situación en el mundo.** La producción mundial de arándanos proviene de plantas silvestres y cultivadas (FUNDACIÓN CHILE, 2004). Strick (2004) citado por ALLENDE y VIAL (2005) señala que la producción mundial de arándanos es cercana a 130.000 toneladas (Cuadro 1), cifra bastante menor a la estimación de la ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO), la cual, según CERDA (2003), sería cercana a las 300.000 toneladas anuales.

La producción mundial se concentra en el Hemisferio Norte. Estados Unidos representa el 50 % de la producción mundial seguido por Canadá con 32 % y Polonia con un 11% (VALDES, 2005).

Estados Unidos como principal productor, consumidor, exportador e importador de arándanos del mundo, constituye un mercado de más de 262 millones de consumidores y se estima que su demanda anual es cercana a 250.000 toneladas

(CERDA, 2003). MUÑOZ y MOREIRA (2002) señalan que su producción anual es superior a las 120.000 t de las cuales un 70% corresponden a variedades cultivadas y el resto a variedades silvestres. La superficie dedicada al cultivo en este país es de 16.000 ha, con una superficie similar de arándanos silvestres.

Canadá también produce un volumen importante cercano a las 60.000 toneladas, sin embargo el 65 % de su producción proviene de 23.000 ha de “arándano bajo o silvestre” (*Vaccinium angustifolium*). El resto de la producción se origina en las 2.500 ha de arándanos cultivados presentes en este país (FUNDACIÓN CHILE, 2004).

La producción de Polonia es principalmente de origen silvestre, lo que la hace presentar producciones que pueden variar entre 5.000 y 20.000 t (CAMPOS, 2003). Según MUÑOZ y MOREIRA (2002) en el caso de Europa, la producción de arándanos cultivados carece de importancia.

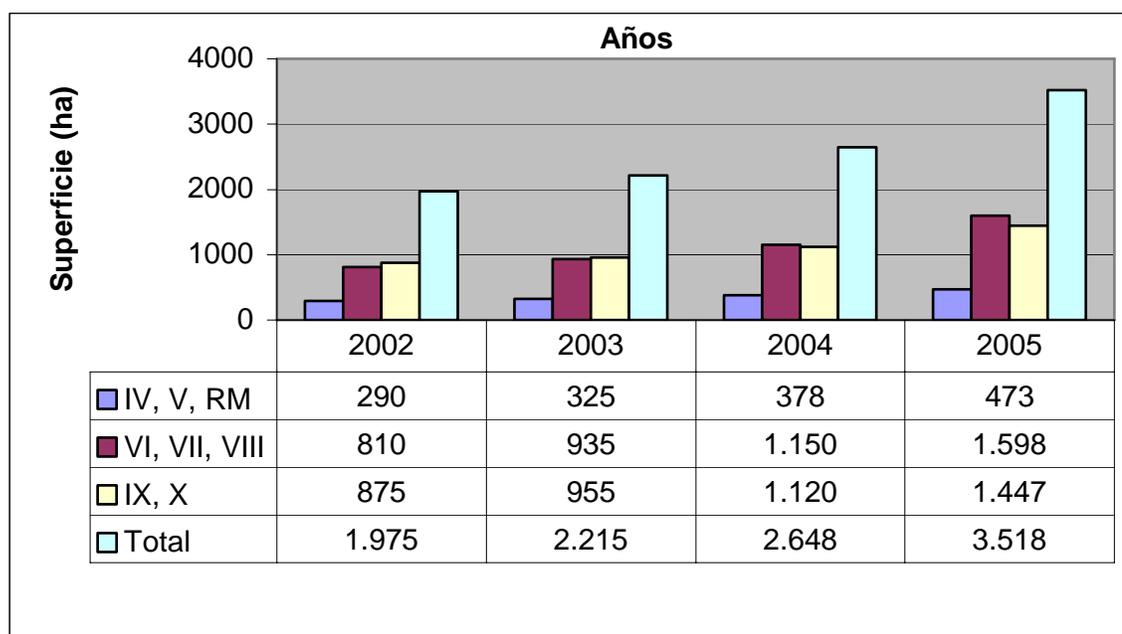
El primer país del hemisferio sur en producir arándanos fue Nueva Zelanda que alcanzó un fuerte poder exportador hacia fines de la década de 1980, posteriormente surgieron Australia, Chile y Sudáfrica. El último en incorporarse fue Argentina en 1995 (FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA (FIA), 2002).

**CUADRO 1 Estimación de la producción mundial (t) de arándano cultivado, en el año 2003.**

Región	Producción (t)		
	Fresco	Industrial	Total
Norteamérica	61.135	42.360	103.495
Europa	10.370	950	11.320
Sudamérica	10.320	400	10.720
Oceanía	1.950	950	2.900
Asia	415	600	1.015
Sudáfrica	200	100	300
Total mundial	84.390	45.360	129.750

**FUENTE:** Strick (2004) citado por ALLENDE y VIAL (2005).

**2.2.2 Situación en Chile.** Según ALLENDE y VIAL (2005) en Chile las primeras plantaciones comerciales se hicieron en 1985 y a partir de ese momento el cultivo se ha expandido hasta alcanzar una superficie que se estima sobrepasa las 3.500 ha que pueden separarse en tres zonas productoras: la zona norte que corresponde a la IV, V y R.M, zona centro-sur la cual incluye a la VI, VII y VIII región y la zona sur que considera a las regiones IX y X (Figura 1).



**FIGURA 1 Estimación de la superficie (ha) de arándanos en Chile.**

FUENTE : ALLENDE y VIAL (2005).

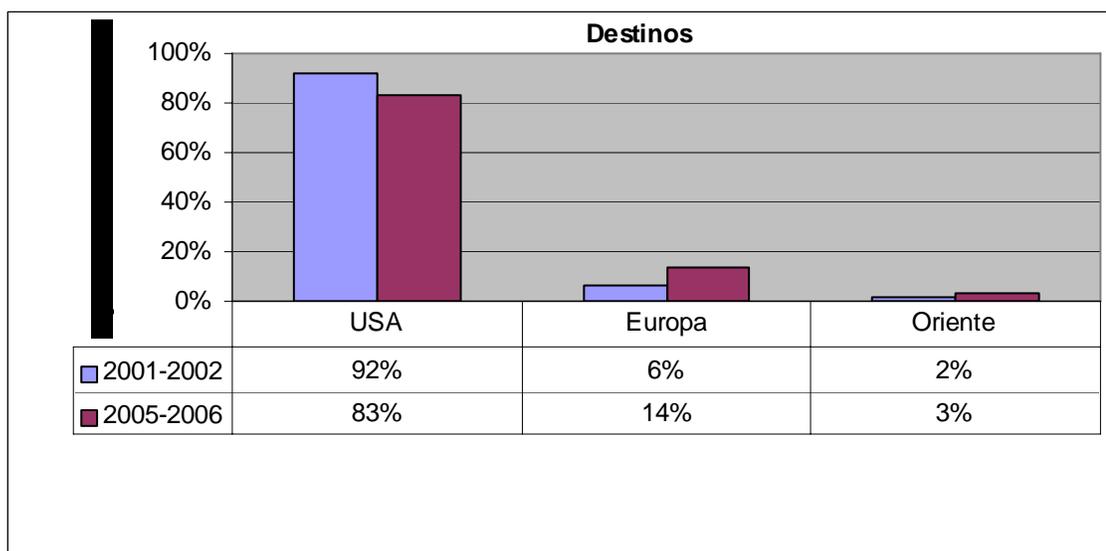
Según CERDA (2003) la expansión del cultivo no ha sido igual en todas las regiones del país, las plantaciones se han concentrado principalmente en la zona centro sur del país debido a que las condiciones edafoclimáticas de esta zona favorecen el desarrollo del cultivo. De esta manera, aunque el arándano es cultivado desde la IV región de Coquimbo hasta la X región de Los Lagos, el 77% de la superficie nacional se concentra en la VIII, IX y X región (ALLENDE y VIAL, 2005).

Las producciones en la IV y X región tienen como objetivo ampliar el período de producción abarcando el mes de octubre en las plantaciones de la IV región y los meses de marzo y abril en las de la X región. Todo esto para aprovechar los mejores

precios que se presentan en el mercado de arándanos en estos meses, producto de la escasez de esta fruta en los países del Hemisferio Norte (CERDA, 2003).

Chile comenzó a exportar arándanos en la temporada 1988/1989, desde ese año la cantidad de fruta exportada ha aumentado a altas tasas alcanzando en la temporada 2004/2005 algo más de 11.000 toneladas, lo cual significó un crecimiento de 18,20% respecto del ejercicio anterior. Con estos volúmenes de fruta exportada Chile ha logrado posicionarse como el tercer productor de arándanos en el mundo, luego de Estados Unidos y Canadá y como el principal productor del Hemisferio Sur (ALLENDE y VIAL, 2005; CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLITICAS AGRARIAS (ODEPA), 2006).

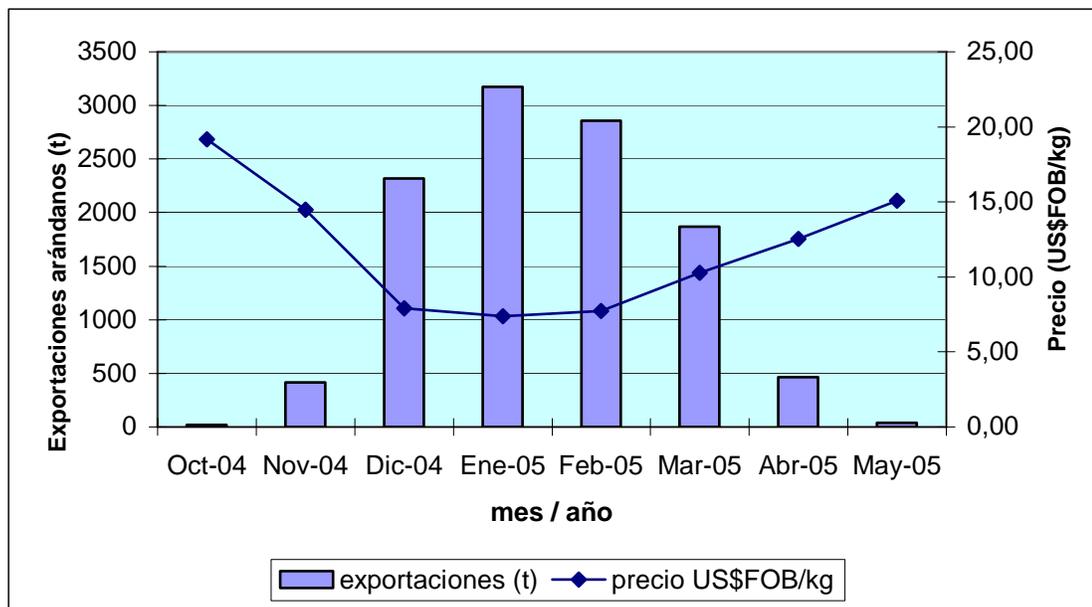
Aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina a la exportación en fresco y su principal destino es Estados Unidos país que recibe cerca del 90% de la cosecha nacional (MUÑOZ y MOREIRA, 2002). Sin embargo ALLENDE y VIAL (2005) señalan que el mercado americano ha ido perdiendo su importancia relativa, por la incorporación de otros mercados en Europa y Oriente (Figura 2).



**FIGURA 2: Evolución de los destinos de las exportaciones chilenas de arándanos.**

FUENTE : ALLENDE y VIAL (2005).

Según ODEPA (2006) la exportación de arándanos chilenos está concentrada en los meses de diciembre, enero y febrero. Esta abundancia repercute en los precios que llegan a su mínimo en esta época (Figura 3), por lo cual es necesario expandir la oferta hacia los otros meses para lograr mejores retornos por la fruta exportada (CAMPOS, 2003).



**FIGURA 3: Exportaciones (t) y precio (US\$ FOB/kg) de arándanos chilenos.**

FUENTE : ODEPA (2006).

Los principales competidores de Chile en la venta de arándanos en contraestación al mercado norteamericano son Argentina y Sudáfrica. Nueva Zelanda y Australia compiten principalmente en el mercado europeo (MUÑOZ y MOREIRA, 2002).

Argentina puede transformarse en un verdadero competidor para Chile, principalmente en la producción de fruta temprana ya que exporta desde mediados de octubre hasta mediados de diciembre. Además este país registra, según CERDA (2003) un rápido aumento en superficie plantada y en volúmenes exportados.

### **2.3 Características botánicas del arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

El “arándano alto” es la especie que primero se introdujo al cultivo a partir de selecciones provenientes de cruzamientos de *Vaccinium corymbosum* L. y *Vaccinium australe* Small realizadas a partir de 1906 en Estados Unidos (BALLINGTON, 2005).

Es un arbusto perenne de hoja caduca y madera leñosa que puede llegar a medir 3 metros (BUZETA, 1997).

El sistema radical del arándano es superficial, fibroso y de poca extensión y está constituido por raicillas muy finas y es moderadamente difícil de tratar en plantas jóvenes (MEDEL, 1982; BUZETA, 1997).

Las hojas del arándano son simples, alternadas, de forma ovalada o lanceolada, sus bordes pueden ser enteros o ligeramente aserrados y pueden presentar cierta pilosidad en el envés (SUDSUKI, 2002).

Es una especie autofértil. El tipo más común de inflorescencia en arándanos es un racimo, generalmente axilar, las que se diferencian en las yemas terminales de las ramillas cuando se detiene el crecimiento vegetativo al inicio del otoño (ECK y CHILDERS, 1989 y BAÑADOS, 2004). Estas flores se producen en brotes de un año de crecimiento (MEDEL, 1982).

Las flores son gamopétalas de forma de campana. Poseen 8 a 10 estambres insertos en la base de la corola. El ovario es ínfero con 4 a 10 celdas que pueden presentar uno o más óvulos en cada lóbulo (VALDES, 2005).

El fruto es una baya de color azul intenso con un tono gris opaco producto de las ceras epicuticulares, estos frutos pueden aparecer temprano o tarde en el verano y su color y tamaño pueden variar según la variedad (SUDSUKI, 1993).

La vida productiva de este arbusto es de alrededor de 20 años, sin embargo se ha informado de plantas de más edad que aún presentan un buen nivel de producción (MEDEL, 1982; BUZETA, 1997).

## 2.4 Cultivares de arándano.

Los cultivares de arándano que se encuentran disponibles actualmente son el resultado de programas de mejoramiento que han permitido obtener cultivares con una mayor adaptación edafoclimática, de mayor precocidad, de diferentes épocas de maduración, con mayor resistencia a enfermedades, mayor productividad y mejor calidad de fruta que los clones silvestres (JANICK y MOORE, 1996).

HANCOCK y HANSON (2004) señalan que programas de mejoramiento realizados actualmente en Estados Unidos tienen como objetivo obtener cultivares de épocas de maduración definidas, de alta producción y con excelentes condiciones para un almacenamiento prolongado.

En Chile se encuentran disponibles la mayoría de los cultivares del tipo “alto” y “ojo de conejo” que se comercializan en el mercado mundial. La especie más plantada en el país es el “arándano alto” (*Vaccinium corymbosum* L.) que ocupa más del 90% de la superficie siendo Elliot, Bluecrop y O’Neal los cultivares dominantes (MUÑOZ y MOREIRA, 2002).

En cuanto a los cultivares de “arándano alto”, hay que distinguir entre los que tienen un alto requerimiento de frío invernal (más de mil horas) como Bluecrop, Blueray y Elliot y aquellos que poseen un bajo requerimiento de horas de frío, que son generalmente de maduración temprana. Dentro de estos últimos destaca el cultivar O’Neal (MUÑOZ y MOREIRA, 2002).

Uno de los objetivos del Programa de Mejoramiento Cultural de Arbustos Frutales iniciado a fines de la década del setenta en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile es la selección de especies y cultivares de arándano con ventajas comparativas y competitivas respecto tanto a los de la zona central como a los de otros países (MEDEL, 1990).

En relación a esto, MEDEL y VARGAS (1981) señalan que en el caso del “arándano alto” luego de la introducción de un gran número de cultivares de distinto origen y de sucesivas selecciones ha sido posible distinguir aquellos clones de mejor

adaptabilidad productiva, es decir, aquellos clones que presentan un crecimiento vigoroso y una fructificación abundante aun cuando se realizan labores mínimas de cultivo.

## **2.5 Índices de madurez y cosecha de arándanos.**

Según SHOEMAKER (1975) el fruto de arándano alcanza su madurez 60 a 80 días después de la floración dependiendo del cultivar y de la temperatura del lugar. Se originan 5 a 10 bayas en cada racimo los cuales maduran progresivamente durante varias semanas.

Por lo general la cosecha de arándanos se basa en el color de la superficie de la fruta que debe ser 100 % azul (BANSE, 2006), sin embargo se pueden utilizar como indicadores el nivel de sólidos solubles y la acidez titulable (MITCHAM *et al.* 2003).

SHOEMAKER (1975) indica que para evitar pérdidas por cosechar los frutos inmediatamente al alcanzar su color azul, se debe retrasar la cosecha de los frutos por aproximadamente 6 días luego de que han alcanzado esa tonalidad, ya que las bayas siguen aumentando de tamaño. Esto puede significar diferencias en volumen cercanas al 20%.

**2.5.1 Sólidos solubles.** Se refiere a aquellos componentes que son solubles en agua. En el caso de algunos productos tales como el jugo de frutas los sólidos solubles están constituidos principalmente por azúcares tales como glucosa, fructosa y sacarosa y en menor grado por ácidos orgánicos y algunas proteínas. El contenido de sólidos solubles se mide con un refractómetro, expresando su resultado en % o °Brix (LIZAMA, 1992).

En los frutos maduros, los sólidos solubles totales tienen importancia por estar formados de compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general la calidad de las frutas (SHOEMAKER, 1975).

En el caso de los arándanos estos sólidos solubles pueden variar entre 10 a 17% al momento de la cosecha (MEDEL, 1982).

**2.5.2 Acidez titulable.** En el caso de jugo de frutas, la acidez titulable indica el porcentaje de ácidos orgánicos contenido en él. Se determina por titulación con una base fuerte de concentración conocida, generalmente, NaOH 0.1 N y se expresa en el % de ácido orgánico predominante (LIZAMA, 1992).

Cada fruta tiene un ácido orgánico predominante, en general, los más abundantes son el ácido cítrico y el ácido málico. La presencia de estos ácidos orgánicos hace que el pH de los jugos de fruta pueda ser muy bajo como sucede en el caso de limón y tomate con pH 2 y 4 respectivamente (BARCELÓ *et al.*, 2001).

Los principales ácidos orgánicos presentes en arándanos son, según estudios realizados por KUSHMAN y BALLINGER (1968), el ácido cítrico, ácido málico, ácido quínico y trazas de ácido succínico.

El sabor de los arándanos depende, según JANICK y MOORE (1996) del balance entre el dulzor, la acidez y el aroma. Estos mismos autores señalan que en el pasado, los arándanos ácidos y aromáticos eran considerados de mayor calidad, sin embargo en la actualidad los arándanos para consumo fresco deberían ser seleccionados por poseer un nivel balanceado de sólidos solubles y acidez combinados con un agradable aroma y textura.

Para arándanos, SAPERS *et al.* (1984) señalan valores de acidez titulable que varían entre 0,40 y 1,31 % ácido cítrico.

**2.5.3 Relación sólidos solubles/acidez titulable.** Cuando los frutos han alcanzado su madurez, el azúcar total y los sólidos solubles contenidos en ellos aumenta y la acidez titulable disminuye. Otros indicadores de la pérdida de acidez durante el desarrollo son incrementos en el pH de los frutos o en la relación sólidos solubles/acidez (BALLINGER y KUSHMAN, 1970; GALLETA *et al.*, 1971; De ELL, 2002).

La mayor parte del azúcar está presente antes de que el color rojo se desarrolle en el fruto. En cambio, el contenido de acidez titulable disminuye continuamente a

medida que el desarrollo progresa (SHOEMAKER, 1975; De ELL, 2002). Los cambios en la acidez titulable son mayores que en otros constituyentes durante el desarrollo y por esto podría ser más útil como indicador de cosecha (MITCHAM *et al.* 2003).

GALLETA *et al.* (1971), establecieron que la relación entre el nivel de sólidos solubles y acidez titulable es un indicador simple de la calidad de la fruta ya que bajas relaciones ss/at se asocian a una buena calidad de postcosecha y, al contrario, altos índices se asocian con una mayor incidencia de hongos que causan pudrición durante el almacenamiento.

Al respecto, BALLINGER y KUSHMAN (1970) señalan que los ácidos presentes en los frutos de arándanos son un mecanismo de resistencia a los organismos patógenos. Por lo tanto, ésta condición puede transformarse en un buen elemento para seleccionar cultivares con una alta calidad de almacenamiento a través de la selección de clones con un elevado nivel de acidez.

Además el cociente entre sólidos solubles y acidez titulable es útil si se considera que el sabor de las frutas no se determina por la cantidad efectiva de azúcares y ácidos presentes, sino por la relación entre ellos. De esta manera una mayor cantidad de ácido puede producir un sabor poco agradable a frutas que estén bajas de azúcar y un sabor agradable a aquellas que tengan mucho azúcar (HIDALGO, 1993). Al respecto CRISOSTO y CRISOSTO (2005) señalan que en la preferencia que demuestran los consumidores por frutas de uno u otro cultivar de duraznos, nectarines o ciruelas tiene un rol más importante la relación sólidos solubles/ acidez titulable que el nivel de sólidos solubles.

KUSHMAN y BALLINGER (1968) señalan que los principales responsables en el incremento en la relación sólidos solubles/acidez titulable son aumentos en el contenido de glucosa y fructosa y una disminución del contenido de ácido cítrico. Cambios en algunos otros ácidos orgánicos como el ácido málico y quínico poseen poca influencia.

SAPERS *et al.* (1984) indican valores para la relación sólidos solubles/acidez titulable que varían entre 8,7 y 34,6.

## 2.6 Composición nutricional del fruto de arándano.

Las propiedades nutricionales y nutraceuticas del arándano son constantemente investigadas y promovidas. Su consumo ha sido recomendado para todo tipo de personas, destacando su bajo aporte calórico, su contenido de fibra, su elevado aporte de potasio y por ser buena fuente de Vitamina A y C (PRIOR *et al.*, 1998) (Cuadro 2).

**CUADRO 2 Composición nutricional del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Nutriente		/100 g
	Energía	56 kcal
	Proteína	0,67 g
	Lípidos totales	0,38 g
	Carbohidratos	14,13 g
	Fibra dietética	2,70 g
	Cenizas	0,21 g
	Agua	84,61 mg
<b>Minerales</b>	Calcio	6,0 mg
	Cobre	0,06 mg
	Hierro	0,17 mg
	Magnesio	5,00 mg
	Manganeso	0,28 mg
	Fósforo	10,0 mg
	Potasio	89,0 mg
	Selenio	0,60 µg
	Sodio	6,0 mg
	Zinc	0,11 mg
<b>Vitaminas</b>	Vitamina C	13,0 mg
	Tiamina	0,05 mg
	Riboflavina	0,05 mg
	Niacina	0,36 mg
	Acido pantotenico	0,09 mg
	Vitamina B-6	0,04 mg
	Vitamina E	1.00 mg ATE**

FUENTE: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA), (2002)

\* Unidades Internacionales

\*\*equivalentes en alfa tocoferol

Todo esto, sumado a los grandes beneficios que el consumo de esta fruta podría tener en la salud y bienestar de las personas, producto de su elevada capacidad antioxidante (PRIOR *et al.*, 1998; ZHENG y WANG, 2003; MOYER *et al.*, 2002; SHELLAPAN *et al.*, 2002).

## **2.7 Antioxidantes en arándanos.**

Los antioxidantes son sustancias que ayudan a neutralizar la acción de los radicales libres que son moléculas inestables asociadas a numerosas enfermedades tales como cáncer, enfermedades cardiovasculares, disfunciones del sistema inmune, cataratas y muchas otras (SHELLAPAN *et al.*, 2002).

Diversos estudios señalan que el consumo de una dieta rica en antioxidantes de origen vegetal tales como vitaminas antioxidantes (A, C, E), carotenoides y polifenoles es beneficioso en la protección contra enfermedades crónicas (PRIOR *et al.*, 1998, WANG *et al.*, 1997 y EHLENFELDT y PRIOR, 2001).

PRIOR *et al.* (1998) señalan que las frutas y vegetales son fuentes naturales de antioxidantes y entre ellas los arándanos poseen uno de los más altos niveles de actividad antioxidante.

Dentro de las sustancias con capacidad antioxidante que se pueden encontrar en arándano se pueden señalar betacaroteno, vitamina C, antocianinas, fenoles, ácido eléagico y ácido fólico (SAPERS *et al.*, 1984).

**2.7.1 Compuestos fenólicos.** Producto de su metabolismo secundario las plantas biosintetizan una serie de compuestos fenólicos que constituyen un grupo químico heterogéneo de más de 10.000 compuestos. En concordancia con esta diversidad química, estos compuestos cumplen en las plantas múltiples funciones, algunos son indispensables para sus funciones fisiológicas y otros pueden ser útiles para defenderse ante situaciones adversas (TAIZ y ZEIGER, 2002).

Dentro de este diverso conjunto de compuestos fenólicos existen dos grupos principales con alta capacidad antioxidante: los fenoles y los flavonoides (BARCELÓ *et*

*al.*, 2002). Los flavonoides presentes en frutas, vegetales, nueces y semillas representan una gran fuente de antioxidantes en la dieta. Existen más de 5000 diferentes compuestos flavonoides que se clasifican en cuatro categorías principales: flavonoles, flavones, flavonones y antocianinas (WANG *et al.* 1997).

Muchos de los antioxidantes naturales, especialmente, flavonoides muestran un amplio rango de efectos biológicos tales como acción antibacteriana, antiinflamatoria, antialérgica, antitrombótica y de vasodilatación, propiedades que, en general, derivan de la propiedad antioxidante de estos compuestos (VELIOGLU *et al.*, 1998).

Entre los compuestos fenólicos del arándano destacan ácidos fenólicos y antocianinas, que están siendo constantemente estudiadas por su fuerte capacidad antioxidante (SHELLAPAN *et al.*, 2002).

KALT *et al.* (1999) analizaron la capacidad antioxidante de cuatro frutos pequeños: frutillas, frambuesas, arándano alto y arándano bajo. Ellos observaron que el contenido total de fenoles en “arándano alto” y en “arándano bajo” fueron cerca de cuatro veces más altos que en frutillas y frambuesas.

MOYER *et al.* (2002) observaron que en arándanos el contenido de fenoles puede variar entre 171 y 868 mg equivalente ácido gálico / 100 g fruta fresca.

**2.7.2 Antocianinas.** Las antocianinas son pigmentos naturales que pertenecen a la familia de los flavonoides. Ellas están ampliamente distribuidas en flores, frutos y vegetales y son responsables de colores intensos tales como naranja, rojo y azul. Además, las antocianinas, juegan un rol importante en la atracción de los animales para polinización y la dispersión de semillas (WANG *et al.* 1997). Ellas tienen también un rol importante en los mecanismos de resistencia de las plantas frente a los ataques de insectos (TAIZ y ZIEGER, 2002).

Las antocianinas están localizadas principalmente en las capas epidermales de algunos frutos tales como manzana, ciruela, arándano, uva, entre otros (BARCELÓ *et al.*, 2001).

La capacidad antioxidante de los vegetales y en particular de las frutas sería explicada en gran medida, según CAO *et al.* (1996) por los compuestos fenólicos y dentro de ellos por las antocianinas que son, probablemente, el mayor grupo de metabolitos secundarios fenólicos con actividad antioxidante en la dieta humana.

WANG *et al.* (1997) y CAO *et al.* (1996) analizaron la capacidad antioxidante de las antocianinas y de otros flavonoides. Ellos concluyeron que estos poseían 2 a 6 veces más capacidad antioxidante que otros antioxidantes comunes como la Vitamina C.

En el caso de los arándanos las antocianinas están localizadas en la piel y en la pulpa de los arándanos y son las responsables del color azul oscuro de esta fruta. Al respecto, MAINLAND y TUCKER (2002) establecieron que el contenido de antocianinas y fenoles es mayor en la piel de los frutos de arándano, pudiendo ser 4 veces mayor al contenido de estos en el fruto entero.

Según PRIOR *et al.* (1998) las antocianinas presentes en los arándanos podrían tener beneficios potenciales a la salud que son independientes o en adición a sus efectos antioxidantes.

El nivel de antocianinas en frutas de arándanos puede variar según Mazza y Miniati, 1993 citados por PRIOR *et al.*, 1998 entre 25 y 495 mg de cianidina -3-glucósido/ 100g de fruta fresca.

Es importante señalar que los resultados reportados para esta característica, al igual que para el nivel de fenoles totales presentan importantes variaciones entre los diferentes autores consultados.

### 3 MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

Las mediciones del desarrollo vegetativo de las plantas se realizaron en la Estación Experimental Santa Rosa ubicada a 4 km al norte de la ciudad de Valdivia, Lat (S) 39° 49', Long (W) 73° 14'. Las observaciones relativas a características físicas y químicas del fruto se realizaron en el Laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, de la Universidad Austral de Chile.

#### 3.2 Material vegetal y manejo.

El material vegetal utilizado corresponde a cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) identificados como ARN-13, ARS-46, AET-10 y ALB-12 de 11 años de edad y con un marco de plantación de 1,5 x 3,0 m. Las plantas se han cultivado en condiciones de secano y con manejos mínimos de poda, de control de malezas y fitosanitario con el fin de probar su adaptabilidad productiva bajo las condiciones edafoclimáticas del lugar.

El clima del lugar es templado – húmedo con influencia marítima, presentando isotermas anuales de 11° y 12 °C, las precipitaciones alcanzan como promedio 2.200–2.700 mm de agua caída, en un período de 184 días (NISSEN, 1974; MEDEL, 1987)

En el área donde se encuentran los arbustos existe una importante presencia de abejas (*Apis mellifera*), producto de otras investigaciones que se realizan en la Universidad, las cuales permiten una adecuada polinización de las flores de arándano.

**3.3 Cosecha.** La fruta fue cosechada el 27 de enero 2005. Como índice de cosecha se utilizó el color de cubrimiento del fruto, el cual debía ser completamente azul. Posteriormente la fruta fue almacenada en envases plásticos y congelada hasta el momento de los análisis.

### **3.4 Observaciones y mediciones.**

Se midieron aspectos relativos al desarrollo vegetativo de las plantas como: altura y ancho del arbusto, largo de brotes, número de hojas por brote y área foliar del brote. También aspectos físicos y químicos de los frutos como: peso, forma, número de semillas, sólidos solubles, pH, acidez titulable y la cantidad de fenoles y antocianinas totales

**3.4.1 Desarrollo vegetativo.** Durante el mes de marzo 2005 se observó el desarrollo vegetativo de las plantas. Todas las mediciones de altura, ancho de planta y de largo de brotes se realizaron utilizando una huincha métrica.

3.4.1.1 Altura del arbusto. Se midió la altura de tres plantas representativas para cada clon. El resultado se expresó en metros (m).

3.4.1.2 Ancho del arbusto. Se registró el ancho, es decir, la proyección horizontal en la entrelínea de tres plantas para cada clon. El resultado se expresó en metros (m).

3.4.1.3 Largo de brotes. De cada una de las tres plantas seleccionadas para cada clon, se extrajeron 6 brotes de la parte media a superior de los arbustos. Estos brotes fueron medidos y se registró su largo. El resultado se expresó en centímetros (cm).

3.4.1.4 Número de hojas por brote. En cada uno de los 18 brotes que se seleccionaron para cada clon se contó el número de hojas. El resultado se expresó en número (n°) de hojas por brote.

3.4.1.5 Área foliar por brote. Utilizando un medidor de área foliar marca LI COR, modelo LI-3100 se midió el área foliar total de las hojas de cada brote (18 brotes para cada clon). Las hojas extraídas de cada brote se ingresaron al medidor el cual entregó el resultado en forma digital. El resultado se expresó en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>).

**3.4.2 Características físicas de los frutos.** Para cada clon se realizaron cuatro repeticiones de muestras constituidas por 10 frutos cada una.

3.4.2.1 Peso. Para cada uno de los frutos se registró el peso utilizando para ello una balanza digital. Los resultados de peso de los frutos se expresaron en gramos (g).

3.4.2.2 Número de semillas. El contenido de semillas de cada fruto se midió manualmente, previa separación de éstas desde la pulpa del fruto. El resultado se expresó como número (n°) de semillas por fruto.

3.4.2.3 Forma del fruto. Se midió el diámetro ecuatorial y el diámetro polar de los frutos. Se entiende por diámetro polar la distancia que existe entre la cicatriz pedicelar y la cicatriz calicular del fruto. El indicador para forma se obtuvo al dividir el diámetro ecuatorial por el diámetro polar. Un valor cercano a 1 señala un fruto de forma esférica. Si el valor es mayor y distinto de 1 indica una baya de forma achatada. El diámetro de las bayas fue medido utilizando un pie de metro digital.

**3.4.3 Características químicas de los frutos.** Se realizaron 4 repeticiones para cada clon, salvo para antocianinas y fenoles totales en que se hicieron 6 repeticiones.

3.4.3.1 Sólidos solubles. Los sólidos solubles se determinaron con un refractómetro manual, marca AO Scientific Instruments, modelo 10430, autocompensado para 20 °C en una o dos gotas del jugo de 50 g de frutos. El resultado se expresó como porcentaje (%) de sólidos solubles.

3.4.3.2 pH. El pH se midió con un pH-metro en el jugo sin diluir obtenido de 50 g de frutos.

3.4.3.3 Acidez titulable. La acidez titulable se determinó por valoración potenciométrica con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1, (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC), 2000) en 10 mL de jugo de fruta diluido en 150 mL de agua desionizada y se expresó como porcentaje (%) de ácido cítrico.

3.4.3.4 Relación sólidos solubles/acidez titulable. Se obtiene un indicador que es el cociente entre sólidos solubles (%) /ácido cítrico (%).

3.4.3.5 Obtención de muestras para la determinación de antocianinas y fenoles totales. El método utilizado como referencia ha sido utilizado por diversos autores para extraer antioxidantes en variadas frutas y vegetales y también en arándanos (PRIOR *et al.*, 1998; EHLENFELDT y PRIOR, 2001; CONNOR *et al.*, 2002)

Se preparó una muestra con 5 g de fruta. Esta fruta se homogeneizó por maceración en un mortero de cerámica, agregando agua en proporción 1:2 p/v. Este homogeneizado se centrifugó a 3500 rpm por 15 min para obtener la fracción de jugo.

La pulpa o fracción insoluble obtenida se trató con 50 mL de solución de etanol 80% y se mantuvo a temperatura de laboratorio (20°C) agitando cada dos minutos por un período de 20 min. Luego se centrifugó a 3500 rpm por 15 min y se separó la fracción de jugo. Este jugo se mezcló con el obtenido anteriormente.

La fracción insoluble restante fue lavada, nuevamente, con 25 mL de solución pura de etanol y se combinó con las obtenidas anteriormente.

3.4.3.6 Determinación de fenoles totales. La concentración de fenoles totales en el extracto diluido de fruta fue medida por el procedimiento colorimétrico de Folin-Ciocalteu, que se basa en la formación de un complejo azul de molibdeno-tungsteno que ha sido utilizado en diferentes especies incluido arándanos (SAPERS *et al.*, 1984; PRIOR *et al.*, 1998; KALT, 1999).

En un frasco color ámbar se agregó 250  $\mu$ L del extracto, el que fue mezclado con 1,250  $\mu$ L del reactivo Folin-Ciocalteu y mantenido por 5 min a temperatura de laboratorio. Luego se le agregó 1,250 mL de una solución de carbonato de sodio al 15%. La solución se mezcló y fue mantenida durante 2 horas en condiciones de reposo y oscuridad.

Para evaluar la concentración de fenoles totales se usó un espectrofotómetro UV-visible, marca MILTON ROY modelo MILTON ROY 3000 Array que fue monitoreado a 765 nm. El contenido total de fenoles se expresó como mg de equivalente ácido gálico /100 g peso fresco.

Previamente se realizó una curva de calibración utilizando como referente diversas concentraciones de ácido gálico ( $R^2=0.99$ ).

3.4.3.7 Determinación de antocianinas totales. El contenido total de antocianinas del extracto diluido de frutas se estimó por el método de pH diferencial utilizado por diversos autores (PRIOR *et al.*, 1998; EHLENFELD y PRIOR, 2001; MOYER *et al.*, 2002).

Se preparó un buffer a pH 1.0 de Cloruro de Potasio 0.025 M y otro a pH 4.5 de Acetato de Sodio 0.4 M. Dos tubos, con 1 mL del extracto cada uno, se aforaron con 9 mL de los buffer respectivos. Se tomaron lecturas de absorbancia en un espectrofotómetro UV-visible a 510 y 700 nm y se utilizó la fórmula (1) para obtener la absorbancia.

$$(A = (A_{510} - A_{700}) \text{ pH } 1 - (A_{510} - A_{700}) \text{ pH } 4.5) \quad (3.1)$$

Para obtener el contenido de antocianinas se utilizó:

$$(AT = A * 1000 * PM * FD / E * L) \quad (3.2)$$

A = Absorbancia

PM = Peso molecular para cianidina 3 glucósido (449,2)

FD = Factor de dilución (10)

E = Absortibilidad molar para cianidina 3 glucósido (26900)

L = Longitud de la celda (1)

Los datos se expresaron como mg de cianidina /100 g de peso fresco.

### **3.5 Diseño experimental y tratamiento estadístico de los datos.**

Para los datos que describen el desarrollo vegetativo de las plantas se señalan parámetros descriptivos: promedio y desviación estándar.

Para las observaciones relativas a las características físicas y químicas de los frutos el diseño experimental adoptado fue un diseño dispuesto al azar con cuatro tratamientos (clones). El tratamiento estadístico consistió en un análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias a través de la prueba de Tukey, considerando como significativos diferentes valores de  $p \leq 0,05$ . Previa comprobación de los supuestos de distribución normal (Shapiro – Wilks) y homogeneidad de varianzas (Barlett) (MORALES, 2005).

El análisis y las pruebas estadísticas se realizaron a través del programa computacional Statgraphics plus 2.0.

Previo al análisis de varianza los datos expresados en porcentaje (%) como sólidos solubles y acidez titulable fueron transformados utilizando  $\text{asen}\sqrt{x}/100$  (MORALES, 2005).

## 4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan y se discuten los resultados obtenidos de la observación y análisis de cuatro clones de arándano alto *Vaccinium corymbosum* L.

### 4.1 Desarrollo vegetativo.

Se presentan los datos obtenidos para cada clon, señalando el promedio y la respectiva desviación estándar.

**4.1.1 Altura y ancho de los arbustos.** En el Cuadro 3 se presentan los datos obtenidos para la altura y el ancho de los arbustos para los cuatro clones analizados.

**CUADRO 3** Altura (m) y ancho (m) de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.)\*

Clones	Altura (m)	Ancho (m)
AET-10	1,2 ± 0,04	1,2 ± 0,10
ALB-12	1,4 ± 0,09	1,3 ± 0,12
ARS-46	1,8 ± 0,10	2,0 ± 0,33
ARN-13	2,2 ± 0,07	2,4 ± 0,09

(media ± desviación estándar)

Se puede apreciar que los clones ARN-13 y ARS-46 presentan la mayor altura y ancho de arbusto. En cambio, las plantas de los clones ALB-12 y AET-10 presentan valores inferiores en estos dos aspectos.

El valor obtenido para el clon ARN-13 es similar a lo señalado por NOFFSINGER *et al.* (2002) para algunos cultivares de *Vaccinium corymbosum* L. Estos autores evaluaron cultivares y selecciones clonales de "arándano alto" los cuales no habían sido podados durante 14 años y señalan que el promedio de altura para estos cultivares es de 2,19 m.

Las plantas de AET-10 y ALB-12 que presentan un menor tamaño en comparación a las plantas de ARS-46 y ARN-13 podrían presentar menores requerimientos de poda y mayores facilidades en el momento de la cosecha, producto de su menor desarrollo vegetativo. Esto no quiere decir que la utilización de clones con menor vigor elimina la necesidad de podar, solo que reduce el tiempo gastado en este manejo.

Al respecto, JANICK y MOORE (1996) indican que aquellas plantas de menor tamaño y menor dispersión de brotes requieren menos de la poda para regular el tamaño de la planta que aquellas plantas de mayor altura. Por esto y para lograr una mayor eficiencia en los manejos del cultivo, el tamaño de la planta ha sido considerado en la mayoría de los programas de mejoramiento para la obtención de nuevos cultivares y clones con un menor tamaño y por lo tanto con una mejor adaptabilidad a la cosecha manual o mecánica y con menores requerimientos de poda.

Es importante considerar que las características de altura de la planta y de su proyección horizontal en la entrelínea (ancho) tienen especial importancia en el diseño de huertos puesto que influyen directamente en el marco y densidad de plantación. Es así como el diseño de huertos de plantas que presenten un menor vigor o desarrollo vegetativo como AET-10 y ALB-12 puede considerar un mayor número de plantas por unidad de superficie, práctica que hoy está siendo utilizada por algunos agricultores con algunos cultivares específicos que poseen poco desarrollo vegetativo como Elliot. Esto permitiría, según algunos productores, obtener volúmenes interesantes de producción en menor tiempo que en un huerto tradicional y por consiguiente una recuperación temprana de la inversión inicial (SÁNCHEZ, 2006).

**4.1.2 Largo de brotes y número de hojas por brote.** Los resultados obtenidos para el largo de brotes y número de hojas por brote se presentan en el Cuadro 4.

En cuanto al largo de brotes se puede apreciar que éste es similar para los clones AET-10, ARN-13 y ARS-46 y levemente menor en el clon ALB-12. Lo anterior se repite para el número de hojas / brote.

**CUADRO 4 Largo de brotes (cm) y número de hojas por brote en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).\***

Clones	Largo de brotes (cm)	Nº hojas / brote
ALB-12	27,7 ± 7,2	17 ± 4
AET-10	38,5 ± 7,9	22 ± 3
ARN-13	44,4 ± 15,5	22 ± 6
ARS-46	46,4 ± 8,5	20 ± 5

\* (media ± desviación estándar)

Los resultados obtenidos para el largo de brotes de los clones están dentro del rango señalado por NOFFSINGER *et al.* (2002). Ellos indican largos de brotes que variaron entre 17 y 46 cm para los cultivares de *Vaccinium corymbosum* L.

Es importante señalar que, según JAURON (2002), el largo de los brotes es una característica que consigue mayor importancia a medida que aumenta la cosecha en forma mecánica, práctica que no se realiza en Chile actualmente. Este autor indica que para la cosecha mecánica se debe procurar mantener una disposición y distancia adecuada (según la máquina a utilizar) entre una planta y otra con el objetivo de evitar la ruptura de brotes y ramillas durante la cosecha. Además, los brotes deben ser lo suficientemente rígidos para transmitir adecuadamente las fuerzas de agitación, pero también deben ser flexibles para curvarse y doblarse sin quebrarse. (JANICK y MOORE, 1996).

Por otro lado los clones cuyos brotes son más largos podrían presentar mayor cantidad de frutos y de mejor calidad ya que, según BAÑADOS (2004), existe una correlación positiva entre el largo de los brotes, el número potencial de yemas florales y la calidad de la fruta. Este autor señala que los brotes largos (mayores a 30 cm) tienen mayor número de yemas florales y la mejor calidad de fruta, obteniendo diferencias hasta de un gramo entre frutos originados en brotes cortos y débiles comparados con aquellos originados en brotes largos y con buena exposición al sol.

**4.1.3 Área foliar por brote.** Las observaciones de área foliar se presentan en el Cuadro 5 para cada uno de los clones estudiados.

**CUADRO 5 Área foliar (cm<sup>2</sup>) por brote en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).\***

Clones	Área foliar (cm <sup>2</sup> )/brote
ALB-12	134,4 ± 80,86
AET-10	161,5 ± 49,29
ARN-13	268,20 ± 96,25
ARS-46	270,79 ± 94,86

\*(media ± desviación estándar)

La mayor área foliar por brote se observó en las plantas de los clones ARS-46 y ARN-13. Las plantas de AET-10 y ALB-12 registraron menores valores. En general estos resultados concuerdan con los señalados anteriormente, es decir, aquellos clones que presentan mayor altura, ancho y largo de brotes tienen también una mayor área foliar por brote.

Es importante destacar la alta desviación estándar que presentan los clones en esta característica. Esto se podría explicar porque la forma de la hoja o la curvatura de ella influyen en los resultados entregados por el medidor de área foliar, registrando datos con alta dispersión para esta característica.

JANICK y MOORE, 1996 señalan que el tamaño de las hojas y la forma de ellas son características de poca importancia mientras el vigor y el área foliar total de la planta es la adecuada para lograr una buena producción de fruta.

Es importante señalar que no se encuentra en la literatura referencias con relación al área foliar de arándanos.

**4.1.4 Características generales del desarrollo vegetativo.** Por las características anteriormente descritas, es posible agrupar los cuatro clones analizados en dos categorías de mayor y menor vigor (Cuadro 6).

**CUADRO 6 Clasificación de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) de acuerdo a su desarrollo vegetativo.**

Característica	Menor vigor		Mayor vigor	
	AET-10	ALB-12	ARS-46	ARN-13
Altura (m)	1,2 ± 0,04	1,4 ± 0,09	1,8 ± 0,10	2,2 ± 0,07
Ancho (m)	1,2 ± 0,10	1,3 ± 0,12	2,0 ± 0,33	2,4 ± 0,09
Largo brote (cm)	38,5 ± 7,9	27,7 ± 7,2	46,4 ± 8,5	44,4 ± 15,5
Nº hojas/brote	22 ± 3	17 ± 4	20 ± 5	22 ± 6
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	161,5 ± 49,29	134,4 ± 80,86	270,79 ± 94,86	268,20 ± 96,25

En el Cuadro 6 se puede ver a los clones clasificados de acuerdo a sus características en dos categorías o grupos de menor o mayor vigor. El primer grupo constituido por los clones AET-10 y ALB-12 cuyas características, principalmente de altura, ancho y área foliar, son menores que las presentadas por los clones ARS-46 y ARN-13 que conforman el grupo de clones con mayor vigor.

Estas características son de gran importancia, como se señaló anteriormente, desde el punto de vista del diseño de huertos puesto que influyen directamente en la elección del marco de plantación y por ende en la densidad del huerto lo que puede modificar el nivel de inversión y el tiempo de recuperación de la misma.

Al respecto, GÁMEZ (2000) señala que la densidad de plantación de un huerto de arándano depende del tamaño que alcancen las plantas de los cultivares utilizados. De esta manera la distancia entre hilera es usualmente 3 metros, pero la distancia sobre la hilera puede variar entre 1,0 y 1,5 metros alcanzando densidades de plantación cercanas a las 3000 plantas/ha. Sin embargo SÁNCHEZ (2006) indica marcos de plantación para algunos cultivares que se caracterizan por poseer un menor

desarrollo vegetativo de 0,8 x 3,0 y 0,75 x 3,0 que representan densidades de 4.166 y 4.444 plantas/ha respectivamente.

Este mismo autor señala la utilización de marcos de plantación aún menores generando densidades sobre las 5000 plantas/ha, práctica que no genera consenso entre los productores, puesto que esto permitiría obtener un buen nivel de producción en los primeros años con una temprana recuperación de la inversión sin considerar que al evaluar detenidamente la producción de un huerto con una alta densidad de plantación el rendimiento tiende a estabilizarse en el tiempo como si fuera uno con densidad normal o a disminuir por la competencia entre plantas por luz y nutrientes (GODOY, 2002).

#### 4.2 Características físicas del fruto.

Para los frutos de los distintos clones se obtuvo el peso, número de semillas y forma, evaluándose las diferencias entre clones.

**4.2.1 Peso de los frutos.** El peso de los frutos en los clones de arándanos mostró diferencias entre éstos (Cuadro 7).

**CUADRO 7 Peso (g) de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	Peso (g)
ARS-46	1,30 a
ARN-13	1,75 b
ALB-12	1,98 c
AET-10	2,10 c

Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

En el Cuadro 7 se puede ver que el peso de los frutos es mayor en los clones AET-10 y ALB-12 que en los clones ARN-13 y ARS-46 que presentan menor peso.

Los resultados obtenidos por diversos autores señalan valores similares a los encontrados para los clones ARS-46 y ARN-13. MACKENZIE (1997) obtuvo valores entre 0,91 y 1,40 g y PRIOR *et al.* (1998) obtuvieron 1,23 g de peso promedio para 11 cultivares de arándano. EHLENFELDT y PRIOR (2001) señalan valores que varían entre 0,7 y 2.1 g para algunos cultivares de arándano alto, sin embargo gran parte de los cultivares que estos autores analizaron presentan pesos que varían entre 1,2 - 1,6 g.

Es importante destacar los valores observados en los clones AET-10 y ALB-12 con 2,10 y 1,98 g respectivamente y que han sido logrados con labores mínimas de cultivo (fertilización básica, riego, poda) elementos de gran importancia para producir fruta de mayor calibre. Con este peso promedio las frutas de estos clones presentarían excelentes condiciones para el comercio de exportación de arándanos frescos.

Además, frutas de los clones AET-10 y ALB-12 serían más fáciles de cosechar y más atractivas para el consumo en fresco, ya que según BALLINGTON *et al.* (1984) una fruta de mayor tamaño (utilizando al peso como un indicador de tamaño) es más fácil de cosechar y es más atractiva para el consumo en fresco que una fruta pequeña. Al respecto, Galleta (1975) citado por BALLINGTON *et al.* (1984) señala que un peso adecuado para la cosecha manual, único tipo realizado en Chile, es de 2 g.

Debido a la importancia que tiene esta característica en distintos aspectos de la producción de frutas, el tamaño del fruto se ha transformado en un punto importante en la mayoría de los programas de mejoramiento de arándanos (BALLINGTON *et al.*, 1984; JANICK y MOORE, 1996).

Por otro lado, la falta de poda podría influir en el tamaño de los frutos de los clones estudiados ya que, según SHOEMAKER (1975); MEDEL (1982) y BAÑADOS (2004) la falta de poda genera frutos pequeños y de menor calidad que los de plantas podadas. De esta manera los frutos de estos clones podrían presentar un peso mayor al ser sometidos continuamente a una poda adecuada.

**4.2.2 Número de semillas.** En los clones analizados se encontraron diferencias significativas en el número de semillas por fruto (Cuadro 8).

**CUADRO 8 Número de semillas/fruto presentes en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	N° de semillas
ALB-12	48 a
ARS-46	53 a
ARN-13	59 b
AET-10	65 c

Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Se puede apreciar en el Cuadro 8 que el clon AET-10 presenta un mayor número de semillas, a diferencia de los clones ALB-10 y ARS-46 que evidencian un menor número de semillas por fruto. El clon ARN-13 presenta un valor intermedio de n° de semillas.

Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por MACKENZIE (1997) quien observó que el número de semillas por fruto en cuatro cultivares de "arándano alto" varía entre 46 y 88 semillas, señalando además que el número de semillas por fruto varía de un año a otro por la influencia de las condiciones climáticas que afectan la duración de la floración y la actividad de los polinizadores. En cambio, KOBASHI *et al.* (2002) indican un promedio de 66 semillas en los frutos de dos cultivares de *V. corymbosum* L.).

Las diferencias que se encontraron entre clones podrían explicarse por la preferencia que pueden mostrar los polinizadores por un cultivar particular. Al respecto Dorr y Martin (1966); Filmer y Marucci (1963); Marucci (1967) citados por MACKENZIE (1997) señalan que las abejas (*Apis mellifera*) prefieren ciertos cultivares sobre otros debido a diferencias en la forma de flor o del racimo y en la producción de néctar. De

esta manera las características de las flores de AET-10 podrían ser más atractivas para las abejas que las de los otros clones.

**4.2.3 Forma.** Los frutos presentan diferencias significativas en cuanto a su forma (Cuadro 9).

**CUADRO 9 Forma de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) .**

Clones	Forma
ARS-46	1,33 a
ARN-13	1,36 a
AET-10	1,50 b
ALB-12	1,56 c

Letras distintas significan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Los frutos del clon ALB-12 presentan una forma más achatada que los frutos de los otros clones. De esta manera los clones ARS-46 y ARN-13 presentan un fruto de forma más esférica.

Los estándares de clasificación de arándanos del USDA no establecen una forma determinada como requisito para la comercialización interna y externa de arándanos en Estados Unidos. Sin embargo establece que los frutos deben presentar características varietales similares, es decir, similitud en el color y forma de los frutos (USDA, 1995).

#### **4.3 Características químicas del fruto.**

Se analizó el nivel de sólidos solubles, acidez titulable, pH, relación sólidos solubles/acidez titulable y el contenido de antocianinas y fenoles totales en cada uno de los cuatro clones.

**4.3.1 Sólidos solubles.** En el Cuadro 10 se presenta el nivel de sólidos solubles en los cuatro clones de arándanos analizados.

**CUADRO 10 Nivel de sólidos solubles (%) en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	sólidos solubles (%)
AET-10	14,70 a
ALB-12	15,10 a
ARN-13	16,50 b
ARS-46	16,85 b

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Los clones presentan diferencias en el contenido de sólidos solubles. El contenido de sólidos solubles fue más alto en los clones ARS-46 y ARN-13 que en los frutos de ALB-12 y AET-10.

En general, la literatura consultada señala niveles de sólidos solubles inferiores a los señalados en el Cuadro 10, sin embargo en el trabajo de PRIOR *et al.* (1998) destaca el cultivar Rancocas con 19% de sólidos solubles.

Por otra parte, PRIOR *et al.* (1998) obtuvieron un promedio de 13,9 % de sólidos solubles en un análisis de 4 cultivares de arándano alto. SAPERS *et al.* (1984) analizaron 11 cultivares de "arándano alto" para los cuales el nivel de sólidos solubles varía entre 11,2% y 14,3%.

Las diferencias entre los clones podrían explicarse porque los clones son de distinta época de maduración. De esta manera, los clones ARN-13 y ARS-46 serían más precoces en su madurez y por lo tanto su alto nivel de sólidos solubles está dado por una cosecha tardía.

Por esto las cifras señaladas en el Cuadro 10 podrían llevar a engaño puesto que las frutas se cosechan en la misma fecha. Si se considera el estado de madurez de los clones (Cuadro 11), se puede señalar que las frutas de los clones ARN-13 y ARS-46 maduraron con anterioridad a la fecha de cosecha y por eso presentan un mayor nivel de sólidos solubles, producto de una cosecha tardía. En cambio, los clones AET-10 y ALB-12 presentan estados de madurez más tardíos y por lo tanto un menor nivel de sólidos solubles.

**CUADRO 11 Estado de madurez (%) de cuatro clones de arándano alto (*V. corymbosum* L.).**

Clones	Estado de madurez (%)*
	25 enero 2006
AET-10	30%
ALB-12	50%
ARS-46	80%
ARN-13	100%

FUENTE: MEDEL (2006)<sup>1</sup>

\* Porcentaje (%) de frutos maduros a la fecha de cosecha.

Al respecto, GIACALONE *et al.* (2002) señalan que luego del estado completamente azul de la fruta (utilizado como indicador de cosecha), el color no cambia, pero si lo hacen los indicadores de calidad tales como sólidos solubles, acidez titulable y pH. Esto puede provocar que frutos completamente azul presenten, en realidad, valores diferentes en estos parámetros. Además es importante señalar que el nivel de sólidos solubles no varía en forma acelerada luego de que las frutas alcanzan su estado de madurez óptimo (BALLINGER y KUSHMAN, 1970).

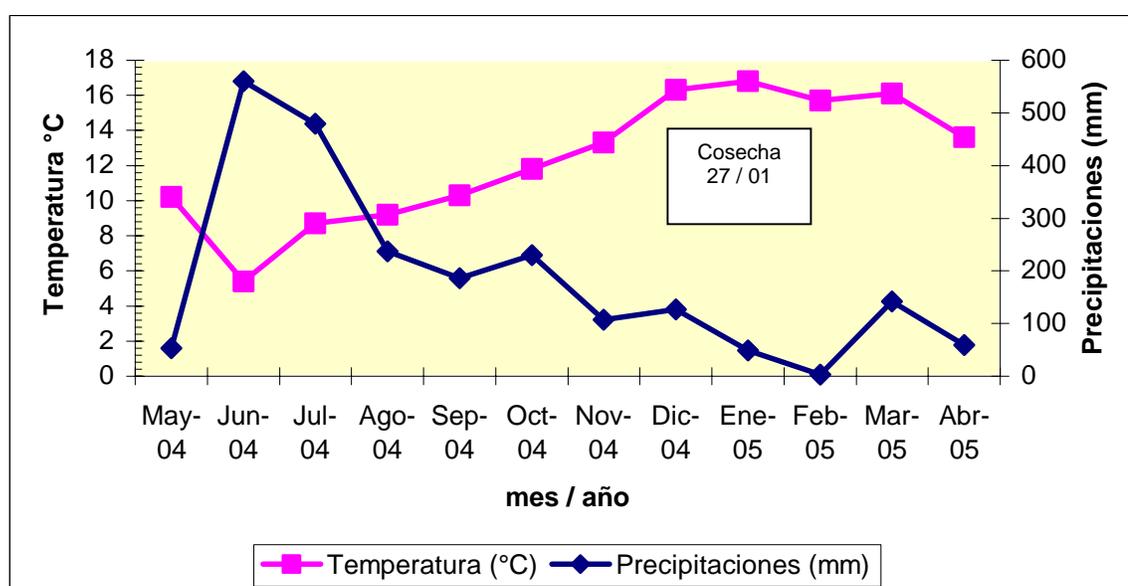
Por otra parte la situación de secano en la que se cultivan las plantas de arándanos de este estudio podría influir en los valores obtenidos, considerando que, según BALLINGTON *et al.* (1984) las fluctuaciones en las condiciones ambientales

<sup>1</sup> MEDEL, F. (2006) Ing. Agr. Dr., Ing. Agr. Profesor Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Comunicación Personal.

tales como temperatura y precipitaciones están asociadas a las variaciones que se producen en los parámetros de calidad especialmente los relativos a sólidos solubles.

Con relación al estrés hídrico, diferentes autores han estudiado la influencia de éste en las características químicas de variadas frutas. De esta manera, Veinmeyer y Hendrickson (1949), Beutil y Kader (s.f.) citados por CRISOSTO (1994) observaron en duraznos (*Prunus persica*) una mayor concentración de sólidos solubles en aquellos tratamientos con déficit de riego que en los tratamientos de riego óptimo o excesivo.

En la Figura 4 se pueden apreciar las precipitaciones (mm) y las temperaturas (°C) en las cuales crecieron y se desarrollaron los frutos de los cultivares de arándano analizados.



**FIGURA 4** Temperatura (°C) y precipitaciones (mm) ocurridas en Valdivia entre mayo 2004 y abril 2005.

FUENTE : ESTACION METEOROLÓGICA ISLA TEJA (2006)<sup>2</sup>

<sup>2</sup> ESTACION METEOROLÓGICA ISLA TEJA (2006). Universidad Austral de Chile. Comunicación personal.

Las altas temperaturas y escasas precipitaciones del mes de enero 2005 permitieron un menor nivel hídrico de los frutos causando una concentración de los azúcares y por ende un mayor nivel de sólidos solubles que el señalado por la literatura consultada.

**4.3.2 pH.** Los datos obtenidos para pH para los cuatro clones se presentan en el Cuadro 12.

**CUADRO 12 pH de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	pH
ALB-12	3,06 a
AET-10	3,09 a
ARS-46	3,80 b
ARN-13	3,90 b

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Se puede apreciar que existen diferencias en el pH entre los clones. El pH es mayor en los clones ARS-46 y ARN-13 que en los clones ALB-12 y AET-10.

Los resultados obtenidos para los clones ARN-13 y ARS-46 coinciden con los señalados por BALLINGER y KUSHMAN (1970) quienes analizaron la evolución del pH a través de las distintas etapas de desarrollo de los frutos. Estos autores señalan un valor de 3,80 para el pH de frutas enteramente azules.

Los valores indicados para ALB-12 y AET-10 se encuentran dentro de los valores indicados por GALLETA *et al.* (1971) y SAPERS *et al.* (1984) quienes también encontraron diferencias varietales con relación al pH. Estos autores obtuvieron valores que fluctuaron entre 2,85 y 3,46 y entre 2,68 y 3,35 respectivamente. Un valor más alto para pH es indicado por LOYOLA *et al.* (1993) en una investigación realizada en

Chile, con algunos cultivares de arándano, para las cuales obtuvieron un promedio de 3,51.

En general, los datos presentados por otros autores son menores que los datos que se señalan en esta investigación, sobretodo para los cultivares ARN-13 y ARS-46. Esto podría explicarse porque, como se señaló anteriormente, las frutas de estos clones son más precoces en su madurez y por lo tanto su alto pH se explicaría por una cosecha tardía. Al respecto KUSHMAN y BALLINGER (1968) y GALLETA *et al.* (1971) señalan que a medida que pasa el tiempo, durante la maduración de los frutos, los sólidos solubles aumentan y el pH es más alto.

Al observar los niveles de sólidos solubles y pH, los clones se pueden dividir en dos grupos: de madurez semitardía y de madurez tardía. El primer grupo constituido por ARN-13 y ARS-46 y el segundo por AET-10 y ALB-12. Los resultados obtenidos en estas características y considerando que toda la fruta fue cosechada en la misma fecha confirman que los clones ARN-13 y ARS-46 que presentan un mayor nivel de sólidos solubles y pH son de maduración semitardía en comparación a la de los clones AET-10 y ALB-12 que maduran más tarde en la temporada.

**4.3.3 Acidez titulable.** Entre los clones analizados se observaron diferencias significativas (Cuadro13). Los niveles de acidez fueron más altos en los clones ALB-12 y AET-10 que en los clones ARN-13 y ARS-46.

**CUADRO 13 Acidez titulable (% ácido cítrico) en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	Acidez titulable (% ácido cítrico)
ARN-13	0,29 a
ARS-46	0,35 a
AET-10	1,09 b
ALB-12	1,18 b

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Los datos presentados en el Cuadro 13 son similares a lo publicado por GALLETA *et al.* (1971) y SAPERS *et al.* (1984) quienes informan niveles de acidez titulable (% ácido cítrico) que varían entre 0,40 y 1,31 y entre 0,39 y 1,24 respectivamente. En cambio CONNOR *et al.* (2002) señalan valores que varían entre 0,92 y 2,42 % ácido cítrico.

En general, no se encuentra en la literatura referencias sobre valores tan bajos de acidez titulable para arándanos como los obtenidos para ARN-13 y ARS-46. Esto puede explicarse, por lo que ya se señaló anteriormente que estos clones son de madurez semitardía.

También es importante destacar que luego de madurar los frutos de arándanos presentan una brusca caída en la acidez titulable. De esta manera y considerando que ARN-13 y ARS-46 maduraron antes que los otros clones, esto pudo provocar una disminución considerable en el % de ácido cítrico. Con relación a esto BALLINGER y KUSHMAN (1970) señalan disminuciones desde 1.56 a 0,42 % de ácido cítrico entre frutas maduras y una etapa posterior. Esto concuerda con lo observado en un trabajo realizado con frutas de los clones AET-10 y ALB-12 en el verano 2006 (Anexo 12) en el cual se puede apreciar que en la segunda fecha de cosecha el nivel de acidez titulable ha disminuido notoriamente<sup>3</sup>.

**4.3.4 Relación sólidos solubles/acidez titulable.** La relación sólidos solubles/acidez manifiesta diferencias para los clones analizados (Cuadro 14).

Los resultados obtenidos para ALB-12 y AET-10 están dentro del rango señalado por SAPERS *et al.* (1984) y los de KUSHMAN y BALLINGER (1968) cuyos resultados para la relación varían entre 8,7 y 34,6 y entre 6 y 31 respectivamente. Rangos menores son los presentados por GALLETA *et al.* (1971), sus datos varían entre 4,22 – 12,90.

---

<sup>3</sup> MEDEL, F. (2006) Ing. Ag., Dr. Ing. Agr. Profesor Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Comunicación Personal.

**CUADRO 14 Relación sólidos solubles/acidez titulable en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	sólidos solubles (%)/ ácido cítrico (%)
ALB-12	12,83 a
AET-10	13,57 a
ARS-46	48,14 b
ARN-13	57,36 c

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey

Las altas cifras obtenidas para los clones ARS-46 y ARN-13 son producto del bajo nivel de acidez titulable que poseen estas frutas, que como se señaló anteriormente estarían provocadas por una cosecha tardía de la fruta. Por este motivo, no se encuentra en la literatura referencias tan altas para esta relación.

Por otra parte, las frutas que presentan una elevada relación sólidos solubles/acidez podrían presentar un sabor demasiado dulce si el elevado nivel de sólidos solubles está asociado a un bajo nivel de acidez titulable. Esta situación no concuerda con los gustos y preferencias del mercado americano que gusta de arándano con un sabor más neutro o equilibrado (JANICK y MOORE, 1996). Sin embargo, esta situación, podría presentar una ventaja en mercados cuyas preferencias estén orientadas hacia un fruto más dulce como el asiático (MUGGLESTON, 1995).

Desde otro punto de vista, se puede indicar que los resultados obtenidos sobrepasan las recomendaciones que GALLETA *et al.* (1971) señalan para una clasificación adecuada de arándanos con una alta resistencia a la acción de microorganismos. Ellos indican una relación de ss/at de 6,5. Sin embargo, es difícil indicar un sólo número para esta relación dado que se pueden dar numerosas combinaciones entre estos parámetros.

**4.3.5 Fenoles totales.** El contenido de fenoles totales para los cuatro clones analizados se presentan en el Cuadro 15.

**CUADRO 15 Contenido de fenoles totales (mg equivalentes ácido gálico/100 g peso fresco) en cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.).**

Clones	Fenoles totales (mg eq. ácido gálico/100 g peso fresco)
ALB-12	302,0 a
AET-10	332,8 a
ARS-46	344,0 a
ARN-13	375.8 a

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Los clones analizados no presentan diferencias en el nivel de fenoles totales. Estos resultados no coinciden con lo señalado por PRIOR *et al.* (1998); EHLENFELDT y PRIOR (2001); MOYER *et al.* (2002), CONNOR *et al.* (2002) y GUERRERO (2006) quines indican que si existen diferencias entre cultivares en el contenido de fenoles totales.

Si bien es cierto no se establecen diferencias estadísticamente significativas entre los clones, se puede ver que las medias varían entre 302,0 y 375,8. Esta situación es provocada por la gran dispersión en torno a la media que presentan los datos obtenidos para esta característica. Sin embargo, según la literatura consultada el contenido de fenoles totales puede presentar una gran variabilidad incluso dentro del mismo cultivar y de la misma localidad.

Los datos obtenidos están dentro del rango de valores observados por otros autores. PRIOR *et al.* (1998) dan a conocer niveles de fenoles totales que varían entre 189,8 y 390 mg de equivalente ácido gálico/100 g de fruta fresca. Por otro lado,

MOYER *et al.* (2002) observaron valores que fluctúan entre 171 y 868 mg eq. ácido gálico/100 g fruta fresca.

Se puede apreciar que existe una gran variabilidad en los resultados obtenidos por diferentes investigadores. Esto se podría explicar porque existen diversos factores que pueden afectar el nivel de fenoles, entre estos está la madurez de la fruta, la época de maduración, las condiciones ambientales de precosecha, además de las diferencias genéticas y del método utilizado para la determinación de fenoles. Al respecto CONNOR *et al.* (2002) y GUERRERO (2006) señalan que los compuestos fenólicos presentan una importante interacción entre el genotipo y el medio ambiente ya que observaron variaciones significativas entre un año y otro y entre localidades en algunos genotipos. Por lo tanto, el describir estas características de un cultivar en un solo año y en una sola localidad es solo moderadamente confiable para predecir el comportamiento de éste en otro medioambiente.

Por otra parte, a pesar de que no existen diferencias estadísticamente significativas, se puede ver que los clones ARN-13 y ARS-46 que serían de madurez semitardía presentan valores más altos para el nivel de fenoles totales. Esto sería esperable según lo señalado por PRIOR *et al.* (1998) y MOYER *et al.* (2002). Estos autores demostraron que el estado de madurez de la fruta de arándano a la cosecha está directamente relacionado con las propiedades antioxidantes de ésta y por ende tiene marcado efecto sobre el nivel de antocianinas y fenoles totales.

Por otro lado, es importante destacar que diversos autores, entre ellos PRIOR *et al.* (1998), KALT *et al.* (1999) y EHLENFELDT y PRIOR (2001) determinaron que existe una gran asociación entre capacidad antioxidante y fenoles totales, por lo que sugieren que el contenido de compuestos fenólicos podría presentar una especial utilidad para la selección por alto valor de capacidad antioxidante dentro de los programas de mejoramiento. Al respecto, CONNOR *et al.* (2002) señalan que la adecuada selección de genotipos basada en la actividad antioxidante requeriría una evaluación durante varios años, en distintas localidades y bajo diferentes condiciones de manejo.

**4.3.6 Antocianinas totales.** El contenido de antocianinas totales presenta diferencias significativas entre los clones (Cuadro 16).

**CUADRO 16 Contenido de antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco) en cuatro clones de arándano alto (*V. corymbosum* L.).**

Clones	Antocianinas totales (mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco)
AET-10	130,64 a
ALB-12	183,72 a b
ARN-13	191,63 a b
ARS-46	231,81 b

Letras distintas representan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ), según prueba de Tukey.

Los resultados expuestos verifican que dentro de la misma especie puede existir variabilidad en el contenido de antocianinas. Esto coincide con lo señalado por SAPERS *et al.* (1984); PRIOR *et al.* (1998); KALT *et al.* (1999); CONNOR *et al.* (2002); MOYER *et al.* (2002) y GUERRERO (2006) quienes observaron que los cultivares de arándano alto presentan diferencias significativas en el total de antocianinas.

En el Cuadro 16 se puede ver que existen diferencias entre los clones AET-10 y ARS-46. Los valores obtenidos varían entre 130,64 y 231,81 mg cianidina-3-glucósido/100 g de peso fresco, siendo ARS-46 el que presenta el mayor valor. Estos valores concuerdan con lo señalado por otros autores. PRIOR *et al.* (1998) establece un rango entre 92,6 y 235,4 mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco, MOYER *et al.* (2002) entre 73 y 430 mg cianidina-3-glucósido /100 g peso fresco y ELHENFELDT y PRIOR (2001) entre 39 y 331 mg cianidina-3-glucósido/100 g peso fresco.

Por otra parte, se podía esperar que los clones ARS-46 y ARN-13 que son más precoces en su madurez presentaran un mayor nivel de antocianinas, lo que se cumple significativamente solo para el clon ARS-46. Esto debido a lo que han señalado autores como PRIOR *et al.* (1998), MOYER *et al.* (2002) quienes indican que el

contenido de antocianinas totales es sustancialmente más alto en fruta de arándano cosechada más madura.

Las variaciones en el contenido, especialmente de antocianinas y también en el nivel de fenoles totales entre los diferentes autores podrían ser explicadas además de las diferencias varietales, por los factores ambientales fluctuantes tales como clima, luminosidad, radiación UV, temperatura, humedad del suelo, disponibilidad de nutrientes, prácticas agronómicas y variados estrés y por las diferentes técnicas analíticas utilizadas (CONNOR *et al.*, 2002; CLARK *et al.*, 2002). Todos estos factores pueden provocar diferencias de un 30% en el contenido de antocianinas entre dos temporadas (KALT Y Mc DONALDS, 1996).

Al respecto, la luz, específicamente la radiación solar tien un efecto positivo en la síntesis de compuestos fenólicos, especialmente el de antocianinas en las frutas. Esto ha sido demostrado por Linco *et al.* (1983) citados por KAKHONEN *et al.* (2001) en investigaciones realizadas en fruta de cranberries. Estos autores señalan que el contenido de antocianinas en la fruta aumentó de un año a otro con relación a la sobreradiación y a la cantidad de horas de sol recibidas por el cultivo.

En cuanto a la temperatura Macheix *et al.* (1990) citados por KAKHONEN *et al.* (2001) señalan que una baja temperatura de precosecha puede incrementar las antocianinas en berries. También se ha comprobado un mayor nivel de antocianinas en frutillas y maíz en aquellos sistemas que privilegian la producción orgánica a diferencia de sistemas con altos ingresos de nitrógeno y fósforo exógeno (KAKHONEN *et al.*, 2001).

## 5 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

Al describir la estructura física de las plantas y las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) se pudo comprobar que existen diferencias importantes entre los clones en estas características por lo que se acepta la hipótesis planteada.

En cuanto al desarrollo vegetativo de las plantas se pudo ver, mediante los parámetros descriptivos, que los clones ARN-13 y ARS-46 presentan valores más altos para las características altura, ancho de la planta, largo de brotes y área foliar por brote que los presentados por los clones AET-10 y ALB-12.

Con relación a las características físicas de los frutos se pudo establecer diferencias entre los clones. De este modo se observó que el peso, forma y número de semillas de los frutos varía entre clones. En el caso del peso, es importante destacar el peso de los frutos de los clones AET-10 y ALB-12 con 2,10 y 1,98 g respectivamente, con el cual tendrían excelentes posibilidades en el mercado de exportación de arándanos frescos.

Se establecieron diferencias en el nivel de sólidos solubles, acidez titulable, pH y en la relación sólidos solubles/acidez titulable. Los resultados obtenidos indican que los clones de madurez tardía tienen menor nivel de sólidos solubles y pH y una mayor acidez titulable que los de maduración semitardía.

En cuanto al contenido de fenoles totales no se observaron diferencias entre clones. Estas diferencias si se presentaron para el nivel de antocianinas totales presentes en la fruta.

Los resultados obtenidos son importantes desde el punto de vista del mejoramiento ya que deja en evidencia la variabilidad de los clones con respecto al desarrollo vegetativo y a las características físicas y químicas de los frutos, permitiendo seleccionar aquellos que presenten mejores características según los objetivos que dirijan la producción de arándanos.

## 6 RESUMEN

El arándano *Vaccinium corymbosum* L. es un arbusto frutal nativo de norteamérica cuya superficie plantada y producción ha aumentado considerablemente en los últimos años en distintos países incluido Chile.

Desde fines de la década del setenta en el Programa de Mejoramiento Cultural de Arbustos Frutales de la Universidad Austral de Chile se han evaluado diversos clones de arándano que presentan características interesantes a nivel frutícola en las condiciones de secano y con labores mínimas de fertilización, poda y cuidados fitosanitarios con el objetivo de evaluar su adaptabilidad productiva.

El objetivo de esta tesis fue describir cuatro clones de arándano de maduración tardía desde el punto de vista del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas del fruto con la finalidad de aportar los resultados al programa antes mencionado.

Para describir el desarrollo vegetativo de los clones se registró la altura y el ancho de los arbustos, el largo de brotes, n° de hojas y área foliar por brote. Con el objetivo de describir las características físicas y químicas de los frutos se midió el peso, n° de semillas por fruto, forma del fruto, nivel de sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación sólidos solubles/acidez titulable, contenido de fenoles totales (por el método de Folin Ciocalteau) y el contenido de antocianinas totales (por el procedimiento de pH diferencial).

Según los resultados obtenidos se concluyó que hay diferencias en la estructura física de los clones y que éstos se pueden agrupar en dos grupos de acuerdo a su desarrollo vegetativo: un grupo de mayor vigor vegetativo formado por los clones ARN-13 y ARS-46 que presentan mayores valores para altura, ancho de planta y área foliar por brote y un grupo de menor vigor vegetativo formado por los clones AET-10 y ALB-12 que presentan valores menores para estas características.

Se detectaron diferencias entre clones en el peso de frutos destacando los clones AET-10 y ALB-12 con 2,10 y 1,98 g respectivamente. Además los clones presentaron diferencias en el n° de semillas y forma de los frutos.

Se establecieron diferencias entre clones en el nivel de sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación sólidos solubles/acidez y en el contenido de antocianinas totales. El nivel de fenoles totales no presentó diferencias entre los clones.

## SUMMARY

The blueberry *Vaccinium corymbosum* L is native to North America, the planted surface and production of which has considerably increased in different countries, including Chile, in the last few years.

Since the late 70s, the Program for Cultural Improvement of Fruit Bushes at Universidad Austral de Chile has evaluated different blueberry clones which present interesting characteristics at a fruit level in dry land conditions and with minimum fertilizing labor, pruning and phytosanitary cares, with the objective of evaluating its productive adaptability.

The objective of this thesis was to describe four types of blueberry clones of late ripeness, from the point of view of vegetative development, and the physical and chemical characteristics of the fruit with the aim of contributing the results to the program mentioned above.

To describe the vegetative development of the clones, height and width of bushes were registered, the sprout length, number of leaves and the leaf area per sprout. In order to describe the physical and chemical characteristics of the fruits, weight, number of seeds per fruit, shape, level of soluble solid, pH, titrate acidity, soluble solids/titrate acidity, total phenol content (by the Folin Ciocalteau method) and total content of anthocyanin (by the differential pH procedure) were measured

According to the results, it was concluded that there are differences in the clones' physical structure and they can be clustered in two groups, according to their vegetative development: a group of greater vegetative vigor, formed by ARS-46 and ARN-13 clones that present higher values for height, plant width, and foliar area per sprout; and a group of minor vegetative vigor, formed by AET-10 and ALB-12 clones that present minor values for these characteristics.

Differences were found among clones in fruit weight enhanced AET-10 and ALB-12 clones with 2,10 and 1,98 g of weight . In addition clones presents differences in number of seeds and fruit shape, level of soluble solids, pH, titrate acidity, soluble solids/acidity ratio

In addition, differences were found in total contents of anthocyanins among clones. The level of phenols did not present differences among the clones.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ALLENDE, J. y VIAL, C. 2005. Análisis comercial y visión general del arándano en Chile. In: Ciclo de seminarios frutícolas de actualización técnico comercial. Berries: arándanos y frambuesas. Asociación de exportadores de Chile (ASSOEX) A.G. Santiago, Chile. 69 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). 2000. Official methods of analysis of AOAC International. 17<sup>a</sup> ed. Galthersburg. Maryland, Estados Unidos. 1245 p.
- BALLINGER, W. y KUSHMAN L. 1970. Relationship of stage of ripeness to composition and keeping quality highbush blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 (2): 239-242.
- BALLINGTON, J.; BALLINGER, W.; SWALLOW, W.; GALLETA, G. y KUSHMAN L. 1984. Fruit quality characterization of 11 *Vaccinium* species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(5): 684-689.
- BALLINGTON, J. 2005. Blueberries varieties around the world. In: Ciclo de seminarios frutícolas de actualización técnico comercial. Berries: arándanos y frambuesas. Asociación de exportadores de Chile (ASSOEX) A.G. Santiago, Chile. 27 p.
- BANSE, G. 2006. Revista Agrícola especial de arándanos II. Temuco. El Diario Austral. Sociedad Periodística Araucanía S.A. 31 p.
- BAÑADOS, P. 2004. Claves para la poda de arándanos. Agronomía y forestal UC. Disponible en: [www.uc.cl/agronomia/c\\_extension/Revista/ediciones/25/paq28-31.pdf](http://www.uc.cl/agronomia/c_extension/Revista/ediciones/25/paq28-31.pdf). Leído: 23 marzo 2006.

- BARCELÓ, J.; NICOLÁS, G.; SABATER, B. y SÁNCHEZ, R. 2001. Fisiología vegetal. Pirámide. Madrid, España. 566 p.
- BUZETA, A. 1997. Arándanos. In: Chile: Berries para el 2000. Fundación Chile. Santiago, Chile. pp 53-88.
- CAMPOS, A. 2003. Gestión predial, costos de producción. In Seminario: Producción moderna de arándanos. Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), Remehue. 16 p.
- CERDA, R. 2003. Situación actual del arándano en Chile y el mundo. In Seminario: El cultivo del arándano: tecnologías y avances. Universidad de Concepción. Chillán, Chile. 16 p.
- CAO, G.; SOFIC, E. y PRIOR, R. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 44: 3426-3431.
- CLARK, J.; HOWARD, L. y TALCOTT, S. 2002. Variation in phytochemical composition of blueberry cultivars and breeding selections. *Acta horticulturae (ISHS)* 574: 203-207.
- CONNOR, A.; LUBY, J.; FINN, C. y HANCOCK, J. 2002. Genotypic and environmental variation in antioxidant activity among blueberry cultivars. *Acta horticulturae (ISHS)* 574: 209-213.
- CRISOSTO, C.; JOHNSON, S.; LUZA, J. y CRISOSTO, G. 1994. Irrigation regimes affect fruit soluble solids concentration and rate of water loss of "O'Henry" peaches. *Hortscience* 29(10):1169-1171.
- CRISOSTO, C. y CRISOSTO, G. 2005. Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and the consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars.

Postharvest biology and technology 38: 239-246. Disponible en [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)>. Leído 12 junio 2006.

CHILE, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS (ODEPA), 2006. Comercio exterior silvoagropecuario. Exportaciones por producto. Estadísticas. Disponible en: [www.odepa.cl](http://www.odepa.cl)>. Leído: 20 marzo 2006.

De ELL, J. 2002. Postharvest handling and storage of berries. Berry notes 14(10):1-9. Disponible en: < <http://www.umass.edu/fruitadvisor/berrynotes/index.html> >. Leído: 05 mayo 2005.

DINAMARCA, P. 2006. El negocio de los arándanos. Revista del Campo. Diario El Mercurio. Disponible en:<[http://diarioelmercurio.com/2006/05/29revista\\_delcampo/entrevista/noticias/impresion785772C5-d414-472C-A56A-5656DCAE6539.html](http://diarioelmercurio.com/2006/05/29revista_delcampo/entrevista/noticias/impresion785772C5-d414-472C-A56A-5656DCAE6539.html)>. Leído: 10 julio 2006.

ECK, P. y CHILDERS, N. 1989. Blueberry culture. Rutgers University Press. New Brunswick. U.S.A. 235 p.

EHLENFELDT, M. y PRIOR, R. 2001. Oxigen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolics and anthocyanin concentrations in fruits and leaf tissues of highbush blueberry. J. Agric. Food Chem. 49: 2222-2227.

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA (FIA), 2002. Estrategias de innovación agraria para producción de berries. Santiago, Chile. 65 p.

FUNDACIÓN CHILE, 2004. Caracterización y evaluación de cultivares de arándano (*Vaccinium sp.*) en la Región del Maule, para zonificación. Disponible en: [www.corfo.cl/index.asp?seccion=1&id=846](http://www.corfo.cl/index.asp?seccion=1&id=846)>. Leído: 07 mayo 2005.

- GALLETA, G.; BALLINGER, W; MONROE, R. y KUSHMAN, L. 1971. Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. J.Amer.Soc. Hort. Sci. 96 (6): 758-762.
- GÁMEZ, M. 2000. Arándanos. Mercados Agropecuarios. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). Disponible en: <<http://www.odepa.gob.cl/servicios-informacion/Mercados/N94.html>>. Leído: 20 mayo 2006.
- GIACALONE, G.; PEANO, C.; GUARINONI, A.; BECCARO, G. y BOUNOUS, G. 2002. Ripening curve of early, midseason and late maturing highbush blueberry cultivars. Acta Horticulturae (ISHS) 574: 119-121.
- GODOY, C. 2002. El arándano: plantación y manejo del cultivo. Disponible en: <[www.santafe.gov.ar/magic/notasespeciales/arandano.htm](http://www.santafe.gov.ar/magic/notasespeciales/arandano.htm) - 20k>. Leído: 20 junio 2006.
- GUERRERO, J. Capacidad antioxidante, fenoles y antocianinas totales e inhibición de *Botrytis cinerea* Pers. Ex Fr. por extractos crudos de fruta de cultivares de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) según localidades de la zona sur de Chile. Tesis Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 121 p.
- HANCOCK, J. y HANSON, J. 2004. Comparing new cultivar releases and elite MSU selections for long term storability. Small fruit breeding and genetics. Disponible en: <[http://berrygenetics.org/prj\\_comparing\\_new\\_cultivar\\_releases.shtml](http://berrygenetics.org/prj_comparing_new_cultivar_releases.shtml)>. Leído: 05 mayo 2005.
- HIDALGO, L. 1993. Tratado de viticultura. Mundiprensa. Madrid, España. 323 p.
- JANICK, J. y MOORE, J. 1996. Blueberries, cranberries and lingonberries. In: Fruit breeding. John Wiley and sons Inc. N.Y., U.S.A.. pp 1-108.

- JAURON, R. 2002. Harvesting and storing small fruits. Horticulture. Disponible en: <http://www.ipm.iastate.edu/ipm/hotnews/2002/6-7-2002/smallfruit.html>.  
Leído: 25 mayo 2006.
- KAKHONEN, M.; HOPIA, A. y HEINONEN, M. 2001. Berry phenolics and their antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 49: 4076-4082.
- KALT, W.; FORNEY, CH.; MARTIN, A. Y PRIOR R. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. J. Agric. Food Chem. 47: 4638-4644.
- KOBASHI, K.; SUGAYA, S.; FUKUSHIMA, M. y IWAHORI, S. 2002. Sugar accumulation in highbush blueberry as affected by artificial pollination with different pollen sources in relation to seed number, invertase activities and ABA content. Acta Horticulturae (ISHS) 574: 47-51.
- KUSHMAN, J. Y BALLINGER, W. 1968. Acid and sugar changes during ripening in Wolcott blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 92: 290-295.
- LIZAMA, L. 1992. Madurez óptima y manejo de postcosecha de ciruelas japonesas para exportación. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 252 p.
- LOYOLA, N.; GEORGI, M.; ANDRADE, N. y TEIXIDÓ, E. 1993. Comportamiento de arándano, mora cultivada y mora silvestre en almacenamiento refrigerado y su impacto en la calidad. Agro Sur 21 (1): 59-69.
- MACKENZIE, K. 1997. Pollination requirements of three highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(6): 891-896.
- MAINLAND, CH. y TUCKER, J. 2002. Blueberry health information, some new mostly review. Acta Horticulturae. (ISHS) 574: 39-43.

- MEDEL, F. y VARGAS, H. 1981. Fenología y adaptabilidad de los arbustos frutales en la región de Los Lagos. *Agro Sur*. 9 (1): 59-64.
- MEDEL, F. 1982. Arbustos frutales. Universidad Austral de Chile y Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 30 p.
- MEDEL, F. 1986. Especies y cultivares para la fruticultura del Sur de Chile. *Agro Sur* 14(1): 57-65.
- MEDEL, F. 1987. Árboles frutales: Situación y potencial en el sur de Chile. Corporación de Fomento y Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 59 p.
- MEDEL, F. 1988. Arbustos frutales: factores condicionantes de la producción en la décima región. *Agro Sur* 16(1): 61-67.
- MEDEL, F. 1990. Veinte años de investigación y desarrollo frutícola en el sur de Chile (1970-1990). *Agro Sur* 18 (2): 119-131.
- MITCHAM, E.; CRISOSTO, C. y KADER, A. 2003. Bushberry: blueberry, cranberry, raspberry. In Recommendations for maintaining postharvest quality. Department of Pomology, University of California. Davis. Disponible en: <http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/produce/producefacts/fruit/berry.html>. Leído: 14 abril 2005.
- MORALES, E. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Andros impresores. Valdivia, Chile. 248 p.
- MOYER, R.; HUMMER, K.; FINN, C.; FREI, B. y WROLSTAD, R. 2002. Anthocyanins, phenolics and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus and Ribes. *J. Agric. Food Chem.* 50: 519-525.
- MUGGLESTON, J. 1995. What is involved in plant breeding. *The Orchardist* 68 (11):40-45.

- MUÑOZ, C. y MOREIRA, I. 2002. Arándanos: situación actual y perspectivas de negocio. *Tierra Adentro* 47: 26-29.
- NISSEN, J. 1974. Estudio agroecológico del Predio Experimental Santa Rosa. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 46 p.
- NOFFSINGER, S.; STRINGER, S. y SPIERS, J. 2002. Growth and spread of blueberry cultivars in a 14 year-old collection. *Acta Horticulturae (ISHS)*. 574:165-169.
- PRIOR, R.; CAO, G.; MARTIN, A.; SOFIC, E.; McEWEN, J.; O'BRIEN, C.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G. y MAINLAND, M. 1998. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* Species. *J. Agric. Food Chem.* 46: 2686-2693.
- SÁNCHEZ, E. 2006. Diagnóstico y proyección de la producción de arándanos en la zona sur de Chile. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 93 p.
- SAPERS, G.; BURGHER, A.; PHILLIPS, J. y JONES, S. 1984. Color and composition of highbush blueberry cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 (1): 105-111.
- SELLAPPAN, S.; AKOH, C. y KREWER, G. 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *J. Agric. Food Chem.* 50: 519-525.
- SHOEMAKER, J. 1975. Blueberries. In: *Small fruit culture*. The Avi Publishing Company. Westport, U.S.A. pp 249-285.
- SUDSUKI, F. 2002. Arándanos y arándanas. In *Cultivo de frutales menores*. Universitaria. Santiago, Chile. pp 89-97.

TAIZ, L. y ZEIGER, E. 2002. Plant Physiology. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Massachusetts, U.S.A. 690 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 1995. United States standards for grades of blueberries. Disponible en: [www.ams.usda.gov/standards/blueberry.pdf](http://www.ams.usda.gov/standards/blueberry.pdf). Leído: 10 Abril 2006.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2002. National nutrient database for standard reference (blueberries, raw). Disponible en: [www.blueberry.org/news/nutrition2\\_page\\_1.jpg](http://www.blueberry.org/news/nutrition2_page_1.jpg). Leído: 14 julio 2005.

VALDES, J. 2005. El mercado de los arándanos. Disponible en: [www.aproa.cl/1531/article=67667.html](http://www.aproa.cl/1531/article=67667.html). Leído: 23 marzo 2006.

VELIOGLU, Y.; MAZZA, G.; CAO, L. y OOMAH, B. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. J. Agric. Food Chem. 46: 4113-4117.

WANG, H.; CAO, G. y PRIOR, R. (1997). Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. J. Agric. Food Chem. 45: 304-309.

ZHENG, W. y WANG, S. 2003. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries and lingonberries. J. Agric. Food Chem. 51: 502-509.

**ANEXOS**

País	Mes														
	Julio	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun			
USA	■	■	■	■								■	■	■	■
CANADA	■	■	■	■								■	■	■	■
CHILE					■	■	■	■	■	■	■				
La Serena					■	■	■	■	■	■					
Santiago					■	■	■	■	■	■					
Curicó					■	■	■	■	■	■					
Linares					■	■	■	■	■	■					
Chillán					■	■	■	■	■	■					
L. Angeles					■	■	■	■	■	■					
Temuco						■	■	■	■	■					
Osorno						■	■	■	■	■	■				
ESPAÑA	■											■	■	■	■
FRANCIA	■	■	■											■	■
ALEMANIA	■	■	■	■											■
POLONIA	■	■	■	■											
EUROPA	■	■	■	■								■	■	■	■
AUSTRALIA			■	■	■	■	■	■	■	■					
N.ZELANDA					■	■	■	■	■	■	■				
ARGENTINA			■	■	■	■	■	■	■	■					

**ANEXO 1 Calendario de producción mundial de arándanos.**

FUENTE: ALLENDE y VIAL (2005).

**ANEXO 2      Antecedentes climáticos de Valdivia desde mayo 2004 hasta abril 2005.**

Mes/año	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)		
	máxima	mínima	media	Media histórica	Media	histórica
05/2004	14.9	5.9	10.2	10.3	52.7	341.6
06/2004	12.4	7.5	5.4	8.0	559.7	391.6
07/2004	12.0	5.6	8.7	7.7	479.4	376.4
08/2004	13.9	5.0	9.2	8.3	236.8	299.0
09/2004	15.6	5.4	10.3	9.5	185.6	188.1
10/2004	16.3	8.1	11.8	11.5	230.4	149.6
11/2004	20.3	8.9	13.3	13.7	107.8	108.3
12/2004	21.0	10.8	16.3	15.9	126.5	89.0
01/2005	22.6	11.1	16.8	16.9	49.1	61.3
02/2005	26.7	13.4	15.7	16.6	3.0	56.9
03/2005	20.4	10.3	16.1	14.7	142.3	84.4
04/2005	17.3	7.1	13.6	12.0	59.0	157.9

FUENTE: ESTACION METEOROLÓGICA ISLA TEJA (2006)<sup>4</sup>

<sup>4</sup>ESTACION METEOROLÓGICA ISLA TEJA (2006). Universidad Austral de Chile. Comunicación personal.

**ANEXO 3 Análisis de varianza del peso de cuatro clones de arándano alto  
(*Vaccinium corymbosum* L.)**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	15,0682	3	5,02273	52,33	0,0000*
Dentro de los grupos	14,9737	156	0,0959856		
Total (corregido)	30,0419	159			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 4 Análisis de varianza del número de semillas de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.)**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	6724,15	3	2241,38	19,87	0,0000*
Dentro de los grupos	17593,9	156	112,781		
Total (corregido)	24318,0	159			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 5 Análisis de varianza de la forma de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.)**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	1,41207	3	0,470689	81.45	0,0000*
Dentro de los grupos	0,90153	156	0,00577904		
Total (corregido)	24318,0	159			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 6 Análisis de varianza del nivel de sólidos solubles de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) (asen  $\sqrt{x/100}$ ).**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	0,00247932	3	0,000826442	36,85	0,0000*
Dentro de los grupos	0,000269154	12	0,0000224295		
Total (corregido)	0,00274848	15			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 7 Análisis de varianza de la acidez titulable de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) (asen  $\sqrt{x/100}$ ).**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	0,0101157	3	0,00337189	338,64	0,0000*
Dentro de Los grupos	0,000119487	12	0,00000995725		
Total (corregido)	0,0102351	15			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 8 Análisis de varianza de la relación sólidos solubles/acidez titulable de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) ( $\log(ss/at)$ )**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	7,68659	3	2,5622	332,25	0,0000*
Dentro de los grupos	0,0925386	12	0,00771155		
Total (corregido)	6596,55	15			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 9 Análisis de varianza del pH de cuatro clones de arándano alto  
(*Vaccinium corymbosum* L.)**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	2,54502	3	0,84834	143,23	0,0000*
Dentro de los grupos	0,071075	12	0,00592292		
Total (corregido)	2,61609	15			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 10 Análisis de varianza del contenido de fenoles totales de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.)**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	16457,4	3	5485,79	1,10	0,3705
Dentro de los grupos	99318,8	20	4965,94		
Total (corregido)	115776,0	23			

**ANEXO 11 Análisis de varianza del contenido de antocianinas totales de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) ( $\sqrt{x}$ )**

Fuente	SC	GI	CM	F calculado	P valor
Entre grupos	44.2914	3	14,7638	6,02	0,0043*
Dentro de los grupos	49,0488	20	2,45244		
Total (corregido)	93,3402	23			

\* Indica diferencias significativas  $P \leq 0,05$

**ANEXO 12 Acidez titulable (% ácido cítrico) en dos fechas de cosecha para dos clones de arándano alto (*V. corymbosum* L.)**

Clones	% ácido cítrico	
	31 Enero 2006	22 Marzo 2006
AET-10	1,21	0,57
ALB-12	1,18	0,40

FUENTE: MEDEL (2006)<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> MEDEL, F. (2006) Ing. Agr., Dr. Ing. Agr. Profesor Instituto de Producción y Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile. Comunicación Personal.